

## LIRIS

### Document d'autoévaluation

#### CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2025-2026 VAGUE A

Le dossier d'autoévaluation comprend, le présent document d'autoévaluation (incluant les annexes en fin de document) ainsi que les deux fichiers Excel « Données du contrat en cours » et « Données du prochain contrat ». **Tous ces documents sont téléchargeables sur le site du Hcéres.**

NB : On renseignera ce document d'autoévaluation en s'appuyant sur l'« Aide à la rédaction du document d'autoévaluation d'une unité de recherche » téléchargeable sur le site du Hcéres.

#### INFORMATIONS GÉNÉRALES

**Nom de l'unité pour le contrat en cours :** Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information

**Nom de l'unité pour le prochain contrat (en cas de changement) :**

**Acronyme pour le contrat en cours :** LIRIS

**Acronyme pour le prochain contrat (en cas de changement) :**

**Domaine scientifique (si évaluation interdisciplinaire, indiquer 2 domaines) :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (9)

**Sous-domaines scientifiques (dans la nomenclature du Hcéres) par ordre décroissant d'importance :** ST6 "Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication"

**Directrice / directeur pour le contrat en cours :** Jean-Marc PETIT

**Directrice / directeur (ou porteur de projet) pour le prochain contrat :** XXXX

#### Type de demande :

Renouvellement à l'identique ☒

Fusion, scission, restructuration ☐

Création *ex nihilo*<sup>1</sup> ☐

1. Les unités en création *ex nihilo* seront, dans la plupart des cas, évaluées sur dossier sur la base d'un projet.

### Établissements et organismes de rattachement :

Liste des établissements et organismes de tutelles de l'unité de recherche **pour le contrat en cours et pour le prochain contrat.**

Contrat en cours :

- CNRS
- INSA Lyon
- Université Claude Bernard Lyon 1
- Université Lumière Lyon 2
- École Centrale de Lyon

Prochain contrat :

- CNRS
- INSA Lyon
- Université Claude Bernard Lyon 1
- Université Lumière Lyon 2
- École Centrale de Lyon

**Choix de l'évaluation interdisciplinaire de l'unité de recherche (ou d'une ou plusieurs équipes internes) :**

Oui ☐

Non ☒

**Activités de recherche clinique :**

Oui ☐

Non ☒

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Le Liris</b>	<b>5</b>
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	5
1	Présentation de l'unité . . . . .	5
2	Environnement de recherche . . . . .	16
3	Prise en compte des recommandations du précédent rapport . . . . .	18
2	Introduction du portfolio . . . . .	22
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	26
1	Autoévaluation du LIRIS . . . . .	26
2	Synthèse de l'autoévaluation . . . . .	42
4	Trajectoire de l'unité . . . . .	43
<b>2</b>	<b>Les équipes du Liris</b>	<b>46</b>
1	Origami . . . . .	47
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	47
2	Introduction du portfolio . . . . .	50
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	53
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	64
2	Imagine . . . . .	68
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	68
2	Introduction du portfolio . . . . .	72
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	73
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	88
3	BD . . . . .	93
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	93
2	Introduction du portfolio . . . . .	95
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	96
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	105
4	Drim . . . . .	106
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	106
2	Introduction du portfolio . . . . .	108
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	111
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	117
5	Goal . . . . .	119
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	119
2	Introduction du portfolio . . . . .	121
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	123
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	132
6	Soc . . . . .	135
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	135
2	Introduction du portfolio . . . . .	138
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	140
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	147
7	Sycosma . . . . .	151
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	151
2	Introduction du portfolio . . . . .	153
3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	154
4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	159
8	Sical . . . . .	161
1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	161

	2	Introduction du portfolio . . . . .	162
	3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	162
	4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	171
9	Dm2l . . . . .		175
	1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	175
	2	Introduction du portfolio . . . . .	176
	3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	178
	4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	186
10	Tweak . . . . .		189
	1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	189
	2	Introduction du portfolio . . . . .	190
	3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	191
	4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	198
11	Saara . . . . .		201
	1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	201
	2	Introduction du portfolio . . . . .	202
	3	Activité scientifique de l'équipe . . . . .	203
	4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	209
12	Beagle . . . . .		212
	1	Informations générales pour le contrat en cours . . . . .	212
	2	Introduction du portfolio . . . . .	214
	3	Auto-évaluation du bilan . . . . .	214
	4	Trajectoire de l'équipe . . . . .	218

<b>A</b>	<b>Annexe</b>		<b>219</b>
1	Arrivées, promotions et départs des personnels permanents de l'unité sur la période . . . . .		219
	1	Arrivées . . . . .	219
	2	Promotions . . . . .	219
	3	Départs . . . . .	220

# Le Liris

## 1- Informations générales pour le contrat en cours

### 1- Présentation de l'unité

Le LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information) est le laboratoire « d'informatique au sens large » du site lyonnais. Il compte plus de 400 membres, stagiaires inclus et se positionne sur le continuum de la recherche fondamentale à la recherche appliquée, en adéquation avec les besoins de la société numérique et la politique scientifique de ses tutelles. Les recherches menées au LIRIS relèvent des défis du monde numérique qui s'impose à nous, notamment dans les domaines de l'intelligence artificielle (IA), de l'analyse et la gestion de données, de la vision par ordinateur, des mondes virtuels, de la cyber-sécurité, de la transformation digitale, des interactions humain-machine ou de l'apprentissage humain. Une partie des activités de l'unité est de nature pluridisciplinaire, aux interfaces des sciences humaines et sociales, de l'ingénierie, de la santé, des sciences de la vie et des sciences de l'environnement. Les productions scientifiques et techniques portent naturellement sur les publications scientifiques, mais aussi les logiciels, la valorisation et la médiation scientifique pour le grand public.

L'équipe de direction est composée de la responsable administrative Djémila Cavret (Ingénieure de recherche, CNRS), du directeur adjoint Guillaume Damiani (Directeur de recherche, CNRS), de la directrice adjointe Véronique Églin (Professeure, INSA Lyon) et du directeur Jean Marc Petit (Professeur, INSA Lyon). Elle se situe géographiquement sur l'INSA Lyon et l'université Claude Bernard Lyon 1, qui hébergent plus de 80% des membres de l'unité.

### Historique, localisation de l'unité

Le LIRIS est une unité mixte de recherche (UMR 5205) en Informatique placée sous la tutelle de cinq établissements : le CNRS, l'INSA Lyon (tutelle déposante), l'Université Claude Bernard Lyon 1, l'Ecole Centrale de Lyon (ECL) et l'Université lumière Lyon 2. Les trois premières sont des tutelles principales au sens du CNRS. A ces cinq tutelles, il convient aussi d'ajouter trois filiales de valorisation, toutes de droit privé : [Insavalor](#) pour l'INSA Lyon, [Ezus](#) pour l'université Claude Bernard Lyon 1 et [Centrale Innovation](#) pour l'ECL. Le LIRIS est né en 2003, d'abord comme FRE 2672 CNRS, puis UMR 5205 en 2005. Il résulte du regroupement de plusieurs laboratoires non associés au CNRS (LISI<sup>1</sup>, LIGIM<sup>2</sup>, RFV<sup>3</sup>) et d'intégration de groupes de personnes en provenance d'autres laboratoires du site. Sur la période 2019-2024, il n'y pas eu de telles intégrations.

Le LIRIS est un laboratoire multi-sites sur le territoire de Lyon et Saint-Etienne, qui s'étend sur le campus de Lyon Tech la Doua à Villeurbanne (INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1 et InsaValor), sur celui de Bron (Université Lumière Lyon 2) et sur Ecully (Ecole Centrale de Lyon) auquel s'ajoute le campus de l'ENISE depuis 2021, une école interne de l'ECL basée à Saint-Etienne. La figure 1.1 page 6 donne un instantané de la répartition des personnels, incluant les stagiaires, sur les différents lieux d'hébergement de l'unité (405 personnes début avril 2025).

Sur les locaux, nous mentionnons ici que l'unité a été très largement impactée à la sortie de la pandémie du COVID par des travaux de rénovation très importants de nos bâtiments à l'université Lyon 1, à l'INSA Lyon et dans une moindre mesure à l'ECL.

### Organisation de l'unité

Nous présentons ici l'organisation opérationnelle de l'unité, son organisation scientifique en équipes et pôles de compétence est présentée dans la section 1, page 14.

- 
1. Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information
  2. Laboratoire d'Informatique Graphique, Image et Modélisation
  3. Reconnaissance des Formes et Vision

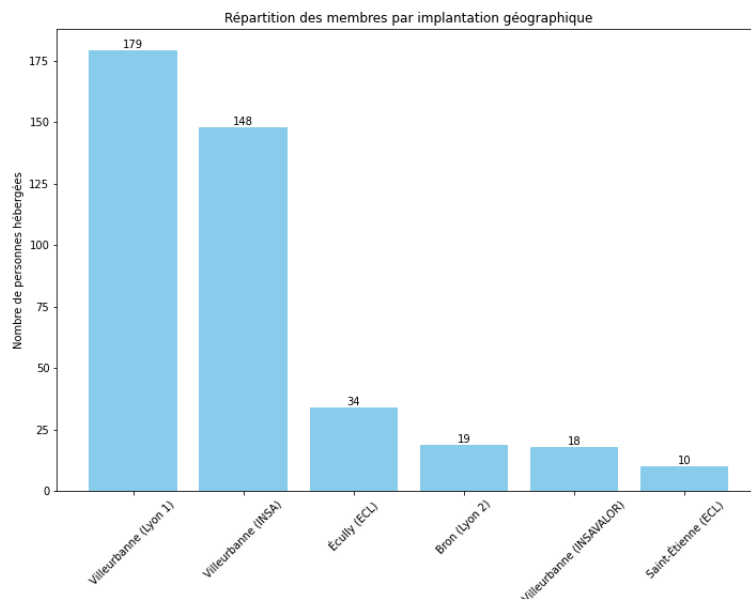


FIGURE 1.1 – Répartition de l’unité sur les différents campus

L’organigramme de l’unité depuis 2021 est décrit en figure 1.2. Tout d’abord, la direction et ses deux conseils – le conseil de laboratoire statutoire et le conseil scientifique formé des responsables d’équipe – forment la gouvernance de l’unité. Deux services d’appui, le service administratif et le service technique, ont des missions éminemment transversales en faveur de la recherche. Ils regroupent les personnels d’appui à la recherche. Ensuite, deux types de cellules existent : les cellules d’appui à la recherche et les cellules transversales. Enfin, des chargés de mission sont nommés sur des sujets d’importance, qu’ils relèvent de la vie de l’unité ou qu’ils soient purement réglementaires.

Nous mettons le focus sur quelques points importants de cette organisation.

**La direction de l’unité** se réunit une fois par semaine sur un créneau de deux heures (par exemple 42 réunions en 2023). Un ordre du jour est systématiquement élaboré et partagé, sur lequel des notes peuvent être prises. Une fois par mois, les représentants des sites de l’université Lumière Lyon 2 et de l’École Centrale de Lyon sont invités en début de réunion afin d’échanger sur leurs problématiques (par exemple, les locaux, les personnels, la politique scientifique ou les postes).

**Les deux conseils de l’unité** désignent le conseil de laboratoire et le conseil scientifique.

Le *conseil de laboratoire* (CL) est associé à toutes les discussions importantes pour la vie de l’unité, du budget aux ressources RH, de la politique scientifique au fléchage des postes pour n’en citer que quelques unes. Nous en organisons six par an, programmés en début d’année civile, auxquels s’ajoutent quelques autres conseils imposés par l’actualité, comme par exemple pour classer les contrats doctoraux ou les projets soumis à l’appel unique de l’institut du CNRS. En amont de chaque réunion, un ordre du jour prévisionnel est élaboré par la direction, puis proposé au CL avec possibilité d’ajout de sujets, et enfin diffusé aux membres de l’unité. Les diapositives et un relevé de décision sont diffusés après le CL. Tout est accessible aux membres de l’unité sur notre espace partagé souverain.

Durant ce mandat, trois groupes de travail (GT) ont été créés afin de traiter des problématiques aussi simples à formuler que complexes à résoudre : le premier GT visait à identifier précisément les profils des personnels susceptibles de décrocher de la recherche, le deuxième s’intéressait à la signification d’être membre du LIRIS en 2024, et le troisième a travaillé sur le rôle attendu d’un responsable d’équipe à l’horizon 2027. Ces groupes nourrissent le débat interne, permettent les discussions au sein de l’unité, avec une restitution devant le conseil, voire parfois en assemblée générale (organisée une fois par an sauf exception en 2024).

Le *conseil scientifique* (CS) regroupe les responsables scientifiques des douze équipes, auxquels se joignent quelques invités utiles au débat quand les sujets s’y prêtent. Nous en organisons en moyenne 5 par an. Un ordre du jour est proposé en amont des réunions. Les diapositives préparées par la direction sont partagées aux responsables d’équipes uniquement, qui peuvent les diffuser à leur convenance au sein de leurs équipes. Afin d’éviter les redites avec le CL, le premier point à l’ordre du jour revient sur le dernier compte rendu diffusé. Ce temps d’échange permet à la direction de transmettre aux équipes un certain nombre d’indicateurs clés les concernant, et d’être à l’écoute de leurs besoins et préoccupations.

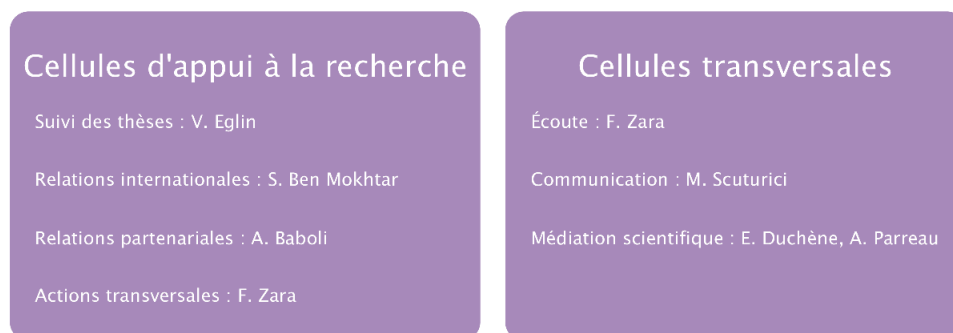
## Gouvernance



## Services support



## Cellules



## Chargé.e.s de mission



FIGURE 1.2 – Organigramme de l'unité

**Le service administratif** Composé de 11 personnes au 31/12/2024, ce [service](#) est l'interface entre les chercheurs et leurs interlocuteurs au sein des services centraux des tutelles et des différents partenaires, pour leur permettre la réalisation de leurs projets de recherche. Dans un laboratoire multi-sites et multi-tutelles, le challenge est clairement important, la simplification administrative de l'enseignement supérieur et de la recherche relevant davantage de l'incantation que de la réalité du terrain.

Le service a connu un "turn over" important, dans le sens des départs et des arrivées, notamment celle de la responsable administrative et financière (RAF) fin 2020. Il a donc fallu accompagner la formation de ses nouveaux membres, dont certains occupent encore des postes précaires. Depuis 2021, nous avons apporté quelques ajustements au fonctionnement du service. Tout d'abord, c'est la RAF de l'unité qui est la supérieure hiérarchique des personnels du service. Ensuite, nous avons repensé l'organigramme « en râteau » pour y ajouter plus de profondeur. Ce n'est pas encore réellement perceptible sur ce mandat, mais des actions ont été menées en ce sens (voir des détails en section 1, page 28). Par ailleurs, nous avons spécifiquement travaillé pour améliorer la collecte des données de l'unité, en minimisant autant que possible le travail de saisie des responsables d'équipe. Enfin, un travail important de concertation et d'actions a été réalisé avec l'équipe « Système d'information » du service technique. Sur notre intranet, il a conduit à rendre plus accessible et intelligible les informations administratives nécessaires pour la réalisation des actes les plus courants. C'est un travail de longue haleine, qui existait déjà au LIRIS, mais qui s'est avéré indispensable pour passer à l'échelle dans le nombre d'actes à réaliser. Certains logiciels dédiés ont aussi été développés par exemple pour la gestion des clés et de l'occupation des bureaux ou pour le dépôt des demandes d'autorisation d'accès en ZRR.

Les membres du service administratif sont répartis au plus près des collègues en recherche et présents au sein de chaque lieu d'hébergement, à l'exception d'Insavalor.

**Le service technique** Dans sa forme actuelle, il a été mis en place en 2021. Il regroupe les ingénieurs permanents techniques de l'unité (11 personnes) et quelques chercheurs ou enseignants-chercheurs (5). Ses missions incluent principalement des services transversaux et le développement des plateformes. Le service est découpé en quatre équipes :

- La *cellule système d'information (SI)* : Elle fournit et gère le système d'information pour la gestion des activités de recherche des membres de l'unité et de son équipe administrative.
- L'*équipe Développement Plateforme (EDP)* : Elle contribue au développement des plateformes du LIRIS/
- L'*équipe Développement Valorisation (EDV)* : Créée en 2021, elle s'intéresse à la valorisation des travaux de recherche menés au LIRIS en direction des partenaires du monde économique, afin de permettre la mise en oeuvre d'une recherche dite « finalisée » et transférable vers la société.
- L'*équipe Infrastructure informatique (Infra)* : Créée en 2023, elle gère l'infrastructure informatique du LIRIS qui comprend le matériel et les services logiciels mis à disposition des membres de l'unité.

Il faut noter que les personnels du service ne sont pas regroupés sur un seul lieu. Des réunions du service technique sont programmées régulièrement, sur une récurrence variable en fonction des contraintes (au mieux une fois par mois). Cette réunion permet de diffuser les informations à l'ensemble du service et d'obtenir des retours inter-équipes sur les différents sujets évoqués. C'est également l'occasion de faire des points techniques (par exemple introduction à *Kubernetes*, *TOTP*<sup>4</sup>) afin de partager les connaissances. Comme actions de formation interne à destination des personnels de l'unité, 19 [cafés développeurs](#) ont été organisés sur la période. Le soutien aux chercheurs pour du développement ad-hoc a diminué sur la période au profit de services plus transversaux pour l'unité.

Le responsable de ce service est un enseignant-chercheur. En 2024, un point individuel informel a été réalisé chaque trimestre par le responsable du service avec chaque ingénieur des équipes EDP, Infra et SI. Ce temps d'échange permet de faire le bilan des missions courantes et d'identifier les éventuelles difficultés rencontrées par chacun. Néanmoins, le supérieur hiérarchique des personnels de ce service est toujours le directeur de l'unité, qui se charge donc de faire passer les entretiens annuels. En concertation, nous avons demandé et obtenu un poste d'IR au CNRS pour chapeauter le service, avec la volonté d'avoir le même fonctionnement que pour le service administratif. Malheureusement, le concours a été infructueux.

Enfin, le service dispose d'un budget annuel (environ 4000 €), utilisé pour le renouvellement des machines de ses membres, pour le financement de missions pour des conférences techniques ou des formations et pour l'organisation de moments de convivialité.

## Services communs et plateformes

L'organigramme présenté précédemment liste l'ensemble des cellules et chargés de mission de l'unité. Nous faisons maintenant un focus sur deux d'entre elles, emblématiques du travail réalisé dans l'unité : l'une dédiée

---

4. Time based One Time Password

aux suivi des thèses et l'autre au système d'information de l'unité. Enfin, nous décrivons l'état actuel de nos plateformes qui ont été un chantier important mené pendant ce mandat.

**Suivi des thèses** Cette cellule est dédiée à l'accompagnement des doctorants et doctorantes. Elle est animée par une personne de l'équipe de direction de l'unité. Elle a un rôle d'animation et de mise en relation des doctorants entre eux, mais aussi de gestion des difficultés individuelles qu'ils ou elles peuvent rencontrer. Elle remplit dans ce cadre plusieurs missions tout au long du parcours du/de la doctorante en apportant un soutien individualisé aux étudiants et en assurant le suivi des données liées aux thèses.

Son rôle en matière d'accompagnement a évolué avec la généralisation du *Comité de Suivi Individuel* des thèses (CSI) des écoles doctorales, instauré systématiquement dès la première année. Aujourd'hui, la cellule intervient principalement auprès des étudiants confrontés à des difficultés particulières. Elle apporte son soutien pouvant aller jusqu'à une médiation en cas de risque d'abandon ou d'interruption. Elle propose également une aide ponctuelle en situation exceptionnelle, notamment face à des crises personnelles ou des événements imprévus, tels que des questions de relogement liées aux travaux du Plan Campus de la Doua ou encore un accompagnement spécifique durant la crise sanitaire du Covid. Ces actions sont menées en coordination avec la [cellule d'écoute](#) de l'unité, qui veille à soutenir les doctorants et doctorantes confronté.e.s à des situations personnelles complexes. Depuis le début du mandat, plusieurs étudiant.e.s ont bénéficié de cet accompagnement personnalisé.

En parallèle, la cellule assure une part de la gestion administrative des thèses en lien avec l'[école doctorale InfoMaths](#). Elle met notamment à jour les membres externes du CSI pour chaque nouvelle thèse et suit les cohortes afin de recenser les nouveaux doctorants, facilitant ainsi leur intégration lors d'une demi-journée d'accueil organisée en octobre. Elle coordonne également la Journée des Thèses de l'unité (JDT), un événement annuel obligatoire pour les doctorants et doctorantes en deuxième année, où ces dernier.e.s présentent l'avancement de leurs travaux, voir par exemple [le programme de l'édition 2024](#).

**La cellule SI** La cellule SI prend en charge le système d'information de l'unité. Cette mission comprend notamment le développement et la maintenance du [site Web](#) de l'unité, dans sa version publique, mais également son intranet. Cet intranet joue un rôle particulier car, au delà des informations à destination des membres du LIRIS, il permet de saisir et de structurer l'information interne de l'unité. Son développement se fait en collaboration avec la direction et le service administratif. Il est par exemple utilisé pour gérer les informations sur les membres, les thèses, les équipes. Couplées à des connecteurs vers des services externes tels que [HAL](#), ces données sont utilisées pour remonter les informations et statistiques demandées par la direction.

La cellule SI gère également l'hébergement d'espaces Web pour les membres de l'unité, les différents projets et les équipes. Une base de données est également disponible pour chaque espace.

Par ailleurs, la cellule SI administre des services partagés ouverts aux membres de l'unité comprenant en particulier :

- une suite collaborative de travail basée sur [Nextcloud](#), permettant le partage de fichiers, la possibilité d'avoir des agendas partagés et l'édition simultanée de documents,
- une forge logicielle basée sur [Gitlab](#),
- la mise à disposition d'une quinzaine [de jeux de données](#), représentant un volume de 4To.

Ces services s'appuient sur une infrastructure technique interne, en particulier un annuaire LDAP nourri par l'intranet permettant une authentification centralisée au niveau de l'unité. Cela permet également de rendre certains services accessibles de manière sélective à des membres extérieurs de l'unité, notamment dans le cadre de projets collaboratifs de recherche.

Enfin, les personnels de cette cellule ne limitent pas leur investissement au seul SI de l'unité : ils ont été des personnes ressources exceptionnelles lors du COVID ou des travaux, en étant force de proposition au service des personnels de l'unité, apportant une réelle plus value collective, bien au delà de leurs strictes missions.

**Les plateformes de l'unité** Nous avons restructuré l'ensemble des plateformes existantes de l'unité. Ce processus a été long et a mené à l'identification de deux plateformes. Leur genèse est décrite dans la section [3](#) page [18](#), suite à une recommandation de l'évaluation HCERES en 2020. Nous présentons donc deux plateformes GRIM et PAGODA, regroupant chacune des logiciels et des salles de démonstration, en partenariat avec des formations de nos tutelles.

La plateforme GRIM (pour "Graphique et Image") illustre des développements issus du LIRIS autour d'activités de recherche en informatique graphique et traitement/analyse d'images. Son objectif n'est pas d'être exhaustive sur les activités de l'unité, mais plutôt de servir de vitrine technologique pour mettre quelques résultats en avant. Conçue de manière modulaire, elle permet une évolution permanente par l'intégration de nouvelles technologies. Sa flexibilité facilite l'intégration régulière d'outils innovants, offrant ainsi la possibilité d'enrichir progressivement ses contenus et fonctionnalités. En regroupant différents logiciels au sein d'un même

traitement, elle peut ainsi montrer la complémentarité de différents travaux, et permettre de déboucher sur des nouvelles pistes de recherches ou de collaborations.

Dans sa version actuelle, la plateforme se base sur trois développements de recherche de l'unité : DGtal (géométrie discrète de traitement d'images nD), MEPP2 (traitement de maillages 3D et de nuages de points) et UD-SV (traitement et visualisation de données urbaines). Nous avons implémenté un scénario consistant à afficher dans un environnement urbain un maillage avec différents niveaux de détails en donnant la possibilité de se déplacer interactivement le long de son axe médian.

La première étape met en œuvre la brique logicielle MEPP2. Un maillage initial est compressé en un binaire unique, puis décompressé progressivement pour générer  $n$  maillages avec des niveaux de détails croissants.

La deuxième étape effectuée en parallèle de la première utilise la brique logicielle DGtal. Elle prend à nouveau en entrée le maillage initial, qui est voxélisé afin d'en extraire ensuite le squelette. Cette phase produit ainsi en sortie un fichier contenant les coordonnées des points de l'axe médian ainsi obtenu.

La troisième étape reposant sur la brique logicielle UD-SV dépend des deux étapes précédentes. Elle prend en entrée les  $n$  maillages générés avec MEPP2 et le squelette généré avec DGtal. Dans un premier temps, les  $n$  niveaux de détails sont convertis en tuiles 3D au format standard de visualisation des données géographiques. Dans un second temps, le squelette brut est transformé en un graphe orienté acyclique afin de construire un ordre de parcours hiérarchisé, en donnant la possibilité de se déplacer interactivement le long de l'axe médian.

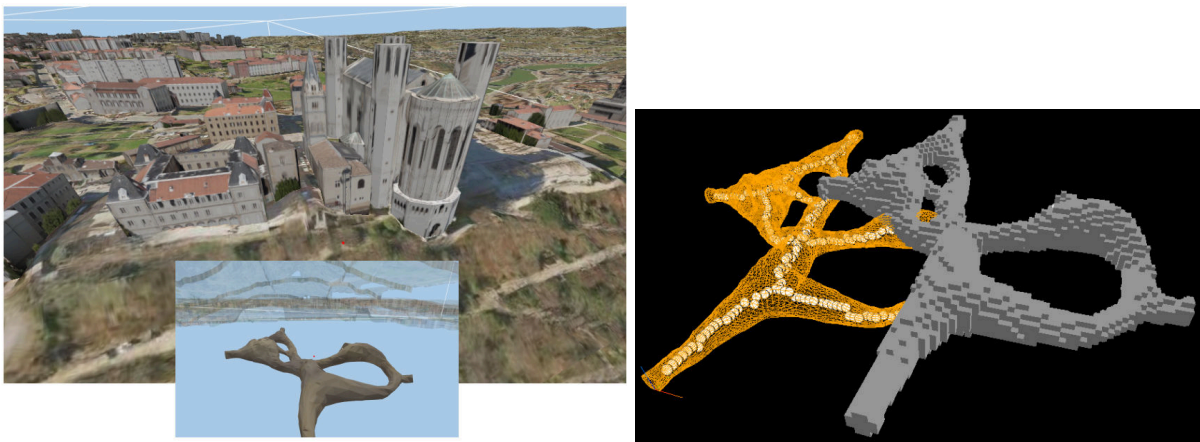


FIGURE 1.3 – (Gauche) Visualisation de la ville dans UD-SV, et superposition de la grotte. (Droite) La représentation en voxels de la grotte et l'axe médian calculé par DGtal.

Pour illustrer le pipeline nous avons à notre disposition deux jeux d'essai, une grotte réalisée par une artiste et également un réseau de tunnels produit grâce à un logiciel de modélisation 3D, ce qui nous a permis de valider le traitement avec des données de tailles et de précisions variées (cf. un résultat sur la figure 1.3).

La plateforme PAGODA (Platform for Advanced GOvernance of DATA) s'intéresse à la gestion des données et de leurs traitements pour des expérimentations scientifiques. Il s'agit d'une plateforme matérielle et logicielle qui a une vocation large de services aux chercheurs de l'unité : proposer des solutions efficaces pour les activités de développement d'expérimentations, de publication et de valorisation de leurs résultats. Dans un contexte où les membres du LIRIS sont répartis sur différents sites aux infrastructures informatiques hétérogènes, indépendantes et peu ou pas interconnectées, la mise à disposition d'une offre de service commune est indispensable à la collaboration aussi bien interne qu'avec des partenaires extérieurs.

La plateforme matérielle regroupe actuellement les matériels suivants (voir figure 1.4) :

- Des serveurs actuellement hébergés au CC-IN2P3 sur le campus de la Doua à Villeurbanne : 3 nœuds de calculs avec 3 GPU chacun (Nvidia A40), 1 serveur Nvidia DGX avec 8 GPU (Nvidia A100), 1 serveur d'administration OpenNebula (VM) et Rados Gateway (S3), 5 serveurs de stockage en cluster (stockage distribué type Ceph).
- Une salle de captation de mouvement localisée à l'ECL - Écully (AMIGO) : 1 système de motion capture Vicon (6 caméras à 100Hz) et 1 système de captation vidéo multi-caméras (4 caméras à 6K à 50Hz)
- Une salle dédiée à l'usine 4.0 localisée au CEI INSA Lyon (Smart Factory) : 2 robots autonomes mobiles industriels, 2 robots polyarticulés industriels, plusieurs imprimantes 3D, des mini-fraiseuses CNC, un scanner 3D, etc.

La partie logicielle et les services de la plateforme incluent plusieurs clusters **Kubernetes**. Un cluster de gestion s'occupe de l'authentification, de la gestion des projets et des utilisateurs. Un autre cluster est dédié à



FIGURE 1.4 – (Gauche) Salle de captation de mouvements (Droite) Salle dédiée à l'usine 4.0

la recherche et offre tous les services nécessaires aux expérimentations (calcul GPU, déploiement de workflows de calcul et/ou de base de données,...). Un troisième et dernier cluster assure la publication des résultats d'expérimentations (hébergement de démonstration, logiciel,...). La plateforme s'appuie également sur les services déjà présents au niveau de l'unité (ex : [Gitlab](#)) en étendant leurs fonctionnalités.

Elle est dotée d'un comité scientifique et d'un comité technique et est [décrite plus précisément sur notre site Web](#).

### Effectif de l'unité et de ses équipes au 31/12/2024

Au 31/12/2024, les effectifs s'élevaient à 348 personnes dont 159 permanents et 189 non permanents dont 142 doctorants en cours, 17 post-docs et 30 autres personnels (émérites, ingénieurs en CDD, ...). La table 1.1 donne la répartition par équipe des membres en activité au 31/12/2024. La partie gauche est consacrée aux permanents (hors émérites, délégations et disponibilités), et la partie droite aux non permanents. L'acronyme PAR de la sixième colonne désigne les *Personnels d'Appui à la Recherche*, les autres acronymes étant connus. Nous avons une CPJ dans l'unité au sein de l'équipe bd qui est comptabilisée comme MCF. Les équipes de recherche sont données en ligne. Sur la base du volontariat, nous avons permis à des collègues enseignants-chercheurs d'être rattachés directement à l'unité, apparaissant sur la ligne *Hors équipe*. Puis les services administratif et technique sont ajoutés. Ils ne comptent pas pour le décompte des équivalent temps-plein (ETP). Les 159 permanents correspondent ainsi à 75 ETP.

Quand les doctorants ont un co-encadrement entre deux équipes, ils comptent 0,5 pour chaque équipe. Nous n'avons pas considéré les stagiaires dans les données de caractérisation de l'unité, puisque qu'ils ne sont comptabilisés que depuis 2022 (57 en 2022, 63 en 2023 et 108 en 2024).

Ces informations sont mises à jour dynamiquement sur [notre site Web](#), avec des informations supplémentaires sur la répartition des personnels selon les tutelles.

TABLE 1.1 – Effectif des membres de l'unité et de ses équipes au 31/12/2024

Équipe	PR	DR	MCF	CR	PAR	Total	ETP	Doct	Postdoc	Autres	Total	Total
bd	6		13	1		20	10.5	14,5	5		19,5	39,5
beagle	1		1,5	1		3.5	2.25	4			4	7,5
dm2l	2		4,5			6.5	3.25	8,5	2	1	11,5	18
drim	5	1	5			11	6	18	1	3	22	33
goal	3		4	2	1	10	5.5	10,5	2	3	15,5	25,5
imagine	9	1	12	1		23	12.5	37	4	3	44	67
origami	6	4	13			23	13.5	17	1	7	25	48
saara	1		5			6	3	5		1	6	12
sical	1		6	1		8	4.5	10,5	1	3	14,5	22,5
soc	4		6			10	5	1,5			1,5	11,5
sycosma	2		5			7	3.5	9,5		1	10,5	17,5
tweak	2		5			7	3.5	6	1	4	11	18
hors équipe			4			4	2					4
svadmin					9	9				2	2	11
svinfo					11	11				2	2	13
<b>Total</b>	42	6	84	6	21	<b>159</b>	<b>75</b>	142	17	30	<b>189</b>	<b>348</b>

La table 1.2 donne la répartition par tutelle (en incluant les filiales) des personnels d'appui à la recherche (PAR) au sein des services technique et administratif, en distinguant les fonctionnaires (F), les contrats à durée indéterminée (cdi) et à durée déterminée (cdd). Les personnels de l'ECL et de l'université Lyon 2 sont affectés au LIRIS à temps partiel (en général 50%).

TABLE 1.2 – Répartition des PAR par tutelle au 31/12/2024

	CNRS			U. Lyon 1			INSA			ECL			U. Lyon 2			Total
	F	cdi	cdd	F	cdi	cdd	F	cdi	cdd	F	cdi	cdd	F	cdi	cdd	
svadmin	4			2		1	2			1					1	11
svinfo	6		1				1	3	1		1					13
Total	11			3			7			2			1			24

**Les doctorants** Sur la période 2019-2024, nous dénombrons 355 doctorants avec 188 thèses soutenues, 142 thèses en cours et 25 arrêts de thèse. Le financement des thèses montrent que 99 d'entre elles ont donné lieu à des conventions CIFRE, soit 28%. Nous accueillons 133 doctorants étrangers, soit 37%. Ces chiffres sont discutés dans l'auto-évaluation à partir de la page 26.

**Entrées/sorties et promotions** Les données précises des 29 arrivées, des 11 promotions et des 38 départs sont présentées respectivement dans les tables A.1 , A.2 et A.3 (page 219 en Annexe).

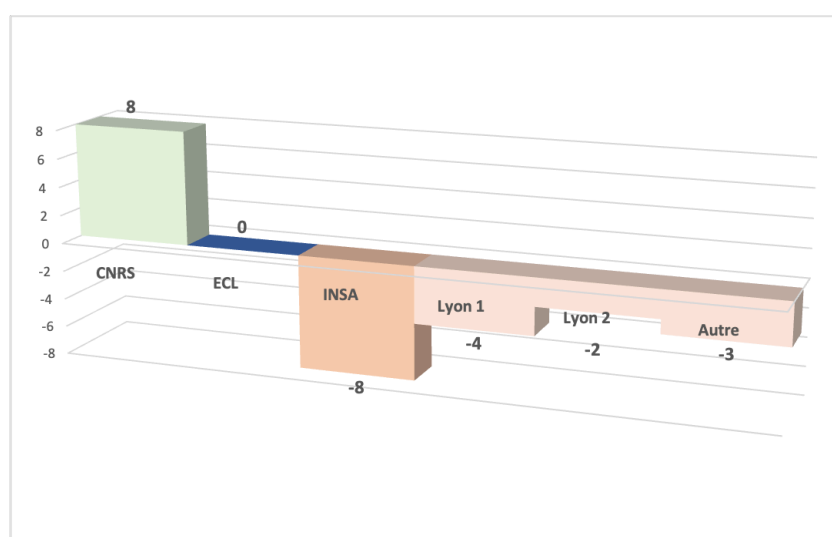


FIGURE 1.5 – Solde des départs / arrivées par tutelle

Les 29 nouveaux personnels se décomposent en 27 externes, 1 interne et 1 intégration (voir table A.1 page 219). Nous avons eu 12 nouveaux MCF dont 11 externes<sup>5</sup> (soit 92%) et 9 nouveaux PR dont 2 externes (soit 22%). Les autres postes de PR apparaissent dans la table A.2 décrivant les promotions (page 219) et se répartissent comme suit : 3 re-pyramidages, 2 procédures fléchées de l'INSA Lyon et 2 recrutements internes sur un concours ouvert. Nous avons aussi eu deux rehaussements de poste PAR et 2 promotions DR. Ces chiffres entérinent notre volonté de recrutement externe sur tous les postes de début de carrière, et une volonté plus pragmatique sur les postes de rang A, menant à valoriser les parcours des MCF HDR locaux (7 promotions interne en tout) et CR. Ces procédures sont spécifiques à chaque tutelle, l'unité pouvant être invitée à donner un avis ou pas.

Pour les 38 départs de la table A.3, page 220, nous avons eu 8 départs à la retraite, 3 délégations, 10 détachements, 6 disponibilités et 11 mobilités (promotion PR, changement de laboratoire, arrêt de la recherche, ...). Nous constatons qu'un nombre important de permanents sont partis dans le privé et du *turn over* sur les postes de BIATSS avec 8 départs et 5 arrivées, compensés par des CDD.

Vis-à-vis de nos tutelles, le CNRS a **fortement** soutenu l'unité avec 12 arrivées (5 Biatss, 6 CR et 1 DR), suivi de l'université Lyon 1 et de l'INSA Lyon avec respectivement 8 (1 Biatss, 6 MCF et 1 PR) et 7 (1 Biatss, 5 MCF et 1 Pr) nouvelles personnes. L'ECL et l'université Lumière Lyon 2 ont eu 1 MCF chacun, et un recrutement PR à l'ECL en provenance de l'INSA.

La figure 1.5 page 12 donne le solde des départs et arrivées par tutelle où l'on constate le solde très positif au CNRS (+8) mais négatif ou nul ailleurs, notamment à l'INSA (-8) et à l'Université Lyon 1 (-4). Ces chiffres au 31/12/2024 donnent une tendance claire, même s'il faut rester prudent sur leur interprétation puisque des

5. thèses qui n'ont pas été réalisées au LIRIS

postes ont été parfois gelés ou mis en attente, avec une correction dans les années à venir (par exemple 4 postes d'E/C au concours en 2025 à l'Université Lyon 1 et l'INSA).

Au 31/12/2024, nous avons 28 MCF ou CR avec une HDR, dont 15 ont été soutenues sur la période 2019-2024.

Concernant les mobilités internationales sur la période 2019-2024, nous enregistrons :

- 61 mobilités entrantes dont 56 de collègues étrangers (91%)
- 40 mobilités sortantes dont 33 hors de France (82%),

Enfin, sur la période, les chercheurs et chercheuses de l'unité ont bénéficié de 37 délégations (20 CNRS, 8 INRIA, 7 HCERES et 2 IUF) et 11 CRCT (3 CNU, 4 INSA, 2 Lyon 1 et 2 Lyon 3).

**Égalité femme/homme dans l'unité** Un poste de *chargée de mission* sur les questions de d'égalité F/H a été créé en 2021, et a mené de nombreuses actions de sensibilisation au sein de l'unité (voir page 31). De façon factuelle, la situation du LIRIS se situe dans la moyenne nationale, avec quelques spécificités. Par exemple, la proportion de femmes est de 29,6% hors doctorants (montant à 33% pour les PR et DR), et de 22,8% pour les doctorants. Un histogramme des âges des membres permanents du LIRIS est présenté dans la figure 1.6 page 13. Pour les équipes administrative et technique, la proportion est duale avec un seul homme dans la partie administrative et une seule femme dans la partie technique.

Une version genrée des effectifs de l'unité par catégorie de personnels et par tutelle est aussi [disponible en ligne](#). La figure 1.7 page 14 montre la répartition femmes/hommes au sein des différentes équipes.

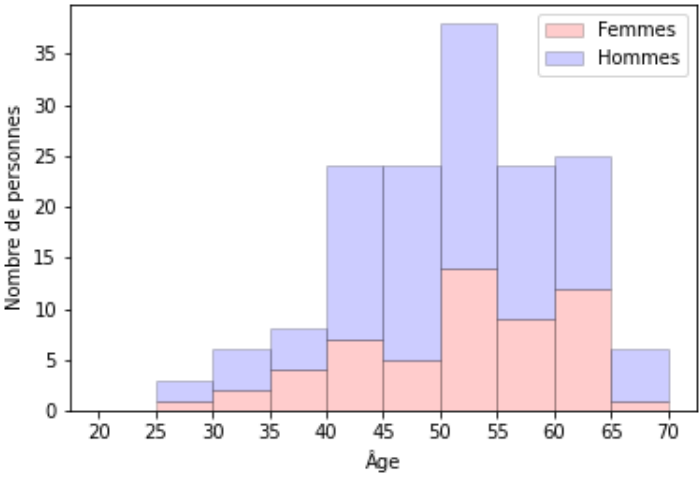


FIGURE 1.6 – Histogramme des âges des permanents (F/H) de l'unité

Nous terminons cette section avec la table 1.3 (page 13) qui donne l'évolution des principaux indicateurs "gros grain" entre l'évaluation de 2020 et celle-ci, sur une période similaire de 6 années. Ces chiffres sont issus des données de caractérisation fournies à l'HCERES.

	HCERES 2020	HCERES 2024	% d'évolution
Nombre permanents	166	159	−4%
Nombre docteurs	304	355	+17%
Nombre contrats	430	388	−10%
Montant des contrats en M€	4	4,4	+10%
Nombre papiers en revue	648	648	0%
Nombre papiers en conférence	946	971	+3%

TABLE 1.3 – Comparaison des chiffres clés entre l'HCERES 2020 et 2024

Nous remarquons qu'en dépit d'une baisse de 4% des effectifs permanents, les autres indicateurs ont globalement augmenté, dont le nombre de doctorants de 17% et le volume de financement de 10%. Seul le nombre de contrats a diminué de 10%, traduisant une activité moins dispersée pour des montants plus élevés.

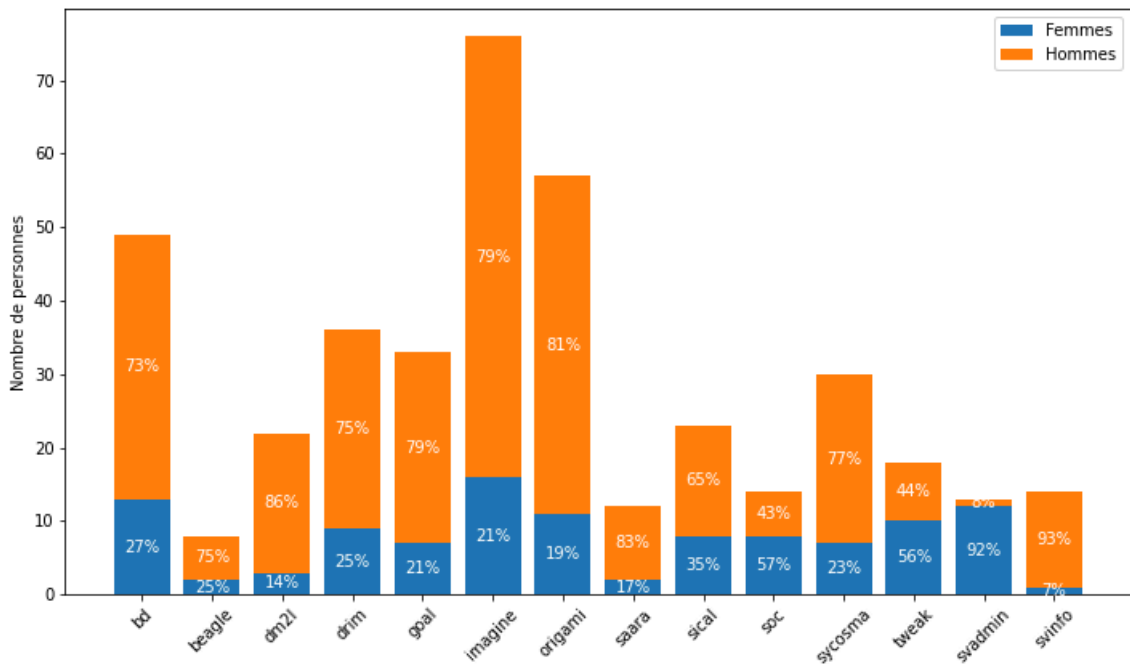


FIGURE 1.7 – Pourcentage de femmes et d’hommes au sein des équipes

## Thématiques scientifiques

Les recherches du LIRIS concernent un large spectre de la science informatique au sein de ses douze équipes de recherche structurées en six pôles de compétences :

- Données, Système et Sécurité (équipes [BD](#), [DRIM](#), [SOC](#) et [DM2L](#))
- Informatique Graphique et Géométrie (équipe [ORIGAMI](#))
- Images, Vision et Apprentissage (équipe [IMAGINE](#))
- Interactions et cognition (équipes [SICAL](#), [SyCoSMA](#) et [TWEAK](#))
- Algorithmique et Combinatoire (équipe [GOAL](#))
- Simulation et Sciences du Vivant (équipes [SAARA](#) et [BEAGLE](#))

Comme illustré en figure 1.8, chaque équipe a un pôle de compétence principal, et éventuellement d’autres pôles secondaires.

L’animation scientifique s’effectue quasi-exclusivement au sein des équipes, les pôles ayant vocation à communiquer vers l’extérieur, en particulier auprès de nos tutelles et de nos partenaires socio-économiques.

### Données, Système et Sécurité

Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 119<sup>6</sup>

Ce pôle mène des recherches sur les données et les connaissances (par ex. bases de données, fouille de données, masses de données, apprentissage, ingénierie des connaissances, web sémantique, recherche d’information), les aspects systèmes (par ex systèmes répartis, systèmes distribués, infrastructures à grande échelle, grilles de calcul, nuage) et la sécurité des systèmes et des données (e.g., protection de la vie privée, fiabilité).

Équipes ayant ce pôle comme pôle principal : • BD • DM2L • DRIM • SOC

Équipes ayant ce pôle comme pôle secondaire : • Imagine • GOAL • SyCoSMA • TWEAK

### Informatique graphique et géométrie

Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 53

Ce pôle regroupe les thématiques couvrant la chaîne de production d’images, partant de la modélisation à la synthèse d’images. Notamment, il s’intéresse en amont à des problèmes d’acquisition, modélisation, analyse et synthèse de géométries sous diverses formes (maillages, nuages de points, géométries digitales). Il s’attachera ensuite à des problèmes de déformation et animation de ces géométries via des simulations physiques. Finalement, en bout de chaîne viennent les problématiques de textures et de rendu, qu’il soit physiquement réaliste ou temps réel.

Équipe ayant ce pôle comme pôle principal : • Origami

Équipes ayant ce pôle comme pôle secondaire : • Imagine • SAARA

6. Les chiffres donnés sur chaque pôle correspondent aux effectifs de l’unité en avril 2024.

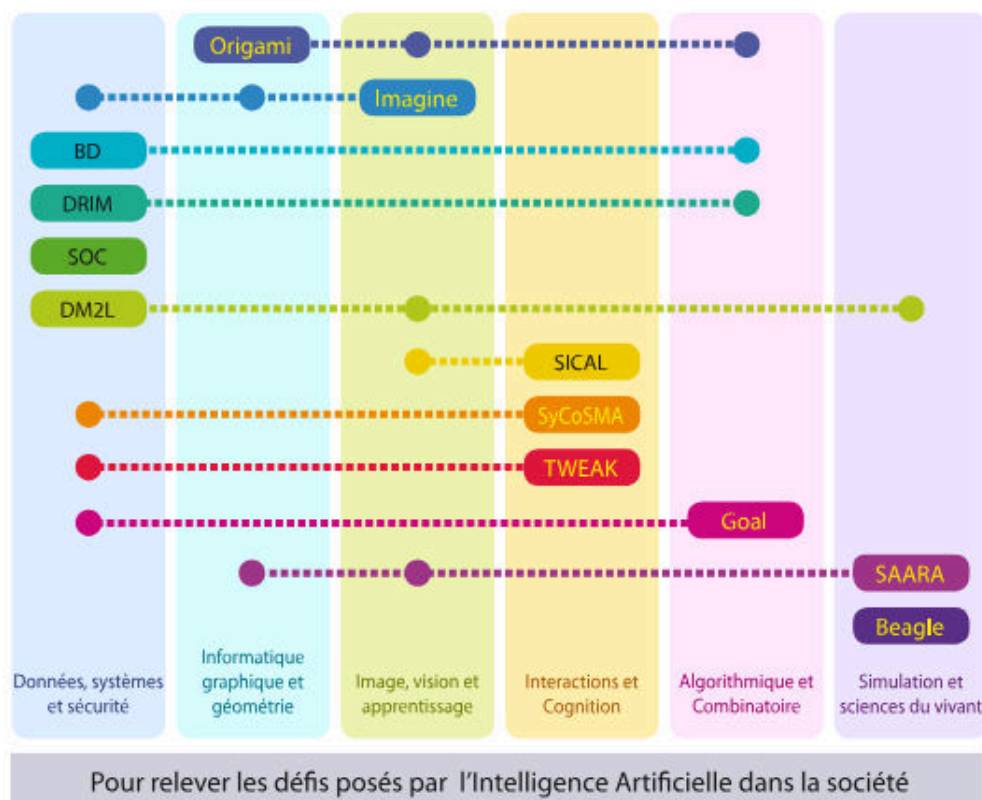


FIGURE 1.8 – Pôles de compétences et équipes

#### Image, vision et apprentissage Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 74

Les différentes activités de recherche menées dans ce pôle partagent les mêmes objectifs généraux visant la compréhension d'images multi-sources et multi-capteurs, intégrant ainsi une très large variété de contenus qui se déclinent autour de l'objet visuel (images de personnes, d'objets et de scènes en 2D et 3D), des activités (mouvement, gestes, actions), et des concepts (sémantique des scènes, émotions induites). Ces objectifs se déclinent ainsi autour de la mise en place de méthodes et de modèles pour la reconnaissance, l'analyse et la compréhension de ces contenus dans une articulation maîtrisée entre les apports de la vision par ordinateur et l'apprentissage automatique.

Équipe ayant ce pôle comme pôle principal : • Imagine

Équipes ayant ce pôle comme pôle secondaire : • Origami • DM2L • SICAL • SAARA

#### Cognition et Interactions Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 67

Les recherches menées dans ce pôle visent à étudier et concevoir des systèmes dynamiques dans lesquels plusieurs agents, humains ou logiciels, sont en interaction. Le focus porte à la fois sur l'étude des propriétés (cognitives, comportementales, émotionnelles, ...) des agents pris individuellement et celles du système résultant. Dans ce pôle, les agents sont considérés comme objet d'étude afin de développer des modèles/systèmes qui exhibent des capacités d'intelligence individuelle et collective, de raisonnement, de décentralisation des traitements et du contrôle, d'adaptation. Le couple utilisateur machine est vu comme un seul système apprenant, co-évoluant en fonction des activités menées.

Équipes ayant ce pôle comme pôle principal : • SyCoSMA • TWEAK • SICAL

#### Algorithmique et Combinatoire Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 30

En informatique, les structures discrètes et combinatoires permettent de modéliser de nombreux objets : réseaux, bases de données, tableaux, images, Web services... Ce pôle réunit des équipes qui cherchent à comprendre les propriétés fondamentales qui régissent ces structures, pour ensuite concevoir et analyser des algorithmes sur ces mêmes objets. Les recherches de ce pôle sont à la fois structurelles (existence de propriétés combinatoires, énumération, construction de nouveaux modèles discrets) et algorithmiques (calcul de complexité théorique, algorithmes exacts et approchés, algorithmes distribués, vérification et preuves formelles).

Équipe ayant ce pôle comme pôle principal : • GOAL

Équipes ayant ce pôle comme pôle secondaire : • Origami • BD • DRIM

**Simulation et sciences du vivant** Nombre de personnes rattachées à ce pôle : 21

Les recherches menées dans ce pôle visent à acquérir, comprendre, modéliser, simuler et restituer le monde environnant. Pour cela, nous mettons en œuvre différents outils informatiques et mathématiques. Nous reproduisons numériquement des éléments de l'univers qui nous entoure afin de réaliser des expériences virtuelles ou d'anticiper la conception d'objets artificiels. Ce pôle est donc par nature pluridisciplinaire et entretient des liens forts avec différents domaines de la biologie, la physique, la médecine et l'ingénierie.

Équipes ayant ce pôle comme pôle principal : • Beagle • SAARA

Équipe ayant ce pôle comme pôle secondaire : • DM2L

## 2- Environnement de recherche

L'unité est impliquée dans de nombreuses structure de recherche et de valorisation, à l'échelle du site ou à l'échelle nationale. Elle est force de proposition dans les réponses aux appels d'offre de grands projets structurants à l'échelle du site, comme par exemple pour le projet IDEX Université de Lyon ou l'IA cluster AILYS du PIA, qui n'ont malheureusement pas été retenus.

**Implication recherche au sein de la gouvernance de nos tutelles** Nous ne citons que les principales missions. Deux professeurs de l'unité sont impliqués dans l'institut "Sciences informatiques" du CNRS, en qualité de directeur adjoint scientifique (DAS Partenariats industriels, valorisation, suivi des plateformes, logiciel) et de délégué scientifique section 06 (Science des données).

Un professeur est directeur adjoint de la recherche à l'INSA Lyon en charge de l'enjeu "Information et société numérique".

**Fédération informatique de Lyon (FIL)** Tout d'abord, nous participons aux activités de la FIL, qui regroupe six laboratoires du site sur les sciences informatiques (LIRIS, LIP, CREATIS, LabHC, CITI, Eric). La direction a toujours été portée par un personnel de l'unité. Sur le début de la période de référence, le site de Lyon bénéficiait d'un IDEX qui n'a pas été reconduit. Nous avons pleinement participé aux initiatives associées.

**Laboratoire d'excellence (Labex)** Nous participons à quatre labex financés par le PIA sur le site. Le premier est le labex IMU [Intelligence des mondes urbains](#), que nous avons co-initié et porté jusqu'en 2023. Ce labex est un dispositif de recherche et d'expérimentation centré sur la ville, l'urbain, la métropolisation et l'urbanisation. Il est clairement pluridisciplinaire, avec plus de 500 chercheurs issus de 38 laboratoires impliquant un large spectre de disciplines scientifiques. Il est une des sources de la réalisation 6 du portfolio de l'unité (voir section 2 page 22). La majorité des équipes a participé à l'animation scientifique de ce labex.

L'unité a intégré le labex ASLAN [Advanced studies on language complexity](#) lors de son renouvellement en 2020. Ce labex considère le langage comme un système dynamique complexe, et propose d'éclairer toutes les facettes de l'acquisition et de l'usage du langage, ainsi que de la diversité et de l'histoire des langues. Cette approche aborde toutes les composantes du langage (des phonèmes aux gestes, de la grammaire à l'interaction) tout autant que les facteurs biologiques, cognitifs et sociaux (des contextes d'interaction à la diversité linguistique observée dans le monde) les influençant. Les trois équipes du pôle de compétence "Cognition et Interactions" y sont impliquées.

Deux équipes de l'unité, ORIGAMI et SAARA, ont participé au labex PRiME [Physique, Radiobiologie, Imagerie Médicale et Simulation](#). Ce labex vise à développer de nouveaux concepts et méthodes pour l'exploration, le diagnostic et la thérapie du cancer et des pathologies associées au vieillissement. PRIMES recouvre des domaines variés allant de la physique fondamentale à l'instrumentation, de la radiobiologie à l'acquisition et au traitement de données et à la reconstruction d'images, simulation et modélisation à l'aide de l'informatique.

Enfin, des personnes de l'unité ont aussi participé au Labex MILYON [mathématiques et informatiques fondamentales](#), sans que l'unité y participe de façon officielle. Ce labex développe une recherche aux interfaces de ces disciplines sous un angle purement fondamental. Il a été un acteur de la transmission de la culture scientifique à la société via sa [Maison des mathématiques et de l'informatique](#). L'équipe GOAL y a été impliquée.

**Structuration de la Formation par la Recherche dans les Initiatives d'excellence (SFRI)** Afin de renforcer l'attractivité internationale des formations et de favoriser les liens entre formation et recherche au sein des quatre établissements partenaires (Université Claude Bernard Lyon 1, Université Jean Monnet, École normale supérieure de Lyon et Université Jean Moulin Lyon 3), l'unité est impliquée dans le projet structurant [Graduate+](#), dans le cadre du programme SFRI de l'ANR. Dans ce cadre, l'unité coordonne notamment la graduate initiative DIGITBIOMED (Digital Sciences for Biology and Health), en collaboration avec plusieurs laboratoires et institutions : l'ICJ, le LBBE, Inria et les Hospices Civils de Lyon (HCL). Dans ce cadre, le LIRIS a notamment initié l'organisation de deux événements scientifiques :

- Une journée sur la [reproductibilité en sciences](#)
- L'école thématique [AI4BioMed](#)

Par ailleurs, le LIRIS a accueilli neuf stagiaires en 2023 et 2024, financés par ce programme interdisciplinaire (2 en licence 3, 4 en master 1 et 3 en master 2).

**Programmes et Équipements de Recherche Prioritaires (PEPR)** Trois membres de l'unité co-animent aujourd'hui ces nouveaux programmes, qui ont impacté très positivement nos financements reçus depuis 2023. Piloté par le CNRS et l'Université Gustave Eiffel (UGE), le PEPR (VDBI) adresse les sujets de recherche sur la ville durable et les bâtiments innovants. Les recherches tirées par l'aval visent à construire une communauté capable de prendre en charge scientifiquement et techniquement les problèmes de mise en œuvre de la ville durable et des bâtiments innovants. Il est doté de 40 M€ sur 10 ans. Il est co-piloté par un professeur des universités de l'unité.

Piloté par le CEA, le CNRS et Inria, le PEPR Cybersécurité vise à structurer des communautés de recherche pour lancer des défis scientifiques, obtenir des avancées scientifiques et faire émerger des technologies de ruptures bénéficiant à l'ensemble des acteurs français de la filière. Il est doté de 65 M€ sur 10 ans. Il est co-piloté par une directrice de recherche du CNRS de l'unité.

Piloté par le CNRS, le PEPR Industries culturelles et créatives (ICCARE) déploie le volet recherche de la stratégie nationale d'accélération dédiée aux industries culturelles et créatives. Ces industries évoluent dans un contexte de transition numérique et écologique, faisant face à la transformation des usages, à la concurrence accrue des acteurs internationaux, au bouleversement des modes de création, de production et de diffusion. Il est doté d'un budget de 25 M€ pour une durée de six ans. Il est co-piloté par un directeur de recherche du CNRS de l'unité.

Des membres de l'unité participent aussi à l'animation ou aux projets ciblés des PEPR Intelligence artificielle (IA), PEPR collaboration numérique (Ensemble) et Maladies infectieuses émergentes (MIE).

**Groupement de recherche du CNRS (GDR)** L'unité est globalement très impliquée dans ces réseaux scientifiques nationaux. Un membre de l'unité pilote le GDR IG-RV centré sur l'informatique géométrique et graphique, la réalité virtuelle et la visualisation.

Nous participons aussi aux GDR suivants :

1. **IASIS** sur les thèmes Information, Apprentissage, Signal, Image et ViSion,
2. **IFM** pour Informatique Fondamentale et ses Mathématiques.
3. **IHM** sur l'interaction humain machine,
4. **MADICS** sur les Masses de Données, Informations et Connaissances en Sciences,
5. **MAGIS** sur les Méthodes et Applications pour la Géomatique et l'Information Spatiale,

**Participation à des structures de valorisation** Le site est très dynamique et a de nombreuses initiatives sur ce volet : nous participons au pôle de compétitivité Minalogic de la région Auvergne Rhône Alpes sur certains appels à projet, et nous sommes visibles et identifiés via notre réseau d'industriel au cluster Digital League.

Nous avons eu plusieurs actions avec la SATT Pulsalys et le pôle Universitaire d'Innovation de Lyon Saint-Étienne, le PUI Impulse. Un professeur de l'unité est membre du CA de Pulsalys et siège au COMEX du PUI. Enfin, l'unité entretient de nombreuses collaborations avec des entreprises de différentes tailles, allant de start-ups locales à des grands groupes industriels, ce qui fait partie de son environnement, et contribue au transfert technologique.

**Institut Carnot** Nous avons été dans le second cercle de l'institut Carnot Ingénierie@Lyon et nous avons initié et eu des contacts avancés avec l'institut Carnot Logiciels et Systèmes Intelligents (LSI) centré sur les sciences informatiques et positionné sur Grenoble, en vue d'une possible intégration dans l'appel à projet Carnot 2025 de l'ANR.

Dans ce contexte, nous donnons dans la table 1.4 page suivante un aperçu des chiffres clés de nos financements, qui sont un révélateur des implications de l'unité décrites précédemment. Nous y reviendrons dans le domaine 1, référence 2 (voir page 26).

Type	Nombre	%	Moyenne	Montant annuel	%
International	24	6.2 %	134 k€	539 k€	7.3%
Europe	12	3.1 %	161 k€	323 k€	4.4 %
National	105	27.1 %	197 k€	3441 k€	46.9 %
PIA	25	6.4 %	181 k€	756 k€	10.3%
Collectivités territoriales	62	16 %	83 k€	862 k€	11.7 %
Partenariat Socio-Eco	160	41.2 %	53 k€	1417 k€	19.3 %

TABLE 1.4 – Synthèse des financements

### 3- Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Nous reprenons littéralement les trois catégories de recommandations faite par l'HCERES en 2020, en les décomposant et en les numérotant de façon à pouvoir y répondre précisément. Nous donnons les actions que nous avons entreprises en qualifiant leurs effets de façon la plus objective possible.

#### Recommandations évaluation HCERES 2020

##### A – Recommandations concernant les produits et activités de la recherche de l'unité

A1 - Le LIRIS doit continuer sa politique volontariste de publication dans les revues et conférences de qualité.

⇒ La culture de la publication dans des supports reconnus et de qualité, tant en conférence qu'en revue, déjà avérée en 2020, a continué à se diffuser au sein du LIRIS. Deux actions ont été prises pour maintenir ce cap : tout d'abord auprès des doctorantes et doctorants lors de la journée d'accueil en première année, nous insistons sur la visibilité de leur production scientifique, en évoquant les classements existants (CORE, SJR ...) et en leur expliquant qu'il existe aussi des éditeurs prédateurs. Ensuite, nous avons donné de façon régulière aux responsables d'équipe des statistiques sur le classement SJR (Q1-Q4) de leurs revues internationales, contribuant ainsi à "banaliser" ce critère de qualité.

Environ 80% des publications en revues de l'unité sont soit Q1 soit Q2 selon SJR (voir une illustration sur la figure 1.16 page 34) et nous n'avons pas eu connaissance de cas de publication prédatrice sur la période.

A2 - Le comité conseille de faire le bilan des logiciels et plateformes, de savoir les qualifier en termes de taille, de maturité, d'utilisation, et de concentrer les efforts sur les éléments les plus visibles pour éviter l'éparpillement et favoriser le suivi dans le temps.

⇒ Nous avons travaillé cette question en interne, mais aussi en participant à un groupe de travail de l'institut "sciences informatiques" avec d'autres directeurs d'unité. Il en est ressorti que la notion de plateforme chère au CNRS ne se déclinait pas si facilement aux plateformes logicielles de l'informatique. Afin d'agir, nous avons introduit trois dénominations pour les restructurer :

1. Les *plateformes* : situées au niveau de l'unité, elles visent à être une vitrine qui capitalise sur des éléments factuels de notoriété et sur les services qu'elles peuvent offrir à la communauté.
2. Les *logiciels phares* : situés au niveau des équipes, ce sont des logiciels souvent historiques sur lesquelles elles ont capitalisé sur de nombreuses années.
3. Les *prototypes* : situés au niveau des activités des membres, ce sont des logiciels développés dans le cadre de projet, souvent associés à des publications scientifiques.

Le résultat est disponible [en ligne](#). Nous avons donc restructuré les huit plateformes existantes en 2021 pour aboutir à deux plateformes nommées GRIM et PAGODA, déjà présentées en section 1 page 9. Nous les avons conçues sur la base de nos forces, notamment sur la présence de salle d'expérimentations visibles, principalement à l'ECL Ecully et ENISE Saint Etienne et INSA, et en regroupant des logiciels qui étaient qualifiés précédemment de "Plateforme". Concernant les logiciels phares, nous en avons aujourd'hui quatre qui sont maintenus au sein des équipes. Enfin concernant les prototypes logiciels, nous avons mené un travail de fond pour rendre visible ce produit de la recherche très important pour un laboratoire d'informatique. Nous avons essayé tout d'abord de généraliser les dépôts APP, en simplifiant la procédure. Suite aux résultats mitigés de cette approche (droit de

premier regard de la SATT, instruction par une des tutelles, ...), nous avons profité de la disponibilité de déposer dans HAL des contributions logicielles. Fin 2024, nous avons [34 entrées HAL "logiciels"](#) qui sont mises à jour et visibles depuis notre [site Web](#).

Concernant cette recommandation, les résultats les plus probants se situent au niveau de la visibilité des logiciels libres produits dans l'unité, qui contribuent à asseoir notre notoriété sur cette activité incontournable d'un laboratoire d'informatique. Pour les deux plateformes, elles ont induit des changements importants, notamment au sein du service technique et des personnels support. Leur visibilité demande à être consolidée et renforcée, même si des résultats ont déjà été obtenus en terme de financement par nos tutelles.

## B – Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'unité

**B1 - Il est recommandé de clarifier le rôle des trois instances que sont le comité de direction, le conseil de laboratoire et le conseil scientifique, auxquels va venir s'ajouter un nouveau conseil relatif à l'enseignement, afin de conforter le rôle statutaire du conseil de laboratoire.**

⇒ Ce travail a été entrepris au début de la présente mandature, en clarifiant le rôle de ces trois instances. Le comité de direction est informel et sert à échanger sur tous les sujets liés à la vie de l'unité de façon hebdomadaire. Vis à vis de l'articulation entre l'unité et la direction, la priorité a été donnée au conseil de laboratoire (CL), seul conseil statutaire du LIRIS. Nous avons pris soin d'améliorer son fonctionnement, en y débattant des sujets importants de l'unité. La communication a été soignée, par exemple en diffusant à l'unité l'ordre du jour en amont du conseil et ses conclusions composées des diapositives et d'un relevé de décisions (voir des compléments sur le CL page 6). Enfin le conseil scientifique (CS) a été conservé pour garder le contact avec les responsables d'équipe, en évitant autant que possible les sujets déjà traités au CL.

Sur la création du conseil relatif à l'enseignement, nous y avons renoncé, en dépit de son intérêt intrinsèque et de son utilité pour l'unité en interaction avec ses quatre tutelles (universités et écoles d'ingénieurs). De façon factuelle, nous interagissons à l'université Claude Bernard Lyon 1 avec trois entités (le département composante informatique, les IUT, et l'école d'ingénieurs interne Polytech), à l'INSA Lyon avec quatre départements (Informatique, Télécom et Service, Génie industriel, et FIMI (1er cycle)), à l'ECL avec deux formations d'ingénieurs (sur le site d'Ecully et sur le site de Saint Etienne avec l'école interne ENISE), et enfin à l'université Lumière Lyon 2 avec deux entités (l'institut de la communication et la faculté de droit).

La réalité du site de Lyon avec des procédures de recrutement toutes différentes sur des temporalités non alignées d'une part et les logiques liées à la formation d'autre part ont eu raison de notre volonté de créer ce conseil propre au LIRIS.

Nous avons donc géré au mieux – et en toute transparence avec le conseil de laboratoire – les informations que nous recevions des différentes formations, notamment sur les ressources RH.

**B2 - Il est conseillé à l'unité de définir une politique de recrutement en amont avec des profils de postes d'enseignants-chercheurs sur les aspects recherche en fonction des besoins et de la politique scientifique de l'unité. D'une manière générale, il serait bon d'afficher les demandes de postes qu'ils soient d'enseignants-chercheurs ou de d'ingénieurs, techniciens et administratifs.**

⇒ Une politique de recrutement a été travaillée et mise en place par touches successives. Tout d'abord, nous avons ouvert les postes d'E/C sur au moins deux équipes, parfois plus, pour nous assurer de l'existence d'un vivier suffisant. Nous avons convaincu tous les acteurs que cette approche était la seule viable, tant pour la tutelle qui recrute, que pour le département de formation et le LIRIS.

Ensuite, nous avons conçu un formulaire pour les responsables d'équipe afin qu'ils puissent exprimer leurs besoins en ressources humaines (PR, MCF, IE ou IR) et donner une argumentation scientifique. Quand l'ouverture d'un poste au concours est confirmée par la tutelle, un coloriage des postes est proposé par la direction sur la base des besoins exprimés par les équipes, mais aussi sur des critères allant de l'existence d'un vivier de candidats lié à l'attractivité de l'équipe, à sa capacité de bien accueillir les nouvelles recrues (par exemple en regardant le volume de contrats de l'équipe). Puis, les propositions sont discutées au sein du conseil de laboratoire et du conseil scientifique. La rédaction des profils se faisait donc à partir des besoins exprimés par les équipes, en concertation avec les responsables d'équipe susceptibles d'accueillir la nouvelle personne recrutée. Enfin, il convient de souligner que les procédures d'ouverture des postes d'E/C sont très différentes d'une tutelle à l'autre, entraînant des temporalités souvent très variables et un fonctionnement parfois dans l'urgence, nous imposant une certaine agilité.

B3 - En l'absence d'association de doctorants de l'unité ou de l'école doctorale et étant donné l'éclatement multi-site, une action visant à rassembler les doctorants de l'unité plus régulièrement pourrait être menée. Il faut veiller à ce que le médiateur nommé par la commission de suivi de thèse en cas de difficultés soit sans aucun lien avec le directeur de thèse.

⇒ Afin de favoriser la cohésion des doctorants et de lutter contre l'éclatement multi-site de l'unité, nous avons mis en place une série d'actions visant à rassembler plus régulièrement les doctorants. Ces initiatives sont organisées en fonction des années de doctorat pour structurer et animer la vie des doctorants au sein de l'unité :

1. D1 : Une demi-journée d'accueil des nouveaux doctorants est organisée afin de leur présenter les jalons, obligations et exigences qualité de la thèse. Depuis 2022, une demi-journée de médiation scientifique est également organisée sous le format « Ma thèse en 180 secondes » à l'issue de cet accueil. Cet événement permet aux nouveaux arrivants de découvrir la diversité des sujets de thèse au laboratoire et de développer les actions de vulgarisation scientifique pour les doctorants de deuxième année.
2. D2 : Une journée des thèses (JdT) obligatoire permet aux doctorants de présenter l'avancement de leurs travaux par pôle de recherche (voir par exemple la [JdT 2023](#)). L'ensemble des membres de l'unité y sont invités.
3. D3 : Une soirée partenariale a été organisée en 2022, réunissant les acteurs industriels associés aux thèses ainsi que les partenaires de l'unité. Des actions spécifiques d'accompagnement en fin de thèse, comme la journée « AfterLab » en 2021 : table ronde sur l'après-thèse au LIRIS, ont également été mises en place pour soutenir les doctorants dans leur insertion professionnelle et leur orientation vers l'entrepreneuriat.
4. Tous doctorants : Une mise au vert annuelle de deux jours est proposée tous les printemps depuis 2022 (au Domaine de La Barollière, Le Pilat), incluant un programme scientifique (séminaire invité) et social organisé par les doctorants en autonomie.

Par ailleurs, chaque année, un suivi des doctorants est organisé en lien avec l'école doctorale. Nous veillons aux nominations des experts externes à l'unité, spécialisés dans la thématique de la thèse et surtout à l'indépendance du membre interne de l'unité vis à vis des travaux menés et de leur encadrement. En cas de difficulté dans le déroulement de la thèse (abandon, arrêt, problèmes de santé, difficultés de financement, etc.), un médiateur est désigné par la commission de suivi, indépendant du directeur de thèse et peut, si nécessaire, être accompagné ou suppléé par la directrice adjointe en charge des doctorants.

Le laboratoire ne dispose pas d'association des doctorants mais ceux-ci se trouvent au cœur de nos actions et sont présents (deux à trois représentants) au conseil de laboratoire. Leur voix y est entendue et ils contribuent à diffuser des sujets qui les concernent. Ils ont par exemple organisé un sondage pour prévenir les risques psycho-sociaux, en lien avec le conseil, la cellule d'écoute et la cellule de suivi des doctorants. Portés par une dynamique renforcée par la période Covid, ces représentants ont activement contribué à créer une véritable vie collective, notamment par la mise en place de groupes d'échanges sur des plateformes dédiées ([Slack](#), [Mattermost](#)) et l'organisation de moments conviviaux en extérieur. Cette démarche a permis d'aider au dialogue et l'entraide entre doctorants.

B4 - Suite à la création d'une nouvelle équipe regroupant un grand nombre de membres, la direction doit être attentive au bon fonctionnement global de l'unité dont les équipes seront de tailles très disparates, et veiller à la bonne marche des très petites équipes tout comme des très grosses.

⇒ Le comité HCERES avait bien identifié une des difficultés de fonctionnement de l'unité, avec des équipes de taille très hétérogènes. En terme d'ETP, la taille des équipes va de 2,25 à 13,5, soit un ratio de 1 à 6. Afin de corriger cet effet lié à la taille, nous avons normalisé les indicateurs de production scientifique par année et par ETP, afin de pouvoir comparer des choses comparables. Ces chiffres sont présentés régulièrement lors des CS aux responsables d'équipe. Nous avons néanmoins touché une de nos limites de fonctionnement dans la mesure où les valeurs absolues des indicateurs véhiculent aussi beaucoup de sens. Par ailleurs, notre organisation actuelle induit de fait une sur-représentativité des petites équipes au sein du conseil scientifique.

C'est l'une des raisons qui nous a amenés à initier un projet de réorganisation des équipes en pôles scientifiques de taille homogène, comme discuté dans la trajectoire, voir la section 4 page 43.

B5 - Il est conseillé d'oeuvrer au niveau des tutelles pour décloisonner/déverrouiller les logiciels de gestions et autres services informatiques pour améliorer le travail des agents, et la qualité de services en cas d'absence. Une solution alternative serait de réduire le nombre de procédures et d'applications de gestion différentes utilisées, par la mise en place d'accords entre tutelles sur la gestion des crédits de l'unité, et former les personnels aux outils choisis.

⇒ Le LIRIS est un laboratoire avec cinq tutelles et trois filiales de valorisation, sur le site de Lyon qui ne s'est pas distingué ces dernières années en termes de regroupement via des projets structurants de type IDEX ou d'EPE (Établissement Public Expérimental). Cette recommandation, aussi pertinente soit-elle, dépasse donc largement notre sphère d'actions. Cela dit, nous avons pris la situation telle qu'elle est, et non pas telle que l'on aurait aimé qu'elle soit. Nous avons agi chaque fois que cela était possible en les incitant à l'adoption de pratiques communes, incluant les logiciels supports, les procédures, les calendriers, ... et la signature officielle des papiers de recherche. Ces points ont été explicitement abordés avec nos tutelles lors des deux Dialogues Objectifs Ressources (DOR).

B6 - Il serait souhaitable que le pourcentage d'ingénieurs et techniciens affectés sur la partie SI de l'équipe EDP-SI soit augmenté. Enfin, une action visant à rassembler les personnels ITA/BIATSS de l'unité plus régulièrement pourrait être menée.

⇒ Tout d'abord, un service technique a été créé au début du mandat, en s'inspirant de l'équipe administrative, voir l'organigramme de la figure 1.2 page 7 et deux équipes y ont été ajoutées : l'équipe *infrastructure* et l'équipe *développement valorisation*. Concernant l'équipe "système d'information (SI)", elle est restée stable sur la période tout en bénéficiant de la création d'autres équipes au sein du service technique. Leurs actions sont au service du collectif pour un niveau d'efficacité remarquable, en allant largement au delà de leurs fiches de poste, comme ce fut le cas lors du suivi des travaux ou des déménagements successifs. Notons que certaines de leurs initiatives s'exportent au delà de l'unité, comme par exemple leur traitement des données HAL qui a donné lieu à un logiciel utilisé pour les unités de recherche de l'INSA Lyon. Afin de créer du liant entre les personnels permanents des services technique et administratif, des moments de convivialité ont été organisés sur un budget alloué par l'unité. En général, ils étaient organisés deux fois par an, un en fin d'année civile et un en fin d'année universitaire.

## C – Recommandations concernant le projet et la stratégie à cinq ans de l'unité

C1 - Le LIRIS est encouragé à continuer l'accompagnement remarquable des membres de l'unité avec une organisation et structuration à leur service, en particulier à travers les cellules dédiées, pour consolider les actions visant à augmenter la qualité des publications, la visibilité à l'international et autres missions du LIRIS.

⇒ Les cellules ont été gardées et des chargés de mission ont été ajoutés afin de s'emparer de sujet d'actualité et d'améliorer encore l'accompagnement des membres du LIRIS, voir l'organigramme de la figure 1.2 page 7. Des actions remarquables ont été menées par la cellule SI comme la [visualisation des collaborations internationales](#) au niveau du LIRIS ou d'une équipe sur une période donnée à partir des publications de HAL ou l'automatisation de la production des indicateurs de SJR pour les revues pour toute l'unité.

C2 - Les activités du LIRIS qui se situent dans le domaine du numérique, trouvent naturellement des domaines d'applications dans le secteur socio-économique. Les activités de recherche et développement des entreprises ont une forte demande de solutions pour leurs données. Il conviendra pour les équipes de savoir garder un cap de recherche fondamentale en lien avec les objectifs scientifiques de l'unité et des équipes, tout en développant une recherche tournée vers les entreprises.

⇒ C'est un sujet très important pour le positionnement du LIRIS dans son écosystème local et national, et dans une moindre mesure à l'échelle internationale. Nous revendiquons un positionnement scientifique qui s'intéresse à la fois aux aspects fondamentaux et aux aspects plus appliqués.

Cela permet de développer un cercle vertueux où la recherche appliquée nourrit des questionnements fondamentaux et inversement, la recherche fondamentale éclaire les choix possibles pour la recherche appliquée. La question de l'équilibre à trouver entre les deux est pertinente et mérite d'être régulièrement réévaluée, dans les deux directions. A l'échelle de l'unité, l'activité de financement direct avec des entreprises représente environ 1/5 des financements sur projet (voir figure 1.9 page 27), traduisant une forme d'équilibre et de diversité.

Par ailleurs, ce positionnement à l'interface entre le fondamental et l'appliqué est une caractéristique de notre discipline scientifique, et contribue à notre attractivité auprès des doctorants de qualité.

**C3 - Nombre de thématiques étudiées au LIRIS sont en évolution rapide, et le LIRIS doit se maintenir à la pointe des recherches. Cela n'empêche pas de développer des axes de recherche ambitieux avec parfois une prise de risque. L'unité doit veiller au bon fonctionnement des équipes de tailles très disparates, et peut-être envisager d'autres regroupements d'équipes.**

⇒ Cette recommandation C3 est proche de la recommandation B4. La disparité en taille des équipes du LIRIS est une réalité indéniable, qui a été identifiée pendant la présente mandature comme un élément perfectible. La recherche au LIRIS a toujours été pensée autour de ses équipes, avec une forte adhésion des personnels. Pourtant, à l'échelle de l'unité qui a fêté ses 20 ans en 2023, la période d'évaluation par l'HCERES a été un moment propice pour lancer des réflexions pour évoluer vers un modèle différent, plus inclusif et plus agile. C'est un changement de la représentation que nous nous faisons de nos activités de recherche, qui demande du temps long, de la patience et de l'accompagnement. L'objectif est d'avoir des pôles scientifiques de taille homogène, maximisant les critères clés que sont l'attractivité, la reconnaissance et la visibilité internationale. A l'intérieur de ces pôles, les équipes pourront continuer à fonctionner ou au contraire, profiter de l'occasion pour se régénérer. Ces éléments sont discutés dans la trajectoire de l'unité, section 4 page 43. Sur la prise de risque, l'unité encourage les démarches exploratoires, sur des thématiques émergentes à fort potentiel autour de l'IA générative par exemple.

**C4 - L'unité doit continuer à jouer un rôle structurant à travers la fédération informatique de Lyon dans la création de la nouvelle université cible et dans le contexte de la création du site Inria à Lyon.**

⇒ Tout d'abord, la création de l'université cible en 2020 n'a pas eu lieu suite à l'échec de l>IDEX Lyon Saint Etienne. Vis à vis de l'arrivée d'INRIA à Lyon, la seule équipe INRIA (Beagle) associée au LIRIS (personnels INSA et INRIA) arrivait à échéance (12 ans). Elle a essaimé en une nouvelle équipe INRIA nommée BIOTIC en 2025. Pour des raisons propres aux tutelles, le rattachement de cette équipe se fait au sein du [laboratoire CITI](#). Cela dit, nous avons des échanges avec le centre INRIA Lyon et faisons en sorte de construire des projets en bonne intelligence.

En dépit de ces éléments, l'unité a continué d'être un élément moteur de la fédération informatique de Lyon (FIL) et a contribué à montrer que la recherche en sciences informatiques pouvait s'organiser à l'échelle du site de Lyon, de façon cohérente et coordonnée. Par exemple, la présidente de la FIL est une professeure de l'unité, et la gestion financière est assurée par le service administratif de l'unité avec un 1/2 ETP administratif affecté au LIRIS par le CNRS en 2023.

## 2- Introduction du portfolio

Nous précisons tout d'abord que les documents détaillés du Portfolio de l'unité et des équipes sont disponibles à partir de ce lien : <https://partage.liris.cnrs.fr/index.php/s/6e989QNwbiW98gb>

En le suivant, un dossier **Portfolio** est accessible avec deux sous-dossiers : **LIRIS** et **Equipes**.

Nous avons choisi de montrer la diversité des recherches menées au LIRIS dans ce portfolio. Nous y présentons tout d'abord trois publications emblématiques de la diversité et de la qualité de notre production scientifique, suivi d'une thématique liée à la reproductibilité en informatique graphique témoignant d'un engagement fort sur une thématique cruciale en informatique. Puis nous mettons à l'honneur nos travaux interdisciplinaires avec les SHS sur le patrimoine bâti, un logiciel libre à forte visibilité internationale et enfin, la valorisation et l'accompagnement à la création de start-up.

Les sept éléments du Portfolio de l'unité sont brièvement décrits ci-dessous.

— **Portfolio 1 : Article scientifique – thème interaction et cognition**

Coutrot, A. et al., Entropy of city street networks linked to future spatial navigation ability. **Nature** 604, 104–110 (2022) [Cou+22a]



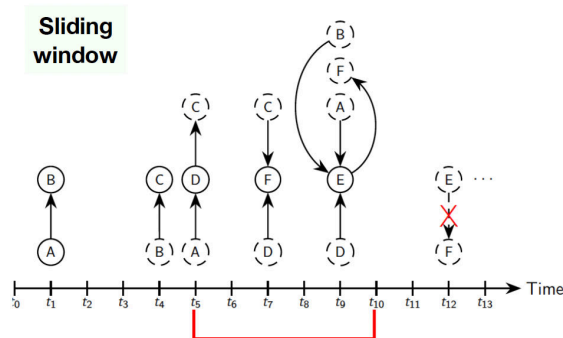
Nous avons tous un proche incapable de s’orienter dans son propre quartier, alors que d’autres se repèrent les yeux fermés. De nombreux facteurs influencent notre sens de l’orientation : il se dégrade avec l’âge, est corrélé à notre niveau d’éducation ainsi qu’à la qualité de notre sommeil... Pour comprendre et quantifier ces effets, des chercheurs de l’équipe SICAL du LIRIS, de University College London et de University of East Anglia (UK) ont développé Sea Hero Quest, un jeu vidéo de navigation spatiale disponible gratuitement sur smartphones et tablettes. Durant 3 ans, ce jeu a collecté les trajectoires et les informations démographiques (âge, genre, pays...) de plus de 4 millions de joueurs issus de tous les pays du monde. Cette base de données constitue une mine d’information inédite pour comprendre les déterminants de notre sens de l’orientation.

Dans cette publication, nous avons mis en évidence l’importance de l’environnement dans lequel nous grandissons. Nous avons montré qu’en moyenne, les performances de navigation spatiale des personnes ayant grandi en ville sont moindres que celles de leurs compatriotes plus ruraux. Et cette différence est exacerbée dans les pays comportant davantage de villes avec un plan quadrillé, comme Chicago, Buenos Aires ou Toronto. En grandissant dans une ville quadrillée, on exerce moins son sens de l’orientation qu’en grandissant à la campagne, où les réseaux de routes sont moins organisés et les distances à parcourir plus importantes, et ça se ressent à l’âge adulte. La période clef qui façonne notre sens de l’orientation est l’enfance, lorsque notre cerveau est le plus plastique. A l’inverse, l’environnement où vivent les joueurs en tant qu’adultes n’est pas associé à leurs performances spatiales. Ça ne veut pas dire qu’il est impossible de s’améliorer en tant qu’adulte, mais ça demande plus de travail ! Ces travaux s’inscrivent dans la recherche autour de l’aide au diagnostic de la maladie d’Alzheimer, dont la désorientation spatiale est un symptôme précoce.

Cet article a fait la une de couverture du numéro de la revue *Nature* dans lequel il a été publié et a eu une couverture médiatique dans de très nombreux journaux et magazines du monde entier.

— **Portfolio 2 : Article scientifique – thème bases de données**

Anil Pacaci, Angela Bonifati, Tamer Ozsu : Evaluating Complex Queries over Streaming Graphs. **38th IEEE Conference on Data Engineering (ICDE)** 2022. 272-285 [PBO22]



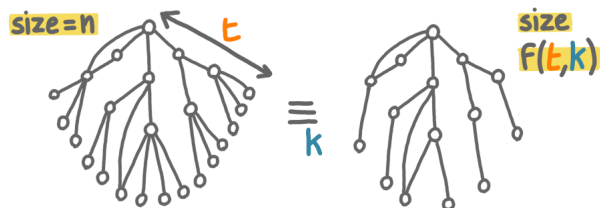
L’évaluation des requêtes persistantes sur des flux de graphes illimités est un thème en plein essor avec de nombreuses applications et systèmes qui émergent au niveau international. De nombreux verrous existent pour évaluer ce type de requêtes sur des graphes dit en continu. Dans cet article, nous définissons un nouveau modèle de données de "graphe en continu" et un modèle de requête incorporant des requêtes de navigation, des requêtes de sous-graphes et des chemins comme des citoyens de première classe. Pour prendre en charge ce modèle de requête à part entière, nous développons une algèbre de graphes en continu qui décrit la sémantique précise des requêtes de graphes avec leurs constructions complexes. Nous présentons des règles de transformation et décrivons la formulation de requêtes et la génération de plans pour ces requêtes. Notre implémentation montre la faisabilité de notre approche et nous permet de jauger les gains de haute performance obtenus pour le traitement des requêtes sur les graphes "en continu".

Cet article publié dans la conférence internationale IEEE ICDE 2022 (classée rang A\* selon CORE) a reçu le *Prix du Meilleur Article* et a eu un fort impact sur la nouvelle thématique de flux de graphes dans

plusieurs communautés de recherche.

— **Portfolio 3 : Article scientifique – thème algorithmique**

Laurent Feuilloley, Nicolas Bousquet, Théo Pierron : What Can Be Certified Compactly? Compact local certification of MSO properties in tree-like graphs. **PODC 2022** (ACM Symposium on Principles of Distributed Computing) : 131-140. [BFP22]

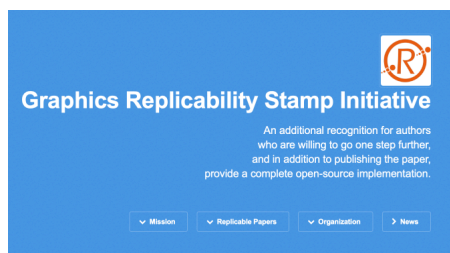
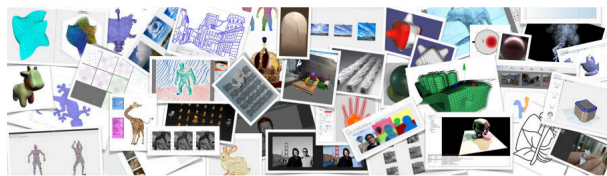


Nous obtenons le premier résultat "méta-algorithmique"

pour la certification locale. Un méta-algorithme est un algorithme extrêmement générique qui résout une grande variété de problèmes, ayant en commun de pouvoir s'exprimer dans une même logique. Les méta-algorithmes ont reçu une attention notable en calcul centralisé depuis le théorème de Courcelle (1990) qui garantit que tout problème exprimable en logique monadique du second ordre (MSO) peut être décidé en temps linéaire pour les graphes de largeur arborescente bornée. En certification locale, le but est de donner des certificats (aussi petits que possible) aux noeuds d'un graphe afin qu'ils puissent vérifier une propriété (globale) du graphe, simplement en regardant leurs certificats et ceux de leurs voisins. Nous prouvons le premier méta-théorème pour la certification locale : toute propriété de la logique MSO peut être certifiée avec des certificats de taille  $O(\log n)$  pour les graphes de profondeur arborescente (treedepth) bornée, ce  $O(\log n)$  étant optimal. Pour l'obtenir, nous combinons des outils et des résultats de théorie des graphes, de théorie des modèles et de certification locale.

Cet article publié dans la conférence PODC (classée A\* selon CORE) a eu un retentissement important puisque plusieurs articles ont ensuite étendu ce résultat ou prouvé d'autres résultats de meta-certification.

— **Portfolio 4 : Apports autour de la répliquabilité en informatique graphique.**

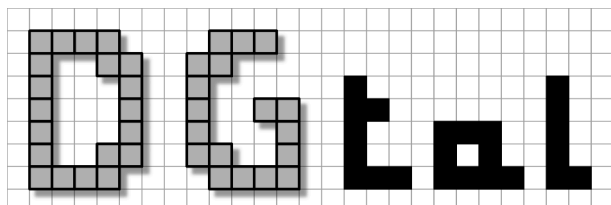


Une crise de la reproductibilité gagne plusieurs domaines de la science, et a été décrite aussi bien en psychologie, qu'en médecine, ou en informatique. Un manque de reproductibilité implique souvent des ressources de recherche gâchées, une difficulté pour comparer ses résultats à l'état de l'art ou pour bâtir son travail sur celui-ci, et peut diminuer la confiance du public en la science. En informatique, un moyen d'améliorer la reproductibilité est le partage de codes sources et de données. Origami s'est engagée dans une démarche de recherche reproductible et nombre de ses publications sont ainsi accompagnées de code source. Dans ce contexte, Origami a souhaité évaluer la reproductibilité des codes sources fournis par les auteurs des articles publiés à ACM SIGGRAPH 2014, 2016 et 2018, afin de fournir un état des lieux ainsi qu'analyser son évolution dans le temps. Nous avons ainsi analysé et exécuté 152 codes sources issus de 374 publications afin de tenter de reproduire les résultats illustrés dans ces publications, tout en notant la procédure suivie pour faire fonctionner ces codes (impliquant du débogage, mises à jour, etc.). Le fruit de ces investigations est un [site web](#) compilant ces observations. Nos résultats ont été publiés à ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2020) [Bon+20]. Ils soulignent une nette amélioration de la reproductibilité au cours du temps (moins de 30% des articles partageaient du code en 2014 à plus de 50% en 2018) malgré des disparités entre sous-domaines de l'informatique graphique. Le site web est ouvert à la communauté afin de permettre l'ajout de nouvelles contributions et a pour vocation d'être un point d'entrée de la recherche reproductible en informatique graphique (à ce jour, 450 articles analysés, 457 rapports au total). À la suite de ce travail, des membres de l'équipe ont été impliqués dans l'initiative "Computer Graphics Replicability Initiative" (GRSI, <https://www.replicabilitystamp.org>, General Chair depuis septembre 2022, membres comité d'évaluation depuis 2020). Cette initiative collective de la communauté internationale d'informatique graphique vise à développer la répliquabilité des travaux de recherche via l'attribution d'un certificat de répliquabilité, à des articles publiés dans des conférences et revues majeures du domaine en accord avec les éditeurs concernés (ACM Trans. on Graphics, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Wiley Computer Graphics Forum, Elsevier Computer

and Graphics, Elsevier Computer Aided Geometric Design). Au-delà d'un label associé à la publication, il s'agit également d'indexer et de pérenniser sur du long terme, les codes sources et les données associées aux articles via un partenariat avec [Software Heritage](#). Depuis 2017, 383 articles ont bénéficié de ce label (160 depuis la prise de fonction en tant que *General Chair* en septembre 2022). Ces actions sont des éléments de grande visibilité nationale et internationale de l'équipe sur ces sujets, avec un soutien du laboratoire via un support technique pour la mise en place de l'infrastructure du GRSI hébergée au LIRIS.

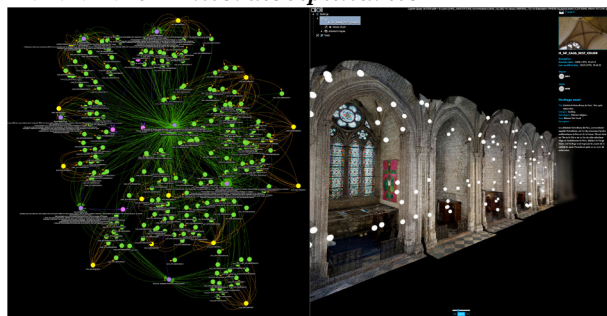
#### — Portfolio 5 : *Logiciel ouvert*

*David Coeurjolly, Bastien Doignies, Jacques-Olivier Lachaud, Tristan Roussillon, Pablo Hernandez Cerdan, Bertrand Kerautret, Colin Weill-Duflos, Isabelle Sivignon, Xun Gong, « DGtal release 1.4 » (2024), HAL : [\[Coe+24\]](#)*



[DGtal](#) est une bibliothèque open source de traitement numérique de la géométrie et de la topologie spécialisée dans l'analyse de structures sur des grilles (2d, 3d, ...). Principalement pilotée au LIRIS, la bibliothèque a pour objectif de consolider les développements logiciels de la communauté internationale de géométrie discrète, dans un objectif de diffusion et de mise à disposition large de ces outils. Elle a été et est au cœur de nombreux projets collaboratifs ANR (ANR PARADIS 2018-2024, Woodseer 2019-2024, ANR R-VESSEL-X 2019-2024, ANR StableProxies 2022-2026 sur la période HCERES de bilan) et/ou de partenariats avec d'autres disciplines (par exemple en science des matériaux, sylviculture). La bibliothèque a été reconnue internationalement par un prix "Software Award" décerné lors du prestigieux Symposium on Geometry Processing 2016. En février 2024, elle affichait 31 contributeurs internationaux et 377 étoiles sur [github](#).

#### — Portfolio 6 : *Interdisciplinarité*



Le projet [TEATIME](#), soutenu par la MITI au CNRS comme une équipe PRIME entre les instituts sciences informatiques et sciences humaines et sociales, s'intéresse à l'étude des territoires à différentes échelles et à leurs transformations, en se focalisant sur le patrimoine bâti qui le compose. Dans un tel contexte diachronique et multiscale, les données liées aux territoires et au patrimoine se distinguent par leur extraordinaire diversité et leur nature profondément multidimensionnelle (nD<sup>7</sup>). Elles font simultanément référence à l'espace tridimensionnel, au temps, ainsi qu'à une multitude de dimensions thématiques, créant un tissu informationnel d'une richesse exceptionnelle. Cette complexité, tout en étant une source inestimable de connaissances, représente un défi considérable pour les chercheurs et les professionnels engagés dans l'étude et la préservation du patrimoine. Dans ce contexte, TEATIME vise à proposer des méthodes innovantes pour améliorer l'exploitation, l'intelligibilité et le potentiel analytique de ces corpus. Dans une approche résolument transversale, TEATIME entend instaurer un cercle vertueux au sein duquel des méthodes de gestion et de corrélation de données multidisciplinaires basées sur l'identification de relations sémantiques, spatiales, temporelles, ou de provenance, pourraient favoriser non seulement l'émergence de nouvelles connaissances sur les objets qui composent le territoire, mais aussi de nouveaux mécanismes de synergie entre les disciplines. Ce projet a pour cas d'étude privilégié le corpus du chantier scientifique de Notre-Dame de Paris.

7. Par extension de la 2D et la 3D, la dénomination nD renvoie au caractère n-Dimensionnel (multidimensionnel) des données d'un corpus. Dans le cas de ce projet, les données peuvent en effet évoluer dans l'espace (3D), en fonction du temps (3D+T = 4D), mais aussi faire référence à des dimensions thématiques. Celles-ci recouvrent les informations pertinentes pour l'utilisateur caractérisant la nature, les propriétés (l'état) et les fonctions de l'entité (objet présent dans un bâtiment ou plus généralement sur le territoire).

Les travaux menés durant ces deux premières années de projet ont donné lieu à cinq publications scientifiques dans des actes de colloques internationaux à comité de lecture, dont l'une a été récompensée d'un best paper award, ainsi qu'à six conférences invitées dont deux dans un contexte international. Enfin, le projet TEATIME a obtenu en 2024 le label PRIME de la MITI. Les travaux se poursuivront aussi dans le cadre d'un projet 80PRIME accompagné d'un contrat doctoral qui visera à développer une approche de compression multi-dimensionnelle et multi-scalaire de l'information afin d'améliorer les modalités de structuration et de navigation dans des corpus nD.

#### — Portfolio 7 : Valorisation



L'équipe développement valorisation (EDV) du service technique du LIRIS accompagne la start-up [API-MOVE](#) depuis 2021, au travers de plusieurs contrats de collaboration de recherche s'élevant à plus de 500 K€ sur cinq ans. APIMOVE se positionne sur l'analyse automatique du pneumatique : reconnaissance de monte, identification de ses caractéristiques et détection d'usure depuis des photographies smartphone. Sa proposition de valeur repose sur un ensemble de modèles de vision par ordinateur conçus par l'équipe EDV en lien avec des chercheurs du LIRIS, en tenant compte de contraintes industrielles particulières : faibles coûts d'infrastructure, temps de réponse courts, précision élevée, facilité d'adaptation à un nouveau marché. APIMOVE a obtenu le label French Tech de la BPI en 2022 et est hébergée dans les locaux d'INSAVALOR.

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### 1- Autoévaluation du LIRIS

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assignée des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

**Ecosystème de l'unité** Lyon et Saint-Etienne forment un pôle économique majeur au sein de la région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA), Lyon faisant partie du top trois des villes de France et AURA étant le deuxième pôle industriel de France. Nous avons un vivier d'étudiants « informaticiens » de qualité et en nombre sur une thématique en tension au niveau international. En évoluant dans cet éco-système, le LIRIS a naturellement une carte forte à jouer pour développer une "recherche fondamentale au service de la société", pour emprunter le slogan du CNRS. Nos objectifs scientifiques se veulent cohérents au regard de cet écosystème, en travaillant sur une grande partie du spectre des sciences informatiques, des aspects fondamentaux aux aspects plus appliqués en lien avec la société.

Nous nous plaçons ainsi au cœur de la politique scientifique portée par nos tutelles et de leurs politiques scientifiques. Pour nos deux écoles d'ingénieurs, notons que le tropisme est davantage marqué vers la recherche appliquée. Les opportunités de coopération avec le monde économique y sont en effet facilitées notamment par le réseau des alumni.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

**Ressources et profil d'activité** Concernant les ressources, l'unité dispose d'un budget annuel de 7,7M€, 95% provenant des financements sur appels à projet (7,3 M€) et 5% de financements récurrents des tutelles (388 K€).

Concernant les financements sur appels à projet, la table 1.5 donne une synthèse selon les catégories de l'H-CERES avec des montants bruts, puis normalisés par année ou par ETP. La figure 1.9 page 27 représente les montants annuels sur les différentes catégories. Quasiment la moitié des financements proviennent des guichets nationaux, principalement l'ANR, qu'environ 20% sont issus de l'industrie, 20 autres % des financements du PIA ou des collectivités locales et qu'un peu plus de 10% proviennent de financements internationaux ou européens.

La dynamique de ces financements sur la période de référence est décrite dans la figure 1.10 page 27. On note un pic de financement national en 2023 (courbe jaune) correspondant à l'arrivée des PEPR, induisant un tassement des autres financements les années suivantes. On note aussi des chiffres élevés en 2019 par rapport aux années suivantes, dus à la façon dont les données ont été agrégées : tous les projets commencés avant 2019 mais terminant dans la période y sont comptabilisés.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	5172 k€	68 k€	862 k€	11 k€	11.7 %
France	20648 k€	275 k€	3441 k€	45 k€	46.9 %
PIA	4538 k€	60 k€	756 k€	10 k€	10.3 %
Industrie	8499 k€	113 k€	1416 k€	18 k€	19.3 %
Europe	1942 k€	25 k€	323 k€	4 k€	4.4 %
International	3232 k€	43 k€	538 k€	7 k€	7.3 %
Total	44031 k€	587 k€	7338 k€	97 k€	100 %

TABLE 1.5 – Contrats : quelques indicateurs clés sur la période 2019-2024

Deux autres visualisations sont faites à partir de ces données. La première est la répartition de ces financements par tutelle (cf. figure 1.11) et la seconde par équipe (cf. figure 1.12). Il en ressort une corrélation naturelle entre le volume de financement et le nombre de personnels impliqués dans les tutelles ou les équipes.

**Politique de mutualisation** Suite à la LPR, la part du préciput qui revient maintenant aux laboratoires sur les projets financés par la puissance publique n'a cessé d'augmenter. Cet argent est mis à disposition de l'unité par nos tutelles, avec des modalités qui varient de l'une à l'autre. Ces sources de financement sont relativement nouvelles, et viennent abonder de façon significative (de l'ordre de 60 k€) une forme de financement récurrent géré par l'unité. Cet argent est principalement mis à disposition des projets d'investissement matériels, que ce soit des serveurs ou du mobilier, ou pour financer à notre charge une partie des travaux.

Concernant les financements des entreprises qui représentent environ 1,4M€ par an, nous avons instauré en septembre 2021 un prélèvement de 5% sur les contrats avec l'industrie, principalement gérés par les trois filiales de valorisation qui relèvent de l'unité (Ezus, Insavalor, Centrale Innovation) pour un montant de l'ordre de 50 k€. Cet argent alimente le fond de solidarité de l'unité et permet d'améliorer les conditions de travail des membres du LIRIS.

Au regard de nos activités, ces ressources nous donnent des marges de manoeuvre qui permettent de soutenir les initiatives portées par les membres de l'unité qui n'ont pas encore obtenu de financement. Ce fut par exemple le cas pour des projets soumis mais non retenus à l'AAP unique de l'institut.

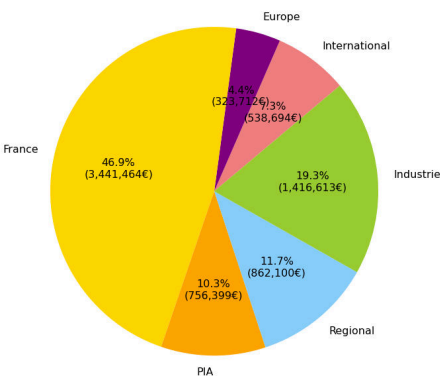


FIGURE 1.9 – Répartition des finances de l'unité (moyenne annuelle sur 6 années)

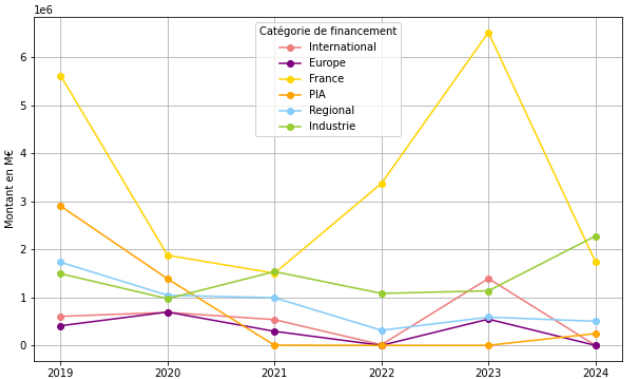


FIGURE 1.10 – Évolution des finances sur la période de référence par catégorie

**Modalités d'accueil au LIRIS** Pour les doctorants, nous organisons chaque année une réunion de rentrée des étudiants en première année. Elle dure 2 à 3 heures, voir un [exemple de planning ici](#). Elles sont faites en anglais depuis 2023 pour permettre de mieux accueillir les étudiants étrangers. En cas de difficulté dans le déroulement de la thèse (abandon, arrêt, problèmes de santé, difficultés de financement, etc.), un médiateur est désigné par la cellule "suivi des thèses", indépendamment du directeur ou de la directrice de thèse et peut, si nécessaire,

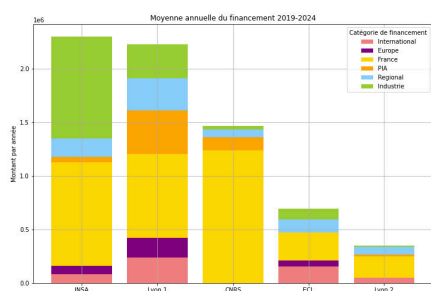


FIGURE 1.11 – Répartition des finances de l'unité par tutelle

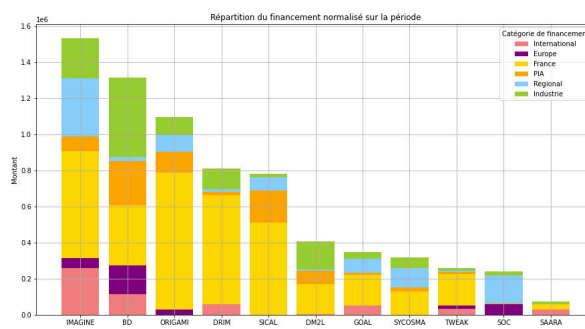


FIGURE 1.12 – Répartition des finances de l'unité par équipe

être accompagné ou suppléé par la directrice adjointe de l'unité.

Pour les nouveaux recrutés E/C, nous les accompagnons avec un package de bienvenue de 10K€, non fléché et pluri-annuel, pour leur permettre de s'installer sereinement et de continuer leurs activités scientifiques sans se soucier des questions de financement. Nous organisons un déjeuner de bienvenue pour leur faire rencontrer les personnes clés. Nous les incitons aussi fortement à déposer à l'ANR un projet JCJC, et en fonction des tutelles, à déposer un projet dans le cadre des procédures d'accueil (notamment à l'université Claude Bernard Lyon 1). Pour les nouveaux recrutés comme CR ou DR au CNRS, l'institut met déjà en place un tel accompagnement, se substituant pour partie à ce que nous pouvons faire au sein de l'unité. Nous prenons néanmoins soin d'échanger avec eux au début de leur intégration, que ce soit sur leur dynamique scientifique, ou sur les aspects administratifs utiles.

Pour les personnels techniques, ils sont pris en charge au niveau du service technique ou du service administratif et bénéficient ainsi d'une dynamique de groupe.

Quelque soit leur statut, les nouvelles recrues sont systématiquement mises à l'honneur lors de notre assemblée générale annuelle.

### Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.

**Locaux et équipements** Le LIRIS est un laboratoire multi-sites qui souffre clairement du manque d'unité de lieu, comme le laisse entrevoir très clairement la figure 1.1 de la page 6. A l'heure où la plupart des laboratoires de site en France ont une unité de lieu, le LIRIS n'en a toujours pas. La perméabilité entre les tutelles existe et est fortement soutenue par l'unité, mais sa mise en oeuvre reste donc relativement difficile. Au sein de chaque tutelle, les règles diffèrent vis à vis des bureaux que nous occupons. La ZRR du LIRIS nous impose par exemple à y intégrer les collègues d'autres laboratoires du site, qui partagent les mêmes locaux de formation. Cela induit lors du renouvellement de la ZRR de refaire des accès, impactant le service administratif d'un travail jugé inutile.

Par ailleurs, dans nos locaux, nous regrettons de ne pas avoir de lieu suffisamment grand pour organiser ne serait-ce qu'un moment de convivialité, idéalement une soutenance de thèse. Nous comptons sur les ressources de nos tutelles, via les responsables de formations. Nous y arrivons toujours, mais cela prend du temps et contribue parfois à freiner l'organisation d'événements communs. Ce manque de lieux communs est donc clairement pénalisant pour la vie et la cohésion de l'unité. Il s'agit d'un sujet particulièrement important sur le long terme et le développement de l'unité.

**Le service administratif** Entre les 5 tutelles, leur 3 filiales et les projets financés et opérés par des tiers pour le compte de membres de l'unité (COMUE Lyon Saint-Etienne, ex Université de Lyon, université Jean Moulin Lyon 3, etc ...) c'est à minima 8 entités interlocutrices et jeux de procédures qui existent concomitamment pour chaque type d'acte, du recrutement d'un doctorant à la réservation d'un billet de train, de la mise en place d'un accord de secret à l'obtention d'une carte de cantine ou badge d'accès à un bâtiment. Bien que la législation encadrant ces actes soit identique pour tous les acteurs, chacun a son cadre réglementaire propre, son organigramme, ses formulaires et ses outils, notamment de gestion financière et RH. Consolider la liste des conventions conclues par les tutelles et leur filiale pour le compte du LIRIS implique par exemple de se connecter à 8 SI différents avec chacun leurs identifiants de connexion propre, leur présentation propre des données, et nécessite le recours à 3 VPN. Il n'est pas rare que les collègues amenés à se rendre sur plusieurs sites ou à faire gérer leurs projets par différents établissements aient deux, voire trois badges d'accès, et autant de compte informatique pour accéder aux outils numériques de chaque établissement. La perspective d'une harmonisation

des procédures et d'une réduction du nombre de guichets par la création d'un IDEX sur le site s'est avérée vaine. Pour autant, l'unité continue de favoriser les collaborations inter-équipes, inter-sites et inter-tutelles. La période de confinement liée au COVID et la généralisation du télétravail pour tous les personnels administratifs ont changé significativement les modes relationnels au travail : il n'est plus certain de trouver un collègue administratif à son bureau en revenant de cours/mission, même à un horaire usuel de travail.

Le déploiement des procédures liées à la protection du patrimoine scientifique et technique (PPST) s'est accéléré. Le LIRIS était devenu en 2017 une « zone à régime restreint » avec un déploiement entamé en 2018 des procédures liées à ce statut. Ce déploiement a été mis à l'arrêt par la survenance de la crise sanitaire et s'est relancé en 2021, entraînant des efforts significatifs pour relancer les procédures liées à ce statut.

Le service a subi la pandémie et les travaux comme les autres membres de l'unité. Il a connu le départ de certains de ses membres seniors dont la responsable administrative en 2020, et du accompagner la formation de ses nouveaux membres, dont certains sont encore précaires. Tous ces changements ont conduit à réorganiser le fonctionnement du service. L'organigramme « en râteau » au sein duquel le responsable du service pilote tous les aspects est en cours d'effacement et de remplacement par un service avec plus de profondeur. Deux fonctions de responsables de pôle, un RH et un financier, ont été créées. À terme, les responsables de chacun de ces pôles feront aussi l'entretien annuel des gestionnaires placés sous leur responsabilité. L'information est ainsi décentralisée et mieux répartie, les décisions techniques nécessaires prises par des expertes métier et outils. Au sein de ces pôles, les gestionnaires de chaque tutelle réalisent le suivi et la gestion de tous les aspects d'un projet. Ainsi, chaque gestionnaire n'a à se former qu'au fonctionnement d'un seul établissement (ou filiale), et chaque collègue sait précisément à quel interlocuteur s'adresser, selon la tutelle (ou la filiale) qui gère son projet de recherche.

Un pôle transverse en charge des formalités préalable à l'arrivée d'un membre de l'unité (gestion des ZRR, conventions d'accueil, coordination avec les structures ad hoc pour les demandes de visa, d'hébergement et l'obtention des accès aux bâtiments) a été créé et travaille en lien étroit avec les pôles de gestion de chaque tutelle, ainsi informé des arrivées futures et des recrutements à réaliser. Un livret d'accueil et « d'orientation administrative » est mis à la disposition de chaque nouvel arrivant depuis 2024. Le morcellement des dotations conduit les pôles à une certaine créativité pour l'atteinte des besoins exprimés, souvent rendue possible par le recours aux crédits filiales disponibles depuis l'instauration du prélèvement de solidarité de 5% sur les contrats industriels en septembre 2021.

Il est à signaler qu'an sein du service administratif, des personnes sont hiérarchiquement rattachées à leur établissement employeur (Centrale Lyon, Centrale Innovation, ENISE, U. Lyon 2). Pour tous les autres, la responsable administrative est la responsable d'entretien annuel, avec la volonté de déléguer cette responsabilité aux responsables de pôles (réalisé pour le pôle financier, en cours pour le pôle RH).

Les membres du service sont invités à faire remonter à la responsable administrative toutes les demandes de formation, d'octroi de demande de matériel nécessaire à l'accomplissement des missions ou au bien être au travail. À ce jour, chaque demande a connu une réponse favorable.

À défaut d'aucune sorte d'homogénéité, nous nous efforçons d'induire dans le service un sentiment d'unité à l'instar à celui qui s'intensifie au sein de l'unité. Deux réunions plénières du service sont organisées annuellement dont l'objet est à la fois le rappel de la mission du service et le recensement des moyens nécessaires à l'atteinte des objectifs. D'autres réunions ont lieu au sein des pôles, pour mutualiser l'information, discuter de l'application des nouvelles procédures, normes ou outils apparaissant régulièrement. Deux repas de services sont réalisés, en commun avec certains collègues du service technique.

#### **Référence 4. Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

L'unité a parfaitement conscience du formidable potentiel humain des personnels qui la compose. Nous avons mis beaucoup de bienveillance dans nos interactions, tout en restant à la place qui est la notre puisque nous ne sommes employeurs de personne. Ces choses là étant difficilement quantifiables, nous avons organisé un sondage en décembre 2023 pour créer un espace de discussion entre les membres permanents du LIRIS et la direction. 130 personnes y ont répondu dont 81% des enseignants-chercheurs. Nous avons fait valider le questionnaire par nos conseils, le CSSI de l'unité et nous nous sommes engagés à ne diffuser aucune information personnelle. C'est l'équipe SI qui l'a mis en oeuvre sur notre intranet de façon anonyme. Cette initiative nous a donné un instantané de l'état d'esprit de l'unité et a permis d'instaurer un dialogue indirect mais très utile et instructif entre chaque membre de l'unité et la direction. Au regard de la taille de l'unité, ce type de dialogue est le seul qui passe à l'échelle.

Une restitution devant les personnels a été organisée le 29 janvier 2024. Sans entrer dans tous les détails, nous montrons deux analyses, la première sur le pattern d'activité des membres de l'unité, et le second sur le sentiment de l'intégration au LIRIS. Les patterns d'activité pour les chercheurs et E/C sont illustrés sur la figure

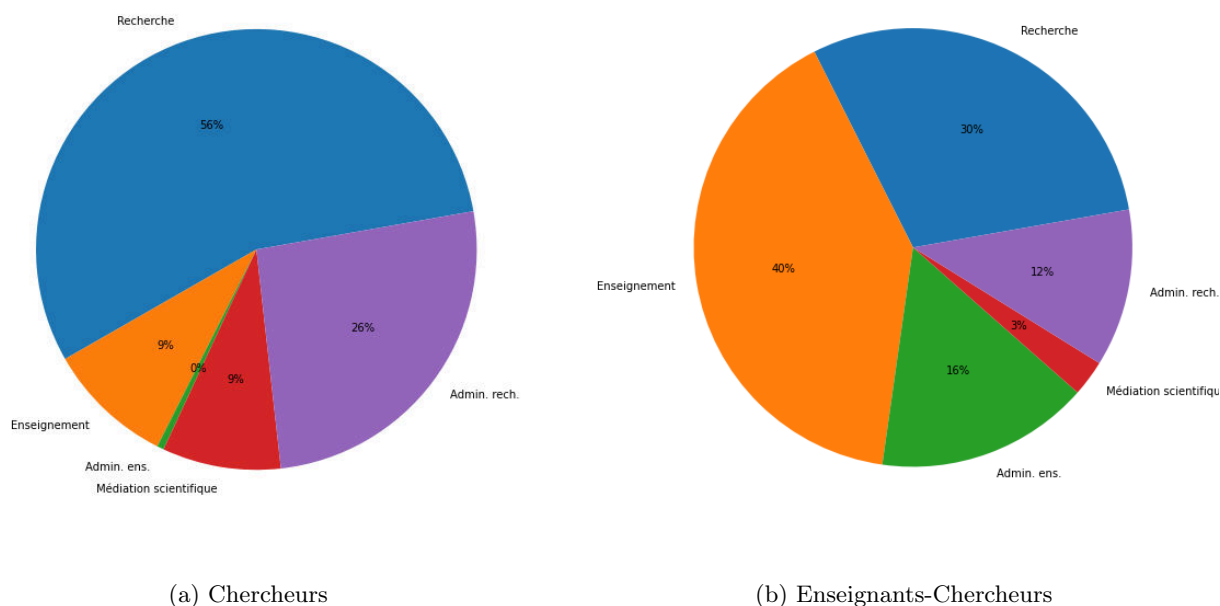


FIGURE 1.13 – Patterns d'activité de l'unité

1.13. Ces motifs sont sensiblement les mêmes en les restreignant aux hommes ou aux femmes. A la question sur le sentiment d'appartenance au LIRIS, les résultats sont globalement bons comme indiqué sur la figure 1.14, mais témoignent aussi que quelques personnes n'arrivent pas ou plus à trouver leur place au sein de l'unité.

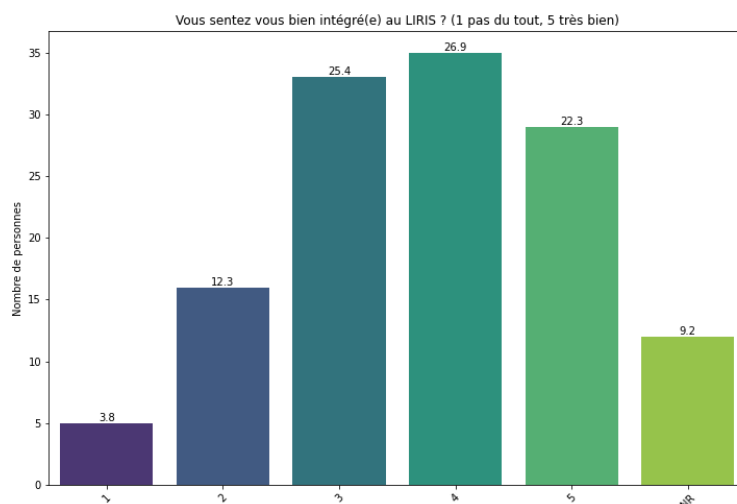


FIGURE 1.14 – Intégration au LIRIS

**Cellule d'écoute** Pour accompagner les personnels en situation de détresse ou en passe à des doutes, nous avons créé en 2021 une cellule d'écoute indépendante de la direction. Cette cellule est mise à la disposition de tout membre du LIRIS afin de pouvoir s'exprimer sur d'éventuelles problématiques liées à leur bien-être au travail. Il s'agit donc d'offrir une écoute bienveillante et attentive pour les personnes qui ont des difficultés, au plus tôt et au plus près. Ces difficultés peuvent être matérielles ou d'ordre humain (conflits, litiges, harcèlement, difficulté au travail, etc.). Elle est au plus prêt des personnels et ne substitue pas aux initiatives portées par nos tutelles. Celles ci sont mises dans la boucle en cas de difficulté avérée. Cette cellule a été sollicitée peu de fois, ce qui est une bonne chose. Pour les personnels qui y ont eu recours, un accompagnement a pu être proposé.

Sans pouvoir dire si cela est lié, nous constatons que nous n'avons pas eu sur la période de cas graves à

déplorer dans l'unité.

**Sur l'égalité des genres dans l'unité** C'est une question sur laquelle nous avons travaillé de façon très précise, en dépit de sa difficulté intrinsèque. Nous avons tout d'abord veillé à la mixité des groupes de travail et des différents comités. La direction de l'unité a d'une certaine façon montré l'exemple avec une parité parfaite, pour le plus grand bénéfice de l'unité. Nous avons aussi communiqué pour anticiper et prévenir les violences sexuelles et sexistes, en en parlant et en relayant les campagnes d'affichage de nos tutelles. Ce sont des sujets prioritaires pour l'unité. Sur les commissions de recrutement, sur les postes d'E/C, d'ATER ou des contrats doctoraux, l'excellence scientifique est la règle, mais à dossier équivalent, nous favorisons systématiquement les candidatures de femmes.

Enfin et surtout, une *chargée de mission* sur les questions d'égalité Femme/Homme a été créée en 2021, avec une volonté affirmée de prendre à bras le corps ces sujets difficiles. Ce poste a évolué vers une équipe composée de cinq membres, représentant différentes catégories de personnel (CR CNRS, Professeure, Maître de Conférences, ATER, doctorants). Elle inclut également deux membres ex officio représentant la cellule médiation de l'unité. Le plan de travail s'articule autour de trois axes majeurs. Le premier concerne la communication, qui constitue un levier essentiel pour rendre visible le rôle clé des groupes sous-représentés en sciences et promouvoir une perspective de genre. Les effectifs genrés de l'unité sont disponibles sur [notre site internet](#). Le deuxième axe porte sur les actions de terrain, à travers des enquêtes et des échanges visant à comprendre le ressenti des femmes dans leurs parcours professionnels et personnels. Enfin, nous développons une recherche en informatique avec une perspective de genre, soutenue par des projets dédiés (AAP CNRS, Institut du Genre). Nos activités de recherche explorent des thématiques variées, notamment le développement des carrières, la charge mentale et les disparités de genre, ainsi que l'évolution des masculinités dans des contextes scientifiques historiquement dominés par les hommes. Nous adoptons une approche à la fois scientifique et sociale, en mettant à disposition nos expertises pour promouvoir l'égalité des genres et bâtir un environnement académique inclusif, propice au développement de carrières diverses et brillantes.

Pour concrétiser ces engagements, différentes initiatives ont été lancées, telles que des ateliers, des études inter-sectionnelles, des programmes de mentorat et des campagnes de sensibilisation. Les recherches associées visent à formuler des actions concrètes pour lutter contre les inégalités systémiques, favoriser le bien-être des chercheur·e·s et repenser les pratiques scientifiques sous une perspective de genre.

Des actions sont menées en lien avec la cellule de médiation du LIRIS pour l'éveil de vocations à la science des jeunes et particulièrement de jeunes filles. Nombre d'initiatives sont faites en collaboration étroite avec d'autres unités comme CREATIS ou la Fédération d'Informatique de Lyon (FIL), ainsi qu'au niveau national avec des partenaires tels que ETIS (Cergy Pontoise), LIX (Palaiseau), IRCAM et ISIR (Paris).

Des formations, journées d'étude et espaces de discussion sont proposés régulièrement afin de partager réflexions et bonnes pratiques autour de l'égalité des genres en sciences. Enfin, nous avons fondé le groupe INTERLAB, en partenariat avec les UMR de Paris, afin de développer une initiative de mentorat favorisant un dialogue non patriarcal entre pairs, soutenue par l'Institut sciences informatiques du CNRS. Cette initiative s'inscrit dans une volonté de transformation structurelle et durable des pratiques académiques, en encourageant un environnement de travail plus équitable et inclusif.

**Patrimoine scientifique** L'unité est structurée avec des référents réglementaires dont un correspondant sécurité du système d'informations (CSSI), une assistante de prévention et un délégué à la protection des données (DPO). L'unité est aussi en zone à régime restrictif total, nous obligeant à une procédure longue pour l'accueil de toute nouvelle personne.

**Chargé de mission "Impacts environnementaux"** Il anime des actions visant à réduire l'empreinte de l'unité et a créé une équipe de volontaires, appelée cellule dans notre jargon. Elle s'organise autour de trois axes : (1) le calcul des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), (2) l'animation et le partage d'information et (3) les actions pratiques de réduction de l'impact environnemental.

Pour le premier axe, le bilan GES a été réalisé par certaines équipes volontaires (Origami, Beagle). Les membres de la cellule participent aussi à la coordination avec les différentes tutelles de l'unité qui calculent leur bilan carbone. La multiplicité des tutelles rend l'exercice de comptabilité complexe au niveau de l'unité. Pour le second axe, des séances d'échange avec les membres de l'unité ont été organisées sur les changements de pratiques et les besoins concrets pour les accompagner (par exemple via la mise en place d'une charte, ou la clarification des politiques d'achat de billet pour les longs trajets en train). L'unité a été sondée pour estimer l'intérêt et la motivation des collègues à changer certaines pratiques. Enfin, le dernier axe s'est concentré sur l'organisation de deux journées de récupération de matériel informatique non utilisé pour réutilisation, recyclage, ou mise au rebut, voir figure 1.15.

Les chantiers en cours de la cellule portent sur la mise en place d'une charte, la mise en oeuvre du plan employeur pro-vélo, et la poursuite du travail de bilan carbone.



FIGURE 1.15 – Journée de collecte des déchets électroniques

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

La plupart des thématiques de recherche de l'unité résonnent avec les grands enjeux sociétaux actuels et sont explorées à l'échelle internationale dans des institutions de premier plan. Dans un contexte de forte concurrence pour l'accès aux conférences de référence, les travaux menés se démarquent par leur qualité et leur pertinence, à l'intersection de thématiques majeures comme la modélisation, l'apprentissage, la sécurité et l'interaction.

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

Nous présentons ici nos réalisations scientifiques à une granularité plus forte que celle des équipes, témoignant des interactions et des recouvrements thématiques qui existent entre elles. Les publications mentionnées sont toutes du meilleur niveau international. Pour un niveau de présentation plus fin, le lecteur ou la lectrice est invité(e) à se reporter à la référence 1 du domaine 2 au niveau de chaque équipe.

**Données massives, systèmes distribués, et inter-opérabilité** La modélisation et la gestion de données à grande échelle posent des défis majeurs en termes de scalabilité, de structuration et de sécurité. Des contributions du tout meilleur niveau international ont été apportées sur les bases de données orientées graphes [Sak+21; PBO22; Ang+23], mais aussi sur l'évaluation de requêtes complexes [Bon+22b] ou sur la réparation interactive centrée utilisateur [FPS22; PBM24] (équipe BD, prix du meilleur papier industriel à SIGMOD 2023; best paper award à ICDE 2022 (Portfolio 2 de l'unité). Ces enjeux s'inscrivent dans un écosystème plus large où la robustesse et la fiabilité des infrastructures distribuées sont centrales sur des dispositifs sécurisés (par exemple sur Intel SGX) [Ros+21; Sil+19; Mes+22a] et en apprentissage fédéré [Dam+22; Mes+22b] (équipe DRIM), ainsi que des solutions interopérables fondées sur des modèles sémantiques appliqués aux systèmes cyber-physiques [BT23; Nou+21a] (équipe SOC).

**Structures complexes, algorithmique et fouille de données** L'unité développe une expertise reconnue à l'échelle internationale dans la modélisation algorithmique des structures complexes, où se croisent la combinatoire, l'optimisation et la fouille de motifs [Fai+24; Vey+24; Man+23b; Ife+23; Ber+24] (équipe DM2L). L'étude des graphes à grande échelle a donné lieu à des contributions de premier plan, comme le développement du premier méta-algorithme de certification locale (Portfolio 3 de l'unité, [BFP22]) (équipe GOAL). Les approches d'analyse de motifs rares et de sous-graphes cohésifs dans les graphes (équipe DM2L) permettent d'expliquer des dynamiques comportementales ou sociales. Sur le front de l'IA explicable, l'équipe a également introduit des méthodes novatrices, comme CoSP pour synthétiser des vues globales à partir d'explications locales [Man+23a]. Ces apports s'articulent avec des travaux sur la décision collective, avec des modèles de formation de coalitions multi-agents robustes, portés notamment par le simulateur FACS, distingué à AAAI [Tag+21] (équipe SyCoSMA).

**Géométrie computationnelle et rendu visuel** Les recherches menées sur la géométrie des distributions, le transport optimal et le calcul haute dimension se traduisent par des contributions fondamentales et appliquées au meilleur niveau international [Neh+23] (équipe Origami). L'équipe s'est imposée sur des sujets comme l'échantillonnage très uniforme pour le rendu 3D, avec plusieurs publications A\* dans SIGGRAPH [Pau+22] et un meilleur papier primé pour sa méthode différentiable de permutation de demi-espaces [Doi+24]. Cette expertise alimente un socle méthodologique commun pour la simulation visuelle et physique, qui s'étend à des contextes biomédicaux et immersifs, notamment via des modèles de simulation "musculo-squelettique" de la marche pathologique ou de suivi tumoral thoracique [Lad+21] (équipe SARAA, article dans IEEE TBME).

**Vers des systèmes intelligents adaptatifs, perceptifs et explicables** L'analyse automatique de scènes, de comportements et d'environnements complexes constitue un axe structurant de l'unité, articulant vision par ordinateur, apprentissage profond et fusion multimodale. En mobilisant des données hétérogènes (images, vidéos, signaux 3D, séries temporelles), ces recherches ont permis des avancées majeures sur l'interprétation des gestes, des expressions et des styles de mouvement, avec des applications de référence à la navigation autonome, à la reconnaissance de documents ou à l'analyse d'interactions en conditions réelles [GD23 ; Cec+24 ; Ker+21a ; CCP24] (équipe IMAGINE). Cette capacité à articuler perception, modélisation et apprentissage est prolongée dans le champ de l'éducation, avec une expertise reconnue dans la conception de systèmes ludiques et adaptatifs [Lav+19 ; Rey+22] (équipe SICAL et TWEAK). À travers des environnements interactifs capables de s'adapter dynamiquement aux profils d'apprenants, les recherches ont montré un impact concret sur la réussite scolaire, validé par des expérimentations à grande échelle et plusieurs distinctions internationales [ETL20 ; Lac+23a] (CHI Play). Enfin, cette chaîne d'adaptation est complétée par les travaux sur les grands modèles de langage (LLM), mobilisés pour améliorer l'intelligibilité des systèmes, générer des paraphrases, synthétiser des documents ou détecter des biais [Gen+23 ; Gan+20] (en lien avec les équipes DM2L et DRIM).

**Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

**Qualité de la production scientifique** Sur la qualité de la production scientifique de l'unité, l'ensemble des personnels du LIRIS, et notamment les doctorants et doctorantes, ont parfaitement intégré la nécessité de viser des supports de publications reconnus et visibles, les plus à même de valoriser leur parcours de doctorat ou leur carrière. Ce point a déjà été abordé dans la section 3 page 18 sur une réponse aux recommandations faites par l'HCERES en 2020. À titre d'exemple sur l'aspect quantitatif, nous avons sur la période 606 publications dans des revues internationales dont les plus fréquentes sont Computer Graphics Forum (23), ACM Transactions on Graphics (16), Computers and Graphics (12), Theoretical Computer Science (10), Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB) (9), et IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (9).

Cela dit, la politique du LIRIS est clairement de viser le meilleur niveau international, en favorisant la qualité sur la quantité, sans négliger les différentes marches qui permettent d'y accéder, comme par exemple des publications dans des conférences d'audience nationale, des participations à des GDR ou des workshops internationaux spécialisés. Elle valorise également l'ensemble des productions issues de la recherche, dont les publications sont emblématiques, mais qui incluent aussi la médiation scientifique, la production logicielle, ainsi que le transfert et la valorisation.

Concernant la production logicielle, nous avons pris des mesures pour inciter fortement leur diffusion dans HAL. Les résultats sont visibles dans l'onglet Recherche de notre site Web, et dans la table ci-dessous.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	93	113	102	113	109	107	637	106
#Revue int. / ETP	1.23	1.50	1.35	1.50	1.44	1.42	8.44	1.4
#Conf. int.	141	121	157	145	163	139	866	144
#Conf. int. / ETP	1.87	1.60	2.08	1.92	2.16	1.84	11.47	1.91
#Logiciels HAL	0	3	2	6	8	15	34	5.5
#Thèses soutenues	34	34	32	25	28	35	188	31,3
#HDR soutenues	0	4	1	0	4	6	15	2.5

TABLE 1.6 – Production : quelques indicateurs clés pour l'unité. Effectif au 31/12/2024 : 75 ETP.

Le travail au long court sur la qualité des supports de publication est une nécessité, largement comprise et répandue au LIRIS, comme le montre la figure 1.16 page 34 qui se focalise sur les revues internationales en donnant leur répartition selon les quartiles Q1-Q4 de SJR.

Il faut cependant aussi mesurer l'impact que cette politique peut avoir sur le bien-être des personnels, des doctorants aux professeurs, notamment sur des domaines en plein essor à l'échelle internationale, où la compétition

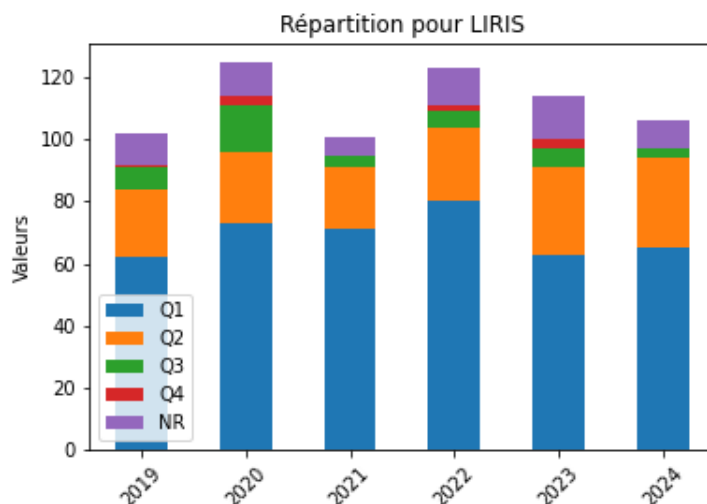


FIGURE 1.16 – Production scientifique en revue internationale : classification selon [SJR](#)

est féroce avec les meilleures institutions mondiales.

Afin de s’assurer de la bonne saisie des informations liées au doctorat, et notamment de la bonne saisie de la production scientifique sur HAL, nous avons instauré une vérification systématique en amont de la soutenance : l’autorisation de soutenance n’est délivrée par le directeur que si tout a bien été saisi. L’expérience montre que cette vérification est d’une efficacité redoutable.

Sur les thèses soutenues, leur durée n’a pas bougé depuis la précédente évaluation HCERES et se situe à 42 mois en moyenne. La figure 1.17 page 35 donne la répartition par équipe des durées des thèses, en précisant le poids respectif de chaque équipe (nombre de docteurs).

Nous avons eu 25 arrêts de thèses sur la période, répartis entre les équipes comme illustré sur la figure 1.18. Les principales raisons relèvent des points suivants. Tout d’abord, la période du covid et des travaux dans les locaux de l’unité ont été très perturbants pour certains doctorants. Puis, les étudiants qui n’ont jamais eu d’échec pendant leur scolarité se trouvent parfois submergés par la difficulté liée au travail de thèse. Enfin, certains d’entre eux n’aiment pas travailler dans un contexte incertain, typique de la recherche. On note aussi des départs liés à la motivation initiale, l’attrait de l’industrie et des difficultés rédhibitoires lors de la rédaction du mémoire de thèse.

Pour améliorer ce point, nous avons introduit en 2022 un *financement complémentaire* de 2 mois pour les étudiants en fin de thèse afin de leur permettre de finir leur rédaction dans de bonnes conditions. Entre 2022 et 2024, 22 doctorant.es ont été financé.es sur nos ressources propres pour un montant d’environ 100k€. Tous ceux qui l’ont été avant 2024 ont soutenu leur thèse. Les critères ont été définis en conseil de laboratoire, qui évalue chaque année la pertinence des demandes. L’évaluation au CL se fait sur la base de la nécessité avérée du financement complémentaire, de la conviction que le ou la doctorant.e finira bien dans les délais, des ressources mobilisables au LIRIS, et des contraintes administratives, notamment liées à la ZRR. Toutes les demandes recevables ont vocation à être financées.

Enfin, nos publications révèlent de nombreuses interactions avec des institutions internationales. À partir des données de HAL, nous nous sommes intéressés au nombre de co-publications avec des collègues étrangers<sup>8</sup> sur la période 2019-2024. Même s’il faut rester prudent sur la précision de cette mesure qui dépend de la bonne saisie de l’affiliation des co-auteurs dans HAL, ce chiffre s’élève à 1720, représentant 20% des publications du LIRIS, réparties comme suit sur les principaux continents :

- 46% en Europe (dont 229 au Royaume-Uni),
- 23% en Amérique (dont 210 aux USA),
- 12% en Afrique (dont 100 en Algérie),
- 10% en Asie (dont 60 en Chine) et
- 8% au Moyen-Orient (dont 29 au Emirats Arabe Unis)

8. Par exemple, quand une publication est rédigée avec 2 co-auteurs étrangers, elle compte deux.

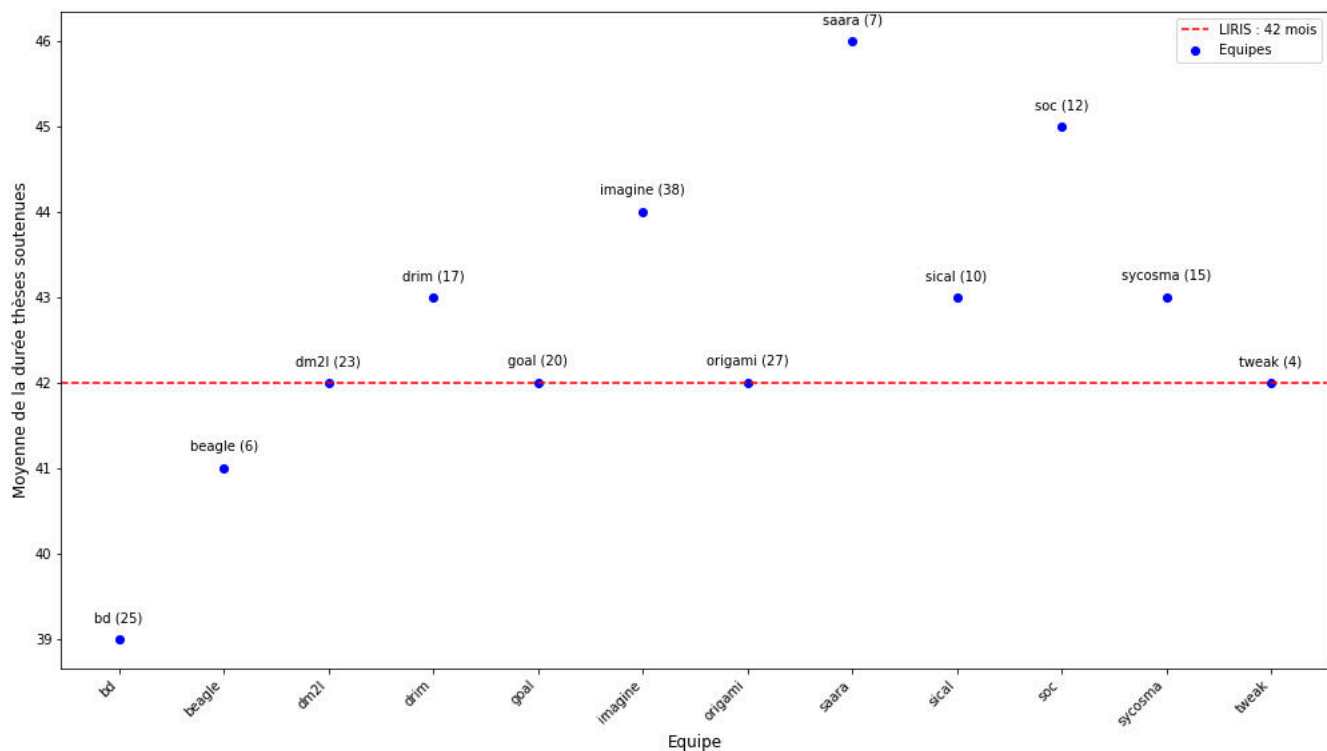


FIGURE 1.17 – Durée des thèses par équipe

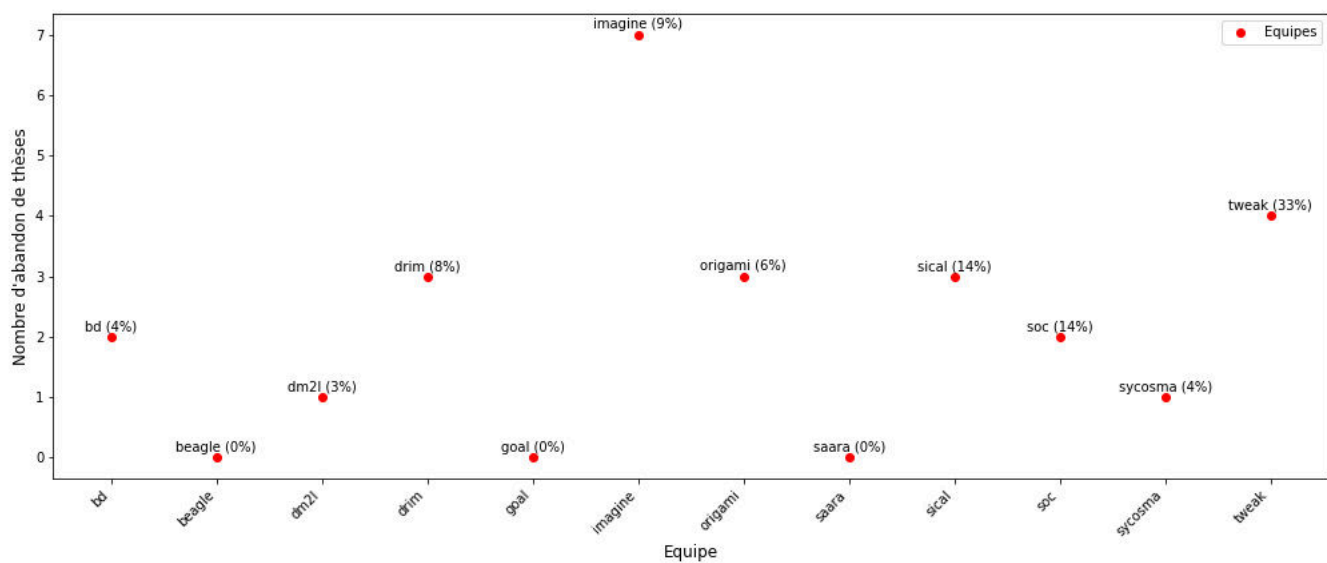


FIGURE 1.18 – Arrêt des thèses

### Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

L'unité a été impliquée dans l'organisation de conférences internationales très visibles à Lyon, notamment la prestigieuse conférence [The Web conference \(WWW\)](#) en 2022, mais aussi [ACM DEBS](#) en 2024.

Deux membres du LIRIS jouent aujourd'hui un rôle au sein de l'institut sciences informatiques du CNRS, un délégué scientifique adjoint en charge de la valorisation et des logiciels libres et un délégué scientifique section 06 (Science des données).

Elle participe à des comités éditoriaux des principales revues en informatique graphique (ACM Transactions on Graphics (TOG), IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Computer Graphics Forum (CGF), Journal of Mathematical Imaging and Vision), en données et systèmes (VLDB journal, IEEE TKDE, ACM TODS, IEEE Transaction on services), en fouille de données et apprentissage (International Journal of Geographical Information Science, Data Mining and Knowledge Discovery (DM2L), en traitement des images et des vidéos (Pattern Recognition (Imagine), Computer and Graphics et The Visual Computer).

L'unité est fortement impliquée au niveau international dans des associations chapeautant des conférences du domaine, telles qu'IAPR ou EDBT. Au niveau européen, plusieurs membres du LIRIS participent activement à des comités européens type H2020 ou Horizon Europe. Par ailleurs, au niveau national, nous bénéficions d'un important réseau à travers notre implication dans les actions structurantes du CNRS via ses GDR (IG-RV, ... voir page 17) ainsi que dans plusieurs associations thématiques en informatique (notamment ACM SIGOPS France, SIF, AFIA, ATIEF, AFIHM, BDA, EATEL, AFIG, EGFR). Trois membres du LIRIS sont co-responsables de PEPR (VDBI, Cybersécurité et Industries créatives) (voir page 17).

Les membres de l'unité sont aussi impliqués à l'HCERES à divers niveaux, du rôle de conseiller scientifique de pilotage au rôle de conseillers scientifiques, mais aussi pour participer aux évaluations menées par l'HCERES (présidence ou membre de comité).

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

**Science ouverte** Le LIRIS mène une politique en faveur de la science ouverte et reproductible. Un chargé de mission "Science ouverte" est nommé, et est en charge de s'assurer que le message porté par l'unité est correctement relayé auprès de ses membres. Il est régulièrement rappelé les consignes de dépôt des articles sur HAL, si possible avec une version du texte intégral (en respectant les copyright des éditeurs). Nous rappelons également régulièrement le message concernant la qualité des publications qui doit être privilégié à la quantité, en indiquant la nécessité d'éviter les revues et conférences prédatrices. Ce message est relayé à différentes occasions. Parfois lors de CS, parfois en AG. Chaque année, une intervention dans ce sens est réalisée lors de la journée d'accueil des nouveaux doctorants. Des liens sont donnés vers des références permettant d'approfondir ces sujets, entre autre vers des documents du CNRS. Il est rappelé à tous le besoin d'échanger en cas de doute, avec son directeur de thèse, ou son responsable d'équipe. Depuis 2 ans, le laboratoire encourage également le dépôt de logiciels sur HAL, ceci pour faciliter la reproductibilité des résultats de recherche. Cette action est relativement récente, elle fait suite à la nouvelle possibilité offerte par HAL, et nous poursuivons cet effort pour augmenter le nombre de dépôts réalisés.

Un autre aspect important des productions concerne la signature des publications et leur référencement dans HAL. Pour le premier point, nous relayons régulièrement les consignes de nos tutelles, et mettons sur notre intranet un document récapitulant des différentes signatures à utiliser selon les configurations possibles. Il faut noter la difficulté majeure d'avoir un document cohérent avec les consignes de nos 5 tutelles qui, bien que s'appuyant sur la convention de site, peuvent avoir des interprétations variables et des consignes spécifiques. L'autre difficulté que nous rencontrons dans cette tâche est la réalité du terrain, où les membres de l'unité ont des difficultés techniques avec les signatures proposées, parfois à cause de leur longueur, parfois à cause des éditeurs qui ne les comprennent pas et les modifient. Concernant le référencement HAL, nous fournissons également un guide aux membres de l'unité expliquant les différentes démarches à réaliser à propos des formes auteurs, des ID Hal, et de l'association des auteurs aux équipes. Ces consignes sont également rappelées régulièrement, par email à tous les membres, ou lors des CS ou des AG.

Un site de [dépôt de jeux de données ouverts](#) a été créé en mars 2021. Il permet de pouvoir référencer des jeux de données. Une quinzaine de jeux de données y ont été déposés.

**Intégrité scientifique** Le LIRIS y accorde une attention particulière, en conformité avec les politiques institutionnelles et le décret 2021-1572 de la LPR. Une [chargée de mission](#) intégrité scientifique a été désignée en 2021. Elle participe notamment à des actions de sensibilisation lors de la journée d'accueil des nouveaux doctorants. Son rôle consiste à accompagner chercheurs et doctorants, anticiper et traiter les éventuels problèmes, fournir des ressources documentaires et jouer, si besoin un rôle de médiation interne. Le laboratoire veille notamment

à éviter tout comportement frauduleux (plagiat, falsification, conflits d'intérêts non déclarés), en sensibilisant régulièrement ses membres à l'éthique et à la déontologie.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

#### Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social

**Interactions avec le monde culturel, économique et social** L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel principalement via les équipes ORIGAMI et IMAGINE, tels que la création d'applications numériques pour valoriser le patrimoine local ou encore des logiciels de médiation culturelle interactifs destinés aux musées régionaux ([visualisation pour l'héritage culturel](#)) avec Origami, outils de recherche d'informations sensoriels dans les textes écrits du patrimoine avec Imagine (PAR AURA Symtesens). Nous co-coordonnons des projets interdisciplinaires TEATIME (Portfolio 7 de l'unité), centré sur la modélisation numérique du patrimoine bâti, et DatAgora, dédié à la valorisation des données urbaines pour la prise de décision territoriale, mêlant sciences du patrimoine, visualisation interactive et intelligence artificielle), ou encore le patrimoine culturel écrit comme par exemple dans l'ANR Eclats, PAR Région AURA sur l'archéologie du paysage sonore ... Il y a également le PEPR [Industries culturelles et créatives \(ICCRE\)](#) pour le CNRS essentielle au rayonnement économique et culturel de la France, qui soutient la co-construction de solutions avec des partenaires SHS.

D'autres équipes (par ex. SICAL) mènent une forte activité de diffusion vers le monde social à travers des outils numériques pour l'éducation (plugins LudiMoodle et jeu sérieux Luciole/Firefly en partenariat avec HumansMatter) ou encore pour l'inclusion avec le logiciel libre NatBraille.

L'unité a surtout des interactions avec le monde économique, comme en témoigne les 99 thèses CIFRE sur la période. L'unité se trouve ainsi naturellement au centre des enjeux d'innovation des entreprises, correspondant à la politique de nos tutelles et à notre positionnement scientifique. Un professeur de l'unité a été nommé Directeur Adjoint Scientifique (DAS) de l'institut Sciences informatiques sur ces questions de transfert et de valorisation.

Nous participons régulièrement à des actions organisées par nos tutelles, nos partenaires, et les acteurs du site pour promouvoir les interactions entre le tissu économique et le monde académique. A titre d'exemple, le LIRIS était présent lors de la [journée collaboration "Impulsez vos collaborations"](#) du [PUI Impulse](#) en décembre 2024 en duo avec le CEO de [Apimove](#) (cf Portfolio 7), ou à la table ronde "La recherche partenariale : enjeux actuels, stratégie et bonnes pratiques" lors de la journée des correspondantes et correspondants Valorisation de l'INS2I le 26 mars 2024 au siège du CNRS à Paris.

**Formation continue** L'unité participe aussi à des actions de formations continues, sans que ce soit un axe spécifique de développement. On peut citer les formations dispensées sur [Machine learning et deep learning pour la vision par ordinateur](#) ou des actions de formation pointue en lien avec nos filiales de valorisation. Nous n'avons pas de liste exhaustive de ces actions, la remontée d'information n'étant pas toujours faite. Ces actions de formations sont utiles dans la mesure où elles permettent d'initier d'autres collaborations avec les personnes formées, souvent à des places de décision pour lancer des coopérations.

#### Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.

Comme indiqué précédemment, l'une des modalités importantes de collaboration avec l'industrie concerne les thèses CIFRE, qui permettent de garder un très bon niveau de recrutement sur des sujets attractifs pour les meilleurs étudiants, et qui poussent les chercheurs de l'unité à aller au delà de leur zone de confort sur des sujets innovants et parfois en rupture, créant idéalement un cercle vertueux entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Les contrats d'accompagnement peuvent varier en fonction du contexte, ils sont négociés par les filiales pour un montant moyen estimé autour de 15K€ par an. Ce sont des activités qui sont clairement encouragées par l'ensemble de nos tutelles et qui sont partie prenante du positionnement scientifique de l'unité.

**Équipe développement valorisation (EDV)** Au delà de ces actions, nous avons aussi développé et consolidé d'autres initiatives pour aller au delà des financements CIFRE, en organisant une équipe *d'ingénieurs transferts* composée de docteurs/ingénieurs dont les missions sont de favoriser la valorisation, et d'aider l'unité à se positionner à l'interface entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, sur des projets d'innovation. Leur activité est principalement la production de logiciels à forte valeur ajoutée, à un niveau de TRL autour de



FIGURE 1.19 – Smart Production Valor

4. Ces personnels travaillent en synergie avec des chercheurs de l'unité, et constituent une force significative pour rendre possible les fertilisations croisées entre le monde académique et le monde économique. Le septième élément du portfolio de l'unité consacré à l'accompagnement de la création d'une start-up en est un des résultats les plus probants. Dans ce contexte, nous avons ainsi obtenu fin 2022 le financement d'un CDD ingénieur transfert de 3 ans dans le cadre du [programme PIT](#) du CNRS.

Au sein de l'unité, nous avons donc créé en 2021 l'équipe développement valorisation (EDV), en la rattachant au service technique. Nous avons entériné une situation de fait et regroupé deux activités : l'une nommée [Datavalor](#) et l'autre [SmartProductionValor](#). *Datavalor* est une initiative qui se positionne sur l'intelligence artificielle pour la valorisation des données, qui n'est pas rattachée à une équipe en particulier, mais à l'unité. *Smart Production Valor* relève d'actions pluridisciplinaires sur l'industrie 4.0, avec un focus orienté données sur des thématiques des systèmes de production, afin de les rendre plus flexibles, plus agiles, mieux organisés et plus efficaces. Cette initiative est rattachée à l'équipe base de données de l'unité.

En plus d'apporter une agilité financière via des entrées sous forme de ressources propres, l'équipe EDV permet de développer des relations partenariales sans solliciter d'une manière importante les C/EC de l'unité. C'est le principal blocage que nous avons identifié dans le développement de relations avec nos partenaires : le manque de temps du personnel permanent, et également la difficulté de fournir des livrables compatibles avec l'attente.

EDV représente clairement une prise de risque pour l'unité, les personnels de cette équipe sont principalement des CDI ou des CDD dont le salaire doit être couvert par les études qui y sont menées. Cette prise de risque a été rendue possible par le volume d'activités généré et par le soutien d'une de nos tutelles et de sa filiale de valorisation. Notons enfin que la titularisation en CDI d'un ingénieur transfert embauché en CDD au sein de la filiale a été discutée et approuvée au sein du conseil de laboratoire.

En terme de rayonnement, quoi qu'il soit difficile d'en juger, l'action conjuguée des CIFRE et de l'équipe EDV donne à l'unité une visibilité que nous estimons très forte auprès des acteurs économiques régionaux, et plus marginalement nationaux, sur les possibilités de transferts du monde académique vers des applications concrètes et utiles pour la société.

Pour finir, il est important de noter que moins de 10% des activités de EDV relèvent de la *prestation*, c'est à dire des contrats de recherche sans activité inventive. Plus de 90% des contrats de recherche comportent donc un volet de propriété intellectuelle, incompatible avec ce qui est communément appelé *la prestation de service*.

**Devenir des docteurs de l'unité** La valeur des interactions se mesure aussi avec le devenir de nos docteurs. Pour nous rendre compte plus précisément de leur impact après la thèse, nous avons mené une enquête sur le devenir des 178 docteurs du LIRIS. Les résultats sont présentés dans la figure [1.20](#), page [39](#). Il en ressort très clairement que nos étudiants et étudiantes n'ont aucun mal à entrer dans le marché économique (63%), alors qu'un peu moins de 20% choisissent de rester dans l'ESR, 10% en postdoc ... Pour expliquer ces tendances, on peut bien sûr invoquer le manque d'attractivité des métiers de la recherche publique. Nous notons néanmoins que la plupart continue à mener une activité de R&D dans le monde économique.

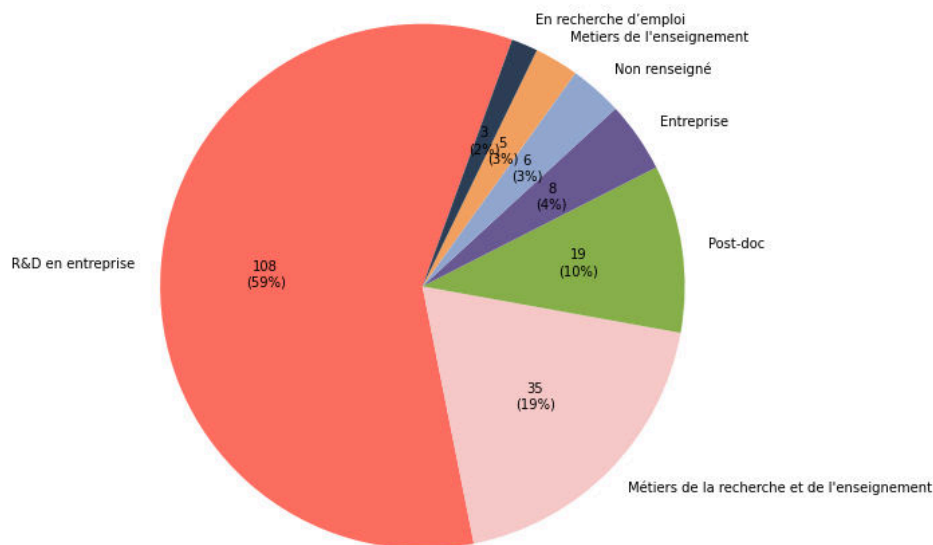


FIGURE 1.20 – Devenir des doctorants

### Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Le LIRIS est doté depuis 2016 d'une cellule médiation scientifique animée par deux personnes. Celle-ci était initialement constituée d'une quinzaine de membres de l'unité intéressés par les questions de médiation. Depuis septembre 2020, des correspondants médiation ont été mis en place dans chaque équipe. Cette cellule s'inscrit dans un contexte local où la médiation en Mathématiques et Informatique est très active. En particulier, la [Maison des Mathématiques et de l'Informatique](#) (MMI) a été créée en 2014 pour fédérer les activités lyonnaises de médiation sur ces thématiques. En dix années, elle est devenue un incontournable lieu de médiation sur la place lyonnaise avec quelques 9000 élèves accueillis chaque année et plus de 4000 personnes côté grand public. Le LIRIS est partie prenante dans la gestion (participation au comité de pilotage depuis 2016) et l'animation de cette maison (voir les paragraphes suivants).

La cellule médiation agit à plusieurs niveaux. Elle permet tout d'abord de faire le lien entre les demandes extérieures (intervention dans des événements, visites de l'unité, demandes de conférences ou d'expertises....) et les membres de l'unité. Elle nous permet aussi d'avoir une vue d'ensemble des activités de médiation réalisées au sein de l'unité afin de faire remonter ce qui se fait dans le laboratoire et de partager entre nous ressources et actions. Enfin, elle organise des actions de médiation propres au laboratoire.

Nous donnons ici un aperçu des différentes actions réalisées par les différents membres du LIRIS actifs sur le sujet.

**Sur le terrain.** Les membres du LIRIS sont très présents sur le terrain, sous différentes formes. Cela peut être sous un format de conférences grand public (dans des établissements scolaires, bibliothèques, université ouverte, gros événements grands publics), sous un format d'ateliers interactifs (ateliers à la MMI, fête de la science, ateliers MATH.en.JEANS) ou virtuellement ([Vidéo youtube](#), podcast). Nous accueillons aussi de nombreux des stagiaires de collèges et lycées (environ 30 par an). Nous sommes par ailleurs régulièrement sollicités pour participer à des tables rondes ou des interviews. Parmi les principales thématiques pour lesquelles nous sommes sollicités, on peut citer sur la période :

- L'intelligence artificielle. Parmi les sujets très actuels de l'informatique, l'intelligence artificielle fait partie de ceux sur lequel la société attend le plus d'explications de la part des scientifiques. Des chercheurs du LIRIS interviennent régulièrement pour répondre à ce besoin. Leurs actions ont pris de nombreuses formes : [conférences](#), ciné concert, tables rondes, articles de presse, interviews (Europe 1, Le Parisien).
- Le covid. Lors des années 2020-2021, les chercheurs de l'unité ont été sollicités à plusieurs reprises par les médias pour expliquer le fonctionnement des applications de traçage de type StopCovid. Celles-ci ont

en effet suscité bon nombre d'interrogations de la part du grand public quant à la sécurité des données recueillies. On peut retrouver des extraits d'interviews de chercheurs du LIRIS dans des articles de journaux comme [L'Humanité](#) ou [La Croix](#). Ils y expliquent notamment les mécanismes qui se cachent derrière ces applications et essaient de répondre aux inquiétudes du grand public sur le sujet.

- Le sport et l'informatique. Avec l'année olympique 2024, de nombreux travaux de recherches à l'intersection en lien avec l'activité physique en compétition ont été présentés au grand public et aux élèves. En particulier le travail réalisé par des membres de l'équipe SICAL en collaboration avec la Fédération Française de Tennis de Table, et qui combine analyse automatisée à partir de vidéos et de découverte de tactiques de jeu pendant les compétitions. Cette collaboration a permis l'amélioration de la performance des sportifs avant et pendant une compétition. Ces travaux se basent sur de simples flux TV diffusés à la télévision, à partir desquelles une information détaillée peut être extraite au moyen de méthodes automatisées et semi-automatisées.
- L'utilisation des jeux vidéo pour la recherche médicale. Le jeu [Sea Hero Quest](#), développé en partie par des chercheurs de l'unité, a permis de récolter les données de 4 millions de joueurs de tous les pays du monde et sert de base pour des recherches notamment sur la maladie d'Alzheimer. De nombreuses conférences et ateliers autour de ce jeu ont été données ces dernières années.

Nous portons une attention particulière aux actions concernant la place des femmes en informatique. En lien avec la cellule parité-égalité, nous accueillons chaque année une trentaine de lycéennes dans notre laboratoire pour la journée "Sciences, un métier de femmes". Plusieurs chercheuses de l'unité sont marraines lors de cet événement ou pour d'autres événements similaires comme le festival [Numérique en avant toutes](#). Nous veillons de plus à accueillir les stagiaires de manière paritaire. Enfin, une ingénieure CNRS de l'unité a participé à la BD du CNRS Science Informatique "[Les décodeuses du numérique](#)" et intervient à ce titre dans de nombreux événements pour promouvoir la place des femmes en informatique.



FIGURE 1.21 – Accueil de lycéennes au laboratoire en mars 2022



FIGURE 1.22 – L'atelier sur les réseaux de neurones

**Création de contenus.** Des membres du LIRIS sont aussi très moteurs dans la création de contenu de médiation scientifique, qui est déployé dans nos actions sur place mais aussi diffusé à d'autres structures. En particulier, certains sont des membres actifs du collectif Informatique Sans Ordinateur (ISO), qui s'attache à présenter la diversité de la science informatique, sans utiliser de support numérique mais plutôt avec des manipulations d'objets et des mises en scène corporelles. Ainsi il a été créé ces dernières années des ateliers d'informatique débranchée (durée : 1h environ) sur les sujets suivants :

- Les [réseaux de neurones](#). L'atelier consiste à présenter un algorithme de réseau de neurones qui a pour objectif de reconnaître des chiffres écrits manuellement. Il consiste en plusieurs phases dont une phase d'expérience incarnée, où chaque participant joue le rôle d'un neurone. Plus de 400 élèves l'ont déjà expérimenté.
- Les [algorithmes de coloration de graphes](#), dans une expérience incarnée également, où les participants doivent se placer à une table avec des contraintes. Plus de 800 élèves l'ont déjà réalisé.
- L'[apprentissage par renforcement](#). Il s'agit de l'une des activités phares (plus de 20 000 élèves) qui tourne sur de nombreux sites désormais et que nous avons mis en place ici. Elle est présentée autour de l'apprentissage du jeu de Nim.

- Le numérique durable. L'un des formats plébiscités pour expliquer l'empreinte environnementale des outils numériques, appelé « Démontage Conférence », consiste tout d'abord à démonter physiquement des appareils (ordinateurs, smartphones) pour découvrir et/ou démystifier ce qui constitue nos objets du quotidien. La suite consiste à rendre perceptibles les ordres de grandeurs des différents impacts du numérique. Pour cela, les empreintes environnementales des différents objets/systèmes/composants sont visualisées par des objets comme des legos ou encore des feuilles de papier toilette !

Par ailleurs, certains membres du LIRIS ont été partie prenante dans les conseils scientifiques pour la conception d'expositions d'envergure. Parmi les expositions informatiques les plus visitées par le public en France, ce fut le cas pour l'exposition "Entrez dans le monde de l'IA" (actuellement visible à la Maison Poincaré), ou encore "Dans ma cuisine" (visible en ce moment à la MMI).

Pendant cette période, certains membres du LIRIS ont également mené une analyse auto-réflexive sur la nature de la médiation scientifique qu'ils réalisent. Ceci a été réalisé dans le cadre d'un projet [ANR Science avec et pour la Société](#) porté au LIRIS (le premier appel à projet dédié à la médiation). Ceci a conduit à différentes productions [[Lec+24](#); [DP24](#)] en collaboration avec des didacticiens de l'informatique, ainsi qu'à la rédaction d'un [ouvrage](#) qui recense les activités d'informatique débranchée sur les thèmes de l'intelligence artificielle, de la cybersécurité et de l'algorithmique distribuée.

**Organisation d'événements.** Un autre aspect des activités de médiation est l'organisation d'événements de grosse envergure.

En 2019, nous avons organisé pour la troisième année consécutive une fête de la science au LIRIS dans nos locaux, ce qui a attiré environ 230 élèves. Les ateliers étaient menés par différents membres de l'unité ainsi que des élèves de master. Les années suivantes, nous avons rejoint les événements organisés sur le campus en proposant plusieurs activités autour de l'informatique débranchée.



FIGURE 1.23 – Fête de la science 2022



FIGURE 1.24 – Congrès MATH.en.JEANS 2024

Par ailleurs, une dizaine de membres de l'unité encadre régulièrement des ateliers de recherche dans le cadre de l'association MATH.en.JEANS. Nous sommes ainsi très présents dans la coordination régionale de MATH.en.JEANS. En particulier, nous organisons tous les deux ans le congrès régional. Celui-ci regroupe environ 300 élèves sur deux ou trois jours qui viennent à l'université présenter les résultats de leurs recherches. Les membres de l'unité coordonne avec l'association et l'université le congrès, participent à la modération des exposés et ont régulièrement fait des conférences plénières pour cet événement.

Enfin, en 2024, nous avons organisé un [stage](#) pour les élèves de seconde sur deux semaines. Nous avons accueilli 8 lycéennes et 8 lycéens pour leur faire découvrir les différentes facettes du métier d'enseignant et de chercheur en informatique. Environ 15 collègues ont été impliqués dans cet événement pour un nombre d'heures total de 250 heures de travail estimé. Suite au succès de cette première édition, la cellule médiation va organiser un nouveau stage en 2025.

**Formation** La cellule médiation est présente auprès des étudiants pour les former à la médiation. En effet, cela leur permet de développer des compétences en communication et de prendre du recul sur leurs thématiques. Nous sommes intervenus plusieurs fois dans la formation en CAPES d'informatique pour des séances d'informatique sans ordinateurs. Les étudiants ont ensuite mis en pratique leurs apprentissages devant des petits groupes à la fête de la science. Nous formons aussi les doctorants volontaires de l'unité à la médiation et les accompagnons dans leurs projets vers le grand public. Enfin, nous sommes intervenus à l'[école de médiation](#) organisée par la SIF en 2022 où des doctorants du LIRIS étaient par ailleurs présents.

## 2- Synthèse de l'autoévaluation

Nous présentons les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces de l'unité dans la figure 1.25.

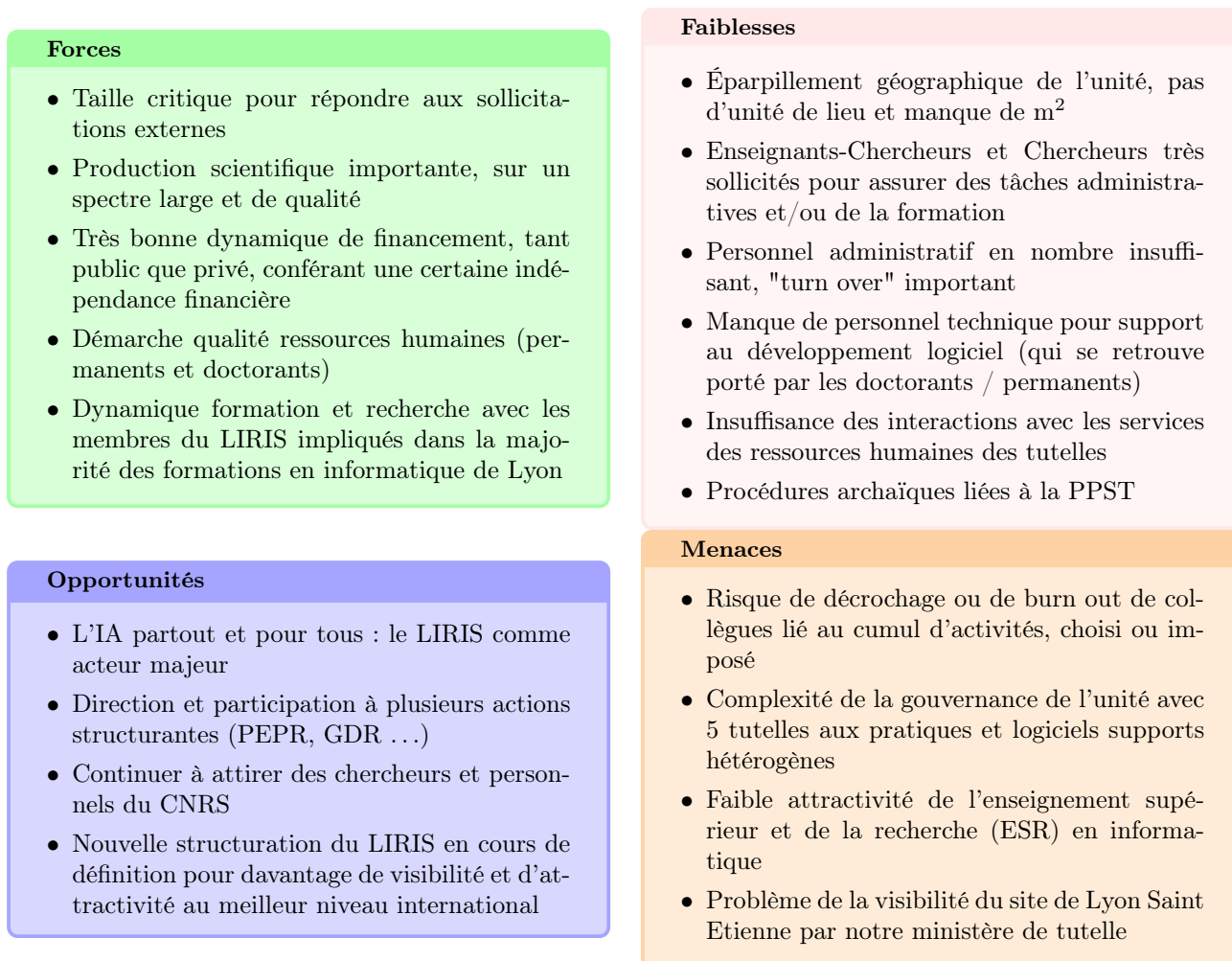


FIGURE 1.25 – SWOT du LIRIS.

## 4- Trajectoire de l'unité

En décembre 2023, le LIRIS a fêté ses 20 ans. Ce moment particulier nous a permis de mesurer le chemin parcouru et d'apprécier notre trajectoire commune. Comme la plupart des laboratoires de site en France sur les sciences informatiques, le LIRIS s'est construit en intégrant des personnels de différents laboratoires et en se constituant une colonne vertébrale autour de l'informatique. Deux grandes thématiques existaient, à savoir le traitement des images et les systèmes d'information. Celles-ci ont évolué au fil du temps pour couvrir de nombreux aspects de l'informatique : des plus fondamentaux aux plus appliqués, parfois en lien avec d'autres sciences et souvent ouverts sur les enjeux de la société numérique. Nous avons aussi été un marqueur de l'empreinte de nos tutelles, conciliant un positionnement sur la recherche fondamentale mais aussi sur la recherche appliquée, ouverte sur le monde socio-économique.

**Un laboratoire résilient face aux évolutions récentes** Les dernières années ont été marquées par des défis importants qui ont mis à l'épreuve notre résilience en tant que collectif et qui auront eu un impact fort sur les personnels. Outre la pandémie, nous avons eu des vagues de travaux lourds sur nos bâtiments dont certains sont encore à venir. A cela s'ajoute des mouvements sociaux, une instabilité politique chronique et une forme de radicalisation des positions sur à peu près tous les sujets. Enfin, la généralisation du télétravail – subi puis choisi – a aussi bouleversé nos façons de travailler. Le LIRIS comme organisation humaine a été le reflet de tout cela, et s'est adapté au mieux dans un environnement en grande évolution.

**Regards sur le projet défini en 2020 : renforcer l'unité et la dynamique scientifique** Le projet défini en 2020 misait sur le renforcement de *l'unité* dans tous les sens du terme, et sur le ciment commun partagé par les membres du LIRIS autour de la discipline informatique. Plusieurs initiatives ont été mises en place pour favoriser ces dynamiques. Nous avons oeuvré pour renforcer cette prise de conscience en créant du liant, par exemple en créant des espaces de discussion par l'aménagement de coins café des principaux sites de l'unité et en organisant des moments de rencontres informels autour du "Café du LIRIS", moment convivial très apprécié des personnels. Dans cette même logique, des efforts ont été déployés pour renforcer la médiation scientifique en informatique, en développant des actions de vulgarisation et en favorisant une meilleure diffusion de nos recherches auprès du grand public. Un prélèvement sur les contrats industriels a également été instauré afin de redistribuer une partie des financements au profit de l'ensemble de l'unité.

Notre posture a été d'encourager et de soutenir toutes les initiatives portées par les membres de l'unité, que ce soit financièrement quand il le fallait ou en appuyant les projets au sein des tutelles. Nous nous sommes servis de l'appel unique de l'institut Sciences Informatiques du CNRS pour faire de la politique scientifique, en suscitant des projets et en soutenant parfois des projets non retenus que nous jugions prioritaires.

Le LIRIS s'est également préoccupé du soutien aux chercheurs en difficulté. Pour aider les collègues en perte d'activité recherche, nous avons constitué un groupe de travail au sein du conseil de laboratoire, chargé de faire un point de la situation et d'identifier les causes, en veillant scrupuleusement à ne pas divulguer d'informations personnelles. Nous avons par exemple proposé deux actions : la première a consisté à introduire un critère de retour à la recherche au sein du conseil de laboratoire pour le classement des contrats doctoraux de l'école doctorale **Infomaths**. La seconde a été de lancer un appel pour des projets de master recherche sur un site propre au LIRIS, en offrant la possibilité de financement par l'unité. En dépit de quelques réussites, ce problème toujours difficile reste ouvert, chaque individu ayant sa propre trajectoire. On ne peut que souhaiter que ces trajectoires personnelles soient prises à bras le corps par les services des ressources humaines des tutelles du LIRIS. C'est clairement un sujet de vigilance dans notre trajectoire.

Sur le plan de la visibilité et de l'attractivité de notre unité, nous avons encouragé les personnels à viser les distinctions les plus visibles, en relayant les informations de nos tutelles mais aussi en sollicitant les personnes susceptibles de les obtenir et en leur offrant des moyens pour les accompagner. Nous avons ainsi eu nos deux premiers collègues à être nommés à l'IUF (membres seniors). Pour l'ERC, nous avons eu 7 soumissions dont 4 retenues pour l'oral. Cet effort doit être continué dans notre trajectoire en attirant des chercheurs du CNRS, et en encourageant nos meilleurs éléments à candidater sur les appels visibles de notre écosystème (IUF pour les E/C, ERC pour les C et les E/C).

Sur notre attractivité, nous recevons environ 10 candidatures CR CNRS par an d'excellent niveau. Nous devons continuer à y travailler, en incitant les membres les plus visibles de l'unité à y consacrer du temps. Cet effort doit porter sur les postes de chercheurs mais aussi sur les postes d'E/C.

Nous avons aussi conforté notre positionnement sur le financement de la recherche, avec une excellente dynamique sur les financements nationaux, notamment via les PEPR (pic de financement en 2023 et 2024) et les financements directs des entreprises (1,3 M€ par an). Nous avons été moins performants sur les appels à projets internationaux. L'équilibre à trouver entre l'ensemble des guichets disponibles est perfectible, mais n'enlève rien à la dynamique de financement du LIRIS, équilibrée sur les différents types d'AAP.

**Vers un changement d'organisation scientifique** Sachant qu'il n'y a jamais de bons moments pour changer d'organisation scientifique, la période d'évaluation HCERES a donc constitué une opportunité stimulante pour repenser notre structuration et notre évolution comme laboratoire de site, afin d'être incontournable au niveau local (en consolidant notre ancrage institutionnel avec nos tutelles, notamment sur l'IA), au niveau national (notamment avec le CNRS) et au niveau international (en renforçant encore notre visibilité). In fine, il s'agit aussi d'accroître l'impact de nos recherches avec une structuration plus lisible qui facilite l'interaction avec les acteurs extérieurs des mondes académique et socio-économique, renforçant ainsi la valorisation de nos travaux. Notre analyse s'est basée sur des éléments factuels : nos équipes ont des tailles très variables, une concentration majoritaire d'enseignants-chercheurs et des thématiques de recherche qui peuvent être variées, y compris au sein des plus petites équipes. Certaines équipes, les plus importantes en nombre de permanents, ont évolué naturellement autour de sous-groupes thématiques et/ou géographiques. Cette cohabitation d'équipes aux contours très différents, fruit de notre histoire commune, met en lumière les disparités en termes de ressources et de reconnaissance.

Sans faire table rase du passé, nous avons la conviction qu'il est aujourd'hui temps d'aller vers un modèle *plus souple*, permettant la création de nouveaux axes de recherche et *plus solidaires* car non seulement il n'est question d'exclure personne mais ce modèle repose sur un fonctionnement qui évite l'isolement des chercheurs et encourage les échanges. Enfin, ce modèle est *plus cohérent* avec des pôles de taille homogène.

En 2024, nous avons donc lancé des discussions au sein des conseils et initié deux groupes de travail pour préparer l'avenir. Nous sommes partis de réflexions très simples, notamment que la recherche au quotidien, celle qui nous passionne, se structure naturellement autour de petits noyaux de chercheurs partageant des affinités scientifiques. Notre approche s'est voulu réaliste : elle doit tenir compte des ressources humaines disponibles, du poids des charges administratives et pédagogiques, ainsi que de la réalité d'une unité multi-sites, tout en garantissant un cadre propice à l'épanouissement des chercheurs et à la qualité de la recherche.

La piste d'évolution choisie a été la constitution de pôles scientifiques de taille critique (de 15 à 25 ETP), dont l'ambition est d'être attractif au niveau national et international et de visibilité mondiale. Il s'agit aussi de stimuler les interactions entre les acteurs de la recherche, d'améliorer la dynamique de travail et de favoriser les environnements collaboratifs et inclusifs. Cette structuration en pôles de taille comparable changera en partie la gouvernance et les prises de décision, aujourd'hui assumées par la direction seule.

La stratégie est de donner vie aux pôles de compétences actuels, en les restructurant fortement et en leur confiant un rôle d'animation, complémentaire de celui joué par les équipes, en facilitant les regroupements opportunistes sur de nouvelles thématiques ou des sujets de recherche à risque. Ce modèle, déjà adopté par certaines équipes, favorise les interactions, la flexibilité organisationnelle et la visibilité externe de l'unité. Le pôle scientifique doit devenir une nouvelle structure forte de l'unité, et agir comme un levier stratégique d'évolution en renforçant les synergies entre chercheurs. Cette réorganisation nous impose un temps de réflexion, qui nous oblige notamment à aborder la question de l'impact de l'IA sur notre structuration scientifique. Enfin, cette organisation permet le maintien des équipes qui fonctionnent et la régénération des équipes arrivées en fin de cycle, tout en facilitant l'émergence de nouvelles collaborations internes sur des sujets identifiés comme prometteur ou de rupture. La structuration actuelle en pôles de compétences peut servir de base à ces réflexions, avec notamment l'arrêt du pôle "Simulation et sciences du vivant", qui était déjà le plus petit en taille avant le départ de l'équipe *Beagle* de l'unité.

Dans ce contexte, chaque équipe s'est positionnée sur sa trajectoire selon trois dimensions :

1. les aspects scientifiques que l'équipe souhaite relever,
2. les collaborations envisagées avec les autres équipes de l'unité pour faire émerger de nouveaux thèmes ou pour renforcer des thèmes existants, et enfin
3. le positionnement de l'équipe par rapport à la trajectoire du LIRIS présentée dans cette section.

**Le positionnement scientifique de l'unité** L'analyse des trajectoires des différentes équipes met en évidence une dynamique de continuité et d'évolution autour de plusieurs domaines structurant la recherche au laboratoire. La compréhension et l'exploitation des données restent un axe central, non seulement pour affiner les modèles prédictifs, mais aussi pour explorer de nouvelles formes d'apprentissage, intégrant, par exemple, des mécanismes d'auto-organisation et de prise de décision en environnement incertain. La structuration et la représentation des connaissances, via les graphes, les modèles sémantiques ou encore les approches hybrides, continueront à jouer un rôle majeur pour assurer l'explicabilité et la fiabilité des systèmes, tout en permettant une meilleure interaction entre raisonnement symbolique et apprentissage machine. L'interaction entre l'humain et les agents intelligents devra se renforcer, notamment par l'étude des interfaces multimodales, des systèmes adaptatifs et la collaboration entre IA et utilisateurs. La simulation numérique et la modélisation des systèmes complexes continueront à être développés, car ils maintiennent une place importante pour analyser des phénomènes dynamiques notamment dans les travaux en informatique graphique concernant les environnements immersifs.

Certaines recherches envisagées dans nos trajectoires autour de la simulation, l'optimisation de l'interaction humains-machines et l'autonomie des systèmes intelligents expriment un besoin croissant d'explicabilité et de robustesse face aux incertitudes. Plusieurs axes transversaux ont ainsi été identifiés dans les recherches de l'unité en lien avec l'IA explicable et de confiance devenue un enjeu d'intérêt pour garantir la transparence des modèles, limiter les biais et fiabiliser la prise de décision, notamment dans des domaines sensibles comme la santé ou la cybersécurité.

Par ailleurs, plusieurs axes transversaux sont identifiés dans les recherches de l'unité, favorisant des méthodes d'apprentissage hybrides, comme celles relevant d'un apprentissage profond et du raisonnement symbolique. Elles ouvrent de nouvelles perspectives en fusion et structuration des connaissances et devront permettre de renforcer la capacité des systèmes à mieux interpréter des données complexes et hétérogènes.

Dans ce contexte de transversalité, on s'intéresse également à l'apprentissage en environnement ouvert et dynamique, intégrant des approches (auto-)adaptatives et incrémentales, répondant aux défis posés par des contextes évolutifs ou incertains. Certaines de nos perspectives indiquent également l'émergence de nouveaux paradigmes d'interaction et d'immersion, intégrant une réalité étendue (notamment sensorielle), les interfaces haptiques et l'adaptation aux comportements utilisateurs, ce qui ouvre de nouvelles perspectives en interactions humains-machines.

A l'heure où l'IA générative occupe désormais une place qu'on ne peut plus nier dans les recherches en informatique, notre laboratoire souhaite s'inscrire dans cette rupture technologique, en y développant des travaux notamment sur la synthèse de contenus multimodaux (images, vidéos, textes) ou encore la génération de données pour améliorer l'apprentissage des modèles. Ces avancées s'accompagnent d'un besoin croissant en optimisation computationnelle, tant pour accélérer l'entraînement des modèles que pour garantir leur efficacité en production. Pour soutenir ces développements, l'optimisation des infrastructures de calcul devient essentielle face à ces besoins. En particulier, la gestion efficace du traitement des données à grande échelle, en lien avec l'informatique frugale, constitue un levier clé pour garantir le passage à l'échelle et l'efficacité énergétique des solutions.

Ces éléments entrent en résonance forte avec la volonté de l'unité et de ses tutelles d'être un acteur majeur sur le développement durable et la responsabilité sociétale et environnementale (DDRSE) de nos recherches. Ces axes transversaux, à la croisée des différentes spécialités disciplinaires de l'unité, contribuent à la consolidation d'une recherche ouverte aux enjeux de la société. L'intégration de ces avancées dans des applications stratégiques telles que la santé, la robotique, la vision ou encore la cybersécurité renforcera le positionnement de l'unité sur des domaines émergents comme l'IA explicable, l'optimisation des modèles ou encore l'intelligence interactive.

**Le mot de la fin** Tout d'abord, le changement d'organisation scientifique du LIRIS s'est faite de façon concomitante à la rédaction des documents pour l'HCERES. C'est un dossier bien engagé, qui suit son cours et qui s'inscrit dans le temps long. Les discussions reprendront une fois passée la période de rédaction du DAE, notamment en spécifiant la colonne vertébrale scientifique de chaque pôle, mais aussi en revoyant le règlement intérieur de l'unité afin de définir les droits et devoirs entre la direction, les futurs pôles, les équipes et les personnels. Un état d'avancement sera présenté lors de l'évaluation proprement dite par le comité d'experts de l'HCERES.

Enfin, le projet du LIRIS s'inscrit pleinement dans les engagements de ses tutelles, en particulier autour d'une intelligence artificielle que l'on souhaite frugale, responsable, souveraine et éthique. Concernant les différents centres de calcul et de données, comme par exemple le CCDD sur le campus de La Doua, le LIRIS se positionne comme un acteur tant sur les questions d'infrastructure matérielle que sur le transfert d'expertises pour contribuer à l'émergence de nouveaux usages, en lien avec le monde académique, mais aussi l'écosystème économique.

Nous espérons aussi que les problèmes récurrents de place et d'unité de lieu puissent être prises à bras le corps par nos tutelles hébergeantes.

## Les équipes du Liris

Les équipes sont présentées dans l'ordre induit par leur taille en nombre de permanents, des plus grandes aux plus petites (voir table 1.1 page 11).

### Equipes triées par taille

---

1	Origami	47
2	Imagine	68
3	BD	93
4	Drim	106
5	Goal	119
6	Soc	135
7	Sycosma	151
8	Sical	161
9	Dm2l	175
10	Tweak	189
11	Saara	201
12	Beagle	212

---

## 1- Origami

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

Origami est une équipe d'Informatique Graphique qui a été créée en janvier 2020 par la fusion de 3 anciennes équipes du LIRIS (M2Disco, Géomod et R3AM) et l'intégration de 2 membres de l'équipe SAARA. Cette équipe est importante par sa taille et sa visibilité dans la communauté d'Informatique Graphique. Elle a intégré les thématiques et savoir-faire des équipes initiales, ainsi que ceux issus de deux recrutements effectués depuis 2020. Les thématiques scientifiques portées par Origami couvrent ainsi un large spectre du GDR "Informatique Géométrique et Graphique, Réalité Virtuelle et Visualisation" (IG-RV), que nous pouvons regrouper en 2 axes :

**Analyse et modélisation 3D.** Au cœur de l'informatique graphique se situe la géométrie, caractérisant la forme des objets, pour permettre aussi bien leur affichage dans un but artistique qu'une simulation mécanique par éléments finis, à des fins industrielles ou pour une analyse topologique. Ces géométries peuvent être capturées par des scanners 3D, modélisées par des artistes, ou encore issues elles-mêmes de simulations physiques. Cela engendre des représentations variées : maillages, nuages de points, géométries discrètes sur des grilles, ou encore des représentations implicites. Origami manipule ces représentations et développe des outils d'analyse de ces géométries. Par exemple, elle produit des algorithmes pour analyser la courbure, aussi bien pour les maillages que pour des géométries discrètes, des outils de détection de plans discrets ou de calcul de métriques, des modèles de calculs discrets, ainsi que de squelettisation de maillages ou d'analyse topologique (persistance). Ces outils permettent de simplifier les maillages ou inversement de raffiner des géométries utilisées lors de simulations mécaniques aux endroits requérant davantage de précision, mais permettent aussi leur édition artistique. Ces manipulations géométriques peuvent faire appel à des outils d'édition topologique à base de cartes combinatoires auxquelles l'équipe contribue activement. Les outils de création artistique 3D s'axent en partie sur la synthèse procédurale de paysages virtuels et d'écosystèmes, éventuellement guidée par des simulations de processus géophysiques et biologiques. À l'échelle plus locale, nos outils permettent d'éditer ponctuellement des maillages, par exemple pour les réparer en remplissant des trous issus de scans 3D incomplets, ou encore pour les déformer notamment de manière biomécanique pour les maillages de corps humains, voire les animer.

**Interaction, visualisation et simulation.** À partir de données, simulées, créées ou acquises, l'un des objectifs consiste à afficher et interagir avec ces données. Dans ce contexte, aussi bien des outils de visualisation et de rendu sont nécessaires, mais également des outils de simulation physique permettant une interaction avec ces données en temps réel. Origami s'intéresse également aux problématiques liées à la réalité virtuelle et augmentée, multisensorielle, en particulier sur le site de Centrale Lyon ENISE à Saint-Etienne et sa plateforme dédiée. L'équipe étudie notamment la perception visuelle de matériaux, de maillages texturés et éclairés, d'images et de vidéos, que cela soit pour des problématiques de compression ou de simplification, ou afin d'en évaluer les impacts physiologiques (émotions, sensation de faim). L'équipe s'intéresse aussi au traitement et la visualisation 3D de données urbaines, aussi bien à l'échelle du bâtiment que du territoire, afin de représenter l'évolution des villes. L'héritage culturel peut ainsi être visualisé, que ce soit à l'échelle de la cathédrale Notre-Dame de Paris en partie détériorée, ou encore à l'échelle du Grand Lyon. Origami développe également des outils de rendu 3D, mono et multi-vues. Elle étudie les problématiques d'uniformité de l'échantillonnage de Monte Carlo afin d'accélérer la convergence des calculs lors de la simulation réaliste de l'éclairage, par exemple via la théorie du transport optimal ou via des approches matricielles. Dans le contexte de développement de simulateurs d'apprentissage de gestes médicaux, elle couple également ses approches de simulations biomécaniques d'objets déformables temps réel à des interfaces haptiques.

**Composition et sites de l'équipe.** À sa création, la responsabilité de l'équipe Origami a été confiée à Nicolas Bonneel et Jean-Philippe Farrugia. En septembre 2020, Florence Zara a remplacé ce dernier en tant que responsable adjointe. Depuis septembre 2024, la responsabilité de l'équipe est assurée par Florence Zara en tant que responsable et Adrien Peytavie en tant que responsable adjoint.

En terme d'effectifs, l'équipe a bénéficié sur la période, du recrutement de 2 MCF, de la promotion de 2 CR en DR, et d'un MCF en PR. 2 MCF ont soutenu leur HDR. Au 31/12/2024, Origami est ainsi constituée de **23 membres permanents** (43.5% rang A, 56.5% rang B) avec 4 DR CNRS, 6 PR, et 13 MCF (dont 4 HDR), ce qui fait un total de **13.5 ETP**. Le ratio hommes/femmes est de 78% H, 22% F.

Sur la période 2019-2024, l'équipe a accueilli 49 doctorants : 28 doctorants ont soutenu (dont 7 doctorantes, 1 doctorant ayant l'équipe BD en équipe principale). La durée moyenne de doctorat est de 41 mois. 18 thèses sont en cours et 3 thèses ont été abandonnées.

Les permanents sont répartis sur 3 sites du LIRIS. Deux sites sont situés sur le Campus LyonTech-la Doua de Villeurbanne : bâtiment Nautibus (20 permanents) et bâtiment Blaise Pascal (1 permanent). Le troisième est

situé à Saint-Etienne, dans le bâtiment de Centrale Lyon ENISE (2 permanents). Les permanents font partie de 5 tutelles : Lyon 1 (13), CNRS (4), INSA Lyon (3), ECL (2) et Lyon 2 (1). Les enseignants-chercheurs de l'équipe assurent leurs enseignements sur neuf sites différents. À l'Université Lyon 1, ils interviennent au département d'informatique (7), à PolyTech Lyon 1 (1) ainsi qu'à l'IUT sur les sites Doua (2) et Bourg-en-Bresse (3). À l'INSA Lyon, leurs cours sont répartis entre la formation initiale FIMI (1) et les départements d'informatique (1) et Télécom (1). Ils enseignent également au département d'informatique de l'Université Lyon 2 (1) et à l'École Centrale de Lyon (ECL) de Saint-Étienne (2).

**Indicateurs en résumé.** Les Tables 2.1 et 2.2 présentent les indicateurs clés de l'équipe, analysés par la suite. Notons que les chiffres incluent l'année 2019, sachant que l'équipe a été créée en 2020.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	13	28	14	14	21	19	109	18.2
#Revue int. / ETP	1.0	2.1	1.0	1.0	1.6	1.4	8.1	1.3
#Conf. int.	16	12	3	13	12	18	74	12.3
#Conf. int. / ETP	1.2	0.9	0.2	1.0	0.9	1.3	5.5	0.9
#Logiciel HAL	0	1	1	3	4	3	12	2.0
#Thèses soutenues	3	5	5	2	6	6	27	4.5

TABLE 2.1 – Production : quelques indicateurs clés pour Origami. Effectif au 31/12/2024 : 23 permanents ; 13.5 ETP.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	563 k€	41 k€	93 k€	6 k€	8.6 %
France	4549 k€	336 k€	758 k€	56 k€	69.2 %
PIA	688 k€	50 k€	114 k€	8 k€	10.5 %
Industrie	588 k€	43 k€	98 k€	7 k€	8.9 %
Europe	184 k€	13 k€	30 k€	2 k€	2.8 %
Total	6572 k€	486 k€	1095 k€	81 k€	100%

TABLE 2.2 – Contrats : quelques indicateurs clés pour Origami. Effectif au 31/12/2024 : 23 permanents ; 13.5 ETP.

## Environnement de recherche

L'équipe Origami s'intègre naturellement dans son écosystème local au travers des différentes structures de recherche et de valorisation sur le site de Lyon :

- **Fédération d'Informatique de Lyon (FIL)** regroupant environ 780 membres de 6 laboratoires de recherche (CITI, CREATIS, ERIC, LabHC, LIP, LIRIS). Cette structure fédérative de recherche a pour objectif de renforcer les interactions des laboratoires d'informatique, ainsi que la visibilité de la discipline sur le site de Lyon/Saint-Etienne. David Coeurjolly a porté la construction de la structure et en a assumé la direction sur la période 2017-2021. Florence Zara est membre du conseil depuis 2021.
- **LabEx IMU (Intelligences des Mondes Urbains)** qui est un dispositif de recherche et d'expérimentation centré sur la ville, l'urbain, la métropolisation et l'urbanisation. Il vise à stimuler, produire et valoriser une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire sur les mondes urbains passés, présents et futurs. Gilles Gesquière en a été le directeur de janvier 2016 à avril 2023.
- **Pôle Lyonnais du PEPR AI (Artificial Intelligence)** : Julie Digne est chargée d'organiser le pôle lyonnais du PEPR PDE-AI (Partial Differential Equations for Artificial Intelligence), projet ciblé du PEPR AI, impliquant des chercheuses et chercheurs du LIRIS mais aussi de l'ICJ (Institut Camille Jordan). Ce projet vise à développer des méthodes issues des Equations aux dérivées partielles, du contrôle optimal, du transport optimal pour améliorer les méthodes d'apprentissage automatique. Ce projet rassemble 10 sites sur le territoire national.

Notons les responsabilités suivantes s'inscrivant dans l'éco-système du site : Guillaume Damiaud, **directeur adjoint du LIRIS** ; Gilles Gesquière, chargé de mission à l'Université Lyon 2 pour la **stratégie scientifique sur les enjeux urbains** ; Gilles Gesquière, impliqué dans la **commission Europe de l'Université Lyon 1** ; Gilles Gesquière, membre du Conseil d'administration de la SATT Pulslys depuis 2024.

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

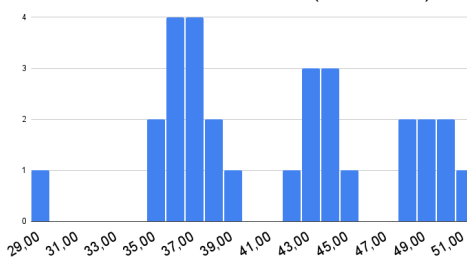
Lors de l'évaluation Hcéres de 2020, les équipes Géomod, M2DisCo, R3AM et SAARA avaient reçu un certain nombre de recommandations. Pour GéoMod, celles-ci portaient sur l'absence de participation à des projets européens, sur la taille jugée petite de l'équipe, sur la durée moyenne des thèses de 3 ans et demi, sur l'appartenance des membres à différentes tutelles démultipliant l'énergie consacrée aux responsabilités dans les formations, et sur la production logicielle. Pour M2DisCo, les recommandations portaient sur la nature des

contrats de recherche essentiellement nationaux, sur le manque de rayonnement scientifique international et l'attractivité de l'équipe, sur le nombre de thèses et HDR soutenues et la durée des doctorats. Pour R3AM, les recommandations portaient sur le nombre d'HDR, la production scientifique, l'attractivité de l'équipe, le manque de coopérations scientifiques et co-publications entre les membres permanents, la parité et la nature des contrats de recherche, ainsi que sur les applications de réalité virtuelle effectuées avec des contrats de petite ampleur. Pour SAARA, sachant que seuls deux membres de cette équipe sont dans Origami, les recommandations portaient sur la production scientifique, le nombre de thèses et d'HDR soutenues. Nous apportons des réponses au niveau de l'équipe Origami (création en janvier 2020).

**Parité (R3AM) et taille de l'équipe (GéoMod).** Au 31/12/2024, l'équipe Origami comporte 23 membres permanents dont 5 femmes. Sur les deux recrutements effectués depuis 2020, un est féminin.

**Durée des thèses (GéoMod, M2DisCo).** La distribution des durées de thèse effectuées dans l'équipe est trimodale, avec une durée moyenne de 41 mois (3 ans et 5 mois), soit en légère baisse par rapport aux équipes R3AM (44 mois), GéoMod (43 mois), SAARA (43.5 mois) et M2DisCo (39 mois). Les thèses soutenues en 2020 et 2021 ont une durée moyenne de 44.2 mois, tandis que les thèses soutenues en 2019, 2023 et 2024 ont une durée moyenne de 39.6 mois, témoignant de l'impact de la pandémie sur la durée des thèses. Notons que les étudiants concernés ont pu bénéficier du dispositif de prolongation lié à la pandémie mis en place par le LIRIS.

Distribution des durées de thèse (hors césure)



**Soutenances de thèses (M2DisCo, SAARA) et HDR (R3AM, M2DisCo, SAARA).** Le nombre de thèses soutenues sur la période de 6 ans d'évaluation est de 28, soit un ratio de 0.34 par ETP par an. M2DisCo avait fait soutenir 16 doctorants pour 6 ETP sur une période de 5.5 ans, soit 0.48 doctorants par ETP par an, et SAARA 7 doctorants, soit 0.28 par ETP par an. Le chiffre d'Origami s'explique par l'augmentation de la taille de l'équipe, conduisant mécaniquement à une augmentation des co-encadrements intra-équipe, qui auraient été des co-encadrements inter-équipes (i.e., comptés plusieurs fois) dans une structure plus fragmentée. Notons que les 2 MCF (1 ETP) recrutés en cours de période n'ont pas encore fait soutenir de doctorants. La période de pandémie a également fait augmenter le nombre d'abandons de thèse (3 sur la période). Le nombre d'HDR soutenues est de 2 (contre 1 pour M2DisCo, 0 pour SAARA). Sur 13 MCF, il y a ainsi 4 HDR, 1 HDR en cours, 2 MCF jeunes recrutés, 1 MCF proche de la retraite et 5 MCF pouvant prétendre à soutenir leur HDR.

**Production scientifique (R3AM, SAARA) et développement logiciel (GéoMod).** Le nombre de publications pour Origami dans des journaux internationaux est de 110 avec un ratio de 1.35 par ETP par an, contre 12 (1.1 par ETP par an) pour R3AM et 17 (0.7 par ETP par an) pour SAARA. Là encore, les publications ayant plusieurs auteurs de la même équipe, rendent les comparaisons difficiles. À noter une progression des publications très sélectives avec 16 publications ACM Trans. on Graphics publiées sur la période (11 lors de la période précédente, toutes équipes confondues). En termes de valorisation et production logicielle, il y a eu 20 dépôts de logiciels sur la période (dont 12 dépôts directement mis sur HAL).

**Coopérations et co-publications intra-équipe (R3AM).** L'augmentation de la taille de l'équipe a mécaniquement conduit à davantage de publications impliquant plusieurs membres de l'équipe. Les travaux de l'équipe impliquent par ailleurs de très nombreuses collaborations régionales, nationales, internationales et industrielles (voir [Domaine 1](#), [Référence 2](#)).

**Rayonnement scientifique (M2DisCo).** Le rayonnement scientifique d'Origami est attesté par l'implication forte de ses membres dans la communauté scientifique et plus particulièrement celle d'Informatique Graphique, aussi bien d'un point de vue national qu'international (détaillé dans le [Domaine 2](#), [Référence 3](#)) : avec une **prise de responsabilité dans 3 PEPR nationaux** ; une **présence forte dans les différentes structures nationales (GdR IG-RV, AFIG, EGFR)** ; ainsi que dans les **conférences internationales prestigieuses** en tant que présidents de programmes, membres de comités consultatifs ou membres des comités de programme avec **4 chaires dans les conférences prestigieuses du domaine (Eurographics, Pacific Graphic, SGP, SMI)** et plusieurs invitations à des congrès (Toronto Geometry Colloquium, DGMM, Workshop Interpolation of Measures) ; une présence dans les **revues de renommées internationales (ACM TOG, IEEE TVCG, CGF, Computers & Graphics, Visual Computer)** en tant que membre des comités éditoriaux ; et une **production scientifique qui s'inscrit également dans ces conférences et revues**.

**Attractivité (M2DisCo, R3AM).** En terme d'attractivité, il y a eu 10 candidats CNRS (9 CR et 1 DR) pour l'équipe et 3 mobilités entrantes (accueil d'Arnaud Grignard du MIT pour 2 ans, délégation CNRS de Jacques-Olivier Lachaud du LAMA pour 1 an et accueil de James Gain de l'Université de Cape Town pour 2 mois). Le nombre de séminaires invités sur la période est de 16.

**Contrats européens (GeoMod, M2DisCo, R3AM).** Les contrats de recherche d'origami restent essentiellement nationaux avec 18 ANR et 2 projets PEPR sur la période 2020-2024, ainsi que des collaborations pérennes auprès des industriels tels que Nvidia, Adobe et Ubisoft. Au niveau de l'Europe, l'équipe n'a que 2 contrats européens (2 soumissions d'ERC en tant que porteur n'ont pas abouti). Par ailleurs, les activités autour de la RV ont pris de l'ampleur dans l'équipe de par le site de Centrale Lyon ENISE (avec 960k€ de contrats).

## 2- Introduction du portfolio

Afin de couvrir différents éléments du rapport, le portfolio de l'équipe est constitué de 7 éléments : la mise en place d'une plateforme de Réalité Virtuelle à Saint Etienne, 5 articles reflétant les réalisations scientifiques de l'équipe, et notre implication forte au sein de la communauté d'informatique graphique et de modélisation géométrique. Deux autres éléments sont présents dans le **portfolio du LIRIS** : l'apport de l'équipe pour le problème de la répliquabilité en informatique graphique, ainsi que le Projet de Recherche Interdisciplinaires Multi-Equipes (PRIME) établi avec le laboratoire MAP (Modèles et simulation pour l'Architecture et le Patrimoine) au travers de l'équipe TEA-TIME (Territoires en Evolution et Analyses Transversales Interdisciplinaires Multi-Echelles) attestant de nos collaborations avec les Sciences Humaines & Sociales.

**Mise en place d'une plateforme de Réalité Virtuelle à Saint Etienne.** En septembre 2020, un poste de professeur des universités, associé au LIRIS, a été créé au sein de Centrale Lyon ENISE, école interne de l'Ecole Centrale de Lyon. Ce poste avait pour objectif de développer les activités de recherche en réalité virtuelle autour d'une plateforme matérielle existante utilisée jusque-là pour la formation ainsi que pour des activités partenariales ponctuelles sans laboratoire de rattachement. Ce poste de professeur a été obtenu par Guillaume Lavoué, jusque-là maître de conférences au LIRIS à l'INSA de Lyon, qui a ainsi démarré les activités de recherche en réalité virtuelle de l'équipe Origami. En 4 ans, le groupe du site Centrale Lyon ENISE est passée de 4 membres (1 technicien, 2 ingénieurs et 1 PU) à 9 membres avec le recrutement d'un MCF (Pierre Raimbaud, en septembre 2022). Il y a eu 4 doctorants dont le premier a soutenu en juin 2024.

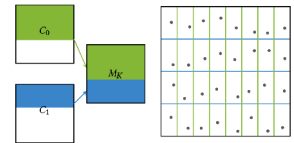
Les travaux effectués s'inscrivent dans la thématique « Perception et Interaction » de l'équipe et s'orientent autour de la réalité virtuelle multisensorielle (c-à-d. incluant des stimuli thermiques, olfactif, tactiles), l'analyse du comportement utilisateur et la création d'avatars réalistes. Ses principales applications cibles sont le **patrimoine culturel**, la **thérapie (en partenariat avec le CHU de St-Etienne)** et l'apprentissage immersif. La plateforme comprend toute une gamme de casque de réalité virtuelle, et de réalité augmentée, ainsi qu'une salle d'expérimentation de 30 m<sup>2</sup>, équipée d'un écran stéréoscopique de haute qualité, de 32 haut-parleurs pour un son spatialisé haute-fidélité et de caméras de tracking. L'équipe y a également intégré les technologies de restitution multisensorielle qu'elle développe : une **machine à odeur portable**, un dispositif pour la thermoception ainsi que des prototypes pour la stimulation tactile. L'équipe du LIRIS à Centrale Lyon ENISE a obtenu plusieurs financements depuis 2020 qui lui ont permis, outre le recrutement de doctorants, d'investir environ 150K€ dans la plateforme. L'établissement y investit également puisque cette plateforme est utilisée pour la formation, en particulier au sein de la spécialité Génie Sensoriel. L'activité de recherche en réalité virtuelle de l'équipe commence à être reconnue sur la scène internationale, avec notamment la présentation de deux articles dans le Track Journal (le plus sélectif) de la conférence IEEE VR 2024, référence du domaine. L'une de ces contributions est notamment une **suite logicielle open-source** permettant d'enregistrer, de rejouer et d'analyser les données comportementales de l'utilisateur pendant une expérience de réalité virtuelle, de manière synchrone avec les signaux physiologiques.



Salle de RV de Centrale Lyon ENISE.

**MatBuilder : Mastering Sampling Uniformity Over Projections.** Lois Paulin, Nicolas Bonneel, David Coeurjolly, Jean-Claude Iehl, Alexander Keller, Victor Ostromoukhov. **ACM Transactions on Graphics**, vol. 41, num 4, p. 84, 2022 [**Pau+22**]. Générer des ensembles de points très uniformément répartis dans l'espace permet d'accélérer notablement la convergence des calculs numériques d'intégrales de Monte Carlo, utilisés entre autres pour le rendu 3D.

Dans ce contexte, l'équipe Origami a développé MatBuilder, un échantillonneur basé sur des matrices génératrices. L'équipe a formalisé différents concepts d'uniformité (la stratification et les  $(t, m, s)$ -net décrivant des contraintes d'uniformité plus restrictives que la stratification) sous forme de contraintes linéaires sur les coefficients de ces matrices, à coefficients entiers dans un corps de Galois. En résolvant une série de programmes linéaires en nombres entiers, il devient possible de produire des matrices spécifiant des contraintes arbitraires d'uniformité sur des séquences de points, et notamment de l'uniformité dans des projections sur des sous-espaces dépendants de l'application. Ces contraintes sont spécifiées via un langage de contraintes développé pour l'occasion. Nous obtenons alors des séquences de points plus uniformes que les séquences de Sobol', très utilisées en intégration numérique, et ainsi une convergence plus rapide des estimateurs de Monte Carlo. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication au journal ACM Transaction on Graphics pour la conférence ACM SIGGRAPH 2022 à Vancouver au Canada, ainsi qu'à une présentation MCQMC 2022 à Linz en Autriche.

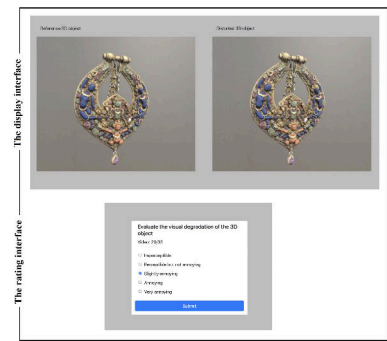


Matrices génératrices pour la construction d'échantillonneur ayant des propriétés de stratification (2D ici).

**Textured Mesh Quality Assessment : Large-scale Dataset and Deep Learning-based Quality Metric.** Yana Nehmé, Johanna Delanoy, Florent Dupont, Jean-Philippe Farrugia, Patrick Le Callet, Guillaume Lavoué. *ACM Transactions on Graphics*, vol. 42, num 3, pp. 1-20, 2023 [Neh+23]. Les travaux présentés dans cet article portent sur l'évaluation subjective et objective de la qualité des maillages 3D texturés. Nous avons tout d'abord construit un ensemble de données à grande échelle. Pour cela, nous avons sélectionné 55 modèles sources caractérisés quantitativement en termes de complexité géométrique, couleur et sémantique, et dégradés par des combinaisons de 5 types de distorsions basées sur la compression appliquées sur la géométrie, le plaquage de texture et l'image de texture des maillages.

Ainsi, cette base de données contient plus de 343000 stimuli. Nous avons ensuite proposé une approche pour sélectionner un sous-ensemble représentatif de 3000 stimuli pour lesquels nous avons recueilli 148929 évaluations de leur qualité, auprès de plus de 4500 personnes au cours d'une expérience subjective participative à grande échelle. En exploitant notre base de données avec les évaluations associées, nous avons pu concevoir et entraîner une métrique perceptuelle basée sur l'apprentissage, capable de prédire la qualité visuelle perçue des maillages 3D texturés. Notre métrique a été évaluée sur notre base de données et sur une base de données de maillages déformés avec des couleurs associées aux sommets. Pour démontrer l'utilité d'une telle métrique perceptuelle, nous avons également proposé une application pour explorer l'influence des interactions de distorsion et des caractéristiques du contenu sur la qualité perçue des maillages texturés compressés. Cette métrique peut être utilisée pour guider des algorithmes de simplification ou de compression de maillages 3D texturés avec un objectif de visualisation.

La [base de données](#) est actuellement la plus importante dans le domaine de l'évaluation de la qualité des objets 3D (que ce soit maillages ou nuages de points) et est disponible en licence Creative Common. La [métrique de qualité](#) constitue à ce jour l'état de l'art du domaine. Elle est disponible en open-source. ACM TOG est la revue majeure du domaine de l'informatique graphique et l'article a été présenté sur invitation à la conférence SIGGRAPH 2023 (A\*).



Environnement utilisateur pour l'évaluation d'un objet déformé (à droite) par rapport à une référence (à gauche).

**Neural skeleton : implicit neural representation away from the surface.** Mattéo Clémot, Julie Digne, *Shape Modeling International 2023, Computer & Graphics, 2023 [CD23a]*. Les travaux présentés dans cet article s'inscrivent dans le développement récent des méthodes neuronales implicites exploitant des a priori géométriques pour régulariser des solutions.

L'idée est de représenter une forme géométrique implicitement (c'est-à-dire comme le niveau 0 d'une fonction définie dans l'espace ambiant) et de paramétrer cette fonction dans l'espace ambiant par un réseau de neurones. Ce type de méthodes s'est développé depuis 2019, et permet de revisiter des problèmes en bénéficiant des calculs exacts de gradient dus à l'auto-différentiation des réseaux. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à exploiter ces représentations, et en particulier la définition implicite par une fonction distance signée, pour extraire une caractéristique importante des formes : leur axe médian (i.e. le lieu des points qui ont au moins deux plus proches points sur la surface). Cela correspond normalement aux endroits où le gradient de la fonction distance signée n'est pas défini, ce qui est problématique pour des réseaux basés sur des activations ReLU. En remplaçant cette fonction



Exemples d'extraction de squelettes sur des formes variées.

lisse et en ajoutant une régularisation basée sur la courbure le long des directions du gradient, nous obtenons une représentation suffisamment robuste au bruit et aux données manquantes pour pouvoir en extraire l'axe médian de manière fiable. Cet article a reçu le "best paper award" à la conférence SMI 2023. Cette approche illustre un nouvel axe de recherche dans l'équipe, tirer profit de contraintes en équation aux dérivées partielles (un peu à la manière des Physically Informed Neural Networks) pour analyser les formes. Un sujet qui tient toute sa place au sein du PEPR PDE-AI.

**Non-Euclidean Sliced Optimal transport Sampling.** Baptiste Genest, Nicolas Courty, David Coeurjolly. *Computer Graphics Forum (Proceedings of Eurographics), April 2024. Günter Enderle Best Paper Award EG 2024 [GCC24a]*. Le transport optimal, bien qu'ancien, a suscité un intérêt croissant ces dernières décennies grâce aux avancées théoriques et numériques. Un de ses outil principal, la distance de Wasserstein, quantifie le coût minimal pour transformer une mesure de probabilité en une autre. Sa force réside dans sa capacité à traiter des mesures variées (discrètes, continues, etc.).

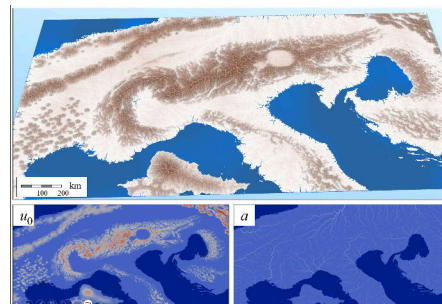
En informatique graphique et au sein de l'équipe Origami, une longue expertise existe sur ce sujet. Dans le contexte d'échantillonnage Monte Carlo par exemple, une faible distance de Wasserstein entre un ensemble de points et une distribution uniforme indique que ces points remplissent uniformément l'espace, un concept clé dans la génération de "bruit bleu". Cependant, calculer la distance de Wasserstein est coûteux en haute dimension. Une solution efficace existante porte sur l'approche *Sliced Wasserstein* qui approxime cette distance en projetant les mesures sur des directions aléatoires, réduisant le problème à des distances en une dimension. Notre contribution dans cet article étend cette approche par coupe, aux géométries non euclidiennes, comme la sphère, le plan hyperbolique, ou le plan projectif en dimension quelconque. En adaptant la distance de Wasserstein *sliced* à ces espaces à courbure non nulle, nous permettons un échantillonnage bruit bleu de densités non uniformes sur des surfaces complexes. Par exemple, notre méthode facilite la génération intrinsèque de points sur des maillages 3D ou encore l'échantillonnage de droites, directions ou rotations dans des espaces projectifs. Ce travail a été récompensé par le "Günter Enderle Best Paper Award" à la conférence Eurographics 2024.



Échantillonnage de densité dans d'espace non-Euclidiens (sphériques, hyperboliques, projectifs) par transport optimal *sliced*.

**Large-scale terrain authoring through interactive erosion simulation.** Hugo Schott, Axel Paris, Lucie Fournier, Eric Guérin, Eric Galin. *ACM Transactions on Graphics*, vol. 42, num 5, p. 15, 2023 [Sch+23]. Les terrains à grande échelle prennent une place importante dans le processus de création de mondes virtuels. La diversité et la complexité des reliefs entraînent un besoin d'outils d'édition performants, qui respectent les contraintes naturelles tout en garantissant le contrôle de l'utilisateur.

Dans ce travail, nous rassemblons les avantages de la simulation d'érosion à grande échelle avec ceux de l'édition de relief interactive. Plutôt que de construire directement l'élévation du terrain, nous travaillons dans le domaine de l'*uplift* (taux de surrection tectonique), avant d'obtenir les véritables reliefs grâce à une simulation d'érosion fluviale. Notre modèle repose sur une approximation efficace du réseau de drainage, qui permet une érosion suffisamment performante pour être interactive. Cette méthode fournit aux artistes des outils pour former des chaînes de montagnes et des vallées : des opérateurs de fusion, de copier/coller et de déformation, ainsi que des contraintes d'élévation sur des points ou des courbes. Ce modèle se prête également à de la modélisation procédurale inverse, permettant de reconstruire une carte d'*uplift* à partir d'un terrain existant. Cette méthode, publiée dans ACM TOG et présentée à SIGGRAPH, a permis d'illustrer la modélisation réaliste de terrains grâce à une approche de simulation, tout en optimisant l'échelle de simulation et le contrôle utilisateur.



**Implication de l'équipe dans la communauté scientifique.** Un des marqueurs de l'équipe Origami est son implication dans l'animation de la communauté informatique graphique et géométrie en France et à l'international. Ce rôle structurant est unique en France. Cela se traduit notamment par : les positions de "Program Chair" dans des conférences internationales majeures du domaine (Eurographics 2022, Pacific Graphics 2023, Symposium on Geometry Processing (SGP 2021), Shape Modeling International (SMI 2019)); les rôles d'éditeur/éditrice associé dans les 3 meilleurs journaux du domaine (ACM Transactions on Graphics (TOG), IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG) et Computer Graphics Forum (CGF)), ainsi que dans de nombreux autres journaux de qualité (Journal of Mathematical Imaging and Vision (JMIV), Visual Computer, Computer & Graphics); la participation aux comités de programme de conférences majeures

comme Siggraph (2021–2024), Siggraph Asia (2021, 2022, 2024), Eurographics et SGP (Symposium on Geometry Processing) (tous les ans) ; la direction du *Graphics Replicability Stamp* qui représente une initiative pour la reproductibilité de la science ([élément du portfolio du LIRIS](#)).

Au niveau national, cette forte implication est visible au travers de la co-responsabilité scientifique du GdR IG-RV (Informatique Graphique et Réalité Virtuelle) et des postes de direction au sein de l’AFIG (Association Française d’Informatique Graphique) (vice-présidence et trésorerie, 2020-2022) et de l’EGFR (Chapitre Français d’Eurographics) (présidence, 2021-2024 ; trésorerie, 2022-2024).

Soulignons également la prise de responsabilité dans 3 PEPR : la co-direction du programme national de recherche PEPR ICCARE (Industries culturelles et créatives) pour le CNRS ; la co-direction du PEPR VDBI (Ville Durable et Bâtiment Innovant) pour le CNRS ; et la responsabilité du pôle lyonnais du PEPR PDE-AI (Partial Differential Equations for Artificial Intelligence), projet ciblé du PEPR AI (Artificial Intelligence).

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l’équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l’équipe

**Référence 1.** L’équipe s’est assignée des objectifs scientifiques pertinents et elle s’organise en conséquence.

**Objectifs scientifiques.** Nous avons vu que les thématiques scientifiques de l’équipe couvrent un large spectre de l’Informatique Graphique et peuvent être regroupées autour de deux axes :

- **Analyse et modélisation 3D.** Origami cherche à développer des outils de création de contenu 3D, à des fins scientifiques (e.g., pour la simulation) ou encore artistiques (e.g., pour des acteurs du loisir numérique). Ces outils peuvent se baser sur des méthodes mathématiques permettant d’analyser la géométrie.
- **Interaction, simulation et visualisation.** Origami cherche à représenter et interagir avec des données numériques 3D, que ce soit en temps réel pour des applications interactives (e.g., réalité virtuelle, visualisation pour l’héritage culturel ou encore des simulateurs d’apprentissage de gestes médicaux) ou pour des applications ayant de moindres contraintes de temps mais nécessitant des rendus réalistes.

Les objectifs scientifiques de l’équipe peuvent être atteints via des contributions méthodologiques à la fois en mathématiques appliquées ou encore en intelligence artificielle. Origami se donne également pour objectif la dissémination de ses résultats dans des journaux et conférences phares du domaine, en ciblant les publications ACM Siggraph/Siggraph Asia/Transactions on Graphics, Eurographics/Computer Graphics Forum, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, IEEE Virtual Reality en Informatique Graphique et Réalité Virtuelle, mais aussi ICLR en Intelligence Artificielle et apprentissage automatique, ou encore IEEE International Conference on Robotics and Automation en lien avec la robotique.

**Organisation.** Pour assurer et faciliter son animation scientifique, l’équipe s’est structurée autour de 6 thèmes :

- **Géométrie.** Le thème Géométrie explore tous les aspects de la géométrie numérique, depuis l’acquisition jusqu’à l’analyse et la synthèse de données géométriques, que ce soit sous forme de maillage, de nuages de points ou de grilles de voxels. Les méthodes employées vont de la géométrie algorithmique à l’analyse différentielle de surfaces, elles sont à la frontière entre l’informatique et les mathématiques. Les formes analysées peuvent ensuite être rendues ou servir de support à un calcul dynamique.
- **Rendu.** Le thème rendu s’intéresse principalement au rendu réaliste, avec un intérêt particulier pour les méthodes de simulation Monte-Carlo et leurs problématiques d’échantillonnage.
- **Mondes virtuels.** Ce thème s’intéresse à la création, la manipulation et la visualisation de mondes virtuels. Il vise à produire des paysages toujours plus réalistes ou de vastes étendues en explorant diverses approches. Ces techniques permettent de reproduire différentes dimensions des mondes virtuels, comme la génération de terrains, l’écoulement de l’eau ou le développement d’écosystèmes. Une autre dimension du thème concerne la manipulation de données géographiques et urbaines existantes, en vue d’analyser ces informations ou de les visualiser efficacement.
- **Maillages dynamiques.** La simulation d’objets déformables reste un enjeu majeur en Informatique Graphique avec des applications variées allant du domaine médical jusqu’au domaine robotique. Ce thème s’intéresse plus particulièrement aux méthodes à mettre en place afin de reproduire de manière réaliste le comportement de phénomènes naturels plus ou moins complexes avec une contrainte d’interactivité forte.

- **Réalité virtuelle et perception.** Ce thème s'intéresse à l'analyse et la compréhension de l'expérience visuelle de l'utilisateur (e.g., qualité perçue, attention visuelle), notamment au travers la mise en place de campagnes de tests subjectifs, ainsi qu'à la création de modèles et métriques computationnels permettant de prédire ces données subjectives (e.g., métriques de qualité pour les maillages 3D, nuages de points, matériaux).
- **Outils mathématiques pour l'informatique graphique.** Ce thème est transversal à l'équipe. Il a comme objectif, la présentation d'outils mathématiques utiles en Informatique Graphique, que cela soit pour le rendu, la géométrie ou encore la simulation ou la réalité virtuelle. Il a une volonté pédagogique avec des présentations effectuées sous la forme de cours. Il essaie de répondre aux besoins communs des membres de l'équipe en termes de connaissances mathématiques : 19 cours ont eu lieu depuis la création de l'équipe.

L'animation scientifique de l'équipe s'effectue ensuite à plusieurs niveaux :

- **Des réunions plénières impliquant tous les membres de l'équipe**, avec des exposés scientifiques de membres de l'équipe et/ou d'invités extérieurs (13 plénières de septembre 2019 à novembre 2024).
- **Des réunions de thèmes impliquant des exposés scientifiques** (une réunion toutes les 3 semaines à 4 semaines, pour 4 des 6 thèmes). Le thème "Outils mathématiques" vise à présenter sous forme de cours des outils utiles aux différents thèmes. Les membres de l'équipe choisissent librement les réunions auxquelles ils souhaitent participer, et ne sont pas assignés à des thèmes.
- **Un groupe de lecture** animé le mercredi par les doctorants afin de présenter un article récemment publié.
- **Un évènement annuel (SIGGRAPH@LIRIS)** organisé par l'équipe, en collaboration et avec la participation des équipes Imagine et SAARA, ainsi que du laboratoire Créatis, permettant de présenter sur une demi-journée les travaux marquants de la conférence SIGGRAPH.
- **Des présentations d'invités extérieurs à l'équipe** (17 présentations) sur diverses thématiques de l'informatique graphique : Alexei Efros (UC Berkeley), Bruno Lévy (INRIA Nancy), Lauriane Bouard (IFP Energies nouvelles, distanciel), Johanna Delanoy (Univ. Zaragoza), Christian Wolf (LIRIS), Aljosa Smolic (Trinity College Dublin), Rafal Mantiuk (Univ. Cambridge), James Gain (Univ. Cap Town), George Drettakis (INRIA Sophia), James Tompkin (Brown Univ.), Jules Vidal (LIP6, distanciel), Maks Ovsjanikov (Polytechnique), Valentin Deschaintre (Adobe), Adrien Bousseau (INRIA Sophia), Ayush Bhandari (Imperial College of London), Silvia Stellan (Univ. Toronto), Gurprit Singh (MPI).
- Origami a aussi participé aux "cafés du LIRIS" via des démonstrations sur la thématique de la ville.

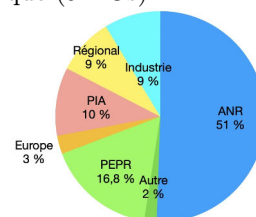
**Outils de l'équipe.** Les membres de l'équipe étant situés sur plusieurs sites, la communication se fait principalement via un canal Slack et emails, avec un calendrier partagé. Les consultations se font régulièrement via des outils de sondage. Certaines des présentations (notamment celles des invités extérieurs, et celles relevant du thème "Outils mathématiques") sont enregistrées et diffusées sur la chaîne [Youtube](#) de l'équipe. Origami dispose également d'un serveur NAS (18To en RAID) afin de stocker de manière pérenne les données volumineuses.

**Autres moments.** Les responsables de l'équipe ont organisé des rencontres individuelles avec chacun des doctorants en 2023 (10min/doctorant) afin d'identifier les besoins et éventuels problèmes. Des moments conviviaux sont également organisés pour réunir l'ensemble des membres de l'équipe, via des repas et gouters (6 évènements).

**Référence 2. L'équipe dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

**Ressources financières.** Le budget récurrent du LIRIS pour Origami a été de 8558€ par an (moyenne des 4 dernières années), soit 372€ par permanent. Ce budget a été employé à l'animation scientifique (restaurants d'équipe, plénières), ainsi que pour financer du matériel informatique et des missions pour permettre aux membres d'Origami d'assister chaque année aux Journées d'Informatique Graphique (JFIGs).

Origami totalise ensuite 6.5 M€ de contrats (*cf.* Table 2.2 et diagramme ci-contre), avec principalement des projets ANR (3.3 M€, 50.5%), PEPR (1.1 M€, 16.7%), PIA (688 k€, 10.4%), mais aussi des projets industriels (571 k€, 8.7%), régionaux (575 k€, 8.7%), européens (184 k€, 2.81%) et autres subventions (125 k€, 1.9%).



**Collaborations.** Les collaborations de l'équipe s'inscrivent à l'échelle :

- au **régional** : Institut Camille Jordan (Lyon 1), LAGEPP (Lyon 1), Créatis (Lyon 1), Maison des sciences de l'Homme Lyon St-Étienne, Institut Paul Bocuse Research Center (Ecully), laboratoire Ampère (INSA Lyon) ;

- au **national** : LIX, iCube, INRIA Sophia/Grenoble/Nancy/Rennes, IRISA, ENS, IRIT, LIGM/LAMA, GREYC, Mathis-XLim, LJK, Institut Pascal/Clermont, SupAéro, Sorbonne University, École Centrale Nantes/LS2N, LISPEN (ENSAM), Univ. Rouen (labo M2C), Univ. Lorraine, MAP (Marseille), LASTIG (IGN Paris) ;
- à l'**Europe** : University of Potsdam, Czech Technical University, University of Munich, Technical University of Munich, Technical University of Darmstadt, University of Lausanne, Istituto di matematica applicata e tecnologie informatiche "Enrico Magenes" (IMATI, CNR), Università degli Studi di Milano, HES-SO Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale, Universitat Politècnica de Catalunya ;
- à l'**international** : Purdue (Etats-Unis), Caltech (California Institute of Technology), Brown University, University of Cape Town (Afrique du Sud), University Abu Dhabi, Tohoku University (Japon), Universidad Técnica Federico Santa María (Chili), Coventry University (UK) ;
- en passant par le secteur **industriel** : NVidia, Adobe, Google Research, Pixar Animation Studios, Ubisoft, Technodigit, Naver Labs Europe, InterDigital, Sony Corporation of America, Vassiléo, Carl Software, Berger-Levrault, Bentley, IGO ;
- et avec des acteurs de la **santé, société et des collectivités** : Hospices Civils de Lyon, CHU Saint-Etienne, Château de Germolles, Château de Guédelon, métropole de Lyon.

**Politique d'accueil des nouveaux personnels.** Sur la période de référence, nous avons bénéficié du recrutement de deux maîtres de conférences : Johanna Delanoye (2021) à l'INSA Lyon, site de recherche au Nautibus, et Pierre Raimbaud (2022) sur le site de Centrale Lyon ENISE à St Etienne. Ils ont été intégrés rapidement au sein de projets de l'équipe avec le co-encadrement de doctorants.

**Responsabilité dans les formations.** Les enseignants-chercheurs de l'équipe Origami sont impliqués dans les formations de l'Université Lyon 1 : Eric Galin est responsable du Master mention Informatique Lyon Saint Etienne (depuis 2022) ; Sylvain Brandel est responsable du Master 1 Informatique (depuis 2018) ; Raphaëlle Chaîne est responsable du Master 2 ID3D (Image, développement et technologie 3D) (depuis 2014). En plus de ces formations, des enseignements sont également effectués auprès des étudiants de l'ENS de Lyon et Paris Saclay, INSA de Lyon, PolyTech Lyon 1, Centrale Lyon, et École Polytechnique, permettant un recrutement d'étudiants également auprès de ces formations.

**Référence 3. L'équipe dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

**Sites de l'équipe.** Au début de la période d'évaluation, l'équipe était uniquement présente dans le bâtiment Nautibus du Campus LyonTech-la Doua. L'enchaînement des périodes de fermeture des bâtiments liées à la Covid, puis à des travaux de rénovation du bâtiment, a conduit une petite partie de l'équipe à intégrer le bâtiment Blaise Pascal du même campus. Le développement du pôle Réalité Virtuelle de l'ENISE avec la promotion PU en 2020 et le recrutement d'un nouveau MCF en 2022 a aussi déplacé des membres de l'équipe à St-Etienne, faisant d'Origami une équipe multi-sites. Le pôle RV bénéficie par contre d'une plateforme dédiée.

**Plate-formes/salles dédiées de l'équipe.** Origami a mis en place deux salles dédiées à ses activités de recherche, dont la salle de RV sur le site de Centrale Lyon ENISE, qui a été l'objet d'un **élément du portfolio**.

Sur le site de Blaise Pascal, Origami développe de nouvelles façons de démontrer les résultats de recherche en s'appuyant sur la plateforme UD-SV. Cette initiative repose sur la mise à **disposition de codes sources, de jeux de données accessibles via la plateforme de partage du LIRIS**, ainsi que sur des référentiels techniques comme GitHub. Elle inclut également des ressources documentaires telles que des notices d'installation présentes aussi sur Github et des articles scientifiques de référence. Dans une démarche d'ouverture et d'accessibilité, l'étape suivante a consisté à proposer des démonstrations directement accessibles en ligne, notamment via le **site**. Cependant, certains dispositifs liés à la médiation urbaine nécessitent une interaction physique et ne peuvent être pleinement appréhendés qu'en présentiel. Pour répondre à ce besoin, un espace d'expérimentation et de démonstration a été aménagé au bâtiment Ada Lovelace de l'INSA. Cet espace intègre plusieurs dispositifs dont une maquette 3D en LEGO représentant des territoires urbains à différentes échelles, exploitant les capacités de la plateforme UD-SV pour visualiser et manipuler les données. Une fois les expérimentations validées, des clones sont réalisés afin d'élargir leur diffusion. Une réplique a été installée au laboratoire des Usages de la Métropole de Lyon, et une autre est présentée dans une exposition proposée par le RIZE centre culturel dédié à la mémoire.



Maquette 3D en LEGO.

**Référence 4. Les pratiques de l'équipe sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

**L'équipe développe des actions en faveur de la parité femme-homme.** La première de ces actions est la participation annuelle à la journée "Sciences un métier de femmes" organisée par l'association Femmes & Sciences. Cette participation prend la forme d'un "marrainage" : des discussions d'une marraine scientifique avec des groupes de lycéennes venant de l'ensemble des lycées de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Ces discussions permettent d'aborder informellement des questions que se posent ces jeunes femmes : question sur le parcours, sur la vocation scientifique sur l'évolution en tant que femme dans des milieux essentiellement masculins. Nous participons à cette occasion à l'accueil en visite d'une classe pour leur montrer quelques résultats scientifiques. Nous participons également à des réseaux scientifiques visant à créer du lien entre les femmes scientifiques, comme le Women in Network Science Seminar (WiNS seminar, Dartmouth College). Par ailleurs, Julie Digne a été invitée à participer à une table ronde pour le groupe WiGraph (Women in Graphics, pendant le Symposium on Geometry Processing 2022), qui organise chaque année une table ronde où des chercheuses en Informatique Graphique partagent leur expérience. L'édition 2022 a rassemblé Julie Digne (LIRIS), Alexa Siu (Adobe Research) et Caitlin Mueller (MIT) et a attiré environ 200 personnes. Les sujets abordés ont touché toutes les étapes et choix de carrière des chercheuses et chercheurs.

**L'équipe a évalué son bilan carbone.** En fin d'année 2022, nous avons procédé à une évaluation partielle de l'empreinte carbone de l'équipe. Sur la base des outils GES du Labos1point5, nous nous sommes focalisés sur trois éléments uniquement : les déplacements domicile / travail, les achats de matériel informatique, et surtout les missions. Au-delà des chiffres (pour l'année 2022,  $4.14 \pm 1.32$  de tonnes de CO<sub>2</sub> pour le matériel informatique,  $16.38 \pm 7.63$  tonnes pour les déplacements domicile / travail et  $25.88 \pm 9.23$  tonnes pour les missions), cette évaluation nous a permis d'échanger collectivement sur ces sujets ([bilan complet](#)). Notre expérience autour du bilan GES a permis d'alimenter la réflexion globale du laboratoire au sein de la cellule "impacts environnementaux" du LIRIS à laquelle des membres de l'équipe Origami participent.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'équipe

**Référence 1. L'équipe est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

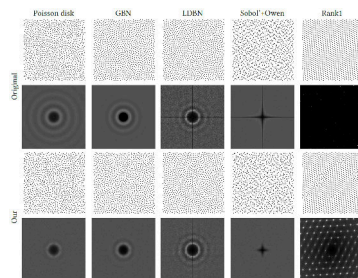
**Thématiques de recherche, réalisations scientifiques, faits marquants.** Notre production scientifique s'inscrit au meilleur niveau international et couvre un large spectre de l'informatique graphique.

**Transport optimal.** Le transport optimal est un outil mathématique transversal aux différentes disciplines de l'informatique graphique. Le formalisme du transport optimal permet de comparer des distributions de probabilité en fournissant une distance entre elles, et permet aussi d'interpoler des distributions de probabilité afin de déterminer une distribution à *mi-chemin* entre deux ou plus distributions de probabilité données. Il a naturellement trouvé sa place en informatique graphique où ces distributions de probabilité peuvent représenter des histogrammes de couleurs dans des images, des distributions de points pour des applications en géométrie aussi bien qu'en échantillonnage Monte Carlo, ou des distributions de *features*, etc. Dans ce cadre, Origami s'illustre par son expertise dans ce domaine à travers de multiples contributions, à la fois pour développer des approches de calcul efficace de transport optimal, mais aussi pour des applications du transport optimal dans diverses disciplines de l'informatique graphique. Cette expertise s'est traduit dans la publication d'un état de l'art [BD23] décrivant les apports du transport optimal à l'informatique graphique destinée aussi bien aux chercheurs souhaitant découvrir un outil résolvant certains de leurs problèmes, qu'aux experts en transport optimal cherchant des applications pour illustrer et mettre en valeur leurs contributions.

**Echantillonnage.** Le rendu réaliste d'une scène 3D requiert la simulation de l'éclairage de cette scène, ce qui nécessite l'estimation d'intégrales en haute dimension. La méthode la plus répandue en informatique graphique procède par échantillonnage aléatoire de la fonction à intégrer, il s'agit de la méthode de Monte Carlo. La vitesse de convergence de cet estimateur d'intégrale augmente quand les échantillons ne sont pas indépendants, mais corrélés de manière à rendre la répartition la plus uniforme possible. Cela réduit en pratique les artefacts de bruit dans les images rendues. Origami se démarque par ses contributions de très haute qualité (**6 publications**

**A\*** depuis 2020) dédiées à la production d'échantillonneurs très uniformes. Hormis le projet MatBuilder publié à ACM Trans. on Graphics / SIGGRAPH [Pau+22] ([élément du portfolio](#)) visant à développer des méthodes matricielles de production d'échantillons et un projet en continuité directe publié à MCQMC [Pau+24], nous avons aussi publié un article ACM Trans. Graphics / SIGGRAPH Asia **primé meilleur papier** améliorant l'uniformité des ensembles de points produits par des méthodes matricielles en permutant récursivement des demi-espaces de manière différentiable [Doi+24].

Ces permutations sont connues sous le nom de permutations d'Owen, et sont décrites sous forme d'arbre. Notre contribution est de rendre "lisse" cet arbre et de montrer que son optimisation via des méthodes d'optimisation lisse permet d'améliorer l'uniformité d'ensembles de points tout en préservant des propriétés fondamentales de stratification. Notons également un article ACM SIGGRAPH (conference track) produisant des matrices de production d'échantillons via des polynômes irréductibles dans des corps de Galois [Ost+24] ainsi que via une autre approche récursive publiée à ACM Trans. Trans. on Graphics / SIGGRAPH Asia [Pau+21]. Nous avons aussi développé une méthode permettant de reproduire des ensembles de points uniformes appris via un réseau de diffusion convolutif à partir d'exemples, où les convolutions non structurées bénéficient d'un calcul rapide grâce à un appariement via transport optimal sur une grille, publiée à SIGGRAPH Asia (conference track) [Doi+23]. Une autre méthode d'optimisation de points basée entièrement sur le transport optimal, via des projections 1D d'un problème fondamentalement n-D, a été publiée à ACM Trans. on Graphics / SIGGRAPH [Pau+20].



Notre réseau de diffusion reproduit la taxonomie d'échantillonneurs et leurs spectres uniquement à partir d'une base de données d'exemples [Doi+23].

**Création de mondes virtuels réalistes.** L'équipe a également développé des travaux de pointe dans la création de mondes virtuels réalistes, positionnés à l'interface entre l'informatique graphique et les sciences de la Terre pour représenter avec précision la structure du terrain, les végétaux, l'eau, les matériaux et les diverses interactions entre ces éléments. Ces recherches visent à générer des scènes virtuelles complexes intégrant des structures et géométries réalistes à des échelles de modélisation importantes. Les objectifs sont multiples avec des défis propres aux applications : produire des maquettes numériques pour l'aménagement du territoire, préparer des simulations numériques avancées, ou encore fournir des contenus innovants pour les loisirs numériques. Cette approche interdisciplinaire et synergique permet d'aboutir à des résultats de très haut niveau, comme en témoignent plusieurs collaborations structurantes. Par exemple, en géologie, l'équipe a collaboré avec le laboratoire GéoRessources, donnant lieu à 3 publications internationales [Pey+24 ; Par+23 ; Cor+23], dont une publication A\*. À l'échelle internationale, d'autres collaborations de grande envergure ont été menées, notamment sur la modélisation d'écosystèmes, avec des partenaires européens, l'Université de Cape Town en Afrique du Sud ou encore le CIRAD. Au final, sur la période évaluée, l'équipe a produit 8 publications A+, dont 4 en collaboration internationale, attestant du rayonnement scientifique des travaux menés. À cela s'ajoutent des contributions notables comme la participation à un COSEL de sciences de la Terre à Nancy, deux projets ANR impliquant des synergies entre sciences de la Terre et botanique, ainsi que la venue de chercheurs invités, renforçant la dynamique d'échange et d'excellence scientifique de l'équipe. Une illustration issue d'un article de recherche sur la simulation d'érosion de terrain en temps réel à grande échelle, mettant en avant l'amélioration du contrôle utilisateur, est présentée comme [élément du portfolio](#).

**Perception.** La chaîne d'utilisation des données graphiques se compose de plusieurs étapes : (1) création, par modélisation ou capture du réel ; (2) traitement, visant à optimiser/préparer les données à l'application visée ou à l'étape de rendu (e.g., simplification géométrique, approximation du matériau par un modèle analytique) ; (3) rendu, qui consiste à simuler les interactions lumineuses, projeter les données sur la fenêtre de visualisation et échantillonner afin de créer les images finales. Ces 3 grandes étapes ont chacune une influence sur la qualité finale de l'image rendue et donc de l'expérience utilisateur et doivent donc être guidées par des modèles et métriques perceptuels prenant en compte les propriétés et limitations du système visuel humain. Dans ce contexte, l'équipe Origami développe des travaux autour de (1) l'analyse et la compréhension de l'expérience visuelle de l'utilisateur (e.g., qualité perçue, attention visuelle), notamment au travers la mise en place de campagnes de tests subjectifs avec des panelistes, (2) la création de modèles et métriques computationnels permettant de prédire ces données subjectives (e.g., métriques de qualité pour les maillages 3D, nuages de points, matériaux) et (3) le développement d'applications de ces modèles et métriques (e.g., compression, simplification de scènes 3D). L'équipe a ainsi réalisé d'importantes contributions sur la qualité visuelle des données graphiques en produisant la plus grosse base de données subjective dans le domaine de l'évaluation de la qualité des objets 3D [Neh+23] ainsi que des métriques pour les maillages [Neh+21 ; Neh+23], et les nuages de points [Mey+20] (Best Student Paper Award à la conférence QoMEX 2020) considérés comme des références du domaine. La métrique PCQM fait ainsi l'objet de plus de 200 citations depuis sa publication en 2020. L'équipe est également reconnue pour

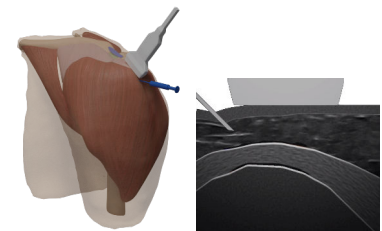
ses travaux sur la perception visuelle des matériaux [Lav+21c].

**Réalité Virtuelle.** Les activités de recherche en réalité virtuelle de l'équipe se positionnent de manière prioritaire sur la thématique du « polysensoriel », c'est-à-dire la conception et l'évaluation de technologies permettant de réaliser des expériences immersives impliquant non seulement de l'image, mais également du son spatialisé, des stimuli olfactifs, et des stimuli tactiles (thermoception, toucher), ainsi que l'évaluation et l'optimisation de l'expérience utilisateur engendrée (voir porte-folio). L'équipe s'intéresse tout particulièrement à la compréhension de l'expérience de l'utilisateur et de son état cognitif par l'analyse de son comportement. Dans cet objectif, l'équipe a introduit une suite logicielle open-source (PLUME) permettant d'enregistrer les données comportementales de l'utilisateur pendant une expérience de réalité virtuelle, de manière synchrone avec les signaux physiologiques ; l'analyse de données comportementales et physiologiques en réalité virtuelle est très utile pour comprendre l'expérience vécue des participants, mais encore très peu utilisée, à cause notamment de l'absence de procédure d'acquisition et de format d'échange et d'une grande difficulté de mise en œuvre technique. L'objectif de ce travail est de démocratiser cette analyse et la mettre à portée de toutes les équipes de recherche en VR même celles ne disposant pas de compétences techniques fortes. L'enjeu est de développer une communauté d'utilisateurs autour de cet outil. Ce travail a été accepté au Journal Track (le plus sélectif) de la conférence IEEE VR (classée A\*) dont les actes sont publiés par la revue IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics [Jav+24b].

**Villes urbaines.** Depuis plus de dix ans, l'équipe Origami, en collaboration avec l'équipe BD du LIRIS, développe de nouveaux algorithmes pour mieux appréhender la ville et ses évolutions. Grâce à des données millésimées recueillies tous les trois ans, il est désormais possible de mesurer les changements urbains de manière précise. Cependant, il est essentiel de pouvoir visualiser ces transformations et leur impact dans une perspective diachronique du territoire, au-delà d'un simple curseur temporel. C'est précisément l'objectif de l'article *Evolutive 3D Urban Data Representation through Timeline Design Space*. C Le Bihan Gautier, J. Delanoy, G Gesquière. *Computer Graphics Forum, 2024 [LDG24]* qui propose de nouvelles modalités de navigation à travers l'espace et le temps. En intégrant des techniques avancées de visualisation et d'interaction, cette approche permet d'explorer les dynamiques urbaines de manière plus intuitive et significative, offrant ainsi un outil précieux pour les chercheurs, urbanistes et citoyens intéressés par l'évolution de leur environnement urbain. Cette approche s'inspire du concept de Space-Time Cube tout en l'adaptant aux spécificités des données urbaines.

**Simulation d'objets déformables.** L'équipe Origami s'intéresse à la conception de simulateurs d'apprentissages de gestes médicaux [Ala+22 ; Zar23]. Les verrous scientifiques résident dans la proposition de modèles physiques permettant des simulations en temps réel tout en garantissant un résultat réaliste. Les contributions de l'équipe ont permis de lever la restriction du coefficient de Poisson du modèle des masses-ressorts afin de simuler tout type de matériaux isotropes [Gol+20], ou encore l'usage d'éléments d'ordres élevés dans l'approche PBD (Position-Based Dynamics) [Sai+24]. Dans le cadre du projet IDEFI SAMSEI (Stratégies d'Apprentissage des Métiers de Santé en Environnement Immersif), Origami a bénéficié d'un financement de thèse dont l'objectif concernait le développement d'un "Outil pédagogique de la ponction des grosses articulations sous échographie". Ce travail, en collaboration avec le laboratoire Ampère de l'INSA de Lyon et le service de rhumatologie des HCL, a donné lieu à la publication [Ala+22] que nous détaillons.

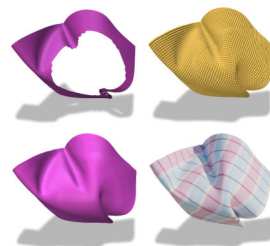
Le geste de la ponction sous échographie consiste à insérer une aiguille dans les articulations (par exemple l'épaule) en se guidant de la vue issue de l'utilisation d'une sonde échographique. La réalisation de ce geste nécessite ainsi la manipulation de deux instruments. Dans ce contexte, l'équipe Origami a contribué au développement d'un dispositif permettant l'entraînement de ce geste de la part des rhumatologues sans risque pour le patient. Le simulateur d'apprentissage proposé est ainsi composé de deux interfaces haptiques, simulant l'emploi de la sonde échographique et de l'aiguille, couplées à une simulation restituant la visualisation de type échographique issue de la sonde, en fonction de la position et orientation de celle-ci et intégrant le mouvement de l'aiguille. Cet article décrit le développement du dispositif complet issu de la collaboration de l'équipe origami avec le laboratoire Ampère et le service de rhumatologie des HCL. Les verrous levés par l'équipe concernent la mise en place d'un rendu en temps réel de type échographique. Par rapport à l'état de l'art, notre solution ne nécessite pas l'utilisation d'une base de données d'échographies et permet ainsi de facilement proposer des scénarios d'apprentissages intégrant des morphologies ou des pathologies différentes, offrant la possibilité de concevoir des exercices en adéquation avec l'apprentissage.



A gauche, vue de la scène 3D incluant les éléments anatomiques de l'épaule (collaboration avec le LBMC), la sonde et l'aiguille. A droite, rendu de type échographique, incluant la déformation des tissus issus de la pénétration de l'aiguille dans l'épaule.

**Géométrie et machine learning.** L'équipe contribue fortement en géométrie. Une illustration au travers de cet article ayant obtenu le "Honorable Best Paper Award SMI 2024" : *Neural Inpainting of Folded Fabrics with Interactive Editing*. G. Gisbert, R. Chaine, D. Coeurjolly, *Computer & Graphics*, July, 2024 [GCC24b].

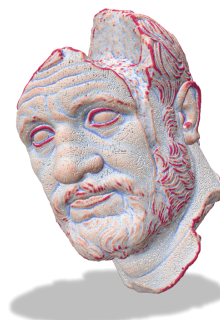
Une approche neuronale a été adoptée pour combler les trous issus d'un scan 3D de la surface d'un tissu dont une représentation maillée est à notre disposition. L'approche exploite la forte développabilité des tissus pour retrouver la géométrie intrinsèque du patch manquant. Le positionnement 3D de ce patch sur le trou est réalisé par un réseau convolutionnel doté d'un mécanisme d'attention. Une base de données ScarFolds illustrant la variété des plis présents dans les tissus a été mise en place pour entraîner ce réseau. Le code a été validé par un *GRSI stamp*. Ce travail a été primé par un *Honorable Best Paper Award* à la conférence SMI 2024. La Fig. 3 illustre ce travail : à partir d'un maillage troué, notre approche utilise un réseau de neurone profond pour compléter la surface en utilisant un a priori géométrique compatible avec la modélisation de tissus.



Complétion d'une surface quasi développable.

**Traitement numérique de la géométrie.** Une autre illustration de nos travaux avec l'article suivant : *Light-weight Curvature Estimation on Point Clouds with Randomized Corrected Curvature Measures*. J.-O. Lachaud, D. Coeurjolly, C. Labart, P. Romon, B. Thibert. *Computer Graphics Forum*. 2023 [Lac+23b].

L'estimation de quantités différentielles sur un nuage de points orienté est une étape classique pour de nombreuses tâches de traitement de la géométrie en informatique graphique et vision. Même si de nombreuses solutions existent, elles ne combinent généralement pas efficacité algorithmique et garanties théoriques de stabilité. En s'appuyant sur la notion de mesures de courbure corrigées conçues pour les surfaces [Lac+20], la méthode introduite dans cet article répond à ces deux exigences. Étant donné un point d'intérêt et quelques voisins les plus proches, notre méthode estime l'ensemble des informations du tenseur de courbure en générant des triangles aléatoires parmi ces voisins et en normalisant des mesures de courbure corrigées par une mesure d'aire corrigée. Nous fournissons un théorème de stabilité montrant que nos courbures ponctuelles sont précises et convergentes, à condition que le bruit sur la position et la normale ait une variance inférieure au rayon du voisinage. Des expériences et des comparaisons avec l'état de l'art confirment que notre approche est plus précise et beaucoup plus rapide que les alternatives. La méthode est entièrement parallélisable. De plus, elle ne nécessite qu'une requête de plus proche voisin par point, et elle est facile à implémenter.



Estimation de courbure gaussienne sur un nuage de points.

**Géométrie des réseaux d'artères cérébrales.** Une dernière illustration de nos travaux, entre géométrie et simulation, qui vient contribuer aux travaux concernant les maladies vasculaires, telles que les accidents vasculaires cérébraux, constituant un problème de santé majeur. Dans ce contexte, la dynamique des fluides peut fournir des informations précieuses pour mieux comprendre le flux sanguin à partir de la géométrie vasculaire. Mais elle nécessite l'extraction de modèles précis d'artères à partir d'images médicales à faible résolution, ce qui reste un défi. En collaboration avec le laboratoire CREATIS et l'Université de Tohoku au Japon, l'équipe a proposé un pipeline complet pour l'approximation et le maillage volumique structuré de réseaux d'artères cérébrales à partir de données d'entrée sous la forme de lignes centrales bruitées. Au-delà des nombreuses contributions scientifiques en traitement de la géométrie que cette chaîne de traitement comporte, son code complet est [disponible en open-source](#) et constitue un outil précieux pour la communauté de recherche travaillant sur la simulation du flux sanguin. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Medical Image Analysis*, classée 4/325 dans le domaine Radiology, Nuclear Medicine and Imaging selon SJR [Dec+23].

**Implication dans les dispositifs financés par les programmes d'investissements nationaux.** Les membres de l'équipe sont impliqués dans les programmes d'investissements nationaux :

- David Coeurjolly est co-directeur du programme national de recherche PEPR ICCARE (Industries culturelles et créatives, <https://pepr-iccare.fr>) pour le CNRS. Les industries culturelles et créatives sont une filière de premier plan, essentielle au rayonnement économique et culturel de la France. Afin de les accompagner et de les soutenir, l'État en a fait une de ses stratégies d'accélération et a confié au CNRS le pilotage du programme de recherche national Industries culturelles et créatives (PEPR ICCARE), qui constitue le volet recherche de cette stratégie. Doté d'un montant de 25 M€ pour une durée de six ans, ICCARE a pour objectif de mener une action constante entre les communautés de recherche (sciences humaines et sociales/sciences informatiques) dans une démarche de co-construction, de co-réalisation et de co-valorisation, afin d'aider la filière ICC dans sa transformation et adaptation à des enjeux numériques, économiques et sociaux.

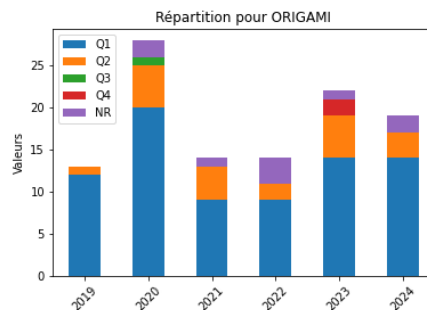
- Gilles Gesquière est co-porteur du projet, puis co-responsable dans la Stratégie Nationale d’Accélération du PEPR Ville Durable et Bâtiment Innovant (avec Jean-Yves Toussaint CNRS/ INSA et Dominique Mignot UGE). Le PEPR VDBI (Villes Durables et Bâtiments Innovants) est un programme national visant à promouvoir et accélérer le développement de solutions concrètes pour la mise en œuvre de villes durables et de bâtiments innovants. Ce programme a pour objectif de stimuler la recherche scientifique et technique tout en mobilisant et fédérant les communautés scientifiques et les professionnels autour de ces enjeux. Il s’adresse aux chercheurs travaillant en collaboration avec des acteurs issus de collectivités, entreprises et collectifs citoyens. Il s’agit du volet recherche de la Stratégie Nationale "Solutions pour des Villes Durables et des Bâtiments Innovants". Ce programme ambitionne de devenir un moteur d’innovation, un espace de réflexion interdisciplinaire et un levier pour répondre aux défis environnementaux, sociétaux et technologiques liés à l’urbanisation et à la construction.
- Origami est également impliquée dans le projet CPER SOBIOÉ visant à reconverter l’ancienne chaufferie du campus de la Doua en un lieu emblématique dédié aux sciences participant à la mise en place des transitions dont ont besoin nos territoires en tension. Son objectif est de créer un espace fédérateur et identitaire autour des enjeux environnementaux, sociétaux et de biodiversité.

**Rayonnement scientifique.** En terme de distinctions, Adrien Peytavie et Julie Digne ont reçu le prix du **Young Researcher Fellow EGFR** en 2019 et 2020 respectivement. Nos publications ont aussi obtenu plusieurs prix : Best Paper Award 2024 à **Siggraph Asia** [Doi+24] ; Günter Enderle Best Paper Award 2024 à **Eurographics** [GCC24a] ; Best Paper Award Honorable Mention 2023 à **Pacific Graphics** [Loc+23] ; Best Paper Awards en 2022 [DN22] et 2023 [CD23b], ainsi que et les mentions honorables en 2023 [GCC23] et 2024 [GCC24b] à **Shape Modeling International (SMI)** ; Best Paper Award 2020 [Par+20] à **CGI** ; Best Paper Award 2022 [Lem+22] à **3DOR** ; prix des challenges GéoDataDays 2022 pour la plateforme UD-SV (Urban Data Services and Visualisation) à **GéoDataDays** ; Best Student paper Award 2020 [Mey+20] à **QOMEX** ; le 2e prix du papier en 2022 [Per+22] et le 3ème prix du meilleur papier en 2020 [Fül+22] aux **JFIGs**.

Notons également que les membres de l’équipe sont régulièrement invités à présenter leurs travaux de recherche dans des cadres variés, tant académiques qu’industriels, à l’échelle nationale et internationale. Ils ont ainsi participé à plusieurs conférences et colloques nationaux, avec notamment un Keynote à la **Journée Vision 3D et Apprentissage du GdR-ISIS**, ainsi que des interventions lors de la journée du **GdR-ISIS sur “Échantillonnage avec dépendance négative”** en 2022 et des **JF.IG.RV** en 2019. Sur le plan international, leurs recherches ont été mises en avant lors du **Toronto Geometry Colloquium** en 2020, de **DGMM** en 2022 et du **Workshop Interpolation of Measures** en 2023. L’équipe intervient également dans des séminaires universitaires, notamment à Montpellier, Dijon et Toulouse. Enfin, dans un cadre industriel, les travaux de l’équipe ont été présentés au **Huawei Lagrange Mathematics and Computing Research Center** à Paris, à la **Water Community d’Ubisoft**. L’expertise de l’équipe en échantillonnage Monte Carlo a également permis d’organiser une formation de 2 jours auprès d’Ubisoft en 2024 via la cellule de valorisation INSAValor, regroupant les ingénieurs Ubisoft en rendu réaliste d’Annecy, Lyon et Paris. Notons que cette formation apparaît dorénavant dans le catalogue de formations INSAValor. Au final, cette diversité d’interventions témoigne de la reconnaissance et de l’influence des recherches de l’équipe dans différents milieux scientifiques et technologiques.

## Référence 2. Les activités de recherche donnent lieu à une production scientifique de qualité.

L’équipe a publié 110 articles dans des revues internationales (soit 1.35 par ETP par an), avec 78 publications Q1 (70.9%) et 20 publications Q2 (18.18%). Les chiffres ont été extraits et classés selon SJR (*cf.* Table 2.1). L’histogramme ci-contre donne la répartition des revues internationales par année. Origami se démarque par de nombreuses publications de tout premier plan, telles que SIGGRAPH/TOG (6 publications), SIGGRAPH Asia/TOG (6), TOG (5), SIGGRAPH Conference Track (1), SIGGRAPH Asia Conference Track (1), Eurographics/CGF (8), International Conference on Learning Representation (2) et IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (4). Origami a peu de publications définies comme conférences. Ceci est dû principalement au fait que la plupart des conférences prestigieuses en informatique graphique se sont associées à des revues, et sont donc listées en tant que revues.



### Référence 3. L'équipe participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

**Implication dans les manifestations scientifiques.** Les membres de l'équipe ont été activement impliqués dans diverses manifestations scientifiques internationales, contribuant à la visibilité et à l'organisation de la communauté de recherche dans son domaine. Ils ont assuré des rôles de conférence chairs pour des événements prestigieux tels que Eurographics (2022), Pacific Graphics (2023), le Symposium on Geometry Processing (SGP) (2021), Shape Modeling International (SMI) (2024) et le Eurographics Doctoral Consortium (2022). Leur expertise a aussi été sollicitée au sein des advisory boards pour Eurographics 2024. Par ailleurs, ils ont activement participé aux comités de programme de conférences majeures comme Siggraph (2021–2024) et Siggraph Asia (2021, 2022, 2024). Enfin, ils ont contribué à l'organisation du 2ème workshop ACE, intitulé "How Artificial Character Embodiment shapes User Affect in multi-modal Interactions", dans le cadre de la 24th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Cette implication souligne leur engagement dans le développement et la structuration des échanges scientifiques internationaux en modélisation géométrique et vision par ordinateur.

**Responsabilités éditoriales.** Les membres de l'équipe ont des responsabilités éditoriales dans les revues internationales suivantes : ACM Transactions on Graphics (TOG), IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Computer Graphics Forum (CGF), Journal of Mathematical Imaging and Vision (JMIV), Computer and Graphics et The Visual Computer.

**Implication dans les instances de pilotage de la recherche et d'expertise scientifique.** Les membres de l'équipe jouent un rôle clé dans diverses instances scientifiques et associatives, contribuant à la structuration et à l'animation des communautés de recherche en informatique graphique et modélisation géométrique. Ils sont notamment impliqués dans des structures nationales du CNRS : co-responsabilité scientifique du GdR IG-RV (44 laboratoires et plus de 700 chercheurs autour de l'informatique géométrique, la réalité virtuelle et la visualisation), et membre du Conseil Scientifique d'Institut (CSI) du CNRS en sciences informatiques. Au niveau associatif, ils occupent des postes de direction au sein de l'AFIG (vice-présidence et trésorerie, 2020-2022) et de l'EGFR (présidence, 2021-2024 ; trésorerie, 2022-2024). Leur engagement se traduit aussi par une participation au comité scientifique de l'IGN (depuis 2024) et à l'organisation du prix de thèse SIF/Gilles Kahn (vice-présidence 2023-2024, présidence 2025-2026). Ces responsabilités illustrent leur engagement dans le développement et la reconnaissance des disciplines liées à l'image et la géométrie.

**Invitation de personnalités scientifiques.** L'équipe a accueilli plusieurs personnalités extérieures :

- Le Professeur James Gain, de l'Université de Cape Town en Afrique du Sud, a été invité pour un séjour de 2 mois en 2024 afin de renforcer les collaborations existantes (2 projets en collaboration, 8 articles de publiés) et d'approfondir la thématique de la modélisation des écosystèmes au sein de l'équipe. Cette coopération a permis la production d'un état de l'art sur la création d'écosystèmes ainsi que des échanges autour de publications et de projets futurs à développer. Un échange réciproque est prévu en 2025, afin qu'un membre de l'équipe puisse poursuivre cette collaboration.
- Le chercheur Arnaud Grignard (MIT), bénéficiaire d'une bourse Marie Curie (2021-2023), a mené le projet [projet ReAgent](#) (Reactive Agent-based Tangible simulation for decision making in urban planning) sous la direction de Gilles Gesquière. Ce projet était ainsi une initiative de recherche financée par les Actions Marie Skłodowska-Curie de l'Union européenne. Il se concentrait sur l'utilisation et le développement d'outils pour la simulation et la prise de décision dans le domaine de la planification urbaine. L'approche du projet reposait sur des simulations tangibles basées sur des agents réactifs, visant à améliorer les processus décisionnels dans l'aménagement urbain.
- Le professeur Jacques Olivier Lachaud (LAMA) est en délégation CNRS dans notre équipe pour l'année 2024-2025. Il collabore principalement avec David Coeurjolly et Tristan Roussillon sur de l'inférence géométrique à partir de données discrètes et sur la définition d'un cadre géométrique générique pour le calcul différentiel sur des domaines discrets (surfaces triangulées, surfaces discrètes, nuages de points). Ses travaux participent au projet ANR Stable Proxies porté par le LIRIS, et dont il est responsable scientifique pour le LAMA.
- Le professeur associé Abdullah Bulbul, de la Ankara Yildirim Beyazit University (Turquie) a été accueilli un mois pour collaborer sur nos travaux concernant la perception visuelle et la réalité augmentée.
- Le doctorant Filip Hácha de l'Université de Bohême occidentale (Pilsen, République tchèque) a été accueilli de octobre à décembre 2023. La bourse de mobilité a été obtenue auprès du [Fellowship Programme](#). Ses travaux ont porté sur la qualité visuelle des maillages dynamiques.

**Référence 4. La production scientifique de l'équipe respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

**Intégrité scientifique et science ouverte.** L'équipe s'implique sur ces points à différents niveaux :

- Guillaume Lavoué est membre du Comité d'éthique de la recherche de la ComUE Université de Lyon (CER-UdL). Les Comités d'éthique de la recherche ont pour mission d'accompagner les chercheurs qui souhaitent garantir la déontologie de leurs protocoles de recherche. Ils délivrent notamment des avis indépendants sur les projets de recherche non interventionnelle sur l'Homme (hors loi "Jardé").
- Le LIRIS a mis en place une cellule dédiée à l'intégrité scientifique. Raphaëlle Chaine en est la responsable. Dans ce cadre, elle effectue une présentation annuelle aux nouveaux doctorants sur l'importance de l'intégrité scientifique dans le travail de recherche en déclinant ce que cela implique, tant au niveau du travail individuel que dans les relations avec les autres chercheurs et notamment avec les encadrants qui doivent également faire preuve d'intégrité. Des références sont données avec des supports à consulter. Elle est également à la disposition des membres du laboratoire pour toute question ou pour tout problème de non respect de l'intégrité scientifique.
- L'équipe Origami contribue aussi à améliorer la reproductibilité des codes sources fournis par les auteurs des articles publiés dans la conférence SIGGRAPH avec la Direction depuis septembre 2022 du GRSI ([Graphics Replicability Stamp Initiative](#)). Ce sujet fait l'objet d'un [élément du portfolio du LIRIS](#).

**Développements logiciels de l'équipe.** Les travaux de recherche de l'équipe Origami ont donné lieu aux développements de plusieurs logiciels et plate-formes *open source* permettant de pérenniser les travaux des doctorants et stagiaires au fil des années, en plus des ceux des membres permanents :

- **DGTAL** - DGtal est une bibliothèque open source de traitement numérique de la géométrie et de la topologie spécialisée dans l'analyse de structures sur des grilles (2D, 3D, ...). Principalement pilotée au LIRIS, la bibliothèque a pour objectif de consolider les développements logiciels de la communauté internationale de géométrie discrète, dans un objectif de diffusion et de mise à disposition large de ces outils. Elle a été et elle est au cœur de nombreux projets collaboratifs ANR ou de partenariats avec d'autres disciplines (science des matériaux). La bibliothèque a été reconnue internationalement par un prix "Software Award" décerné lors du prestigieux Symposium on Geometry Processing (SGP) 2016. Elements quantitatifs (Github) : 377 *stars*, 119 *forks*, 13320 *commits*, 31 *international contributors*. Ce logiciel fait partie du [portfolio du LIRIS](#).
- **MEPP 2** - MEPP2 est un kit de développement logiciel pour le traitement et la visualisation de maillages de surfaces 3D et de nuages de points. Il fournit à la fois une interface de programmation d'applications (API) pour créer de nouveaux filtres de traitement et une interface utilisateur graphique (GUI) qui peut être utilisée directement et intégrer de nouveaux filtres en tant que plugins. Elements quantitatifs (Github) : 76 *stars*, 26 *forks*. Publication associée : [\[Vid+20\]](#).
- **PLUME** - Boîte à outils logicielle qui permet l'enregistrement exhaustif des données comportementales XR (y compris les signaux physiologiques synchrones), leur relecture interactive hors ligne et leur analyse. Elle a fait l'objet d'une démonstration lors de la conférence IEEE VR 2024 et d'un tutoriel lors de IEEE VR 2025. Elements quantitatifs (Github) : 35 *stars*, 3 *forks*. Publications associées : [\[Jav+24b\]](#) ; [Jav+24a](#).
- **UD-SV (Urban Data Services and Visualization)** est une plateforme modulaire développée au sein du LIRIS qui se concentre sur le traitement et la visualisation de données urbaines. UD-SV vise à faciliter l'expérimentation, l'échange et le partage de connaissances et d'outils pour la manipulation concrète des données urbaines. La plateforme propose un ensemble de composants permettant l'intégration de données brutes dans des bases de données, le traitement avancé des données urbaines et la visualisation interactive des résultats. Le composant `py3DTilers` de cette plateforme est aujourd'hui utilisé par de nombreuses entreprises, collectivités et centres de recherche (Oslandia, IGN, Berger Levraut/Calr software, Geofit/IGO, CIRIL group, CNES, Métropole de Lyon, Métropole de Montpellier).
- **UTK** - Le kit d'outils UTK vise à fournir des exécutables pour générer et analyser des ensembles de points. Il a été conçu à l'origine pour aider les chercheurs à développer des modèles d'échantillonnage dans une intégration numérique en utilisant des estimateurs de Monte-Carlo. Plus précisément, il a été développé dans le but d'optimiser la synthèse d'images via des algorithmes de traçage de chemins.

Dans le cadre de nos actions assurant la reproductibilité de nos résultats de recherche, l'équipe a effectué, sur la période d'évaluation, **20 dépôts de logiciels et partage de codes** associés à des publications (dont 12 déposés sur HAL en logiciel) : [Authoring Terrains with Spatialised Style](#), [Cascaded Sobol' Sampling](#), [DGtal](#), [Desertscape Simulation](#), [Distributed Combinatorial Map](#), [Glaciers simulation](#), [Gradient Domain Terrains Authoring](#), [Karst Synthesis](#), [Inpainting Holes in Folded Fabric Meshes](#), [Lightweight integration of 3D features to improve 2D image segmentation](#), [MatBuilder](#), [Meandering rivers](#), [Multi-scale Erosion](#), [Non-Euclidean Sliced Optimal Transport Sampling Software](#), [Neural skeleton](#), [PointCloudCurvCNC](#), [Rock Fracturing](#), [Segment Tracing](#),

SOT : Sliced Optimal Transport Sampling, UV-AT.

En complément, les bibliothèques suivantes sont en accès limité en interne à l'équipe :

- [Arches](#) - Plateforme de simulation et de génération procédurale de mondes virtuels complexes. Elle concentre et fédère les développements de l'équipe depuis 20 ans. La plateforme comprend de nombreux outils permettant de créer et de visualiser des scènes virtuelles complexes avec de nombreux détails. Les résultats obtenus sont utilisés directement dans des logiciels professionnels (Autodesk Maya, logiciel Vue de E-on Software et Mitsuba). Des dépôts logiciels sont effectués régulièrement, avec une extraction de code ciblée sur les articles pour une meilleure visibilité (9 dépôts de logiciels).
- TopoSim - Bibliothèque de simulation par modèles physiques permettant des modifications topologiques des objets au cours de leur simulation.
- NeXt - Bibliothèque de simulation par modèles physiques avec intégration de scénarios permettant un couplage de la simulation avec des dispositifs haptiques.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

#### Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social

En terme d'interactions avec le monde culturel et social, soulignons deux projets de l'équipe :

- Le projet TEATIME qui a récemment obtenu le label CNRS PRIME (Projet de Recherche Interdisciplinaires Multi-Equipes) de la MITI (Mission pour les initiatives transverses et interdisciplinaires) du CNRS. Il rassemble des doctorants, chercheurs et ingénieurs de l'équipe Origami, à ceux du laboratoire MAP (Modèles et simulation pour l'Architecture et le Patrimoine), qui est une Unité Propre de Recherche (UPR) du CNRS Science Humaines & Sociales. Ce projet réunit ainsi des spécialistes à la fois en sciences du patrimoine et en informatique. Teatime se concentre sur l'étude des territoires à différentes échelles et leurs transformations, en mettant l'accent sur le patrimoine bâti où les données numériques sont devenues incontournables. Ce projet fait l'objet d'un [élément du portfolio du LIRIS](#).
- DatAgora est un projet innovant et collaboratif né de la synergie entre l'Université de Lyon et la Métropole de Lyon. Lancé en 2019, ce dispositif ambitieux vise à optimiser l'utilisation et la compréhension des données urbaines au sein du territoire métropolitain. L'objectif principal est de faciliter la prise de décision pour la Métropole du Grand Lyon en exploitant le potentiel des données urbaines de manière intelligente et accessible. Au cœur de ce projet se trouve une approche multidimensionnelle qui combine analyse de données avancée, data visualization, médiation et développement de mobilier interactif. Cette démarche novatrice permet de rendre les données plus compréhensibles et exploitables pour divers acteurs du territoire. DatAgora s'appuie sur des méthodes agiles et l'expérimentation publique pour tester et affiner ses solutions dans des conditions réelles. Depuis son lancement, DatAgora a traité plus de 20 sujets différents, démontrant sa capacité à aborder une grande variété de problématiques urbaines. Parmi ses réalisations marquantes, on peut citer la création de maquettes 3D interactives à partir de Lego pour projeter des données territoriales, ainsi que le développement d'indicateurs pour le pilotage urbain. Ces outils innovants contribuent à une meilleure gestion et planification de la métropole lyonnaise, illustrant ainsi le potentiel transformateur de DatAgora dans le domaine de la smart city. Deux initiatives marquantes ont été rendues possibles. La première porte sur l'obtention du financement IA.Arbre auprès de la banque des territoires. La deuxième est l'[atelier Immersive IA](#), atelier de sensibilisation à l'IA pour les personnels des collectivités qui a déjà permis de former plus de 300 agents.

#### Référence 2. L'équipe développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.

Au cours de la période, des membres de l'équipe Origami ont été actifs dans les processus de standardisation et en particulier au sein de l'Open Geospatial Consortium. Ils ont en particulier travaillé sur le nouveau standard cityGML (charter member) et sur 3D portrayal (Co-Chair du Standard Working Group).

#### Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

L'équipe Origami est naturellement impliquée dans plusieurs actions de médiation scientifique :

- lors de la **fête de la Science** dans différents lieux comme le musée des confluences, le Château de Guédelon, ou encore le village des Sciences de Bourg-en-Bresse ;
- auprès des **collégiens et lycéens** comme l'organisation des stages des troisième ou seconde, l'encadrement de projets ou des conférences et table ronde sur la parité, ou la promotion des métiers de la recherche ;
- pour **Math en Jeans** avec l'animation d'ateliers tout au long de l'année, ou à la maison des mathématiques et de l'Informatique (MMI) qui est un lieu privilégié de médiation ;
- lors d'**événements** (festival YGGDRASIL, foire de Saint-Etienne, médiathèque Le Rize de Villeurbanne).

## Synthèse de l'autoévaluation

La Fig. 2.11 présente le SWOT de l'équipe suite à notre auto-évaluation.

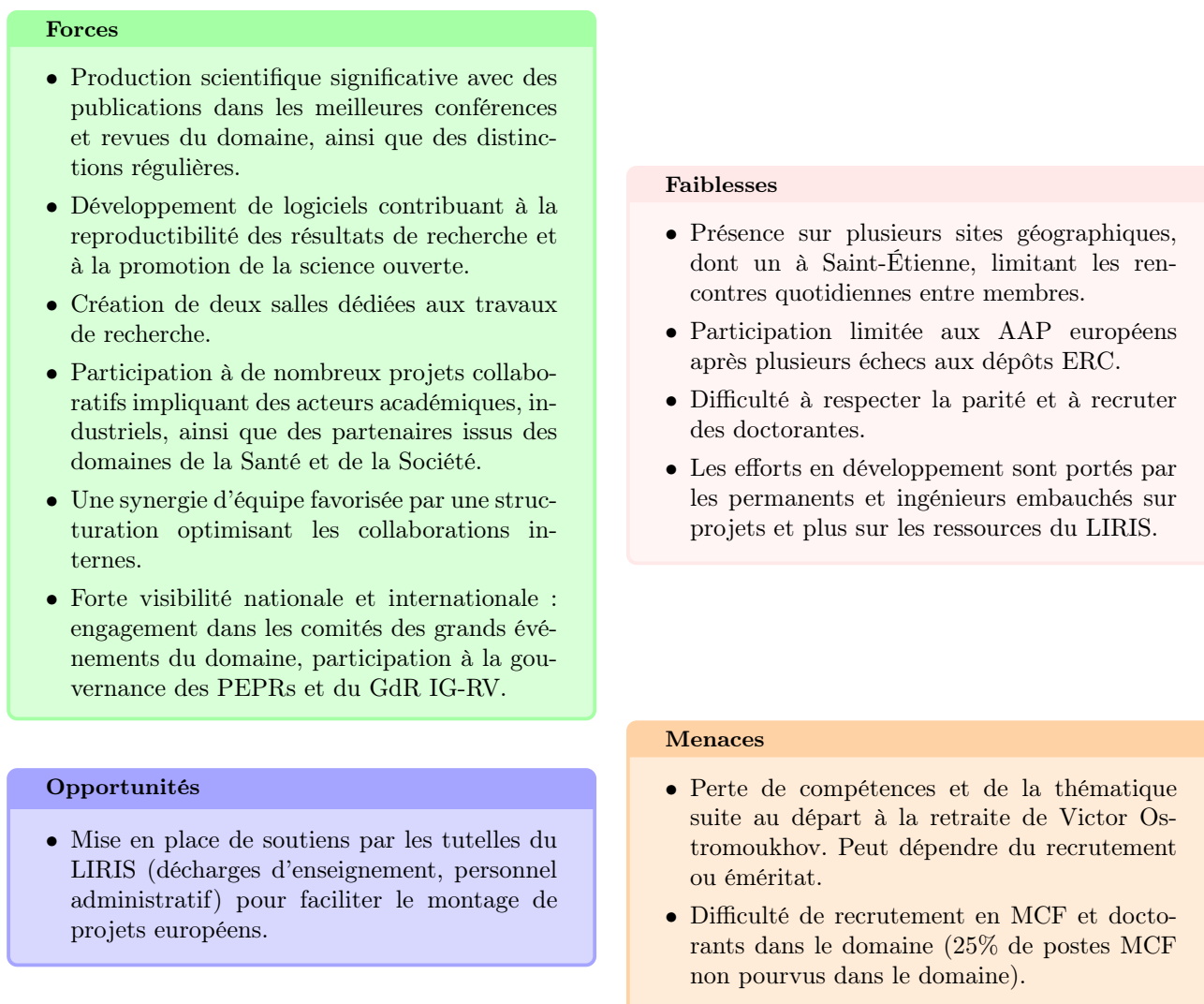


FIGURE 2.11 – SWOT de l'équipe Origami.

## 4- Trajectoire de l'équipe

**Organisation et vie de l'équipe.** La responsabilité de l'équipe a changé en septembre 2024, apportant des modifications au niveau de son animation scientifique. L'objectif est de renforcer la cohésion et l'engagement des membres de l'équipe Origami en favorisant un véritable esprit de groupe. Concrètement, l'animation scientifique se fera toujours au travers des thèmes actuels qui fédèrent, ainsi que du Groupe de lecture animé par les doctorants, mais avec davantage de réunions plénières (une par trimestre, dont une en mise au vert) afin de rassembler régulièrement tous les membres de l'équipe et d'encourager les échanges transversaux, tout en incluant toutes les particularités de l'équipe. Nous ambitionnons également de stimuler le partage d'expériences au sein de l'équipe en créant un groupe de Partage de l'Expérience. Ce groupe aura pour vocation de renforcer la transmission des savoirs et compétences en facilitant l'aide à la rédaction d'articles, l'accompagnement au

montage de projets, la valorisation des recherches, l'incitation des MCF à soutenir leur HDR, ainsi que le partage des développements logiciels. Il proposera également des outils collaboratifs, comme des plateformes de centralisation des données ou de production de figures scientifiques. Enfin, pour encourager les échanges plus informels et fluidifier la circulation de l'information, nous souhaitons instaurer un "café des permanents", un moment convivial dédié au dialogue et à la synergie entre les membres de l'équipe. Avec ces initiatives, nous visons à créer un environnement plus dynamique, collaboratif et stimulant pour l'ensemble de l'équipe Origami.

**Interactions avec les autres équipes du LIRIS.** Au fil des années, Origami a développé des collaborations fructueuses avec d'autres chercheurs du LIRIS. Parmi les projets notables, on peut citer un co-encadrement de thèse avec l'équipe IMAGINE, axé sur la manipulation robotique d'objets déformables. L'équipe a également interagi avec l'équipe BD sur des problématiques de recherche liées à l'exploitation de bases de données urbaines massives (flux de transport, consommation énergétique, modèles de représentation de la ville) pour proposer de nouveaux outils de visualisation. Des travaux communs sont menés avec l'équipe SICAL sur l'analyse des interactions dans des dispositifs de RV développés en interne. De nouvelles collaborations se dessinent avec SAARA (montage thèse CIFRE) sur la capture de mouvement et la modélisation biomécanique d'un cycliste en situation, dans le but d'analyser sa posture et d'apporter des recommandations pour l'améliorer. En parallèle, des discussions sont en cours avec l'équipe IMAGINE pour développer des solutions de prévention des risques d'éboulement en montagne et d'avalanche, en combinant modélisation et simulation réalistes de scènes virtuelles avec apprentissage par analyse d'images. Ces collaborations témoignent de la diversité et de la richesse des synergies mises en place au sein du LIRIS, ouvrant la voie à de futurs projets interdisciplinaires à fort impact.

**Positionnement vis-à-vis de la trajectoire du LIRIS.** L'équipe Origami, spécialisée en informatique graphique et modélisation 3D, s'aligne sur la stratégie du LIRIS en renforçant son impact sociétal, notamment sur la ville durable. Elle s'appuie sur son expertise en visualisation urbaine, simulation d'écosystèmes et collaborations avec la Métropole de Lyon, le LabEx IMU et des acteurs du patrimoine. Dans le cadre de la restructuration du LIRIS, plusieurs rapprochements sont envisagés :

- **Pôle Origami+SAARA.** Une fusion naturelle autour de l'animation et la simulation, consolidant les recherches sur les "maillages dynamiques".
- **Pôle Origami+SICAL.** Discussions en cours sur la visualisation et l'interaction, bien que des divergences de thématiques en apprentissage humain et publications visées puissent poser problème.
- **Pôle Origami+GOAL.** Possible synergie sur les graphes et leurs applications en informatique graphique.
- **Pôle Origami+IMAGINE.** Synergie autour de l'Informatique Graphique, la visualisation et l'Intelligence Artificielle sur ces thématiques de recherche.

**Projection scientifique à 5 ans.** Pour finir, voici la trajectoire scientifique d'Origami par rapport aux deux grands axes thématiques de recherche de l'équipe.

**Analyse et modélisation 3D.** Le domaine du traitement numérique de la géométrie est en plein essor, avec une accessibilité accrue des données géométriques et de nouvelles perspectives offertes par l'IA. Cela se répercute sur le développement des jumeaux numériques ou les problématiques d'IA générative pour les formes géométriques, qui engendrent de nouveaux défis à relever.

- **Propriétés différentielles des formes 3D, robustesse des estimateurs.** Les données géométriques 3D sont variées, nécessitant des algorithmes spécialisés selon leur nature. Leur qualité dépend de l'outil d'acquisition (laser, photogrammétrie, etc.). L'équipe développera des méthodes unifiant ces problématiques grâce à des proxies géométriques robustes, facilitant le traitement et le transfert des résultats tout en garantissant certaines propriétés théoriques. Ces travaux s'inscrivent dans l'[ANR StableProxies](#), avec une attention particulière à la reconstruction 3D de tissus à partir de surfaces développables.
- **Apprentissage statistique pour les données géométriques.** L'apprentissage statistique excelle sur les données textuelles, images et audio, mais peine avec les données géométriques, faute de données 3D et en raison de leur structure non dépliable, limitant l'efficacité du calcul GPU. Ce défi est encore plus crucial pour la synthèse de formes. L'équipe explorera les représentations implicites neuronales pour apprendre sur ces données, tout en garantissant des propriétés théoriques (préservation de la topologie, du volume). Elle s'intéressera aussi à la réduction de dimension via l'analyse topologique et à l'apprentissage sur formes articulées, dans la continuité des projets PDE-AI (PEPR IA) et e-Roma (ANR).
- **Géométrie en interaction avec la physique.** La simulation physique régie par des EDPs exige une expertise géométrique, notamment pour les Graph Neural Networks ou l'optimisation de formes en fonction de flux. Un enjeu clé est la conception de maillages de bâtiments pour la simulation thermique et énergétique. L'équipe développera des méthodes de paramétrisation de formes différentiables pour optimiser ces structures. Ce projet inclut un dépôt ANR 2025 et deux thèses CIFRE en préparation.

- **Création de paysages virtuels.** Il s’agit de dépasser les limitations actuelles des IA génératives (manque de données suffisamment précises) avec la création de nouveaux modèles et méthodes spécifiques, intégrant les connaissances et les modèles existants en sciences de la vie et de la terre. Cette démarche originale s’appuie sur des collaborations interdisciplinaires (géologues, botanistes), pour combiner les expertises, valider les modèles et tirer parti des meilleures approches des différents domaines. Il s’agira également d’améliorer le réalisme en proposant des approches reposant sur la simulation physique ou biologique, en complément des modèles phénoménologiques souvent choisis pour leur rapidité.

### Interaction, visualisation et simulation.

- **Simulation.** Nous poursuivrons nos travaux avec la conception d’outils innovants d’apprentissage en odontologie (projet ANR 2025 en cours de montage). Nous nous intéresserons notamment aux problèmes de stabilité numérique des simulations. En termes de prise d’envergure de cette thématique, nous espérons bénéficier de la mise en place à Lyon des locaux de l’OMS dédiés à l’apprentissage dans le domaine médical par la simulation, ainsi que du projet Simu@Lyon de l’Université Lyon 1.
- **Ville durable et les dynamiques urbaines.** Origami tirera profit de ses outils existants (e.g., UD-SV) pour développer des jumeaux numériques urbains interactifs, intégrant : *des modèles dynamiques* d’évolution des territoires, nourris par l’IA générative et les données temps réel (capteurs IoT, satellites), mais aussi nourries par des données sur des temps longs (pour une meilleure compréhension de la ville, de ses infrastructures et de leur évolution) ; *des interfaces de réalité mixte* permettant aux urbanistes et citoyens de simuler l’impact des politiques publiques (végétalisation, mobilité, etc.) pour une ville plus inclusive et résiliente ; *un volet analyse comportementale et perception liée à ce jumeau numérique* en collaboration avec les membres du groupe perception visuelle.
- **Perception visuelle et interaction.** Nous souhaitons aller au-delà de l’évaluation visuelle des dégradations de maillages 3D en l’utilisant pour guider les algorithmes sous-jacents. Un nouvel axe de recherche explorera également la perception visuelle et émotionnelle des contenus artistiques pour mieux comprendre certaines techniques et accompagner la création. Deux projets débutent dans ce sens : l’un sur la perception des matériaux dans le croquis de design pour accélérer la création d’objets, l’autre sur l’influence de l’éclairage en réalité mixte pour renforcer l’émotion et l’engagement. Ces travaux s’élargiront à d’autres techniques artistiques en médiation et création.
- **Interaction et RV.** L’équipe poursuivra ses innovations technologiques (e.g. [Nebula](#)), en particulier en collaboration avec l’Institut des nanotechnologies de Lyon (INL) avec pour objectif de produire des dispositifs sensoriels portables, peu gourmands en énergie, open-source et utilisables en RV. L’équipe tirera également profit de son outil [Plume](#) permettant l’enregistrement de données comportementales de manière synchrone avec les signaux physiologiques, pour proposer des outils d’évaluation et de prédiction de l’état cognitif et de la qualité d’expérience utilisateur. Ces données sont complexes (trajectoires 3D, zones d’attention visuelle) et multimodales (comportements, interactions, données physiologiques), et nécessiteront des compétences fortes en fouille de données, IA et sciences cognitives.
- **Rendu/Échantillonnage.** Un axe de recherche se portera sur le rendu différentiable. Les scènes capturées (photos, vidéos) ou reconstruites (*structure-from-motion*, *neural radiance fields*, *Gaussian splats*...) ne sont pas toujours facilement éditables. Nous entreprenons notamment des efforts de recherche dans l’édition photométrique physiquement réaliste de Gaussian splats. Par ailleurs, notons que la thématique *échantillonnage* de l’équipe pourrait connaître des changements, via le départ en retraite de V. Ostromoukhov (avec ou sans éméritat). Son expertise a été transférée – au moins en partie – à d’autres membres de l’équipe, mais certaines approches ne seront probablement plus abordées à plus long terme. Des travaux prometteurs en cours d’investigation concernant les méthodes de Sobol’, de permutations d’Owen et des méthodes de calcul de discrétisation, devraient semer des graines pour de futurs travaux dans les années à venir. Les activités historiques autour des méthodes d’accélération du rendu (structures accélératrices et réduction de variance) se poursuivent.

Pour répondre aux problématiques transversales de l’équipe, nous développerons les axes suivants :

- **Approches numériques du transport optimal.** Comme décrit dans le bilan, que ce soit pour de la géométrie, de l’échantillonnage ou de la modélisation, l’équipe a souvent eu recours à des méthodes numériques pour résoudre les problèmes de transport optimal, en étant parfois à l’initiative de contributions méthodologiques sur ce thème. Nous souhaitons poursuivre ces contributions autour de solveurs rapides pour des problèmes de transport discrets ou semi-discrets.
- **Modèles topologiques pour la géométrie.** Que ce soit dans des contextes de modélisation ou de simulation, la définition de modèles topologiques efficaces pour la représentation de formes ou de partitions est une compétence forte de l’équipe, très souvent critique dans les applications. Nous souhaitons poursuivre ces travaux, par exemple pour des formes déformables ou des partitions dynamiques.

- **Approches arithmétiques et mathématiques discrètes pour la caractérisation géométrique de structures sur des grilles.** L'échantillonnage uniforme par une grille régulière est une manière de représenter implicitement une surface. Ce type de représentation provient de certains procédés d'acquisition, de reconstruction ou de modélisation. Dans ce contexte, nous cherchons à caractériser la géométrie des surfaces à travers des propriétés arithmétiques provenant de la régularité des points sur une grille. C'est un thème et une compétence singuliers dans le paysage national et international. Il reste des défis et des perspectives notamment en inférence géométrique en lien avec l'approximation diophantienne simultanée ou encore dans la caractérisation locale de la convexité pour du remaillage et simplification de surfaces.
- **Géométrie algorithmique en haute dimension.** De nombreux algorithmes classiques en géométrie algorithmique ne sont pas utilisables en dimension élevée, en particulier le calcul de complexes de Delaunay et leurs variantes. Ces complexes apparaissent néanmoins naturellement dans les problèmes abordés par l'équipe, en particulier en échantillonnage (relaxation de Lloyd par exemple) ou pour calculer des plans de transport optimal. Dans ce contexte, nous travaillons à élaborer des méthodes applicables en grande dimension pour explorer ces structures géométriques.

## 2- Imagine

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe Imagine a été créée en 2007, avec une gouvernance assurée par des enseignants-chercheurs ou chercheurs impliqués sur des mandats de deux à cinq années : S. Bres, C. Garcia, V. Églin, S. Derrode puis F. Davoine depuis le printemps 2024. En termes d'effectifs, l'équipe poursuit une croissance contrôlée de ses permanents (16 en 2011, 19 en 2014, 21 en 2019, 23 en décembre 2024), de ses doctorants (35 en 2019, 42 en 2024), et du nombre de post-doctorants (10 sur la période 2010-2014, 17 sur la période 2015-2019 et 24 sur la période 2019-2024).

Les 23 membres permanents (12 MCF, 1 CR, 9 PR et 1 DR) sont répartis sur trois sites du LIRIS : 11 membres sur le Campus LyonTech-la Doua (Villeurbanne), 6 membres à l'École Centrale de Lyon (Écully) et 6 membres à l'Université Lumière Lyon 2 (Bron). Un vingt-quatrième membre, C. Wolf, est détaché chez NAVER LABS Europe à Meylan depuis janvier 2022. L'évolution des membres permanents sur la période est synthétisée dans la Table 2.3.

Fin décembre 2024, avant l'arrivée des étudiants stagiaires, l'équipe comptait également 18 membres non permanents (doctorants, postdoctorants ou CDD) présents sur le site de Villeurbanne, 11 membres sur le site de Bron et 18 sur le site d'Écully. Les trois sites de l'équipe sont situés à environ une heure de transport en commun les uns des autres.

Les activités de recherche de l'équipe Imagine se concentrent sur les méthodes d'Intelligence Artificielle (IA), en particulier sur l'apprentissage automatique et couvrent le traitement, l'analyse, la compréhension et l'interprétation de données multi-sources et multimodales (images, textes, vidéos, signaux, nuages de points, images volumiques 3D). L'extraction et l'inférence automatique de l'information et des connaissances donnent lieu à de nombreux défis, liés notamment à la variabilité, la fiabilité, l'hétérogénéité, la quantité (très faible ou, au contraire, très grande) et au traitement continu de ces données, ainsi qu'à la fusion de différentes modalités. L'équipe s'intéresse également à l'interaction de ces systèmes avec les humains ou avec leur environnement, en particulier dans le domaine de la robotique industrielle. Comme nous le montrerons dans la suite de ce document (Domaine 2), ces travaux peuvent être groupés en 4 axes qui se recoupent sur certains aspects.

#### Environnement de recherche

**Écosystème de recherche à l'échelle régionale.** L'équipe Imagine est bien ancrée dans le paysage scientifique de la région Auvergne-Rhône-Alpes dans le but de produire des nouveaux savoirs visant des enjeux majeurs (scientifiques, sociétaux, technologiques ou économiques). Elle contribue ainsi aux dynamiques scientifiques du site lyonnais grâce à son rayonnement dans le paysage académique et industriel de la région et par sa participation à des recherches s'inscrivant dans l'écosystème de recherche français, à travers notamment :

- Des directions de thèses qui s'appuient précisément sur des financements répondant à des enjeux sociétaux forts (comme l'enjeu « société numérique et information » développé par la direction de la recherche de l'INSA Lyon et piloté par un membre de l'équipe Imagine) ou à des besoins industriels (32 thèses CIFRE sur la période).
- Le cadre académique de la Fédération Informatique de Lyon (FIL) qui réunit les laboratoires CITI, CREATIS, ERIC, LHC, LIP et LIRIS du site Lyon Saint-Étienne. L'équipe s'implique dans des projets inter-laboratoires (financements de stages de Master), et coanime le thème « Image et Informatique Graphique » de la fédération avec un membre du laboratoire CREATIS.
- La présence depuis plus de quinze ans du Laboratoire d'excellence – LabEx IMU (Intelligences des Mondes Urbains) consacré aux enjeux contemporains de l'urbain, qui offre diverses modalités de financement de projets et d'actions, touchant aux questions d'environnements, de mobilité, d'intelligence urbaine ambiante, ou encore de patrimoine culturel de la ville et de loisirs numériques. L'équipe a bénéficié sur la période du financement de 2 projets (cf. tableau 2.9) ainsi que de stages de Masters.
- L'interaction forte avec la région Auvergne Rhône-Alpes et son pôle de compétitivité – Minalogic<sup>1</sup> dont un membre de l'équipe fait partie du Conseil d'Administration. Les activités de recherche de l'équipe sont bien alignées avec les enjeux définis par la région, par exemple dans sa feuille de route IA<sup>2</sup> en concertation avec l'État. Un total de 10 projets de recherche ont bénéficié de financements de la région (cf. tableau 2.9), au

1. Minalogic, pôle de compétitivité de la transformation numérique en Auvergne-Rhône-Alpes, 450 adhérents dont 380 entreprises

2. Feuille de route commune État-région en matière d'intelligence artificielle

TABLE 2.3 – Membres permanents de l'équipe Imagine de 2019 – 2024

Nom	Prénom	Statut	Implantation	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Permanents (23 membres en décembre 2024)</b>									
<b>Ardabilian</b>	Mohsen	MCF	ECL						
<b>Barrere</b>	Killian	MCF	INSA						
<b>Baskurt</b>	Atila	PR	INSA						
<b>Bres</b>	Stéphane	MCF	INSA						
<b>Chen</b>	Liming	PR	ECL						
<b>Crispim-Junior<sup>1</sup></b>	Carlos	MCF	Lyon 2						
<b>Davoine</b>	Franck	DR CNRS	INSA						
<b>Dellandréa</b>	Emmanuel	MCF HDR	ECL						
<b>Derrode</b>	Stéphane	PR	ECL						
<b>Duffner</b>	Stefan	PR	INSA						
<b>Églin</b>	Véronique	PR	INSA						
<b>Garcia</b>	Christophe	PR	INSA						
<b>Idrissi</b>	Khalid	MCF HDR	INSA						
<b>Kerautret</b>	Bertrand	PR	Lyon 2						
<b>Lebourgeois</b>	Franck	MCF	INSA						
<b>Miguet</b>	Serge	PR	Lyon 2						
<b>Parashar</b>	Shaifali	CR CNRS	ECL						
<b>Pothier</b>	Catherine	MCF	INSA						
<b>Saidi</b>	Alexandre Sadegh	MCF	ECL						
<b>Scuturici</b>	Mihaela	MCF	Lyon 2						
<b>Tellez<sup>2</sup></b>	Bruno	MCF	Lyon 1						
<b>Tkachenko</b>	Iuliia	MCF	Lyon 2						
<b>Tougne Rodet</b>	Laure	PR	Lyon 2						
<b>Wolf<sup>3</sup></b>	Christian	MCF HDR	INSA						

<sup>1</sup>Manuscrit d'HDR transmis aux rapporteurs en janvier 2025

<sup>2</sup>IUT Lyon1, Responsable site de Bourg-en-Bresse

<sup>3</sup>En détachement chez NAVER LABS Europe depuis janvier 2022

travers d'appels orientés recherche académique (Pack Ambition Recherche, Défis IA, i-Démo régionalisé) ou industrielle (R&D Booster).

- L'adossement de l'équipe à la structure de valorisation SATT [Pulsalys](#), accélérateur d'innovation et d'aide au transfert, qui a financé un projet de pré-maturation<sup>3</sup> de l'équipe avec 3 dépôts de logiciels (enveloppes Soleau).

**Écosystème de recherche à l'échelle nationale.** Le positionnement de l'équipe au sein de son écosystème régional lui permet d'inscrire ses travaux dans une dynamique plus large et de s'ouvrir vers de nouveaux questionnements scientifiques, en interaction avec d'autres équipes et laboratoires à l'échelle nationale et internationale (dans une pluridisciplinarité assumée) tout en consolidant le lien avec le tissu industriel à l'échelle nationale.

- *Interfaces et pluridisciplinarité.* Les principales interfaces de l'équipe avec son écosystème scientifique se font aujourd'hui avec les Sciences de l'Information et l'Ingénierie ([GIPSA-Lab](#), [IRISA](#), [LIG](#), [LHC](#), [LA-GEPP](#), [LIMOS](#), [IMP](#), [ILM](#), [INL](#), [MAP](#)), les Sciences Humaines et Sociales (Maison des Sciences sociales et des Humanités ([MSH](#)) Lyon St-Etienne, [LARHRA](#), [ELICO](#), [TRIANGLE](#), [CRPPC](#)), les Sciences de l'Éducation ([ICAR](#), [ECP](#)), les Sciences de la Vie (Centre Léon Berard, [CRNL](#)) et les Sciences de l'Environnement ([EVS](#), [LICIT-ECO7](#)) impliquant des équipes de chercheurs de laboratoires et de domaines scientifiques de divers horizons.
- *Lien avec les structures fédératives nationales de la recherche.* L'équipe Imagine bénéficie d'une visibilité importante sur le plan associatif durant ce dernier quinquennat par ses nombreux engagements au sein des Groupements de Recherche CNRS : IASIS, RADIA, SI et Robotique (organisation de réunions scientifiques, participation à des groupes de travail, cf. page 83) et du Centre européen de valorisation numérique de la recherche académique et industrielle : Valconum<sup>4</sup> qui développe les actions d'intermédiation, d'ingénierie de projets et de transfert technologique aux bénéfices des organisations membres. Par ailleurs, les membres de l'équipe participent régulièrement à des congrès nationaux scientifiques tels que CORESA, ORASIS, CAP ou RFIAP dans le domaine de l'image et de l'apprentissage automatique.

3. [Projet de pré-maturation - Logiciel de compression de réseaux de neurones](#)

4. [Valconum](#), Centre européen de valorisation numérique

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

### Critère 1 – Produits et activités de la recherche de l'équipe

Recommandation : *Le comité recommande à l'équipe de poursuivre ses efforts visant à l'amélioration de la qualité de sa production scientifique.*

Réponse : L'équipe est pleinement consciente de l'importance de poursuivre ses efforts pour maintenir la très bonne qualité de sa production scientifique. Nous avons mis en place plusieurs actions pour renforcer cet axe : (1) Encourager la publication dans des revues à haut facteur d'impact (par exemple PAMI, TIP, PR) ou dans des revues mettant en avant la reproductibilité (telle que la revue IPOL). La participation à des conférences de premier plan (CVPR, ICCV, ECCV, ICML ou encore NeurIPS) est également encouragée. (2) Développer les collaborations avec d'autres laboratoires nationaux (LHC, CREATIS, etc.) et internationaux pour continuer à enrichir la qualité de nos travaux. (3) Renforcer les séminaires internes permettant un échange critique et constructif sur les recherches en cours, ou sur des articles de notre communauté scientifique.

Recommandation : *Il recommande également à l'équipe de veiller à une meilleure implication de l'ensemble des permanents dans la production scientifique.*

Réponse : Les efforts engagés pour encourager la co-supervision des doctorants et renforcer les collaborations internes, y compris entre sites, ont permis quelques avancées. Il reste toutefois des marges de progression pour assurer une implication plus homogène en recherche au sein de l'équipe. Un groupe de travail porté par la direction du laboratoire a permis de lancer de nouvelles actions visant à encourager l'implication de chacun même dans les situations difficiles. Ces actions se sont concrétisées à travers le financement de stages de M2 proposés aux membres de l'équipe ayant besoin d'un financement. Un travail a également été mené pour améliorer la diffusion et la lisibilité des sujets de stage, afin de renforcer la visibilité des propositions de chaque membre permanent. Différents membres de l'équipe ont participé à ce groupe de travail permettant ainsi de donner une réponse à cette recommandation.

Recommandation : *Par ailleurs, l'équipe doit poursuivre ses efforts en termes de passage d'HDR.*

Réponse : Deux HDR ont été soutenues sur la période, et une troisième sera soutenue en 2025.

Recommandation : Enfin, le comité recommande à l'équipe d'intensifier ses efforts pour attirer des chercheurs CNRS et pour renforcer son implication dans des projets européens.

Réponse : L'équipe, au travers de ses participations à des projets et journées régionales et nationales cherche à présenter des candidats au concours externe des chercheur-euses CNRS. Deux candidats se sont présentés pour une intégration dans notre équipe au concours 2024, un candidat (Zongwei Wu) a été auditionné par les membres du jury de la section 07 du CoNRS, ce même candidat est admissible en 2025. Deux candidats (Julian Tachella et Marcello Traiola) étaient admissibles en 2021. Une chargée de recherche CNRS a intégré l'équipe après sa réussite au concours 2021, tandis qu'un directeur de recherche CNRS l'a rejointe en 2023 à la suite d'une demande de mutation.

Au niveau de l'Europe, l'équipe a participé à 2 projets européens, aujourd'hui terminés. Elle est porteuse de deux projets ANR franco-allemands en intelligence artificielle. Trois soumissions de demandes de subventions ERC n'ont pas abouti, mais nous comptons poursuivre nos efforts pour répondre plus collectivement au sein de l'équipe et avec d'autres membres du laboratoire à des appels projets européens.

### Critère 2 – Organisation et vie de l'équipe

Recommandation : *Le comité recommande à l'équipe de continuer ses efforts dans l'animation scientifique, de manière à pallier au mieux, dans la mesure du possible, les difficultés de cohésion induites par l'éclatement géographique de l'équipe.*

Réponse : L'équipe est répartie sur trois sites (Villeurbanne, Écully, Bron) distants d'une heure de transport en commun, ce qui impacte sa cohésion. Malgré la mise en place de séminaires et d'outils collaboratifs, la distance reste un frein. L'équipe dispose depuis 2024 d'une instance *Mattermost*, associée au GitLab du laboratoire. Nous avons créé plusieurs canaux afin de communiquer sur les séminaires que nous organisons pour l'équipe dans son ensemble, et sur les séminaires organisés localement sur chacun des trois sites géographiques de l'équipe. Chaque membre peut assister aux séminaires à distance ou en présentiel, selon ses préférences.

Lorsqu'ils ont lieu en fin de matinée, les séminaires sont souvent suivis de repas partagés. D'autres canaux sont dédiés au partage d'articles, à la diffusion de candidatures ou encore aux offres de sujets de stages, de thèses et de postdoctorat. Par ailleurs, le représentant des doctorants au Conseil du laboratoire, également membre de l'équipe, nous aide activement à soutenir la cohésion entre étudiants et permanents. L'équipe organise régulièrement des réunions entre membres permanents ainsi que des réunions plénières, qu'elles soient dédiées à la recherche ou à des activités récréatives. Depuis 2024, ces dernières ont lieu au moins deux fois par an.

Recommandation : *Le comité recommande à l'équipe de travailler à la mise en place d'un pilotage scientifique visant à mieux associer l'ensemble des membres de l'équipe au projet.*

**Réponse** : Le pilotage scientifique au sein de l'équipe a connu des développements progressifs, avec des opportunités à renforcer pour l'avenir. Différentes actions nous permettent d'orienter nos travaux de recherche et nos collaborations. Les sollicitations que nous recevons par exemple de partenaires industriels sont d'abord discutées en réunions d'équipes, les projets qui nous semblent pertinents sont ensuite orientés vers tels ou tels membres de l'équipe, si possible répartis sur au moins deux de nos trois sites (INSA, ECL, Lyon 2). Nous comptons faire de même pour les appels à projets nationaux de type ANR/PEPR et européens durant les prochaines années. Nous incitons également les nouveaux recrutés, au-delà des liens qu'ils peuvent rapidement établir avec des membres de l'équipe, à déposer des projets par exemple auprès de l'INS2I ou de l'ANR (AAP JCJC). Il nous paraît aussi important de ne pas systématiquement imposer à tous les membres de l'équipe d'aligner leurs efforts sur des objectifs collectifs afin de soutenir la créativité à travers des sujets innovants uniques et plus libres (nous sommes la somme de sujets et cela encourage la recherche exploratoire).

### **Critère 3 – Projet et stratégie à cinq ans de l'équipe**

Recommandation : *L'équipe a proposé un projet pertinent et ambitieux, mais insuffisamment approfondi/positionné par rapport aux acteurs majeurs du domaine.*

**Réponse** : Le projet de l'équipe Imagine pour la période 2014-2019 se plaçait dans la continuité/poursuite des travaux de recherche engagés précédemment en traitement des images et des vidéos et en apprentissage automatique, et visait à poursuivre les développements méthodologiques dans trois directions principales : le traitement de données multimodales et l'apport de données exogènes pour la compréhension sémantique de scènes ; la génération d'images pour l'enrichissement de jeux de données ; et la réduction de la complexité des modèles d'apprentissage. L'équipe souhaitait favoriser différents domaines d'application : la robotique industrielle, l'analyse et le traitement de documents numériques, la santé et l'environnement. La suite de ce document montrera que ces domaines ont été pour l'essentiel couverts en lien avec nos homologues et partenaires internationaux/nationaux.

Recommandation : *S'il ne fait pas de doute que les leaders scientifiques de l'équipe vont pouvoir y contribuer et obtenir des avancées scientifiques notables, le comité recommande à l'équipe de veiller à ce que tous les membres de l'équipe puissent y trouver une place.*

**Réponse** : Le laboratoire a pour stratégie de donner vie à ses pôles de compétences actuels, en les restructurant et en leur confiant un rôle d'animation, complémentaire de celui joué par les équipes, en facilitant les regroupements opportunistes sur de nouvelles thématiques de recherche. Cette restructuration favorisera une meilleure collaboration entre les chercheurs du laboratoire, au sein des pôles, entre équipes et entre pôles.

Recommandation : *Le comité recommande enfin aux membres d'Imagine de s'impliquer davantage dans l'offre de master, de manière à la rendre davantage cohérente avec les activités phares de l'équipe.*

**Réponse** : Le Master MINDS (Master INtelligent Systems for a sustainable Digital transformation of the Society) est une formation d'excellence en intelligence artificielle, portée par l'équipe Imagine du LIRIS, qui est également porteuse du dossier à l'Europe pour une labellisation Erasmus+ (EMJM). Il ouvrira ses portes en septembre 2025 à l'INSA Lyon. Ce programme innovant repose sur une collaboration entre la France, l'Italie, l'Allemagne et l'Espagne, impliquant des institutions prestigieuses (UPASS Passau, UMIL Milan, UAB Barcelone, INSA Lyon). Il vise à former des experts et leaders de la transformation numérique à travers une approche interdisciplinaire intégrant l'ingénierie de l'IA, la cybersécurité et la vision par ordinateur et robotique. MINDS se distingue par l'intégration des sciences sociales, de l'entrepreneuriat et de l'éthique, en complément de cours scientifiques avancés en sciences des données et apprentissage automatique. L'enseignement s'appuie sur des méthodes pédagogiques innovantes : projets interdisciplinaires, challenges en lien avec l'industrie en équipe et une *AI Summer School* commune aux institutions partenaires. Le programme favorise une mobilité internatio-

nale, une immersion dans l'industrie et une approche centrée sur l'impact sociétal et environnemental de l'IA, en parfaite adéquation avec les initiatives européennes sur la transformation numérique.

Les membres de l'équipe sont également fortement impliqués dans la formation à la recherche. Ils interviennent dans différents Masters de l'université Lumière Lyon 2, de l'École Centrale, et de l'INSA. Les membres sur le site de l'université Lumière Lyon 2 contribuent aux enseignements de 2<sup>e</sup> cycle : dans le Master 1 de la mention Informatique (commun aux six parcours de Master 2 de Lyon 2), ainsi que dans les M2 IDSM (Informatique, data science, management), MALIA (Machine learning for artificial intelligence), SISE (Statistique et informatique pour la science des données), CIM (Conception et Intégration Multimédia), Gamagora (Ingénierie du jeu vidéo), et BI&A (Business Intelligence & Analytics). D'autres collègues de l'équipe sont impliqués dans le Master Informatique co-accrédité avec Centrale Lyon, l'Université Claude Bernard Lyon 1, l'Université Jean Monnet et l'École des Mines de Saint-Étienne. Ils interviennent dans 4 des six filières proposées au M2 : « Intelligence Artificielle », « Science des Données », « Image, Développement et Technologie 3D » et « Technologies de l'Information et du Web ».

## 2- Introduction du portfolio

- Élément 1 (**Interdisciplinaire**). Vers une plateforme d'interrogation multimodale à destination des SHS : Découverte de l'Histoire par le Sensoriel : nouvelles approches d'extraction d'indices sensoriels dans les sources documentaires textes-images.  
L'ambition à travers les projets Soundcityve, projet pilote (2017-2019) porté par le Labex IMU (Institut des Mondes urbains), et Symtesens, projet Pack Ambition Recherche 2022-2026 de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, a été d'automatiser ces accès limités par les pratiques manuelles et par l'immensité des volumes de documentation issue de corpus de textes et d'images du 18<sup>e</sup> au 19<sup>e</sup> siècle de la ville de Lyon.
- Élément 2 (**International**). L'équipe Imagine est fortement impliquée dans l'association IAPR (International Association on Pattern Recognition). Plusieurs membres de l'équipe y occupent des missions spécifiques : la présidence du Technical Committee 18 (TC18) de l'IAPR, spécialisé en Géométrie Discrète et Morphologie Mathématique, de 2016 à 2020 et la présidence de l'Educational Committee, depuis 2022, qui a pour mission de promouvoir l'enseignement et la formation en reconnaissance des formes, vision par ordinateur et intelligence artificielle notamment autour de la mobilité des jeunes chercheurs. L'équipe est également à l'origine de la création du premier Doctoral Consortium (DC-ICPR) et d'un nouveau Technical Committee (TC22) de l'IAPR, spécialisé en recherche reproductible, elle organisera l'**ICPR 2026** (28th International Conference on Pattern Recognition) à Lyon. L'organisation d'une telle conférence sera une très belle occasion de renforcer la cohésion de l'équipe Imagine, en impliquant les membres permanents et non permanents de nos trois sites.
- Élément 3 (**Distinction**). Liming Chen est Membre de l'IUF (promotion senior 2022) dans le secteur disciplinaire Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, Spécialité IA, Chaire Innovation. Cette distinction récompense ses recherches sur les méthodes d'apprentissage automatique permettant à des machines, en particulier des robots industriels, d'utiliser la vision et le toucher. Il a été nommé membre senior pour transposer ses travaux à la manipulation d'objets mous ou déformables : « Regarder, toucher et manipuler : l'apprentissage auto-supervisé à travers les jeux autonomes en simulation pour l'apprentissage de la manipulation robotisée adroite utilisant la vision et le toucher ».
- Élément 4 (**Publication**). *GAPS : Geometry-Aware, Physics-Based, Self-Supervised Neural Garment Draping*, Ruochen Chen, Shaifali Parashar, Liming Chen. International Conference on 3D Vision (3DV), Davos, Switzerland, March 18-21, 2024 – Best Student Paper Award [CCP24]. Cet article primé est le résultat d'une première recherche commune associant S. Parashar (membre de l'équipe arrivée en 2022) et L. Chen au travers de la thèse de R. Chen portant sur la reconstruction multi-vues d'objets déformables. L'objectif principal de la méthode GAPS est de fournir un drapage réaliste des vêtements sur un corps humain en imposant des contraintes géométriques tenant compte des corps-vêtement et évitant les problèmes d'étirements irréalistes du vêtement.
- Élément 5 (**Publication**). *How Transferable are Reasoning Patterns in VQA ?*, Corentin Kervadec, Théo Jaunet, Grigory Antipov, Moez Baccouche, Romain Vuillemot, Christian Wolf. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Virtual, June 19-25, 2021 [Ker+21a]. Cet article est le résultat d'une collaboration associant la société Orange et deux équipes du LIRIS : Imagine (C. Kervadec, doctorant sous dispositif CIFRE, avec C. Wolf) et SICAL (T. Jaunet, doctorant, avec R. Vuillemot). L'article examine la question de la transférabilité des modèles de raisonnement dans les systèmes de question-réponses visuelle (VQA, en anglais). Les chercheurs ont développé un oracle visuel et ont démontré qu'il avait moins tendance que les modèles classiques à apprendre des raccourcis, autrement appelés biais,

présent dans les données d'entraînement. Ils ont également montré que les modèles de VQA basés sur les Transformers peuvent bénéficier d'un transfert de connaissances de l'oracle, améliorant ainsi l'exactitude et la généralisation, en particulier pour les réponses rares.

- Élément 6 (**Publication**). *GroCo : Ground Constraint for Metric Self-Supervised Monocular Depth*, Aurélien Cecille, Stefan Duffner, Franck Davoine, Thibault Neveu, Rémi Agier. European Conference on Computer Vision (ECCV), Milano, Italy, Sept. 29 - Oct. 4, 2024 [Cec+24]. Cet article est le résultat d'une première recherche commune associant S. Duffner, F. Davoine (nouveau membre de l'équipe, arrivé en 2023) et la société lyonnaise Visual Behavior au travers de la thèse CIFRE d'Aurélien Cécille portant sur l'estimation non supervisée de profondeur de scène en vision monoculaire. L'article présente un nouveau cadre auto-supervisé qui utilise des contraintes au sol pour améliorer la récupération d'échelle et la généralisation dans l'estimation de profondeur monoculaire, surpassant les méthodes existantes sur divers ensembles de données.
- Élément 7 (**Publication**). *Cell-Free Latent Go-Explore*, Quentin Gallouédec, Emmanuel Dellandréa. International Conference on Machine Learning (ICML), Honolulu, Hawaii, July 23-29, 2023 [GD23]. L'article propose une amélioration du paradigme Go-Explore, s'appuyant sur l'apprentissage d'une représentation latente de l'environnement ne nécessitant pas de connaissance a priori, et facilitant ainsi le processus d'exploration de l'apprentissage par renforcement dans des environnements complexes. Les résultats indiquent que la méthode est plus robuste et surpasse les algorithmes de l'état de l'art en termes d'exploration pure sur de nombreux environnements d'exploration difficiles.

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### DOMAINE 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'équipe

**Référence 1. L'équipe s'est assignée des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

Les objectifs scientifiques de l'équipe Imagine sont définis de manière collectifs et couvrent un large spectre de sujets de recherche dans les domaines de la vision par ordinateur et de l'apprentissage automatique avec des contributions à la fois méthodologiques et plus appliquées. Ces thématiques sont structurées en 4 axes (décrites en détail plus loin) : 1) documents, 2) visages, gestes et comportements, 3) perception pour la robotique et 4) modélisation et compréhension d'images et de scènes. L'ensemble des membres d'Imagine se retrouvent dans ces axes en termes d'activité de recherche.

Nous privilégions une recherche de qualité en visant la dissémination de nos résultats dans des conférences et revues internationales de tout premier rang ou alors dans des workshops plus spécialisés afin d'interagir et d'être visible dans les différentes communautés scientifiques nationales et internationales qui nous concernent.

Une force de l'équipe est sa collaboration importante avec d'autres disciplines, en particulier les SHS, les sciences du vivant et de l'environnement, les neurosciences mais aussi avec d'autres sciences de l'ingénieur comme l'automatique ou l'électronique. L'objectif est d'apporter nos expertises en analyse d'images et de données multi-modales et en apprentissage automatique afin de permettre des avancées importantes dans les autres disciplines mais également dans la nôtre avec des contributions méthodologiques qui répondent à des nouveaux défis se posant dans ces contextes pluridisciplinaires.

Une autre force de l'équipe est son implication dans des projets collaboratifs (internationaux, nationaux ou régionaux, voir la Table 2.9), et ses nombreux contrats avec l'industrie. Ces projets s'inscrivent pleinement dans les thématiques scientifiques de l'équipe et sont le résultat de relations riches avec d'autres laboratoires en France et à l'étranger ainsi qu'avec des acteurs socio-économiques de la région AURA. Ils montrent également la visibilité et la crédibilité des travaux de recherche de l'équipe auprès des financeurs à différents niveaux : local (établissements INSA Lyon, Univ. Lyon 1, Lyon 2 et ECL ; FIL), régional (Labex IMU, appels région) et national (PIA, ANR, PEPR, etc.) mais aussi auprès de la communauté scientifique (voir page 68).

Les objectifs scientifiques sont soutenus et promus par les deux responsables de l'équipe, et les échanges avec les référents de sites (ECL et Univ. Lyon 2) permettent la coordination et la cohésion de l'équipe. Pour entretenir une interaction scientifique entre les membres (permanents et non-permanents), nous organisons des réunions régulières d'équipe (toutes les 6 semaines environ) et des groupes de travail et séminaires (toutes les 1-2 semaines) sur chacun des trois sites. En général, ces réunions sont tenues en mode hybride (présentiel + visioconférence) pour faciliter la présence d'un plus grand nombre de personnes. Nous échangeons également entre nous via l'outil Mattermost du LIRIS, sur un canal dédié à l'équipe composé de différents sous-canaux

tels que : annonces des séminaires de l'équipes, des séminaires de sites, des thèses, bibliographie, candidatures (stages, thèses, postdocs).

**Référence 2. L'équipe dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

L'équipe a pour politique de dédier ses fonds récurrents, versés par le laboratoire, en priorité à l'aide au financement de conférences et d'écoles d'été pour des doctorants ou membres non-permanents dont les encadrants ne bénéficieraient pas des moyens nécessaires (projets, contrats, etc.).

Au-delà de cette dotation annuelle de l'ordre de 8 K €, l'équipe bénéficie de ressources financières substantielles et adaptées à ses objectifs grâce aux projets de recherche auxquels elle prend part (**Table 2.9**).

Le laboratoire LIRIS nous met à disposition une infrastructure mutualisée de calcul et de stockage nommée PAGODA qui est hébergée au Centre de calcul de l'IN2P3 sur le campus LyonTech-la Doua et à laquelle l'équipe a fortement contribué. C'est une plateforme matérielle et logicielle, composée de trois nœuds de calcul avec 3 GPU chacun, d'un serveur Nvidia DGX avec 8 GPU, et de cinq serveurs de stockage en cluster. Nous bénéficions également pour nos travaux de recherche d'accès au supercalculateur Jean Zay. Nous disposons également de quatre salles d'expérimentation sur le campus de l'École Centrale à Écully, dont une dédiée à nos travaux de recherche en robotique, constituée de deux robots humanoïdes NAO (SoftBank Robotics), d'une flotte de 14 robots mobiles (6 Kobuki et 8 Nexus), de deux bras robotiques (UR3 d'Universal Robots et Panda de Franka Emika), d'un robot mobile à deux bras (Tiago de Pal Robotics) ainsi que d'un bras robotique industriel (Fanuc). Cette plateforme est maintenue avec l'aide d'un ingénieur d'étude (Momath Thiam) sur contrat depuis juin 2024.

**Référence 3. L'équipe dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

Concernant les équipements matériels, l'équipe a principalement besoin de ressources de calcul et de stockage qui sont fournis soit par le laboratoire soit au niveau national (voir référence 2 ci-dessus). En termes de locaux, en plus de la période « Covid » où le télétravail s'était imposé, les membres de l'équipe ont été fortement impactés par des travaux de rénovation sur le campus de l'INSA entre février 2018 et octobre 2022. Durant cette période de 4,5 ans, les membres ont été hébergés dans des bureaux modulaires Algeco® sur le campus. Plusieurs difficultés (nuisances sonores, fuites d'eau, chaleur/froid, sécurité) ont fait que, au fil des années, les membres de l'équipe ne venaient plus dans ces locaux. Le télétravail temporaire semblait être une solution acceptable à l'époque mais nous savons maintenant que cela a considérablement nuit à la cohésion de l'équipe. Depuis octobre 2022, ces membres ont tous pu intégrer les locaux rénovés du bâtiment Blaise Pascal de l'INSA, et depuis, une vraie vie d'équipe a repris.

Les membres de l'équipe hébergés à l'École Centrale ont quant à eux déménagé en décembre 2024 dans des nouveaux locaux à l'entrée du campus d'Écully. Cela nous permet de regrouper en un même lieu toutes les activités en informatique : bureaux des enseignants, des enseignants-chercheurs et des doctorants/postdoctorants et stagiaires du LIRIS et de l'équipe Imagine, ainsi que quatre salles d'expérimentations dotées de nos systèmes robotiques, de systèmes de capture de mouvements, et de captation de données visuelles.

**Référence 4. Les pratiques de l'équipe sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

Plusieurs membres de l'équipe Imagine s'impliquent dans différentes cellules du laboratoire, à savoir la cellule d'appui à la Recherche *Suivi des thèses*, les cellules transversales *Écoutes* (mise à la disposition de tout membre du LIRIS afin de pouvoir s'exprimer sur d'éventuelles problématiques liées à leur bien-être durant leur travail) et *Médiation scientifique*, ainsi que la cellule *Impacts environnementaux* (animation d'actions visant à réduire l'empreinte carbone du laboratoire). Un collègue de l'équipe a participé durant l'année 2024 aux 8 journées de travail de l'**Assemblée** pour la transition écologique et sociale de l'INSA Lyon en tant que membre volontaire. Il est également membre du programme de transition intitulé « Une vie de laboratoire plus responsable », dans le cadre de la stratégie Ambitions 2030 de l'INSA Lyon.

## DOMAINE 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'équipe

**Référence 1. L'équipe est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

Les travaux de recherche de l'équipe peuvent être groupés en 4 axes qui se recoupent sur certains aspects. L'**axe 1** concerne des méthodes et modèles pour l'analyse de documents en vue d'en extraire de l'information et des connaissances. Il s'agit ici de documents historiques et d'écriture manuscrite, mais également de documents modernes, administratifs ou techniques, et de documents multimédia qui ont chacun leurs spécificités en termes de données et d'approches. L'**axe 2** porte sur les visages, les gestes et le comportement humain. Les données traitées par ces méthodes proviennent de multiples sources : images, maillages ou nuages 3D, vidéos, signaux et séries temporelles, et les recherches de l'équipe s'intéressent principalement à l'extraction d'informations sémantiques dans des conditions d'acquisition difficiles, à la caractérisation du comportement humain, à l'analyse de son environnement et de ses interactions. L'**axe 3** comprend les travaux méthodologiques sur la robotique industrielle et mobile, en particulier sur la perception, la navigation et l'apprentissage d'agents autonomes dans des environnements simulés et réels avec des approches d'apprentissage profond. D'autres aspects de la robotique tels que la préhension, la simulation physique et le contrôle sont également abordés. Enfin, l'**axe 4** concerne des approches pour l'analyse de scènes et d'images. Ces recherches portent aussi bien sur des aspects fondamentaux et méthodologiques – par exemple l'apprentissage automatique, les réseaux de neurones, la géométrie 2D et 3D et des modèles multimodaux – ainsi que sur des modèles plus spécifiques pour diverses applications : par exemple l'observation urbaine et environnementale, l'agriculture, la santé ou l'industrie.

Nous donnons ci-après un résumé des principales avancées obtenues sur la période 2019-2024 au travers des quatre axes, avec pour chacun une sélection de projets de recherche collaboratifs (qui seront repris dans la Table 2.9). Les références citées dans chacun des quatre axes correspondent à des articles de rangs A<sup>+</sup>/A/B ou Q1/Q2, sélectionnés parmi les 258 articles de revues et communications en conférences produites par les membres de l'équipe au cours de la période.

### Axe 1 : Documents

Cet axe de recherche se concentre sur l'analyse et la reconnaissance de documents (ARD) au sens large, englobant des documents anciens, modernes, ou multimédias, issus de sources variées telles que les archives patrimoniales, les industries ou encore le milieu scolaire. Face à cette diversité documentaire, les problématiques sont multiples, allant de l'extraction d'informations à la reconnaissance de textes manuscrits, en passant par la correction des erreurs OCR ou encore l'identification d'indices sensoriels dans les textes. Pour répondre à ces défis, différentes approches ont été développées, s'appuyant notamment sur les avancées en intelligence artificielle et en traitement automatique des documents.

**Reconnaissance et analyse de documents manuscrits.** La reconnaissance des documents manuscrits constitue un enjeu scientifique majeur en raison des grandes variations d'écriture et des contraintes spécifiques aux différents contextes d'usage. Dans le cadre des documents historiques, les travaux menés par l'équipe ont abouti à une méthode innovante de *keyword spotting* basée sur un réseau de neurones triplet. Cette approche permet d'apprendre, de manière semi-supervisée, les similarités visuelles entre des mots manuscrits présents dans des documents anciens, facilitant ainsi la recherche efficace d'informations dans ces corpus ([Egl+19]).

Dans un autre domaine, la reconnaissance de l'écriture manuscrite a été étudiée en contexte scolaire, notamment pour analyser l'écriture des enfants en phase d'apprentissage de l'orthographe. L'objectif principal de ces travaux est de permettre la détection automatique des fautes d'orthographe dans des dictées de mots, afin d'apporter un soutien pédagogique aux élèves. Cette approche vise à la fois à améliorer l'apprentissage de l'écriture et à analyser les difficultés rencontrées par les enfants, notamment en identifiant les obstacles à la formation des lettres et des mots. L'un des défis majeurs de ces recherches repose sur la capacité des modèles à reconnaître une écriture instable et déformée, caractéristique des premières phases d'apprentissage, tout en s'adaptant à une quantité limitée de données annotées ([MEB24], [MEB22], [Egl+21]).

**Extraction d'informations dans les documents industriels.** Un autre volet de recherche porte sur l'extraction d'informations à partir de documents industriels, un domaine stratégique pour les entreprises, confrontées à des besoins croissants d'accès à des informations fiables au sein de documents souvent semi-structurés, tels que des factures, des bons de commande ou des tickets de caisse. Dans ce cadre, plusieurs contributions ont

permis d'améliorer la reconnaissance des informations contenues dans ces documents. En exploitant les réseaux de neurones récurrents et les modèles *Transformers*, l'équipe a pu optimiser l'extraction des données les plus critiques, notamment les montants et totaux figurant sur les bons de commande ([Sag+19], [Sag+20], [Dou+22], [Sag+21], [Dou+23]).

Une autre avancée de ce domaine concerne la correction post-OCR des codes et nomenclatures des plans industriels. Les travaux de l'équipe ont porté dans ce cadre sur la reconnaissance des schémas industriels P&ID (*Piping and Instrumentation Diagrams*), qui posent un défi particulier en raison de l'absence de modèles de langue, de lexiques ou d'ontologies adaptés à ce type de documents. L'absence de ressources préexistantes oblige ainsi à concevoir des algorithmes spécifiques, capables de détecter et d'analyser, dans ces schémas techniques, des patterns instables. La solution apportée repose sur une approche combinant *text mining* et *clustering* incrémental de patterns. Elle a permis d'améliorer la fiabilité de la reconnaissance de ces données complexes, qui souffrent souvent d'un manque de structuration et d'une forte variabilité de formats ([FE23], [FEB22]).

**Modèles de langage et *Visual Question Answering*.** Avec l'émergence des modèles de langage avancés et la fusion des modalités image et texte, de nouvelles perspectives ont vu le jour dans le domaine de l'ARD. Il est notamment devenu possible d'extraire des informations d'un très haut niveau sémantique d'une image en posant une question en langage naturel : le *Visual Question Answering* (VQA). Nous avons apporté plusieurs contributions fondamentales à l'explicabilité et à la visualisation de ces modèles ([Jau+21], [Ker+21b]) qui ont permis de mieux comprendre leur raisonnement et de l'améliorer, par exemple en évitant des biais (de type *shortcuts*) liés aux jeux de données d'apprentissage ([Ker+21a], [Ker+21c]).

Un autre axe de recherche novateur concerne l'extraction d'informations sensorielles dans de vastes corpus textuels dont une partie relève de vastes documentations d'archives historiques. L'approche SENSE-LM ([Bos+24b]), développée par l'équipe, exploite les représentations sensori-motrices des textes en les combinant efficacement à de grands modèles de langage (LLMs) afin d'améliorer la précision de l'identification des références olfactives et auditives dans les textes.

**Sécurité et intégrité des documents.** Enfin, un axe important de recherche concerne la sécurité et l'intégrité des documents, qu'ils soient imprimés ou numériques (texte, image). L'un des projets les plus marquants dans ce domaine a porté sur la mise en place d'une nouvelle approche d'authentification des emballages de médicaments par un procédé d'impression de motifs réguliers sur les emballages ([TTF22]). Cette méthode offre une grande robustesse face aux tentatives de falsification grâce aux procédés spécifiques d'impression de rotogravure. D'autres projets nous ont également permis de travailler sur la vérification de l'intégrité des documents imprimés<sup>5</sup> et sur les approches basées sur l'apprentissage par similarité pour l'authentification des codes sensibles à la copie<sup>6</sup>.

#### Intitulés de quelques projets de l'équipe associés à l'axe 1 (détails dans la table 2.9)

**Symtesens** : Construction d'un système automatisé de recherche d'information multimodal, dynamique et interactif qui rendra possible le traitement de grandes masses documentaires hétérogènes anciennes ;

**Study** : Reconnaissance automatique de copies d'élèves de classes de primaires pour l'apprentissage de l'orthographe ;

**Eclats** : Extraction automatisée des contenus géolinguistiques d'atlas et analyse spatiale : application à la dialectologie ;

**Trustit** : Étude théorique et pratique de la sécurité des objets physiques dans des cas d'utilisation réels ;

**Chedil** : Dictionnaires sino-européens : manuscrits lexicographiques pour l'étude historique des échanges entre la Chine et l'Europe (fin du XVIe s.-début du XIXe s.)

## Axe 2 : Visages, gestes et comportements

Dans cet axe, les travaux s'articulent autour de la caractérisation de l'humain, de son environnement et de leurs interactions à partir de signaux issus de différentes sources. Cela inclut l'identification d'une personne, l'analyse de son état et de son évolution, ainsi que l'étude de ses activités et de son comportement. Plus largement, ces recherches s'intéressent également à la modélisation de systèmes complexes et dynamiques.

5. FuzzyDoc : Document integrity check based on fuzzy extractors. Projet Jeunes chercheuses et chercheurs du GDR IASIS.

6. FakeNews : Projet financé par la Fédération Informatique de Lyon, en collaboration avec le LHC de Saint-Étienne.

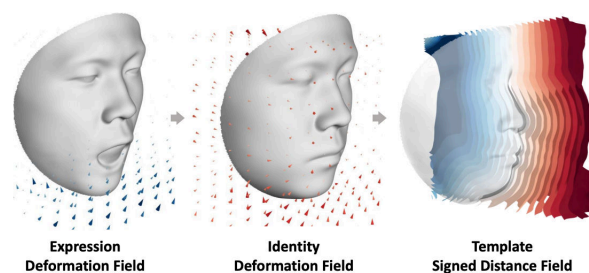
L'équipe a apporté de nombreuses contributions, notamment dans l'analyse d'images de visages à l'aide de modèles d'apprentissage profond. Par exemple, plusieurs approches ont été proposées pour la détection d'éléments faciaux 2D (*landmarks*) ([Yan+21a], [Yan+20a]) améliorant l'état de l'art en termes de précision des prédictions dans des images naturelles non contraintes (*in the wild*). Une autre méthode originale pour la segmentation de cheveux à deux étapes dans des images de visages a été développée dans ce contexte ([Yan+20b], [Yan+19]).

Des avancées importantes ont été réalisées dans la modélisation 3D de visages, par exemple par des représentations implicites neuronales (*Neural Implicit Representations*) ([Che+22]) ou par réseaux de neurones antagonistes (GAN) 3D, qui peuvent ensuite être utilisées directement pour l'analyse ou la reconstruction 3D ou pour la génération de nouvelles images réalistes de visages 2D. Différentes approches 3D ou hybrides 2D/3D ont ainsi été proposées pour la reconnaissance faciale ([MRC20], [Mar+20] [MRC21]), la détection d'éléments faciaux ([Sun+19a]), la reconnaissance d'expressions faciales ([Zhu+19], [Zhu+20], [Yan+21b]), la génération de nouvelles poses (*pose editing*) ([Yin+20], [Yin+23]) et la reconstruction de visages occultés<sup>7</sup> (par exemple par un masque respiratoire) ([Yin+22], [YC22]), en dépassant l'état de l'art dans chacune de ces tâches.

Au-delà des visages, nous nous sommes intéressés à la modélisation des gestes et d'actions humaines dans des vidéos. Dans ce contexte, une approche originale portait sur des actions répétitives (par exemple un nageur dans une piscine) et proposait une méthode d'apprentissage non supervisée de réseaux de neurones convolutifs et de comptage de cycles dans ces vidéos périodiques ([JVD22b]). Nous avons également travaillé sur le problème de reconnaissance d'actions d'occupants d'un véhicule autonome, et proposé plusieurs jeux de données incluant des vidéos et des méthodologies d'évaluation ([Ale+24], [SLC23], [Cri+23], [GCT21]). Dans un autre contexte, nous avons collaboré avec les neurosciences pour analyser des vidéos de patients dans le coma afin de mieux caractériser leur état et leur évolution vers l'éveil. L'approche proposée ([Mic+25]) est très exploratoire et est basée sur des modèles adaptés de réseaux de neurones récurrents afin de modéliser le comportement des patients. De plus, l'approche se veut être explicable pour faciliter l'interprétation par un expert.

D'autres travaux sur les actions humaines à base de capteurs inertiels (IMU) nous ont permis d'introduire de nouveaux modèles pour reconnaître le mode de déplacement d'une personne (à pied, en vélo ou en voiture par exemple), notamment une adaptation très efficace d'un modèle CNN ([MVC21]), ou un modèle de Markov triplet ([LDP19]). Ils nous ont également permis de reconnaître des activités de la vie quotidienne à l'aide de réseaux de neurones récurrents ([Com+20], [Com+19a]). Dans ce cadre, une méthode originale non supervisée d'apprentissage de métriques de séquences basée sur un nouveau type de GRU (*Gated Recurrent Unit*) couplé a également été développée pour détecter des routines ou comportements répétitifs ([Com+21], [Com+19b]) pour des applications en santé impliquant des personnes âgées ou en situation de handicap.

Enfin, plusieurs travaux plus fondamentaux de l'équipe nous ont permis d'étudier de nouvelles approches de modélisation de systèmes complexes et dynamiques, et d'analyse de leur comportement. Par exemple, de nouveaux modèles de Markov à changement de régime (*Markov Switching Model*), gaussiens ou non, ont été introduits pour diverses applications et ont montré de très bonnes performances en estimation ([Bou+22e], [Bou+21f], [ZDP20], [BDP20], [ZDP19]). D'autres modèles non supervisés basés sur des réseaux de neurones profonds de types auto-encodeurs variationnels et *Transformers* robustes ont été proposés pour détecter des anomalies dans des séries temporelles ([Naj+22a], [Naj+22b]).



ImFace encode les variations complexes du visage à l'aide de deux champs de déformation explicitement désentremêlés par rapport à un visage modèle, ce qui aboutit à une représentation implicite morphable pour les visages 3D. [Che+22].

#### Intitulés de quelques projets de l'équipe associés à l'axe 2 (détails dans la table 2.9)

**4D vision** : Projet franco-américain en partenariat avec les Prof. Dimitris Samaras de la New York State University, Stony Brook, Nikos Paragios de l'École Centrale de Paris, et Ioannis Kakadiaris de l'université de Houston ;

**Autobehave** : Analyse automatique des comportements de conducteurs dans des véhicules autonomes ;

**Neptune** : Programme prioritaire de recherche « Sport de très haute performance » ;

**Agoracoma** : Approche transdisciplinaire de la conscience dans l'éveil de coma. Projet structurant de SHAPE-Med@Lyon ;

**Ancor** : Analysing Consciousness Recovery.

### Axe 3 : Perception pour la robotique

Cet axe de recherche porte principalement sur le développement d'algorithmes de navigation et de vision pour la robotique industrielle ou mobile ou, de manière générale, pour des agents autonomes avec des approches

7. Open source Face Image Quality (OFIQ) - Federal Office for Information Security. Public Report Version 1.2, 2024-11-06

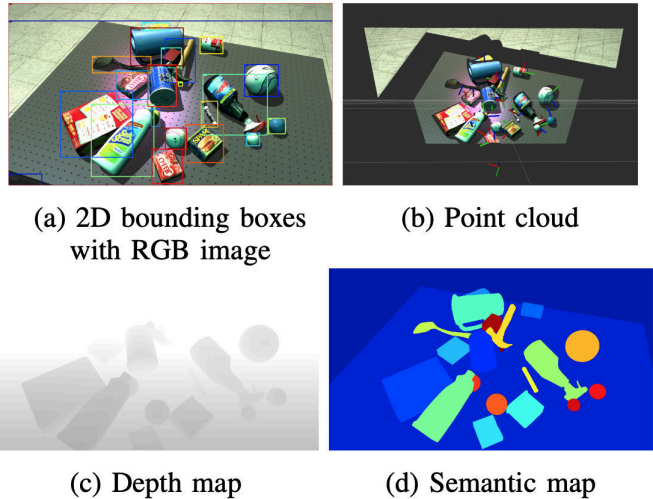
d'apprentissage profond et par renforcement. Des travaux plus fondamentaux de l'équipe ont conduit à plusieurs contributions dans le domaine de l'apprentissage par renforcement, par exemple un nouvel algorithme efficace d'exploration d'espace de recherche ([GD23]), une méthode performante d'adaptation de caractéristiques visuelles dans l'apprentissage de politiques multi-tâches ([Mar+24]) ainsi qu'un modèle générique et multi-modal qui se montre performant dans des domaines très variés ([Gal+24]). D'autres travaux se sont concentrés sur l'apprentissage continu (*continual learning*) sur des flux d'images. Dans [Yan+24], nous avons proposé un nouvel algorithme de gestion de mémoire et d'apprentissage continu robuste au déséquilibre de classes. Dans ([Dai+21a], [Dai+21b]) nous avons introduit une approche non supervisée basée sur la détection de nouveauté et reposant sur un modèle de type auto-encodeur variationnel.

Nous avons apporté plusieurs contributions majeures dans le domaine de la navigation multi-objets pour les agents autonomes en utilisant des méthodes d'apprentissage par renforcement et des architectures neuronales profondes. Par exemple, nous avons proposé dans [Mar+23] un modèle impliquant deux représentations implicites neuronales apprises dynamiquement, l'une pour les positions des objets déjà vus et l'autre pour les obstacles. Une autre approche intègre de la supervision avec des tâches auxiliaires, ce qui permet aux modèles de plus facilement apprendre à raisonner et percevoir spatialement ([Mar+22]). Nous avons développé d'autres méthodes ([Bee+20a], [Bee+20b]) qui apprennent des représentations neuronales de cartes égocentriques ou topologiques de manière plus explicite, et qui sont capables de gérer des informations incertaines plus efficacement en comparaison à des méthodes plus classiques de planification par graphes. Mais ces deux types d'approches peuvent aussi être combinés dynamiquement lors de la navigation dans des environnements réels, comme cela a été montré avec les méthodes proposées dans ([Sad+23]) et ([Dey+23]).

Un aspect fondamental de la robotique est l'adaptation des modèles, en particulier pour la vision ([Lu+20]). À ce sujet, plusieurs algorithmes originaux d'adaptation de domaines, supervisés et non supervisés, ont été développés dans l'équipe ([Luo+20], [LHC23], [LCH22]). L'idée ici était d'intégrer des informations de variétés géométriques ou des étiquettes de classes pour permettre une meilleure discrimination ou pour mieux contraindre le transfert d'apprentissage.

Un autre problème important dans la robotique est la manipulation efficace et précise d'objets, et en particulier la préhension, l'interaction avec la perception et l'action. En lien avec ce sujet, l'équipe a travaillé sur la simulation de données synthétiques, visuelles et tactiles ([Dur+24b]) et a proposé un simulateur open-source ([Dur+23]). En outre, un nouveau jeu de données à large échelle de préhension de bras robotique, appelé *FruitBin*, a été publié ([Dur+24a]). Enfin, une approche originale de prédiction de paramètres de préhension basée sur un modèle de régression a été proposée ([DDC21]).

Enfin, nous avons collaboré avec des laboratoires d'automatique, de physique et de mathématiques (tels que, par exemple, le Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes de l'École centrale de Lyon, ou l'Institut Camille Jordan) sur des sujets liés à la simulation physique et au contrôle, et nous avons développé de nouvelles approches basées sur l'apprentissage profond. Plus concrètement, nous avons, par exemple, proposé une méthode d'estimation d'incertitude dans des systèmes physiques ([Cha+20a]), une méthode de contrôle de systèmes non linéaires et des méthodes non supervisées de raisonnement contrefactuel physiques à partir des images ([Bar+20], [Jan+22]), et enfin une méthode de simulation de mécanique des fluides à partir d'observations partielles ([Jan+23], [Jan+24]).



Exemples d'annotations proposées pour la génération du jeu de données grâce au plugin Gazebo PickSim : un pipeline Gazebo configurable dynamiquement pour l'apprentissage de la manipulation robotique. [Dur+23].

#### Intitulés de quelques projets de l'équipe associés à l'axe 3 (détails dans la table 2.9)

**Pikaflex** : Briques d'intelligence artificielle nécessaires à la fonction de picking/kitting pour les systèmes automatisés et autonomes pour l'usine du futur ;

**Learn-real** : Learning physical manipulation skills with simulators using realistic variations ;

**Asterix** : Système adaptable de collaboration humain robot basé sur Edge AI et transformers pour une industrie 4.0X intelligente ;  
Suite page suivante...

### Quelques projets de l'équipe associés à l'axe 3 (suite)

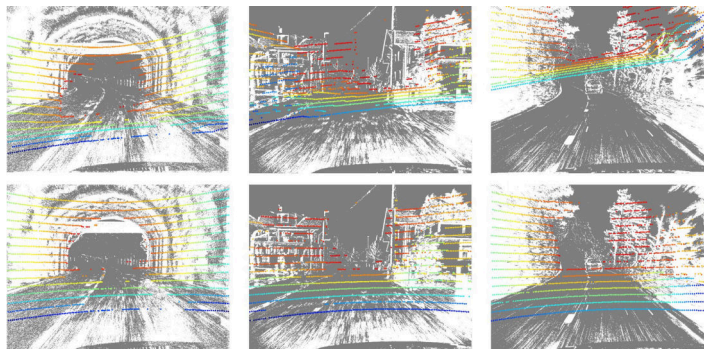
**Chiron** : AI-empowered general-purpose robotic system for dexterous manipulation of complex and unknown objects ;  
**Aristotle** : Regarder, Toucher et Manipuler : Apprentissage robotique pour la manipulation bimanuelle adroite d'objets utilisant la vision et le toucher ;  
**Fairwastes** : Full Artificial Intelligence & Robotics for Wastes (Intelligence artificielle complète & robotique pour les déchets) ;  
**Artiste** : Artificial Intelligence on the Edge. Méthodes et modèles d'IA pour des réseaux de capteurs d'images intelligents ;  
**Radyal** : Apprentissage automatique dynamique s'adaptant aux ressources disponibles ;  
**Delicio** : Données et a priori, apprentissage et contrôle ;  
**Remember** : Learning Reasoning, Memory and Behavior ;  
**Macadams** : Modifying Adhoc Centralised Advertisement with Digit Arena Multicast over Satellite ;  
**Station'air** : Détection et suivi de véhicules dans des vidéos issues de drones à câble ;  
**Acrobath** : Development of a robotic solution for manipulating complex and heavy pieces within a forge process ;  
**Mirauar** : Méthode d'assistance à l'inspection et à la visite d'ouvrages d'art par réalité augmentée et intelligence artificielle ;  
**Cubics II** : Développement d'une sonde permettant d'estimer in situ les saturations en phase organique et des propriétés pétrophysiques des sols grâce à une caméra embarquée sur une machine de forage.

### Axe 4 : Modélisation et compréhension d'images et de scènes

L'axe 4 regroupe de nombreux autres travaux de recherche méthodologiques et appliqués dans le domaine de la vision 3D, de la compréhension de scènes, de la détection et de la segmentation d'objets, du traitement d'images et de la reconnaissance de formes ainsi que de la surveillance de l'environnement.

En ce qui concerne les contributions en vision 3D, en plus de celles mentionnées précédemment sur les visages, nous nous concentrons principalement sur l'analyse d'images et de vidéos capturées par une seule caméra RGB, bien que certains travaux aient également exploité des données LiDAR ([CMD24], [Ngu+20], [Pai+19]). Une approche a par exemple été proposée pour estimer la profondeur dans une image à partir d'un flux vidéo, par apprentissage profond non supervisé ([Cec+24]). L'idée ici est d'utiliser une contrainte de profondeur du sol plat pour améliorer l'apprentissage. Nous avons également proposé une méthode originale d'apprentissage pour l'estimation de paramètres de la caméra en utilisant une seule image dans le contexte spécifique de vidéos de sport en terrain ou en piscine ([JVD22a]). Enfin, nous avons proposé une approche très performante de reconstruction 3D de vêtements (*garment draping*) par apprentissage auto-supervisé qui intègre efficacement des contraintes physiques et géométriques ([CCP24]) et qui permet de réduire considérablement les déformations et les artefacts non réalistes de reconstruction.

Les travaux de recherche de l'équipe sur les images 2D sont nombreux. Nous avons proposé plusieurs méthodes de détection d'objets basées sur des modèles originaux d'apprentissage profond, et par exemple, dans ([Coh+24], [Coh+21]), nous exploitons une architecture SSD (*Single-Shot Detector*) multimodale (images RGB et profondeur), et utilisons des stratégies pour améliorer le transfert du modèle des images synthétiques aux images réelles pour détecter des objets industriels. Une approche alternative de l'équipe, présentée dans ([Yem+24]), qui aborde le problème de la faible quantité de données annotées et l'adaptation à un domaine spécifique, celui des œuvres d'art, consiste à étendre le jeu



Calibrage en ligne et en temps réel d'une paire de capteurs caméra événementielle et LiDAR. En haut : décalibrages aléatoires. En bas : données calibrées. [CMD24].

d'apprentissage par une annotation semi-automatique avec un modèle de fondation *open vocabulary*, permettant ainsi d'améliorer significativement les performances du détecteur sur ces images. Nous avons également proposé des méthodes variées pour la segmentation d'images et d'instances. Par exemple, dans un cadre concret et particulièrement complexe d'application de robotique industrielle, nous avons introduit une nouvelle architecture d'apprentissage profond d'encodeur-décodeur pour la localisation d'objets non occultés (donc les plus proches de la caméra) dans une image RGB où de multiples objets très similaires se superposent ([GDC20]). D'autres méthodes et modèles originaux de détection et de segmentation ont été développés pour détecter des défauts ou des anomalies ([FEB21], [Mig+24], [MDL24], [MDL23]) pour des applications telles que la manufacture, le génie civil ou la médecine, en abordant pour chacune des problèmes spécifiques (nombre et qualité de données, confidentialité, etc.). Enfin, nous avons proposé un nouveau modèle de *Transformer* spatio-temporel pour la segmentation d'objets dans les vidéos ([Duk+21]).

L'équipe a une longue expérience dans le traitement et la classification d'images, par exemple pour la classifi-

cation d'espèces de plantes ou d'arbres à partir d'une photo dans un contexte d'appareil mobile avec ressources limitées ([SCR23], [Lan+21], [MCT20]) ou pour la classification d'images tomographiques (CTIS) ([Dou+21], [Dou+20]). D'autres méthodes ou benchmarks ont été publiés pour détecter ou segmenter des structures fines ou à faible contraste dans des images, avec par exemple, la détection de vaisseaux sanguins dans des images médicales ([Lam+22], [Lam+20]) ou des fissures dans des images de matériaux ([Liu+21]). Enfin, nous avons développé des algorithmes au niveau pixel avec des nouvelles approches géométriques pour la vectorisation d'images ([KL19]) ou la détection de droites épaisses ([ENK19]).

Le dernier volet de cet axe concerne la surveillance de l'environnement, des territoires et de l'urbain, par exemple pour des applications en géologie, agriculture, urbanisme, etc. Dans [Dao+24], nous proposons une nouvelle architecture de CNN à trois flux pour la détection de feux dans des vidéos, et dans [Gha+21] un framework pour la quantification de bois flottants dans des rivières par analyse vidéo. En utilisant des données LiDAR, nous avons proposé une méthode d'apprentissage pour reconnaître des défauts sur des troncs d'arbres ([Ngu+20]). D'autres approches originales ont été proposées pour l'analyse d'images aériennes pour la classification de type de terrain ou son évolution historique ([GGC22], [Rat+19], [Kho+22], [Kho+21]) ou pour estimer la température au sol ([Khe+24]). Enfin, l'équipe a également proposé plusieurs méthodes de recherche de régularités spatio-temporelles dans des séquences d'images satellites ou des champs de déplacements, par exemple pour suivre le mouvement et la déformation de la croûte terrestre ([Rej+20], [Még+19], [Ngu+19]).

#### Intitulés de quelques projets de l'équipe associés à l'axe 4 (détails dans la table 2.9)

**Reveries** : Reconnaissance de végétaux récréative, interactive et éducative sur smartphone; **IMU-Gouramic** : Classification – Reconstruction de l'occupation du sol par classification automatique d'images multi-temporelles;

**Evercan** : Caractérisation des espaces verts urbains et risque de cancer dans la cohorte E3N (Étude épidémiologique auprès des femmes de la MGEN);

**Rhino** : Reconstruction with Differential Geometry;

**Garsem** : Sémantique des Vêtements par Apprentissage Profond;

**Debs-Plague** : Compréhension des dynamiques de circulation de la peste et identification des écosystèmes français favorables ou non à son implantation; approche interdisciplinaire (sciences historiques, archéologiques, biologiques, math. et ingénierie);

**R-Vessel-X** : Extraction et interprétation robustes des réseaux vasculaires dans les images biomédicales hépatiques;

**Woodseer** : Prédiction des défauts internes des grumes à partir de leurs caractéristiques corticales;

**Pranevrisme** : Vers une meilleure prédiction du risque de rupture des anévrismes intracrâniens;

**IatoAura** : IA et multi-modalité pour l'observation des territoires; **Aaa** : Analyse de l'œuvre augmenté : Logiciel d'interprétation assistée des images artistiques;

**Lucy** : Illuminer les puces pour mieux comprendre les mécanismes complexes de transmission de *Yersinia pestis*;

**Evercan** : Caractérisation des espaces verts urbains et risque de cancer dans la cohorte E3N entre 1990-2014;

**Alegoria** : Structuration et valorisation du patrimoine géographique iconographique dématérialisé;

**3Dsurf** : Super-hydrophobie durable et robuste par fabrication additive hybride et biomimétisme;

**Datawise** : Data Annotation Technology Advancement With Innovative Solutions for Efficiency.

## Implication des membres de l'équipe et résumé de ses activités de recherche partenariale

La Table 2.8 montre l'implication des membres de l'équipe Imagine dans chacun des axes. On peut observer que très majoritairement, les membres ne sont pas isolés sur une thématique. La Table 2.9 résume l'ensemble des activités de recherche partenariale de l'équipe. Les ressources propres sont diversifiées et proviennent de projets nationaux, européens ou internationaux, de contrats industriels, de projets régionaux et de projets plus académiques.

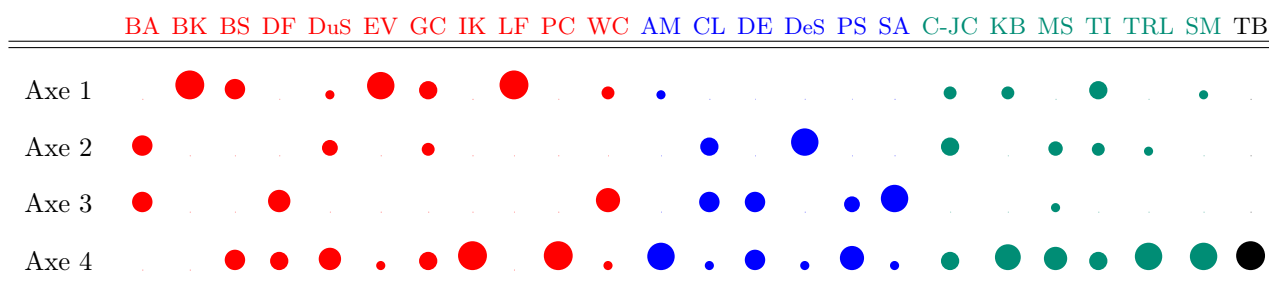


TABLE 2.8 – Pourcentages d'implication des membres de l'équipe dans chacun des quatre axes. Sur chaque colonne, la somme des surfaces des cercles est égale à 1, leur couleur dépend de l'implantation du membre, représenté par ses initiales (Nom Prénom) : INSA@Villeurbanne, ECL@Écully, Lyon\_2@Bron, Lyon\_1@Bourg-en-Bresse. Une absence de cercle indique que le membre de l'équipe n'a que très peu travaillé sur la thématique correspondante.

## Distinctions et prix

Des membres de l'unité sont lauréats de distinctions et de prix scientifiques internationaux, européens et nationaux.

- L. Chen en partenariat avec l'entreprise Siléane de Saint-Étienne a reçu, le 06 octobre 2022 le Prix FIEEC-Bpifrance de la Recherche Appliquée 2022<sup>8</sup> pour ses travaux sur le thème « Nourrir la perception et l'agilité des robots de manipulation par l'IA et l'auto-apprentissage » ;
- V. Eglin a été nommée en qualité de Chevalier dans l'ordre des Palmes académiques en juillet 2022, et S. Bres en juillet 2024 ;
- P. Marza, doctorant, a obtenu le titre de *Outstanding Reviewer* pour la conférence ECCV 2024, et C. Wolf pour les conférences CVPR 2019, BMVC 2020, CVPR et BMVC 2021 ;
- R. Chen, doctorant, a obtenu le prix du *Best Student Paper* de l'*International Conference on 3D Vision (3DV)* 2024 pour son article *GAPS : self-supervised, geometry-aware, physics-based neural garment draping* ;
- D. Gominski, doctorant, et ses coauteurs ont obtenu le *Best Paper Award* du *CVPR 2022 EarthVision workshop : Large Scale Computer Vision for Remote Sensing Imagery*, pour leur article intitulé *Cross-Dataset Learning for Generalizable Land Use Scene Classification* ;
- J. Cohen, doctorante, et ses coauteurs ont obtenu le prix du *Best industrial paper* de la quinzième *International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP 2020)* pour l'article *CAD-Based Learning for Egocentric Object Detection in Industrial Context* ;
- T. Douzon, doctorant, et ses coauteurs ont obtenu le *Best Paper Award* du workshop DAS 2022 pour l'article *Improving Information Extraction in Business Documents with Specific Pre-Training* ;
- T. Jaunet, doctorant, et ses coauteurs ont obtenu le *Best Paper Award* du second *workshop on Visualization for AI Explainability* organisé à Vancouver dans le cadre de la conférence IEEE VIS 2019, pour l'article *What if we Reduce the Memory of an Artificial Doom Player ?* ;

---

8. [Prix FIEEC-Bpifrance de la Recherche Appliquée 2022](#)

TABLE 2.9 – Projets impliquant des membres de l'équipe sur la période 2019-2024. Les 19 projets **en gras** sont coordonnés par un membre de l'équipe. Budget total : 9204 k€.

	Type	Nom	Début	Fin	Budget (k€)
<b>PIA</b>					
	Excellences	<b>Agoracoma</b>	03/2024	02/2028	<b>483</b>
	Labex IMU*	<b>Soundcityve</b>	01/2017	12/2019	130
	Labex IMU	<b>Gouramic</b>	01/2018	09/2021	118
	Prog. Prioritaire Rech.	Neptune (JO-Paris-2024)	02/2020	12/2024	94
	PEPR MIE	Debs-Plague	04/2024	03/2028	27
					115
<b>Internatl.</b>					
	ANR MESRI-BMBF	<b>Aristotle</b>	07/2021	06/2025	<b>1548</b>
	ANR MESRI-BMBF	<b>Rematch</b>	10/2021	09/2025	279
	ANR DFG-JST	<b>Chiron</b>	10/2020	12/2024	257
	ANR Edge IA	<b>Asterix</b>	10/2023	09/2027	313
	PUF (FR-US)	<b>4D vision</b>	01/2016	12/2022	278
	ANR CE38	AAA	03/2021	10/2025	55
	ANR CE27	Chedil	10/2023	11/2027	147
	Pause-ANR Ukraine	T. Yemelianenko	2023	2025	78
					140
<b>Européen</b>					
	CHIST-ERA	Learn-real	03/2019	05/2023	<b>339</b>
	Eureka-Eurostars	Macadams	07/2016	06/2022	249
					90
<b>National</b>					
	ANR LabCom	<b>Arès</b>	10/2017	03/2022	<b>3665</b>
	ANR IAS3	<b>Radyal</b>	10/2023	03/2027	300
	ANR JCJC CE33	<b>Rhino</b>	10/2022	10/2026	220
	ANR JCJC CE39	<b>Trstit</b>	01/2024	12/2027	306
	ANR CHIA	<b>Remember</b>	01/2020	11/2024	262
	ANR CE45	R-Vessel-X	01/2019	06/2023	574
	ANR CE38	Eclats	10/2015	09/2021	120
	ANR CE38	Reveries	10/2015	03/2021	79
	ANR CE38	Alegoria	10/2017	05/2021	272
	ANR CE39	Lucy	04/2016	01/2022	94
	ANR CE23	Delicio	11/2019	09/2024	80
	ANR CE23	Garsem	10/2024	09/2028	168
	ANR CE19	Pranevrisme	10/2023	03/2028	229
	ANR CE10	Woodseer	10/2019	10/2023	109
	CNRS MITI	<b>Ancor</b>	06/2022	12/2023	21
	ADEME	<b>Gouramic</b>	10/2017	09/2020	99
	FUI	Pikaflex	10/2016	12/2020	65
	France relance	Mirauar	11/2021	12/2024	351
	ANSES	Evercan	02/2022	04/2026	144
	Carnot	3Dsulf	01/2023	12/2025	76
	IUF	L. Chen	10/2022	09/2027	21
					75
<b>Régional</b>					
	Pack Ambition Rech.	<b>Symtesens</b>	03/2021	09/2026	<b>1821</b>
	Pack Ambition Rech.	<b>Autobehave</b>	03/2019	06/2024	195
	Projet AURA	<b>Station'air</b>	01/2018	12/2021	196
	R&D Booster	<b>Study</b>	03/2020	07/2023	116
	R&D Booster	Acrobath	02/2023	12/2025	202
	R&D Booster	Datawise	10/2024	09/2026	143
	PSPC**	Fairwastes	03/2020	09/2025	135
	Défis IA - Minalogic	IatoAura	01/2021	12/2024	380
	Défis IA - Minalogic	Artiste	04/2021	06/2026	125
	i-Demo régionalisé	Cubics II	2024	2028	125
					204
<b>Industriel</b>					
	32 conventions CIFRE	(hors salaires)	-	-	<b>1348</b>
	Autres	Contrats plus courts	-	-	1341
					7

\*Labex IMU Auvergne-Rhône-Alpes (Intelligences des Mondes Urbains).

\*\*Projet de Recherche et Développement Structurant pour la Compétitivité.

**Référence 2. Les activités de recherche de l'équipe donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

L'équipe a publié dans les revues reconnues, tant méthodologiques (IJCV, PRL, TIP, Physical Review Letters, Neurocomputing, IEEE Transactions on Medical Imaging, etc.), qu'appliquées ou thématiques. Nous avons plusieurs co-publications avec des partenaires académiques et industriels. L'équipe encourage ses membres à publier dans des revues (notées  $ACL^+$ ) de qualité renommée. Avec l'aide de la direction du laboratoire, nous informons et décourageons les soumissions à des revues dont l'éditeur est suspecté de comportement prédateur ou dont la qualité du processus d'édition est douteuse.

Les conférences auxquelles nous participons sont très variées. Nous publions dans des actes de conférences de premier plan telles que CVPR, ICCV, ECCV, ICML ou NeurIPS. Le choix de nombreuses conférences spécialisées vient de l'envie pour les collègues d'avoir des retours plus riches et plus ciblés que dans d'autres conférences.

La table 2.10 montre la production chiffrée de l'équipe sur chaque année de la période 2019-2024. Le taux de publication moyen par ETP sur la période 2019-2024 est de 1 par an pour les meilleures revues et de 1,2 toutes revues confondues. Les nouveaux membres arrivés en 2022 et 2023 sont bien intégrés dans l'équipe. Ils

ont co-publié avec des collègues de l'équipe leurs travaux menés depuis leur prise de poste.

TABLE 2.10 – Bilan des publications 2019–2024 en revues et conférences

		2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
Revues	ACL <sup>+</sup>	10	13	15	13	4	8	53	8.8
	ACL	15	15	15	16	5	10	76	12.6
	ACL/ETP	1.5	1.43	1.43	1.6	0.45	0.83		1.2
Conférences	ACTI <sup>+</sup>	9	8	13	7	13	11	61	10.2
	ACTI	26	24	35	20	27	21	153	25.5
	ACTN	3	6	6	3	1	1	20	3.3
	ACTI/ETP	2.6	2.29	3.33	2	2.45	1.75		2.4
ETP <sup>1</sup>		10	10.5	10.5	10	11	12	64	10.7

<sup>1</sup>Nous comptons dans les ETP les permanents présents jusqu'au 31 août de chaque année civile ; les permanents partant au 1er septembre sont donc comptés dans les ETP et ceux arrivant au 1er septembre ne le sont pas.

**Note :** Nous avons classé les revues et les conférences en distinguant les plus prestigieuses (ACL<sup>+</sup> : revues internationales de rang A avec comité de lecture et ACTI<sup>+</sup> : conférences internationales de rang A avec actes et comité de lecture). Les revues ACL<sup>+</sup> sont celles classées dans les deux premiers quartiles du classement Scimago pour un des domaines d'activité du laboratoire dans les deux dernières années. Les conférences ACTI<sup>+</sup> sont jugées les meilleures sur le portail ICORE, les autres prises en considération sont de bonnes conférences du domaine sélectionnant sur papier complet avec plusieurs rapporteurs et ayant un bon taux de sélection ou bien identifiées dans les communautés nationales (GDR, etc.). Les communications en conférences ou journées nationales avec actes sont indiquées dans la catégorie ACTN. L'ensemble des publications en revues et conférences de l'équipe peuvent être retrouvées sur [cette page](#).

L'équipe joue également un rôle important dans la formation des jeunes chercheurs, comme en témoigne notre engagement dans l'encadrement doctoral. Fin 2024, nous comptons 46 thèses en cours, et 38 thèses ont été soutenues sur la période 2019-2024. Nous accompagnons également des projets en lien direct avec le monde socio-économique, avec 32 thèses sous convention CIFRE, en cours ou soutenues sur la période. Par ailleurs, la dynamique de renouvellement de nos travaux est forte, avec 58 nouvelles thèses initiées sur la période. Parmi celles-ci, six thèses ont été abandonnées ou arrêtées prématurément pour raisons économiques. Nous avons également 4 stagiaires de Master en 2022, 6 stagiaires en 2023 et 19 stagiaires en 2024. Nous veillons à ce que nos doctorants, post-doctorants et stagiaires soient bien intégrés dans le paysage scientifique national et international, mais également au sein de notre laboratoire.

### Référence 3. L'équipe participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

Nous listons ici les principaux marqueurs de l'équipe en termes d'attractivité, d'implication dans des réseaux ou des instances de pilotage de la recherche ou d'expertise.

#### Organisation ou responsabilités lors de manifestations scientifiques

L'équipe a contribué, depuis 2019, à l'organisation de diverses manifestations scientifiques nationales et internationales. Nous listons ci-dessous nos principales implications.

- International
  - *Program co-chair* de l'IAPR *International Workshop on Document Analysis Systems* (DAS 2022). Organisation du Symposium International Francophone sur l'Écrit et le Document (SIFED 2021) à Lyon.
  - *Industry chair* de la conférence ICDAR 2023. *General chairs* du septième *International Workshop on Image Analysis Methods in the Plant Sciences* (IAMPS 2019) ;
  - L'équipe a été à l'initiative de l'organisation des nouvelles séries du *Workshop on Reproducible Research in Pattern Recognition* (RRPR) pour les éditions 2020, 2022 et 2024 ;
  - Coorganisation des ateliers SwimTrack puis SportsVideo dans le cadre des éditions 2022 et 2023 du *Multimedia Evaluation Benchmark*, MediaEval<sup>9</sup>. Organisation d'une session spéciale *Forensics and security of physical objects* dans le cadre du 13ème *IEEE International workshop on Information Forensics and Security* (WIFS 2021) ;
  - Des membres de l'équipe ont servi d'*Area Chair* pour NeurIPS 2020-2021, ICLR 2021, ICML 2021, CVPR 2020, ICCV 2021, CoRL 2022-2024, ainsi que pour la *Track 2 (Biometrics, Human Analysis and Behavior Understanding)* de l'ICPR 2020.

9. [Multimedia Evaluation Benchmark](#)

- Régional, national
- Organisation à Lyon d'INNOV 2021, 3<sup>ème</sup> édition d'un événement organisé tous les deux ans qui vise à promouvoir des rencontres entre laboratoires de recherche et industriels des secteurs banques et assurances ainsi que des startups du domaine et des éditeurs de logiciels autour des questions de la gestion de documents, de la fraude, de la blockchain ou de la cybersécurité ;
- Co-organisations de journées nationales : GDR IASIS (apprentissage profond pour l'interprétation vidéo en 2019, *ML and physics, Self-supervised and weakly supervised learning* en 2020 et en 2022), GDRs IASIS et Sécurité informatique (analyse forensique de données multimédia en 2023, vie privée et sécurité des données multimédia en 2024), GDRs IASIS et Robotique en 2019, 2020 et 2021 sur le thème Apprentissage et Robotique, et en novembre 2023 (caméra événementielle appliquée à la robotique) ;
- Co-organisation d'un tutoriel Apprentissage et Robotique dans le cadre des Journées Nationales de la Recherche en Robotique (JNRR) en 2019, et d'une école d'été de l'Institut d'Automne en Intelligence Artificielle (IA2) ;
- Organisation le 23 mai 2022 d'un colloque sur la recherche en informatique appliqué au cinéma, en présence du directeur de la cinémathèque des Pays de Savoie et de l'Ain. Cet événement a permis d'impliquer plusieurs équipes du LIRIS (DRIM, DM2L, Imagine, SAARA et SICAL) qui mènent des recherches sur l'analyse et l'interprétation automatique de films, la reconnaissance de visages, la gestion des collections de données volumineuses, les systèmes de recommandations vidéo.

### Responsabilité de chaire

C. Wolf a été titulaire de la chaire Remember (*Learning Reasoning, Memory and Behavior*) entre 2020 et 2022. La chaire était cofinancée par l'ANR, Naver Labs Europe et l'INSA de Lyon.

### Comités de rédaction

V. Églin a été éditrice associée de la revue Pattern Recognition (2018-2019). L. Chen a été éditeur associé pour la conférence ICPR 2020. Il est aujourd'hui éditeur associé de l'Eurasip *Journal on Image and Video Processing* et Area Editor du journal *Computer Vision and Image Understanding* d'Elsevier. C. Wolf est depuis 2019 éditeur associé de la revue IEEE TPAMI. I. Tkachenko est membre élue de l'*IEEE Information Forensics and Security Technical Committee* pour la période 2024-2026.

### Comités de programmes

Les membres de l'équipe participent très régulièrement à des comités de programmes de conférences internationales et nationales, notamment les suivantes : ECML-PKDD 2019-2021 et 2024, ICCV 2019, ICML 2019, AAAI 2020-2021, CVPR 2020, ECCV 2020, ICLR 2022-2023, NeurIPS 2019 et 2022-2024, IJCAI 2018-2022, ACM MM 2019-2022, FG 2020, ICDAR 2019-2021-2023-2024 (meta-reviewer pour ICDAR 2024), ICPR et DGMM.

### Responsabilités et instances d'évaluation

- A. Baskurt a été Conseiller Scientifique Panel du panel Sciences Informatiques du département d'évaluation de la recherche du Hcéres jusqu'en 2023. Il est depuis 2024 Conseiller Scientifique de Coordination des panels Chimie, Sciences pour l'Ingénieur, Sciences Informatiques au Hcéres ;
- V. Églin a été membre nommée de la section 27 du CNU de 2017 à 2023 (titulaire en 2019) ;
- L. Tougne Rodet a été membre nommée de la section 7 du Comité national de la recherche scientifique (CoNRS) de 2016 à 2021. Elle est membre nommée à la Commission Nationale des Enseignants-chercheurs du ministère en Charge de l'Agriculture (CNECA) de 2022 à 2027 ;
- C. Wolf est membre du Comité de direction du GDR IASIS depuis 2017, coresponsable de l'axe Apprentissage machine, et membre du Comité scientifique du GDR IA/RADIA depuis 2016 ;
- I. Tkachenko est coresponsable du GT Sécurité des données multimédia du GDR Sécurité Informatique.

Des membres de l'équipe ont été amenés à expertiser et/ou à participer à différents comités d'évaluation durant la période. Nous en fournissons ci-après quelques-unes :

- Expert IA pour l'Infrastructure de recherche GENCI sur la période 2019-2021 ;
- Comité d'Orientation Stratégique du Centre International de Recherche « Innovative Transportation and Production Systems » (CIR ITPS) de l'Université Clermont Auvergne en novembre 2024 ;
- Comité d'évaluation CE23 de l'ANR en 2020, 2021, 2023 et 2024 ;

- Comité d'experts Hcéres pour l'évaluation institutionnelle de l'École Nationale Supérieure de Statistique et d'Économie Appliquée (ENSEA) à Abidjan en Côte d'Ivoire, et pour l'évaluation de la recherche de l'unité CoBTeK (*Cognition Behaviour Technology*, EA 7276) de l'Université Côte d'Azur et d'Inria ;
- Comité d'experts Hcéres pour l'unité *EuroMov Digital Health in Motion* (EuroMov DHM) de l'Université de Montpellier et de l'IMT Mines Alès en 2020 ;
- Expertises pour la SNF (post-doc fellowships, starting grants), pour la labellisation de projets (IA/génie Civil) du cluster régional Indura (Infrastructures durables), pour les régions Nouvelle-Aquitaine en 2024 et la région AURA en mai 2021, pour l'*Indo-French Centre for the Promotion of Advanced Research* (IFCPAR/CEFIPRA) en mars 2023, et pour l'appel Graines d'ARTEMIS dans le cadre du Programme interdisciplinaire Lorraine Université d'Excellence pour des forêts résilientes et durables en décembre 2023.

### Autres implications de membres de l'équipe

- V. Églin est co-fondatrice du centre européen de valorisation numérique, Valconum, et membre de son CA depuis 2011. Elle a été membre du bureau du CA du « Groupe de Recherche en Communication Écrite » (GRCE) de 2020 à 2024. Elle est membre du Conseil Scientifique du cluster Numérique « Digital League » (cluster des entreprises du numérique en Auvergne-Rhône-Alpes) depuis 2017, et présidente de l'IAPR *Education Committee* depuis 2020 pour le développement de l'axe « formation par la recherche » à destination des doctorants internationaux : aide à la mobilité des doctorants européens, portage du *Doctoral Consortium* au sein des conférences ICDAR 2017-2019, ICPRAI 2022 et ICPR 2024 ;
- K. Barrere est membre du bureau du CA du GRCE depuis décembre 2024 ;
- C. Garcia est depuis 2016 Adjoint à la Direction de la Recherche de l'INSA Lyon, en charge de l'un des 5 grands enjeux sociétaux de l'établissement, l'enjeu « Information et Société Numérique ». Il est depuis 2021 co-porteur de la Chaire « Innovation for Humanity » associant Handicap International et l'INSA Lyon. Il est depuis 2019 membre du CA du pôle Minalogic. Il a été membre du Directoire de l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon en tant que représentant de l'INSA Lyon, de 2018 à 2023.

### Accueil de chercheuses et de chercheurs

L'équipe a accueilli plusieurs visiteurs étrangers (permanents et doctorants) au cours de la période. Nous listons essentiellement ci-dessous les visites d'une durée de plus d'un mois.

- T. Yemelienenko est membre de l'équipe depuis juin 2022, d'abord dans le cadre du Programme Pause – ANR Ukraine (accueil de scientifiques ukrainiens) et depuis l'automne 2024 en tant que postdoctorante ;
- Chokri Ben Amar de l'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, ENIS, durant le mois de janvier 2024 ;
- Di Huang<sup>10</sup> de l'université de Beihang, Pékin, Chine, *Intelligent Recognition and Image Processing Lab*, durant les mois de février 2019 puis de décembre 2024 ;
- Zhongzhe Xiao de l'université Soochow, Chine, de janvier à mars 2020 ;
- Jie Yang de l'université de Shanghai Jiaotong, *Lab of Pattern Analysis and Machine Intelligence, Institute of Image Processing and Pattern Recognition*, en octobre 2019 ;
- Dimitris Samaras de l'université Stony Brook, État de New York, États-Unis, les 19 février 2019, 17 juin 2023 et 5 juillet 2024.

**Référence 4. La production scientifique de l'équipe respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

Les publications de l'équipe, comme celles de l'ensemble du laboratoire, sont systématiquement référencées dans l'archive ouverte HAL.science. Plusieurs étudiants, postdoctorants et enseignants-chercheurs de l'équipe ont mis à disposition des codes sources associés à leurs publications ainsi que des démonstrations en ligne : E. Beeching, S. Janny, P. Marza, F. Yriarte, N. Jacquelin, T. Jaunet, C. Boscher, B. Michelot, R. Guesdon, C. Kervadec, Q. Gallouédec (1), Q. Gallouédec (2), G. Duret.

Plusieurs jeux de données ont également été acquis, mis en forme et rendus accessibles, majoritairement via la [plateforme de partage](#) du laboratoire. Quelques exemples sont listés ci-dessous.

- FruitBin. Plus d'un million d'images de fruits symétriques et asymétriques avec ou sans texture et 40 millions d'annotations (poses 6D, masques de segmentation, nuages de points, boîtes englobantes 2D et 3D et taux d'occultation) ;

10. Di Huang, *China-France Outstanding Young Scientific Researcher 2024*

- GenVegeFruits3D. Ce jeu de données contiendra à terme 1 000 maillages 3D pour chacune des 100 catégories de fruits et légumes ;
- MEP-seg dataset : 8751 images synthétiques générées à partir de Building Information Modeling (BIM) ;
- AMETHYST : Collection de fichiers PDF et d'images qui sont soumis à un traitement par apprentissage automatique et par traitement du langage naturel pour extraire des tableaux contenant des informations sur les composés époxy/amine et leurs propriétés ;
- EAGLE. Environ 1,1 million de maillages 2D résultant de simulations de dynamique des fluides instables causées par une source d'écoulement en mouvement interagissant avec une structure de scène non linéaire, composée de 600 scènes différentes de trois types différents ;
- [DriPE](#) : Un jeu de données pour l'estimation de la posture humaine dans des situations de conduite réelles ;
- [InterFolia-dataset-2-0](#) : Ce jeu de données contient 477 classes d'organes végétaux (167 feuilles d'arbres et d'arbustes présents en France et en Europe occidentale, 181 fleurs/fruits, 129 écorces) et 10058 exemples ;
- INSA [Soil Image dataset](#) : Ce jeu de données comprend des images RGB + NIR de différents types de sols (sables, argiles, gravier, etc.) pour l'estimation de leurs propriétés géotechniques ;
- [PFBridge Synthetic dataset](#) : 3364 images synthétiques de ponts portails avec annotations de segmentation sémantique (projet Mirauar) ;
- [Copy Detection](#) Pattern dataset : 7500 images de CDP pour l'étude de détection des contrefaçons (collaboration avec la société Scantrust) ;
- Augmentation (falsification) du jeu de données [PaySlip - Forgery Detection Dataset](#) : 62 images de documents imprimés et numérisés à l'aide d'une imprimante/scanner TOSHIBA ColorMFP à des résolutions de 300 et 600 dpi, ainsi que 31 documents réimprimés et numérisés à une résolution de 600 dpi ;
- Augmentation du jeu de données [DEArt](#) pour la détection d'objets dans les œuvres d'art ;
- Corpus servant à évaluer le modèle [SENSE-LM](#) : un corpus de l'état de l'art, Odeuropa, focalisé sur des expériences olfactives dans la littérature entre le 15<sup>e</sup> et le 19<sup>e</sup> siècle, et un jeu de données original que nous avons généré et annoté, centré sur des expériences auditives.

### DOMAINE 3. Inscription des activités de recherche dans la société

#### Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social

Comme le montre le Tableau 2.9, l'équipe a une importante activité contractuelle avec le monde culturel, économique et social. L'équipe a été impliquée ou est impliquée dans dix projets de recherche financés par la région AURA, 21 projets nationaux, pour la plupart financés par l'ANR, et dix projets européens/internationaux. Sur la période, 84 thèses sont ou ont été financées, en incluant 34 conventions CIFRE ou contrats directs avec des partenaires industriels.

L'équipe entretient des interactions avec divers autres acteurs des sphères culturelles, économiques et sociales. À titre d'exemple, elle a collaboré avec le Centre de Lutte contre le Cancer Léon Bérard dans le cadre du projet Gouramic et poursuit actuellement une collaboration avec l'hôpital Gustave Roussy pour le projet Evercan. Par ailleurs, l'équipe engage des partenariats avec des entreprises à travers des projets collaboratifs tels que le projet Station'air en coopération avec les sociétés Foxstream et Elistair, ou le projet Autobehave en partenariat avec le groupe DEMS. Ces interactions multidimensionnelles favorisent des synergies interdisciplinaires, impliquant notamment des géomaticiens et des épidémiologistes pour les projets Gouramic et Evercan, des botanistes pour le projet Reveries, ainsi que des biomécaniciens, des neuroscientifiques et des économistes dans le cadre du projet Autobehave.

Pour ne citer qu'un autre exemple : Le projet régional Symtesens (Système multimodal d'extraction de données Sensorielles hétérogènes, 2021-2025) concerne la mise au point d'une méthode d'accès à des ressources documentaires hétérogènes qui ne disposent d'aucun standard de représentation et du développement d'une plateforme d'interrogation multimodale. Ce projet, qui nous associe au LHC de Saint-Étienne, intègre également les archives municipales et la bibliothèque municipale de Lyon (comme usagers de ces innovations), la Maison des Sciences sociales et des Humanités (MSH) Lyon Saint-Étienne pour les applications liées à l'archéologie du paysage sonore (avec Mylène Pardoën, musicologue à la MSH) et la SATT Pulsalys de Lyon.

## Référence 2. L'équipe développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.

L'équipe entretient des liens réguliers avec le monde industriel. Cela se manifeste au travers de thèses sous conventions CIFRE, de thèses co-financées ainsi que de projets de recherche partenariaux régionaux et nationaux impliquant également des partenaires industriels. Pour n'en citer que quelques-uns, nous avons collaboré ou collaborons avec des petites, moyennes et grandes entreprises telles que Orange, Michelin, Airbus Helicopters, Thales Land and Air Systems, Veolia, Esker, Orinox, Siléane, Visual Behavior, Naver Labs Europe, Idemia, Foxstream, Faurecia Clarion Electronics Europe, Next-Bim, Tiama et Krömm.

## Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Nous listons ci-dessous quelques exemples d'actions dans lesquelles nous nous sommes impliqués durant la période 2019-2024.

- Encadrements de stages de troisième et de seconde de collègues et de lycées de l'agglomération lyonnaise ;
- Participation à un projet de recherche avec des lycéens dans le cadre du congrès MATH.en.JEANS 2024 ;
- Participations aux cordées de la réussite (lycéens) et aux parcours découverte (collégiens) ;
- Séminaire interactif donné à des chercheurs en Humanités Numériques lors de Data SHS : Journée "Des données images et sons en SHS : de la production à la valorisation" le 12 décembre 2019, à Lyon. Thème : utilisation de notre plateforme multimodale de recherche par le contenu (plateforme Ulysse-Pleiad développée au LIRIS) ;
- Le projet de Labex IMU Auvergne-Rhône-Alpes Soundcityve touchant à l'archéologie du paysage sonore (pour une restitution sensible des sons d'hier dans la ville de Lyon) 2017-2019 couvre un partenariat pluridisciplinaire avec les laboratoires EVS, LHC, ICAR, ELICO, LARHRA et les praticiens/acteurs socio-économiques et culturels : BML, Archives du Rize, Archives de Villeurbanne, Musée Gadagne. En 2019, il a été intégré au projet pluridisciplinaire [Nomadhiss](#) porté par Mylène Pardoën et proposé Pépite CNRS en 2020 lors des Innovatives SHS de Lille, les 15-16 mai 2019. La présentation du projet SoundCityve a fait l'objet d'une [restitution](#).
- À l'occasion des 80 ans du CNRS et de la fête de la Sciences : Présentation du projet SoundCityve au musée des Confluences à Lyon, 3-5/10/2019 (12000 visiteurs) ;
- Parution d'un article de vulgarisation scientifique dans la revue Sciences et Avenir (le 25/10/2019) sur Nomadhiss et ses quatre projets ;
- Parution d'un article intitulé « L'identification automatique des adventices présente des problématiques multiples » dans la revue Réussir Fruits & Légumes, cahier N° 1 du n° 399 novembre 2019 ;
- Parution d'un article intitulé « La reconnaissance faciale, des technos mûres mais pas infaillibles » dans [L'Usine Nouvelle](#), 17 novembre 2020.
- Interview pour le magazine de la recherche de Lyon 2 (RchRch). Cette interview a donné lieu à un article dans l'édition 2022 du magazine à destination des partenaires de l'université ;
- Diffusion sur l'AppStore en juin 2021 de l'application InterFolia permettant la reconnaissance de végétaux à partir de photos de leurs organes. InterFolia est le résultat d'un travail transdisciplinaire associant informaticiens et botanistes dans le cadre du projet Reveries de l'ANR ;
- Dans le cadre du studio Galeri3<sup>11</sup> du Labex IMU, co-porté par l'équipe imagine : Interview par France 3 région sur « Les mystères des arêtes de poissons » diffusée le 22 septembre 2023 ;
- Conférence invitée le 5 mai 2022 dans le cadre des séminaires stratégiques INDURA (cluster rassemblant plus d'une centaine d'acteurs du développement des infrastructures durables en Auvergne Rhône-Alpes), Campus région du numérique à Charbonnières-les-Bains. Titre de l'intervention : Fouille de données dans le processus de découverte de connaissances, formulation d'hypothèses et détection d'anomalies ;
- Conférence invitée (webinaire) le 9 mars 2022 par le groupement I-RISK (14 acteurs publics et privés majeurs de la communauté risques naturels gravitaires en Auvergne Rhône-Alpes). Titre du séminaire : Data Mining dans le processus de découverte de connaissances ;

---

11. [Studio IMU Galeri3. Antiques de Lyon : Exploration et Restitution Informatique 3D \(2022-2025\)](#)

- Participation à l'écriture du [Livre Blanc](#) « IA Générative et Hypertrucages » soutenu par la Région Auvergne-Rhône-Alpes, ainsi qu'à une table ronde sur les IA générative et Deepfakes à l'occasion de la restitution de cet ouvrage lors des MIAI Days de Grenoble, les 17-18 juin 2024 ;
- Intervention lors de l'événement « L'IA au service des systèmes ADAS » (*Advanced Driver Assistance System*) organisé par le Pôle de compétitivité CARA - European Cluster for mobility solutions, le 26 novembre 2024 à Lyon.
- Participation à une démonstration au grand public des usages de la robotique pour le désherbage automatique pendant le Festival Yggdrasil 2023 sur le site d'Eurexpo Lyon.

## Synthèse de l'autoévaluation

La Figure 2.15 présente une analyse SWOT de l'équipe de recherche Imagine.

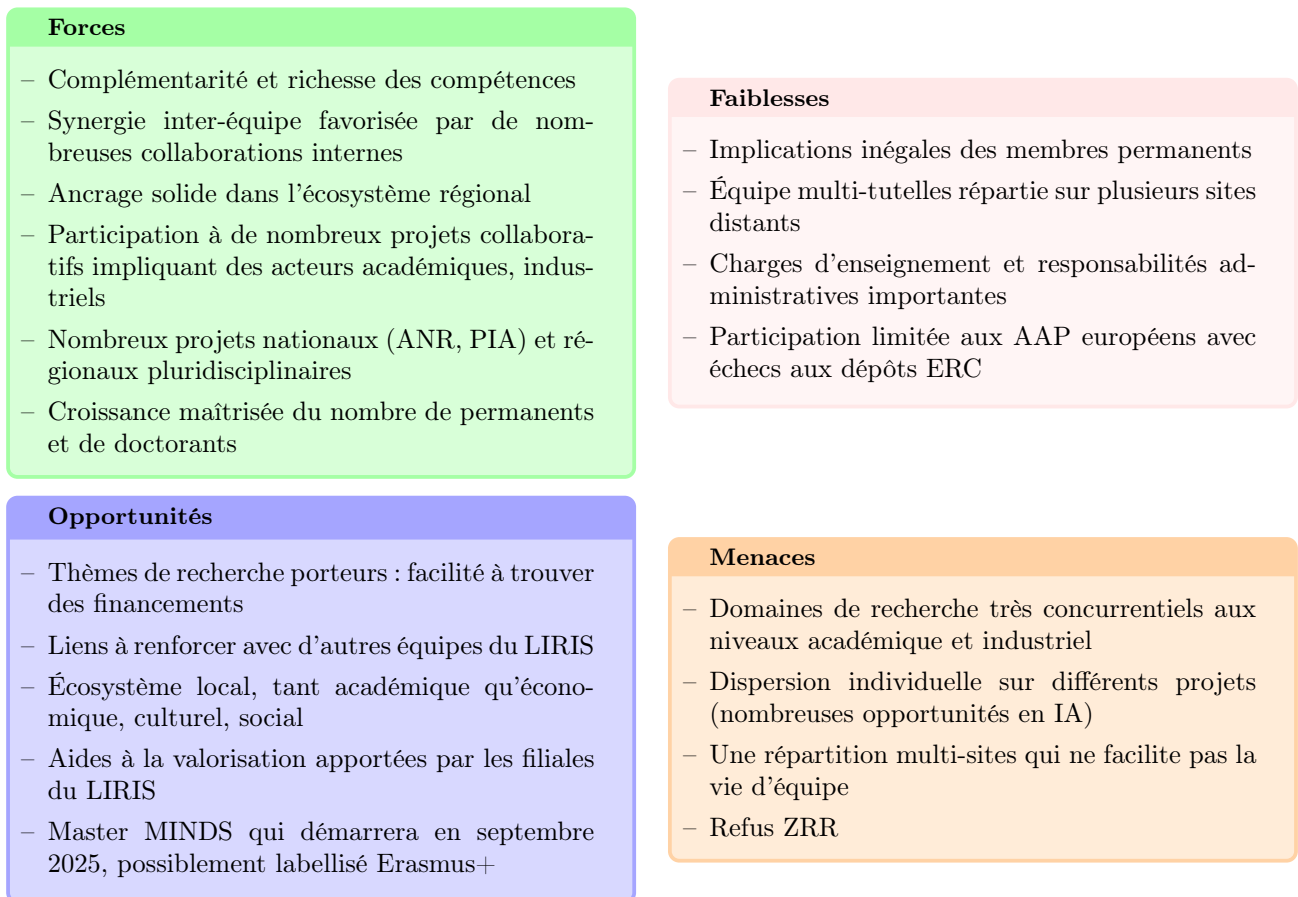


FIGURE 2.15 – SWOT de l'équipe Imagine

## 4- Trajectoire de l'équipe

Durant le prochain quinquennat, l'équipe compte continuer à faire évoluer ses axes de recherche en intelligence artificielle et en vision par ordinateur avec la volonté de renforcer les liens entre ceux-ci, ainsi qu'avec d'autres chercheurs du LIRIS. En robotique, nous comptons proposer des modèles intelligents pour la manipulation, inspirés des avancées en Vision-Language-Action, afin d'améliorer l'adaptation zero-shot et few-shot. Avec l'arrivée récente d'un nouveau collègue MCF dans l'équipe, nous poursuivrons et étendrons nos recherches sur l'analyse multimodale des documents pour l'extraction d'informations et la structuration automatique. Un autre volet concernera la reconnaissance du comportement humain en exploitant des modèles multimodaux avancés. Par ailleurs, nos collaborations interdisciplinaires actuelles et futures avec les neurosciences, l'environnement et la santé nous permettront d'appliquer nos travaux à des données variées. Enfin, nous comptons aller vers des méthodes d'IA frugale pour réduire la consommation énergétique et optimiser l'inférence des modèles.

- **Recherches trouvant des applications en robotique.**

Les perspectives futures de nos recherches s’orientent vers le développement de modèles de manipulation intelligents et polyvalents (*Smart Versatile Manipulation Models*), capables d’acquérir et d’adapter de nouvelles compétences de manière incrémentale à partir de ressources limitées et de simulations. Inspirés par les avancées récentes dans les modèles Vision-Language-Action (VLA) tels que RT-2 et OpenVLA, nous visons à explorer si des modèles de fondation pour la robotique absorbant efficacement les données peuvent émerger pour la robotique visuo-haptique, à l’image des bénéfices d’échelle observés dans le traitement du langage naturel avec les grands modèles de langage (LLMs). L’objectif est d’améliorer la généralisation zero-shot et few-shot pour s’adapter à de nouvelles tâches, environnements, objets, effecteurs et plateformes robotiques.

Dans cette optique, nos travaux se concentreront sur l’extension des modèles VLMs (Vision-Language Models) aux données sensorimotrices et aux actions, en relevant plusieurs défis clés : (1) le transfert sim-to-real, pour rendre les modèles appris en simulation directement exploitables dans des environnements physiques ; (2) l’intégration multimodale, combinant vision, toucher et action pour une perception et une interaction plus riches ; (3) l’apprentissage hiérarchique des tâches, permettant aux robots d’acquérir et de composer des compétences complexes de manière modulaire ; (4) la prise de décision en temps réel, essentielle pour garantir des réponses efficaces et réactives ; et enfin, (5) l’apprentissage et l’adaptation continus, pour permettre aux robots d’évoluer dynamiquement en fonction de leur expérience et de leur environnement. Ces travaux constituent une opportunité d’engager des collaborations avec d’autres équipes du LIRIS disposant notamment de compétences avancées en apprentissage machine (comme les équipes SysCoSMA ou DM2L), en modélisation 3D (comme les équipes Origami ou SAARA) ou en interaction humain-machine (équipe SICAL).

Ces recherches contribueront à rapprocher la robotique cognitive des capacités humaines en matière d’apprentissage et d’adaptation, ouvrant ainsi la voie à des systèmes robotiques plus autonomes et polyvalents dans des contextes variés.

- **Trajectoire de recherche en analyse multimodale des documents.**

Nos recherches s’inscrivent dans l’évolution rapide de l’analyse d’images de documents, portée par les avancées en vision par ordinateur, traitement du langage naturel (NLP) et modèles multimodaux. À l’intersection des grands modèles de langage, des architectures d’analyse de documents sans OCR et des approches d’apprentissage faiblement supervisé ou auto-supervisé, nous visons à développer des modèles d’extraction d’informations robustes et adaptatifs. En nous appuyant sur ces nouvelles directions et capacités des modèles, nous envisageons d’explorer des applications en reconnaissance d’écriture, question-réponse visuel (VQA) et en structuration automatique de documents de contenus complexes et hétérogènes. Dans cette optique, nous poursuivrons plusieurs axes complémentaires de recherche :

- Modèles multimodaux pour une compréhension fine et contextualisée des documents. Nous souhaitons poursuivre le développement de modèles capables d’intégrer simultanément plusieurs dimensions d’un document : textuelle, visuelle et contextuelles, tout en veillant à ce que leur complexité soit maîtrisée (paramétrage et dimensionnalité des réseaux). Inspirés par de certaines architectures dites *OCR-free* (Pix2Struct, Donut), ces modèles visent à dépasser les approches traditionnelles basées sur l’OCR en exploitant directement la structure et le contenu des documents. Inspirés d’architectures innovantes (*CREPE*, ICDAR 2024), ils devront permettre d’atteindre une granularité d’analyse plus fine, intégrant simultanément la structure du document, les indices visuels et le contenu textuel ainsi que les nombreux liens sémantiques entre entités (i.e. *Name Entity Linking*). Une direction clé de nos travaux consiste également à enrichir ces modèles avec des éléments de contexte (par exemple des données historiques, ou d’environnement), ou encore de styles rédactionnels faisant notamment suite à des travaux réalisés récemment sur le contexte sensoriel en collaboration avec l’équipe DRIM du laboratoire.

- Fusion de LLMs et génération de données réalistes. Les LLMs constituent un levier majeur pour la reconnaissance d’écriture et l’extraction d’informations sémantiques, notamment en complément de modèles spécialisés comme DAN, CRNN ou MetaOCR. Nous souhaitons explorer leur intégration pour améliorer la robustesse des modèles de reconnaissance d’écriture sur des documents semi-structurés ou manuscrits historiques. Parallèlement à cet usage, nous souhaitons étudier l’apport des LLMs pour la génération de corpus artificiels, permettant d’entraîner des modèles sur des ensembles variés et difficilement accessibles (ex : documents confidentiels, de langues rares), en prolongeant des travaux déjà menés dans l’équipe en collaboration avec l’équipe DM2L.

- Interrogation avancée et VQA multimodal. Pour nos recherches à venir, nous envisageons également de développer des modèles de question-réponse multimodaux capables d’extraire et de structurer automatiquement des informations à partir de documents complexes. Un enjeu central réside dans l’élaboration de modèles de VQA dynamique, capables non seulement de répondre aux questions de manière précise, mais aussi de proposer des clarifications interactives, à l’instar de certaines approches récentes en VQA assisté par les LLMs, travaux initiés par C. Wolf et poursuivis dans le cadre de l’analyse de vidéos.

- Sécurité documentaire et analyse forensique. Enfin, nous poursuivrons nos recherches sur la vérification

d'intégrité et la protection des documents imprimés en explorant l'utilisation d'extracteurs flous, de fonctions de hachage robustes et de méthodes de tatouage. En parallèle, nous renforcerons nos travaux sur l'analyse forensique, notamment dans la détection des contrefaçons et des hypertrucages d'images, en nous appuyant sur les avancées récentes en réseaux neuronaux.

Ces sujets de recherche constituent autant d'opportunités pour développer des modèles d'analyse de documents plus robustes, adaptatifs et sécurisés, en collaboration avec des équipes expertes en NLP et vision multimodale, notamment au sein du LIRIS mais également à l'international, profitant du vivier exceptionnel de la communauté scientifique travaillant sur cette thématique et à laquelle nous sommes fortement associée (communauté issue de l'IAPR, en lien avec la conférence internationale ICDAR).

#### • Analyse de scènes et de comportements humains.

Nous poursuivrons nos recherches sur la modélisation et la reconnaissance des divers aspects du comportement humain, incluant notamment les émotions, les gestes associés au langage corporel, les actions, ainsi que l'interaction des individus avec leur environnement. Les modèles de fondation en vision mono- et multimodale, tels que ViT, ImageBind et Flamingo, ont démontré la capacité des réseaux de neurones profonds à apprendre des caractéristiques visuelles et multimodales performantes pour des scènes génériques. Ces modèles ont également progressé dans la prise en compte des différentes sources d'information, allant de l'alignement de données textuelles et visuelles aux images provenant de diverses modalités liées à la vision (par exemple, couleur, infrarouge, profondeur, thermique). Nous nous appuierons sur ces avancées pour explorer de nouvelles approches en intelligence artificielle, spécifiquement dans le cadre des applications de reconnaissance du comportement humain : (1) L'extension des réseaux de neurones multimodaux génériques vers de nouvelles modalités, telles que les signaux physiologiques, qui peuvent fournir des informations complémentaires pertinentes pour notre domaine d'application. (2) L'exploration de nouvelles méthodes de fusion des informations multimodales à différents niveaux de granularité, afin de les intégrer efficacement à un modèle neuronal hiérarchique (fusion précoce, intermédiaire et tardive). (3) La conception de mécanismes d'attention capables de traiter des pistes spatio-temporelles de diverses tailles et durées, comme les motifs associés aux micro-expressions, essentiels dans la reconnaissance des émotions. (4) L'élaboration de méthodes permettant non seulement de reconnaître et de décrire des comportements, mais aussi d'identifier de nouveaux comportements (ou anomalies) qui seraient inconnus des modèles préalablement entraînés. Ces méthodes seront particulièrement étudiées dans le cadre de la généralisation de domaine.

#### • Recherches interdisciplinaires.

Au cours du prochain quinquennat, nos travaux de recherche continueront de s'inscrire dans le domaine de la vision par ordinateur et de l'apprentissage automatique impliquant d'autres disciplines et domaines de recherche comme les sciences de l'environnement, la santé, les neurosciences, la biologie, la chimie et la physique. Ces collaborations permettront d'appliquer et de valoriser notre expertise dans ces disciplines et, en même temps, nous poseront de nouveaux défis méthodologiques en IA et en vision par ordinateur qui feront avancer nos différents champs de recherche dans l'équipe.

Concernant les enjeux environnementaux par exemple, nous développerons de nouvelles approches de segmentation d'images de scènes naturelles (sols végétalisés, etc.), de classification et de détection d'anomalies, en tirant parti de données multimodales. D'un point de vue méthodologique, une attention particulière sera portée aux approches d'apprentissage faiblement ou auto-supervisées, permettant d'exploiter des ensembles de données avec peu ou pas d'annotations. Nos recherches s'orienteront également vers l'adaptation de domaines, notamment à travers l'utilisation de la distillation de connaissances (voir thématique l'IA frugale ci-dessous).

Les défis scientifiques liés à ce domaine concernent principalement la faible quantité, la spécificité et variabilité des données (images satellitaires/aériennes, photos de plantes/fleurs/écorce d'arbres, signaux sismiques, images de fumées volcaniques etc.) et la fusion de plusieurs sources et modalités de données. Cela nécessitera le développement de nouvelles approches méthodologiques en modélisation et apprentissage.

Au-delà de nos projets en cours, plusieurs axes de recherche seront approfondis : (1) la généralisation et la robustesse des modèles : développement de méthodes d'apprentissage capables de s'adapter à des contextes variés (archives historiques, données médicales, images satellitaires). (2) la sécurité et la fiabilité des modèles : vérification d'intégrité des documents et utilisation d'extracteurs flous. (3) la vision par ordinateur et l'éthique environnementale : exploration de méthodes d'authentification basées sur des métriques de similarité et développement d'algorithmes favorisant une IA durable.

Une autre collaboration pluridisciplinaire de l'équipe est avec les Neurosciences (Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon) et les Hospices Civils de Lyon (HCL). Dans ce contexte, nous nous intéressons au processus de récupération de la conscience de patient comateux, et nous analysons des données de différentes sources et modalités : vidéos, électroencéphalogramme (EEG), l'électrocardiogramme (ECG), images IRM, mesures physiologiques etc. Nous développerons de nouvelles méthodes d'apprentissage automatique multi-

modales et de fusion de données (images, signaux, séries temporelles) afin de caractériser les différents états des patients et de faire des diagnostics et des pronostics sur son évolution.

En plus des défis cités plus haut concernant les données, nous aborderons des problèmes d’explicabilité et d’interprétabilité (des modèles développés) qui sont essentiels dans ces recherches à l’interface entre plusieurs disciplines. Et dans ce cadre, nous voudrions faire des contributions en termes de méthodes d’explicabilité et leurs applications, et en termes de conception de modèles plus interprétables.

#### • IA frugale.

Dans ce contexte, nous comptons faire des contributions méthodologiques sur de nouveaux modèles d’apprentissage automatique, en particulier des réseaux de neurones, et la façon de les entraîner afin de réduire les besoins en calcul et en mémoire, et ainsi en énergie. Dans ce domaine de recherche en plein essor et déjà très vaste, nous allons nous concentrer sur la réduction de la complexité lors de l’inférence de modèles de réseaux de neurones, et pour trois types de scénarios applicatifs :

Premièrement, avec l’arrivée de très gros modèles de langage, de vision et de langage (VLM) et de modèles de fondation, une approche courante consiste à les adapter pour une tâche spécifique avec peu de données (c’est-à-dire l’apprentissage par transfert). Cependant, lors de l’inférence, cela ne réduit pas leur complexité, même si la tâche est beaucoup plus simple que la tâche d’entraînement initiale (prétexte ou autre). Cette complexité est parfois réduite a posteriori, par exemple avec des méthodes de quantification ou de distillation. Nous comptons développer de nouveaux algorithmes qui permettront d’intégrer cette réduction dans la phase de « fine-tuning », par exemple en élaguant directement les parties du modèle non ou peu utilisées, ou en distillant directement dans un modèle plus petit.

Deuxièmement, nous allons nous intéresser à la conception de petits modèles parcimonieux et/ou dynamiques. Les réseaux de neurones dynamiques peuvent moduler leur architecture lors de l’inférence (par exemple, utiliser plus ou moins de neurones ou de cartes de caractéristiques, ou plus ou moins de couches) selon les besoins (données plus ou moins difficiles à traiter) ou selon des contraintes externes (ressources de calcul ou d’énergie disponibles, ou autres contraintes matérielles). Ces modèles ont un grand intérêt dans des environnements dynamiques, par exemple en robotique mobile, ou pour des systèmes d’IA à charge très fluctuante, où une grande réduction d’énergie peut être obtenue.

Troisièmement, nous voudrions continuer nos travaux sur le développement d’algorithmes et de modèles légers pour des applications « edge » et distribuées. En particulier, nous voudrions renforcer les collaborations internes – au sein de l’équipe et avec d’autres équipes du laboratoire, comme DRIM ou DM2L – et externes, par exemple avec le LHC, le LAAS, l’I3S ou l’IRISA, afin de proposer des approches pluridisciplinaires innovantes en termes d’IA frugale, en allant des aspects matériels (cartes FPGA, architectures neuromorphiques) et des capteurs à faible consommation (par exemple, des caméras événementielles) jusqu’aux aspects algorithmiques et théoriques. Nous initions par exemple actuellement une collaboration avec le laboratoire Heudiasyc de l’UTC sur les réseaux neuronaux binarisés pour traiter des données issues de caméras événementielles, en lien avec des partenaires tels que le Prof. Guillermo Gallego (TU Berlin) et la société parisienne Prophesee.

## Interactions avec les équipes du LIRIS

L’équipe Imagine a eu l’occasion de collaborer à de nombreuses reprises avec plusieurs équipes du LIRIS durant la période. On peut par exemple citer le projet Adriatique (action transversale du LIRIS, 2019-2021) avec l’équipe SICAL, qui nous a permis d’établir des liens avec la Fédération de Recherche interdisciplinaire Agorantic de l’université d’Avignon et du CNRS. L’objectif du projet était d’améliorer un dispositif muséal de visite en réalité augmentée : l’Histopad du Palais des Papes. Une collaboration avec l’équipe ORIGAMI a porté sur la modélisation et la simulation 3D d’objets déformables pour l’apprentissage de manipulation robotique. Des discussions sont aujourd’hui en cours avec cette même équipe pour générer une base de scènes visuelles de montagnes en 3D, l’objectif étant à terme de développer une méthode d’extraction automatique d’informations géomorphologiques comme les chutes de blocs ou de séracs à l’aide de caméras timelapse.

Plusieurs thèses sont, ou ont été codirigées sur la période avec des chercheurs des équipes SICAL (S. Duffner, S. Derrode, C. Wolf avec R. Vuillemot), SyCoSMA (S. Duffner, C. Wolf avec M. Lefort, F. Armetta, L. Matignon), DM2L (V. Eglin, C. Pothier, S. Duffner avec C. Robardet, M. Plantevit, A. Aussem, C. Rigotti), GOAL (S. Duffner avec H. Kheddouci), BD (V. Eglin avec J.-M. Petit), ORIGAMI (B. Kerautret, S. Parashar, L. Chen, E. Dellandréa avec T. Roussillon, J. Digne, F. Zara) et DRIM (V. Eglin, K. Barrere avec E. Egyed-Zsigmond). Une thèse a démarré en 2024 associant les trois équipes Imagine, SyCoSMA et SAARA (E. Dellandréa, M. Lefort, A. Meyer) sur la construction d’un modèle de fondation des mouvements humains pour l’analyse et la synthèse des actions et expressions corporelles.

## Positionnement vis-à-vis de la trajectoire du LIRIS

Grâce à son expertise en vision par ordinateur, en apprentissage automatique et IA, l'équipe Imagine envisage d'établir de nouvelles collaborations avec les équipes du LIRIS, notamment celles citées dans la section précédente. Ce souhait de rapprochements s'inscrit dans la refonte de la trajectoire du laboratoire, visant à regrouper les équipes en pôles. Des discussions sont en cours et se poursuivront afin d'identifier les complémentarités scientifiques les plus pertinentes.

### 3- BD

#### 1- Informations générales pour le contrat en cours

##### Présentation de l'équipe Bases de données (BD)

L'équipe BD a été créée en 2008 et se trouve située sur trois bâtiments du campus Lyon Tech La Doua : Nautibus à l'université Lyon 1, Blaise Pascal à l'INSA Lyon et CEI 2 à Insavalor. Au 31/12/2024, elle regroupait 41 personnes avec 20 permanents (6 PR, 12 MCF, 1 CPJ et 1 chercheuse CR HDR au CNRS) représentant 10,5 ETP et 21 non permanents (hors stagiaires) dont 16 thèses et 5 post-docs. Il faut noter que 3 thèses donnent lieu à des co-encadrements avec d'autres équipes de l'unité (IMAGINE, DM2L, DRIM).

Les effectifs sont présentés ci-dessous :

- Professeur.e.s des Universités (6) : 4 INSA Lyon ; 2 Université Lyon 1  
BABOLI ARMAND, **BONIFATI ANGELA**<sup>12</sup> HACID MOHAND SAID, LAMARRE PHILIPPE, PETIT JEAN MARC, SCUTURICI VASILE MARIAN.
- Chargé.e.s de recherches HDR (1) : hébergé à l'université Lyon 1  
VARGAS-SOLAR GENOVEVA .
- MCF (12) : 6 INSA Lyon ; 5 Université Lyon 1 ; 1 CPE Lyon  
CAZALENS SYLVIE, COQUERY EMMANUEL, COULONDRE STEPHANE, DE MARCHI FABIEN, DUCHATEAU FABIEN, FAVETTA FRANCK, GRIPAY YANN, LUMINEAU NICOLAS, SAMUEL JOHN, SERVIGNE SYLVIE, TCHOUNIKINE ANNE, TOMMASINI RICCARDO.
- CPJ (1) : Université Lyon 1  
MAURI ANDREA
- Doctorant.e.s (16)  
BELGHAND MOBINA, BERTRAND HUGO, BOUSSAID TAHA, DURAND ROMIN, EL GARB MOUNA, FAMA MAURO, JALILVAND SANA, LANGHI SAMUELE, MARCY MATHILDE, PACHERA AMEDEO, PALMIOTTO MATTIA, PUGET GIL JEY, TOUFAILI ELODIE, WILLERVAL ANTOINE, ROSSI GIANLUCA, TCHAGOU TCHAGOU AYMAR.
- Postdoctorant.e.s (5) : Université Lyon 1  
AGARWAL SHUBHANGI, FEJZA AMELA, IULIANO GIANPAOLO, TERDALKAR HRISHIKESH, ZAHARAN SAEED.

L'histogramme des âges des membres de l'équipe est donné en figure 2.16. Pour les membres permanents (à gauche), on constate que le ratio F/H est de 25% et que 80% ont plus de 45 ans. Pour l'ensemble de l'équipe (à droite), le ratio F/H est du même ordre de grandeur.

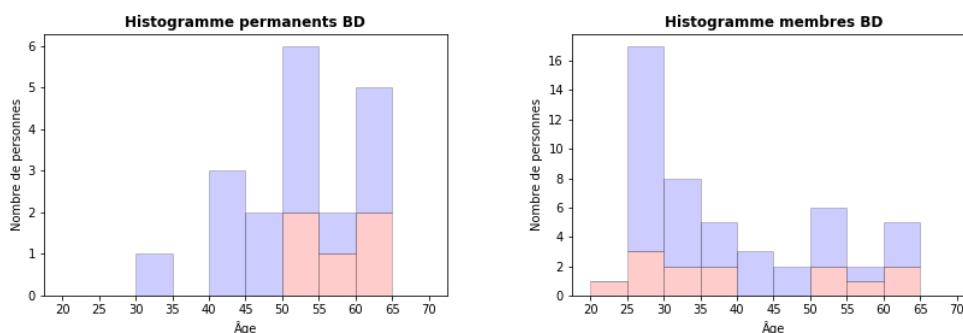


FIGURE 2.16 – Histogramme des âges des permanents (à gauche) et de tous les membres (à droite)

Les thèmes de l'équipe ont évolué sur la période, principalement sur les bases de données graphes, les environnements dynamiques, la qualité et de la disponibilité des données, la sécurité des données et services et les données pour l'usine 4.0.

##### Environnement de recherche de l'équipe BD

L'équipe Base de Données (BD) du pôle "Données, Système et Sécurité" du LIRIS se distingue par son expertise dans la gestion, l'interrogation et la sécurité des données. Elle contribue activement aux axes stratégiques

12. Responsable scientifique de l'équipe BD

du pôle, notamment en développant des solutions innovantes pour le stockage et l'analyse des données issues de sources variées, en optimisant les infrastructures de traitement et en abordant les enjeux de confidentialité. L'équipe BD allie théorie et pratique pour répondre aux défis liés aux systèmes de gestion de données, tout en favorisant les synergies avec les autres thématiques du pôle.

**Positionnement au niveau national.** Nous assurons une présence régulière dans la conférence nationale BDA (Gestion de Données - Principes, Technologies et Applications - 2019 - 2025), que ce soit au sein du comité de pilotage ou du comité de programme des différentes éditions. Nous participons aussi à SAGEO (Conférence sur l'analyse spatiale et la Géomatique - 2019, ...) ou EGC (Extraction et Gestion des Connaissances). Des membres de l'équipe sont régulièrement invités à siéger dans des jurys de concours (INRIA ou des comités de sélection de postes d'enseignant-chercheurs) ou des évaluations scientifiques de laboratoire (HCERES ou comité de suivi interne (au LIRMM par exemple) ou d'équipes INRIA.

**Positionnement au niveau international.** L'équipe bénéficie d'une visibilité internationale significative sur plusieurs continents, renforcée par sa présence active dans les comités de programmes de conférences de premier plan, ses interventions en tant qu'invités dans des conférences (par exemple DASFAA 2023, IEEE DSAA 2023 et ADBIS 2024), sa participation à l'organisation (par exemple [ACM DEBS](#) en 2024 à Lyon ou le workshop [Generative AI for HealthCare](#) organisé récemment suite à la volonté de l'université Lyon 1 de se positionner sur le thème de l'IA) ou aux comités d'organisation des conférences, ainsi que son implication dans des jurys d'évaluation et des associations savantes comme "EDBT Endowment". Elle est régulièrement représentée dans les comités de programmes des conférences majeures telles que VLDB Endowment (CORE A\*, 2019), SIGMOD Executive (CORE A\*, 2019-2024, 2024-2028), PODS (CORE A\*, 2019), ICDE (CORE A\*, 2016-2020), ICDM (CORE A\*, 2014-2018) et EDBT Endowment (CORE A, 2019-2024). De plus, plusieurs membres de l'équipe ont participé à des jurys de thèses et d'HDR à l'étranger, témoignant de leur reconnaissance académique et de leur implication dans la communauté scientifique internationale (Jurys de thèses à Aalto University (Finland), Universidad de Chile (Chile), TU Berlin (Germany), Hasselt University (Belgium)). Plusieurs membres de l'équipe ont répondu favorablement à des invitations dans différents cadres : colloques et congrès à l'étranger, 15 séjours dans des laboratoires étrangers des universités importantes d'Amérique du Nord et du Sud et d'Europe dont par exemple la position de professeure invitée au Data Systems Group (et depuis Adjunct Professor) à University of Waterloo en Canada (3 mois) pour Angela Bonifati en 2019. L'équipe a aussi accueilli de 17 chercheurs lors de séjour à Lyon, dont Ihab F. Ilyas (Univ Waterloo, Canada) en 2019 pour 2 mois ou Amr El Abbadi (University of California Santa Barbara, USA) pour un séjour de 15 jours. L'équipe est aussi impliquée dans des actions de dissémination et de médiation.

Enfin, l'équipe se positionne sur les appels très compétitifs au niveau français ou européen, comme les appels PRCI de l'ANR (avec l'Agence DFG en Allemagne en 2022), JCJC de l'ANR (un lauréat en 2023) ou de la communauté européenne sur les programmes de Horizon Europe (projet [NARRATE](#) lauréat en 2024 sur la chaîne logistique avec 14 partenaires). La responsable d'équipe a aussi candidaté à l'ERC en 2024, toujours en cours d'évaluation au moment où nous écrivons ces lignes.

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

### A – Recommandations concernant les produits et activités de la recherche de l'équipe BD

L'équipe BD a la capacité à être membre régulier de projet européen ou de créer une équipe conjointe (contacts avec Japon, Canada).

⇒ L'équipe a pu s'impliquer dans des soumissions des projets Européens, parmi lesquels certaines sont en cours en 2025. Parmi les projets acceptés dans la période 2019-2024, nous avons le projet EU H2020 [QualiTop](#) coordonné par Lyon 1 et les HCL et le projet [NARRATE](#) (Horizon Europe 2024) coordonné par l'INSA Lyon. Plusieurs membres de l'équipe y sont impliqués avec des responsabilités de workpackage.

Il serait intéressant d'étudier la possibilité de recrutement INRIA via équipe conjointe CITI / Université de Lyon si cela a du sens au niveau local.

⇒ L'équipe n'a pas eu l'opportunité de construire un projet avec INRIA sur la période.

L'équipe pourrait s'appuyer sur une politique de l'unité en faveur des candidatures ERC.

⇒ L'équipe a pu s'appuyer sur la politique de l'unité afin d'appuyer des candidatures IUF et ERC. En particulier, une membre de l'équipe a obtenu en 2023 une délégation IUF de 5 ans (Chaire

Fondamentale). Il s'agit de la première Chaire Fondamentale IUF pour le laboratoire. Des essais ont été fait pour l'ERC Advanced en 2024, quand une membre de l'équipe a été auditionnée mais pas classée. Le résultat de sa candidature en 2025 n'est pas connu au moment de boucler le rapport pour l'HCERES.

L'équipe doit rester attentive à ne pas s'éparpiller thématiquement au gré de contrats industriels à très courts termes. Enfin, l'équipe a le potentiel d'encadrer plus de doctorants avec une politique de répartition et d'accompagnement sur les membres permanents de l'équipe.

⇒ La taille de l'équipe et sa répartition sur trois sites induisent des thématiques relativement large. Les contrats industriels pérennes sur le long terme ont été favorisés, notamment dans le cadre de conventions CIFRE ou équivalent.

Plusieurs membres permanents de l'équipe qui étaient nouveaux arrivants et non-HDR dans la période ont été accompagnés sur des co-encadrements de thèse par des autres membres HDR de l'équipe. Par rapport à la précédente évaluation de 2015 à 2019 où nous avons fait soutenir 13 thèses, nous en avons 25 sur cette période, soit quasiment le double.

## B – Recommandations concernant l'organisation et la vie l'équipe BD

L'équipe doit maintenir sa très bonne organisation. Elle doit mettre en place une procédure d'incitation au passage d'HDR.

⇒ De par la forte implication des membres de l'équipe dans les nombreuses facettes du métier d'enseignants-chercheurs, de la prise de responsabilité significative de certains cadres de l'équipe, de la présence des membres de l'équipe sur trois bâtiments différents et des travaux subits sur la période tant à Lyon 1 qu'à l'INSA, le focus a été mis sur l'animation scientifique via des séminaires invités de premier plan. Par ces actions concrètes, nous pensons avoir ainsi amélioré la visibilité scientifique de l'équipe au niveau national et international durant la période, tout en gardant des standards élevés en qualité et en quantité sur la production scientifique. Aucun membre de l'équipe n'a passé son HDR sur la période, même si trois membres (2 MCF, 1 CPJ) sont susceptibles de la passer très prochainement (pour la CPJ, au plus tôt à fin 2025).

## C – Recommandations concernant le projet et la stratégie à cinq ans de l'équipe BD

Si l'orientation à long terme du projet est claire, il serait utile de préciser le projet sur quelques points forts et spécifiques de l'équipe, accessibles en cinq ans.

⇒ L'équipe a continué ses sujets de prédilections organisées autour de thèmes, dont les bases de données graphes, les environnements dynamiques, la qualité et de la disponibilité des données, la sécurité des données et services et les données pour l'usine 4.0. Elle s'est ouverte vers des sujets en lien avec l'apprentissage machine et l'Intelligence Artificielle, en étudiant les fertilisations croisées avec les thématiques phares des bases de données, notamment l'apprentissage machine appliqué aux données médicales ou aux données de grands graphes. Au cœur de ces recherches se trouvent les données, leur traitement par des langages de requêtes déclaratifs ainsi que les architectures des systèmes de gestion de bases de données (SGBD), qui constituent l'expertise centrale de l'équipe.

## 2- Introduction du portfolio

Nous avons choisi de mettre en avant des contributions scientifiques dans les conférences internationales majeures du domaine, représentatives de la dynamique de l'équipe et dans quelques revues internationales (classées Q1 selon SJR). Nous avons aussi mis en avant une distinction nationale prestigieuse reçue par la responsable de l'équipe, ainsi qu'une collaboration industrielle pérenne avec un grand groupe industriel, ayant donné lieu à des financements importants et des publications en revue internationale.

- **Réalisation 1 (publication [Bon+22b]) :** Article intitulé "Threshold Queries in Theory and in the Wild" par A. Bonifati, S. Dumbrava, G. Fletcher, J. Hidders, M. Hofer, W. Martens, J. Shnavier, S. Staworko and D. Tomasuk publié dans la conférence internationale VLDB 2022, classée A\* dans CORE. Ce papier propose des algorithmes pour l'évaluation efficace de requêtes de seuil ("threshold queries"). Il a reçu deux prix, notamment le prix du Meilleur Papier Runner Up à VLDB 2022 et le prix ACM Sigmod Research Highlights 2023.

- **Réalisation 2 (publication [Ang+23])** : Article publié intitulé “PG-Schema : Schemas for Property Graphs” par R. Angles , A. Bonifati , S. Dumbrava , G. Fletcher , A. Green , J. Hidders , B. Li , L. Libkin , V. Marsault , W. Martens , F. Murlak , S. Plantikow , O. Savkovic , M. Schmidt , J. Sequeda , S. Staworko , D. Tomaszuk , H. Voigt , D. Vrgoc , M. Wu , D. Zivkovic. Ce papier est le fruit d’une longue activité de standardisation de langages et propose un nouveau langage de schéma pour les graphes de propriétés et a été co-écrit avec les majeures entreprises de bases de données graphes et publié à ACM Sigmod 2023, classée A\* dans CORE. Ce papier a reçu le prix du meilleur papier industriel à ACM SIGMOD 2023.
- **Réalisation 3 (publication [FPS22])** : Article publié intitulé Pierre Faure-Giovagnoli, Jean-Marc Petit, Vasile-Marian Scuturici : Assessing the Existence of a Function in a Dataset with the  $g_3$  Indicator. ICDE 2022 : 607-620. Ce papier introduit des solutions exactes et approximatives pour calculer la mesure  $g_3$  de véracité d’une dépendance fonctionnelle, en utilisant des techniques d’échantillonnage et un pipeline optimisé pour les cas non classiques, incluant des algorithmes sous-linéaires. Ils présentent également une étude expérimentale approfondie des performances et mettent à disposition [FASTG3](#), une bibliothèque Python open source optimisée en C++. Il a été publié dans la conférence ICDE, classée A\* dans CORE.
- **Réalisation 4 (publication [PBM24])** : Article intitulé A. Pachera, A. Bonifati et A. Mauri “User-Centric Property Graph Repairs” à paraître dans ACM SIGMOD 2025, classée A\* dans CORE. Ce papier adresse le problème de nettoyage efficace de graphes de propriétés avec des contraintes de type denial ayant les utilisateurs dans la boucle.
- **Réalisation 5 (publication [Sak+21])** : Article intitulé “The Future is Big Graphs : A community view on graph processing systems” publié dans la revue *Communications of the ACM* 2021 (classée Q1 dans SJR, IF 11.1 - 2024) par S. Sakr, A. Bonifati, A. Iosup, H. Voigt, R. Tommasini et al. Cet article présente une vision sur les directions de recherche futures des systèmes de gestion de grands graphes sur le point de vue de la communauté Bases de Données et de la communauté Calcul Haute Performance.
- **Réalisation 6 (Distinction)** : Angela Bonifati a été lauréate de l’IUF (promotion senior 2023) d’une chaire fondamentale, spécialité *gestion de données*. Cette distinction vient récompenser ses nombreux travaux de recherche portant sur de nouveaux paradigmes pour le traitement des requêtes, la gestion des contraintes, l’apprentissage, l’intégration et la qualité des données dans des contextes hétérogènes.
- **Réalisation 7 (contrat industriel)** : Armand Baboli, contrat industriel avec le Groupe Volvo-Renault Trucks (550 k€ et 755 k€, soit 1,3 M€ sur 6 ans). Cette réalisation concerne l’optimisation End-to-End du système de production, intégrant le positionnement, l’ordonnancement, le séquençement, la planification, la supply chain et l’approvisionnement, via le développement de logiciels d’aide à la décision exploitant les données massives [Ein+23 ; Mah+24b].

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l’équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l’équipe

**Référence 1. L’équipe s’est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s’organise en conséquence.**

L’équipe BD s’inscrit dans la politique scientifique du laboratoire et de ses tutelles, avec pour objectif de produire des connaissances scientifiques utiles à la société. Elle s’est fixée comme objectif de publier au meilleur niveau national et international, avec une évaluation par les pairs, sur les thématiques liées à l’ensemble de la chaîne de traitement des données. Une attention particulière est portée à l’interdisciplinarité, notamment à travers la collaboration avec d’autres sciences présentes sur le site, ainsi qu’à la valorisation de nos résultats de recherche. Les domaines privilégiés de collaborations interdisciplinaire sont la santé (collaborations avec HEGP à Paris et HCL à Lyon et UGECAM) et l’énergie (collaborations avec CETHIL et la Compagnie Nationale du Rhône) et les sciences de la vie et de la terre (collaboration internationale Amérique Latine, BRGM en France).

Une partie des cadres de l’équipe ont un investissement très important dans des missions de management de la recherche, telles que la direction du LIRIS et la participation à la direction de CNRS Sciences Informatiques. De nombreux collègues sont aussi très investis sur les missions d’enseignement du métier d’enseignant chercheurs.

Les séminaires sont la pierre angulaire de l’animation scientifique de l’équipe, avec **38** invitations sur la période d’intervenant.e.s extérieur.e.s. L’activité de recherche est rythmé par les collaborations internes en sous-groupe autour des sujets phares de l’équipe : gestion, analyse, interrogation et sécurité des données.

L’utilité sociétale de nos recherches est corrélée à l’augmentation de nos collaborations avec les acteurs socio-professionnels et à l’accroissement de nos ressources propres. Ces collaborations reposent sur l’équipe de valorisation du LIRIS, composée des ingénieurs de transfert avec une formation scientifique (doctorat). Cela permet aux membres permanents de limiter leur participation à ces projets à leur expertise scientifique, tout en leur laissant du temps pour leurs autres missions de recherche.

## Référence 2. L’équipe dispose de ressources adaptées à son profil d’activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Les activités de l’équipe sont soutenues par des ressources fournies par le laboratoire, par les réponses aux différents appels à projets (ANR, EU), ainsi que par nos partenaires socio-professionnels via des contrats de recherche (y compris des contrats de type CIFRE), des chaires ou du mécénat.

L’équipe parvient à attirer des financements significatifs à travers différents projets, permettant ainsi de soutenir une recherche ambitieuse à fort impact aux niveaux national et international (cf. table 2.11). Au total, l’équipe a mobilisé près de 7,8 millions d’euros, correspondant à environ 750 k€ par équivalent temps plein (ETP). Les financements industriels représentent la part la plus importante, avec 33% du total (2,62 millions d’euros), soulignant la forte implication et reconnaissance du monde socio-économique dans les activités de recherche de l’équipe. Ces financements proviennent en partie des contrats d’accompagnement des thèses CIFRE (12 sur la période) ou de financements directs par des industriels ou la fondation INSA Lyon. Les financements nationaux (France et PIA réunis) constituent également une part significative (42,8 %, soit environ 3,3 millions d’euros), illustrant l’ancrage solide de l’équipe dans les grands programmes de recherche français. Par ailleurs, les fonds européens et internationaux représentent ensemble plus de 21 % du total, confirmant ainsi l’attractivité et le rayonnement international de l’équipe. Ces ressources importantes permettent à l’équipe de développer des recherches à forte valeur ajoutée, contribuant à son positionnement stratégique et à sa compétitivité internationale.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	128 k€	12 k€	21 k€	2 k€	1.6 %
France	2008 k€	191 k€	334 k€	31 k€	25.5 %
PIA	1475 k€	140 k€	245 k€	23 k€	18.7 %
Industrie	2628 k€	250 k€	438 k€	41 k€	33.4 %
Europe	952 k€	90 k€	158 k€	15 k€	12.1 %
International	684 k€	65 k€	114 k€	10 k€	8.7 %
Total	7875 k€	750 k€	1312 k€	124 k€	100%

TABLE 2.11 – Contrats : quelques indicateurs clés pour BD. Effectif au 31/12/2024 : 20 permanents ; 10.5 ETP.

La figure 2.17 donne les répartitions des ressources (moyenne sur 6 ans) par ETP sur les différentes catégories de financement.

Les plateformes de virtualisation et de calcul du LIRIS, notamment autour de la plateforme Pagoda, sont utilisées par les membres de l’équipe, ainsi que les infrastructures nationales comme Jean Zay.

## Référence 3. L’équipe dispose de locaux, d’équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.

Les membres de l’équipe disposent de bureaux sur trois bâtiments situés sur deux sites (INSA et Lyon 1), à proximité relative les uns des autres. Les permanent.e.s ont des bureaux pour une ou deux personnes, tandis que les doctorant.e.s, postdoctorant.e.s et stagiaires éventuels partagent des espaces communs (type OpenSpace) avec des collègues d’autres équipes. Chaque membre de l’équipe dispose d’un bureau fixe et d’un ordinateur portable. Des salles de réunion sont également disponibles sur chaque site.

Chaque membre de l’équipe utilise des logiciels compatibles avec les recommandations des tutelles. Un abonnement Zoom est disponible pour l’ensemble du personnel (via les tutelles) pour les réunions en distanciel. Depuis la période Covid, les échanges par visioconférence sont généralisés au sein de l’équipe.

Une plateforme de virtualisation (Pagoda) est disponible au niveau du LIRIS pour réaliser des expériences sur des volumes de données importants et nécessitant un calcul intensif. Le responsable scientifique de cette plateforme sont d’ailleurs membre de l’équipe. Pour des expériences nécessitant un calcul intensif important, nous utilisons les ressources disponible sur Jean Zay, opéré par le CNRS, un des trois noeuds du grand équipement national de calcul intensif [GENCI](#).

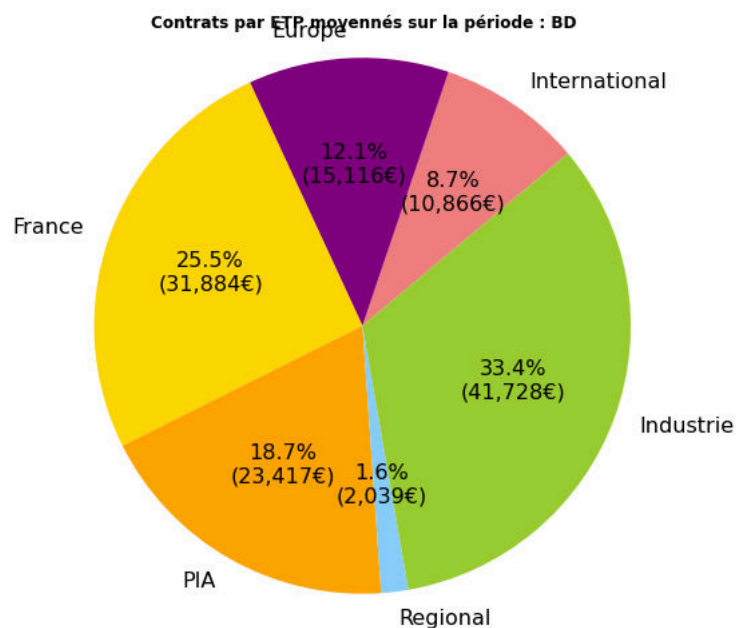


FIGURE 2.17 – Répartition par type de financement HCERES des ressources de l'équipe BD

**Référence 4. Les pratiques de l'équipe sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

Concernant l'environnement numérique, l'équipe met en œuvre les recommandations de l'unité :

- L'utilisation des données sensibles se fait sur des machines gérées par l'équipe technique du LIRIS, hébergées physiquement au centre de calcul de l'IN2P3, un centre habilité à stocker des données sensibles.
- Les machines virtuelles (VM) et les ordinateurs portables utilisés par les membres de l'équipe sont régulièrement mis à jour, en suivant les recommandations du RSSI.

En ce qui concerne la gestion des ressources humaines, les MCF de l'équipe sont encouragé.e.s à soutenir leur HDR (Habilitation à Diriger des Recherches) pour envisager une carrière de PR. Sur la période prise en compte par l'évaluation, deux MCF de l'équipe ont été promus PR via une procédure de poste fléché mis en œuvre par l'INSA Lyon.

Pour les collaborations de recherche avec des acteurs socio-professionnels, les juristes de nos filiales de valorisation veillent à un partage équitable de la propriété intellectuelle issue des résultats de recherche, conformément à l'accord de site entre les tutelles.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'équipe

**Référence 1. L'équipe est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

Au cours de la période de référence, l'équipe a mené des travaux de pointe dans le domaine des bases de données et des graphes, s'inscrivant dans un contexte scientifique international en pleine évolution. Les recherches menées reposent sur des fondements théoriques et méthodologiques solides, aboutissant à des avancées significatives à la fois sur le plan fondamental et appliqué. D'un côté, l'équipe a pu continuer à travailler et s'imposer au niveau international pour la thématique de bases de données graphes. De l'autre côté, des nouvelles thématiques déjà abordées dans la période d'évaluation précédente, comme l'analytique de données en reposant

sur l'Intelligence Artificielle et l'apprentissage machine, ont été renforcées. Les aspects liés à l'interdisciplinarité ont été aussi développées notamment avec la santé.

Parmi les contributions majeures, l'article "Threshold Queries in Theory and in the Wild" (VLDB 2022) introduit de nouveaux algorithmes pour l'évaluation efficace des requêtes de seuil, une problématique clé pour l'analyse de grandes masses de données. Ce travail a été reconnu par la communauté internationale, recevant le Prix du Meilleur Papier Runner Up à VLDB 2022 ainsi que le prix ACM Sigmod Research Highlights 2023, attestant de son impact scientifique. Dans le domaine des flux de données, l'article "Evaluating Complex Queries on Streaming Graphs" (ICDE 2022) explore l'évaluation de requêtes complexes sur des graphes dynamiques, un enjeu crucial pour les systèmes modernes de traitement des données temps réel. Ce travail a été distingué par le prix du Meilleur Papier à ICDE 2022, confirmant son originalité et sa pertinence.

L'équipe s'est également impliquée dans les activités de standardisation de langages pour les bases de données graphes et dans la structuration des données graphes avec "PG-Schema : Schemas for Property Graphs" (ACM SIGMOD 2023), un travail collaboratif mené avec les acteurs majeurs du domaine en académie et industrie. Cet article propose un nouveau langage de schéma pour les bases de données orientées graphes et a reçu le prix du meilleur papier industriel, soulignant son apport technologique et son intérêt pour l'industrie.

D'autres avancées méthodologiques ont marqué la période, notamment l'article "Assessing the Existence of a Function in a Dataset with the g3 Indicator" (ICDE 2022), qui introduit un indicateur innovant pour évaluer la capacité d'un dataset à supporter la construction de modèles d'apprentissage, une problématique clé en intelligence artificielle. Par ailleurs, "User-Centric Property Graph Repairs", à paraître dans ACM SIGMOD 2025, se positionne à l'interface entre science des données et interaction homme-machine en proposant une approche innovante de réparation de graphes de propriétés en intégrant les utilisateurs dans la boucle.

Enfin, l'article "The Future is Big Graphs : A community view on graph processing systems" (Communications of the ACM, 2021) met en lumière les défis et perspectives des systèmes de gestion de grands graphes, reflétant une vision stratégique partagée par les communautés internationales des bases de données et du calcul haute performance.

L'ensemble de ces travaux démontre le positionnement fort en recherche sur la scène nationale et internationale, avec des contributions originales, répondant à des enjeux scientifiques et technologiques majeurs. Ces réalisations témoignent de notre engagement dans des thématiques de recherche d'actualité et du rôle moteur dans l'avancement des connaissances en science des données et en gestion des bases de données graphes.

## Référence 2. Les activités de recherche de l'équipe donnent lieu à une production scientifique de qualité.

Durant la période 2019-2024, l'équipe a contribué à plusieurs publications dans des conférences et revues de renom de domaines de l'informatique connexes aux systèmes de gestion de données notamment.

Par rapport aux chiffres donnés sur la production scientifique de l'unité dans la table 1.6 page 33, nous donnons les mêmes informations à l'échelle de l'équipe BD dans la table 2.12.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	10	13	12	16	13	19	83	13.8
#Revue int. / ETP	1.0	1.2	1.1	1.5	1.2	1.8	7.8	1.3
#Conf. int.	21	15	31	25	36	21	149	24.8
#Conf. int. / ETP	2.0	1.4	3.0	2.4	3.4	2.0	14.2	2.4
#Logiciel HAL	0	0	0	2	0	2	4	0.7
#Thèses soutenues	5	4	3	2	7	4	25	4.2

TABLE 2.12 – Production : quelques indicateurs clés pour BD. Effectif au 31/12/2024 : 20 permanents ; 10.5 ETP.

Nous faisons un focus ci dessous sur une partie de nos contributions (les rangs des conférences sont ceux indiqués par CORE, les quartiles des revues sont ceux de Scimago pour l'année concernée) :

- en bases de données graphes : ACM Sigmod 2021 (A\*) [Ang+21], ACM Comput. Surveys 2021 (Q1) [Bon+21], Commun. ACM (Q1) [Sak+21], PVLDB 2022 (Q1) [Bon+22b], ACM Sigmod 2023 (A\*) [ZBÖ23], ICDE 2023 (A\*) [Zha+23], ACM Sigmod 2023 (A\*) [Ang+23], PVLDB 2024 (Q1) [Kio+24], PVLDB 2024 (Q1) [BMR24], ACM Sigmod 2025 (A\*) [PBM25]
- en systèmes de flux de données : ACM Sigmod 2020 (A\*) [PBÖ20], ICDE 2022 (A\*) [PBO22], ACM Sigmod 2024 (A\*) [BT24], PVLDB 2024 (Q1) [ZBÖ24]
- en intégration de données : ACM TODS 2019 (Q1) [Bon+19], ICDE 2021 (A\*) [Kou+20]
- en qualité de données : PVLDB 2020 (Q1) [IBT20], ICDE 2022 (A\*) [Com+22]
- en Intelligence Artificielle et données : PVLDB 2022 (Q1) [Bon+22c], ICDE 2022 (A\*) [FPS22]

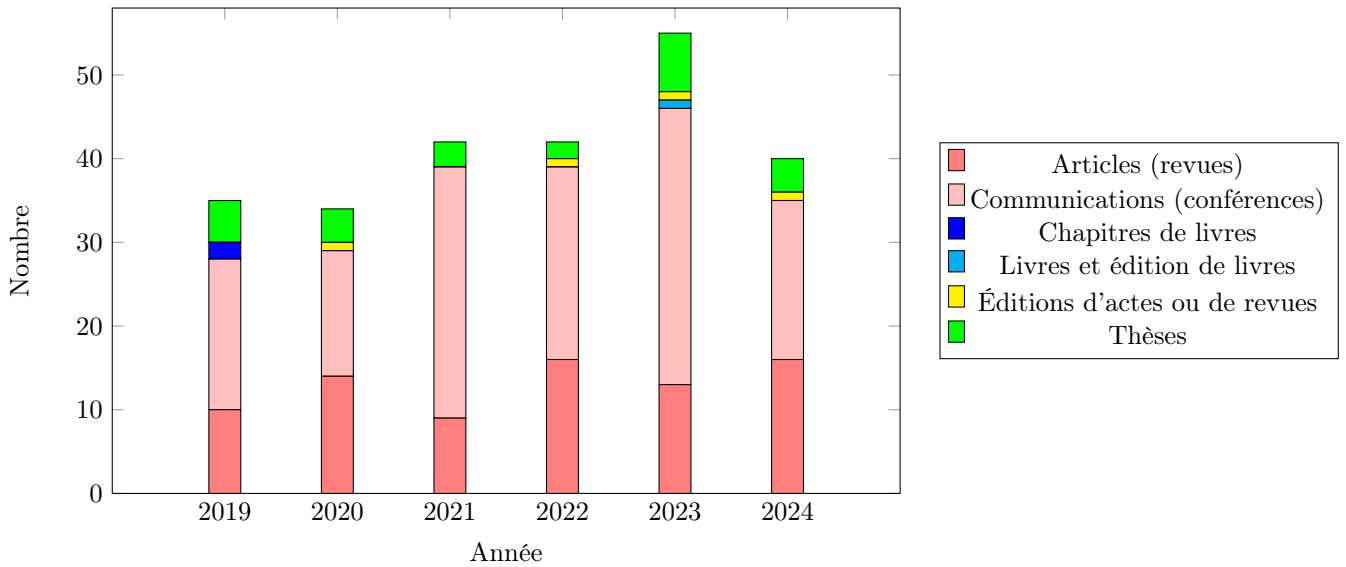


FIGURE 2.18 – Evolution de publications dans la période 2019-2024.

- en recherche sur le Web : WWW 2019 (A\*) [BMT19], The VLDB Journal 2020 (Q1) [BMT20]
- en applications pluri-disciplinaires autour de données : Computer Methods and Programs in Biomedicine 2019 (Q1) [Loo+19], ACM Trans. on Internet Technology 2022 (Q1) [Var+22], Applied Energy 2024 (Q1)[Bou+24], Journal of Manufacturing Systems [Ein+23]

L'évolution dans la Fig. 2.18 montre que l'équipe a su obtenir un équilibre entre les articles conférences (parmi lesquels de conférences phares de notre domaine) et les articles revues avec un nombre de thèses soutenues régulièrement, sans négliger les chapitres de livres et livres avec éditeurs internationaux.

La figure 2.19 montre comment les revues internationales se répartissent sur la période selon les critères Q1-Q4 de SJR.

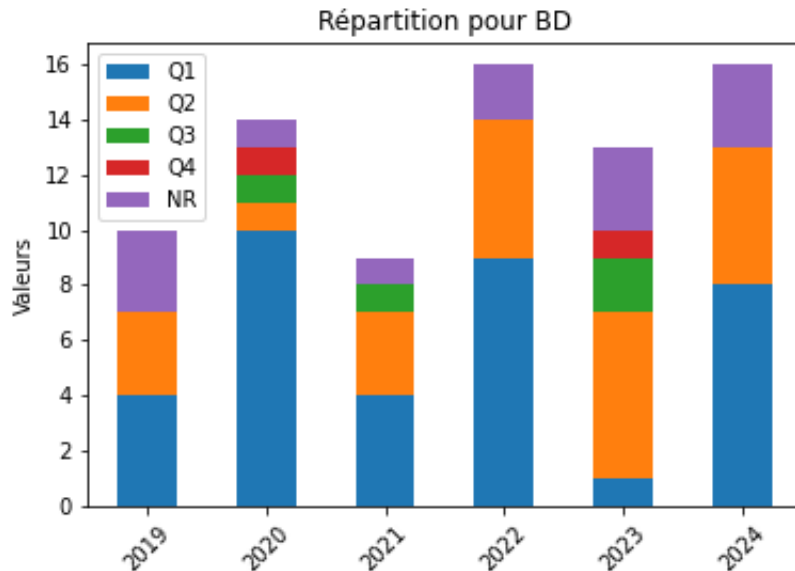


FIGURE 2.19 – Qualification selon SJR des publications en revue internationale

Concernant les logiciels ouverts, nous en avons aujourd'hui 4 disponibles sur HAL. La plupart des logiciels développés dans le cadre de collaborations industrielles n'ont pas été publiés, la question de l'ouverture du code restant un sujet difficile avec nos partenaires non académiques.

La durée des 25 thèses soutenues sur la période s'élève à 39 mois, soit trois mois de moins que la moyenne

du LIRIS qui est à 42. Cela traduit la volonté des membres de l'équipe à faire soutenir les thèses dans les temps du contrat. Nous avons néanmoins eu deux thèses qui ne sont pas arrivées à leur terme.

### **Référence 3. L'équipe participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.**

Les membres de l'équipe bases de données occupent des rôles de premier plan au sein de diverses institutions académiques et organisations internationales. L'un d'eux a été nommé membre Senior de l'Institut Universitaire de France pour la période 2023-2028, et Professeur adjoint au sein du groupe Data Systems de l'Université de Waterloo, Canada. Deux membres sont reconnues comme IEEE Senior Members, témoignant de leur expertise et de leur contribution à la discipline.

L'équipe joue également un rôle actif dans la gouvernance et l'organisation de conférences et associations scientifiques. Un membre assure la présidence de l'EDBT Association et de son Comité de Pilotage depuis 2020, avec un autre membre impliqué dans la même structure. Deux personnes occupent des postes clés au sein de l'ACM SIGMOD Executive Committee, notamment en tant que membre ad interim et représentant pour la diversité, l'équité et l'inclusion (DEI). L'un d'eux a également été nommé au VLDB Board of Trustees pour un mandat de six ans (2024-2029).

L'engagement dans la promotion de la diversité et de l'inclusion est marqué par des responsabilités au sein du Technical Committee on Data Engineering, notamment en tant que coordinateur des initiatives DEI et des programmes de récompenses. L'initiative interconférences sur la diversité, l'équité et l'inclusion en bases de données bénéficie également de la coordination active d'une personne membre de l'équipe, tandis qu'une autre joue un rôle de liaison pour le TCDE.

Enfin, plusieurs membres contribuent au pilotage de la Communauté Francophone en Gestion de Données : Principes, Technologies et Applications (BDA), consolidant ainsi leur engagement au sein de la communauté scientifique francophone. L'équipe s'investit également dans l'organisation de conférences et d'ateliers internationaux, notamment dans les domaines de l'ingénierie des données, du raisonnement sur flux de données et de la conception centrée sur l'humain des technologies. Voir par exemple la conférence [ACM DEBS](#) organisée à Lyon en 2024.

Plusieurs membres de l'équipe occupent des responsabilités au sein des tutelles du LIRIS. Au CNRS, l'un d'eux est délégué scientifique pour la section 06 (Science des données), tandis qu'un autre occupe le poste de directeur adjoint scientifique en charge des partenariats industriels, de la valorisation, du suivi des plateformes et des logiciels. L'équipe est également fortement impliquée dans les comités de pilotage des GDR du CNRS (par exemple, MAGIS, MADICS) et mène des actions au sein de ces GDR, notamment à travers les actions DOING (2019-2024) et BigDataAstro (2019-2024).

### **Référence 4. La production scientifique de l'équipe respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

La production scientifique de l'équipe s'inscrit pleinement dans les principes d'intégrité scientifique, d'éthique et de science ouverte. Les membres de l'équipe publient dans des conférences et des revues reconnues, qu'il s'agisse de publications dans des événements classés et consolidés ou dans des événements scientifiques (ateliers, groupes de réflexion, panels) émergents dont la qualité est attestée par la réputation de leurs comités d'organisation et des conférences en marge desquelles ils sont organisés.

En parallèle, les membres de l'équipe interviennent régulièrement dans des événements de référence ainsi que dans des initiatives contribuant à structurer et à consolider des communautés scientifiques sérieuses, en veillant à promouvoir l'inclusion et la diversité. Cette approche permet d'éviter les forums prédateurs et d'assurer une diffusion rigoureuse et crédible des travaux.

Toutes les publications de l'équipe sont systématiquement mises à disposition sur HAL, garantissant un accès libre et pérenne aux résultats scientifiques. De plus, les prototypes et outils développés sont déposés sur des plateformes favorisant la reproductibilité et la transparence des expérimentations.

Enfin, l'équipe mène une réflexion approfondie sur les enjeux éthiques, la justice et la sécurité des pratiques de gestion et d'analyse des données, intégrant ces questionnements dans ses travaux scientifiques afin de promouvoir une recherche responsable et socialement engagée.

## **Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société**

### **Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

L'équipe se distingue par la qualité et l'ampleur de ses interactions avec des acteurs clés du monde de la santé, des sciences de la vie et de l'environnement, ainsi que des sciences humaines et sociales, tant au niveau

national qu'international. Ces collaborations prennent diverses formes – conventions, contrats de recherche, projets financés – et s'inscrivent dans une dynamique de recherche interdisciplinaire à fort impact.

Dans le domaine de la santé et de la biologie, l'équipe entretient des partenariats de premier plan avec des institutions majeures telles que l'HEGP, l'INSERM, les Hospices Civils de Lyon et le CHRU de Besançon, ainsi qu'avec des réseaux et partenariats comme dans l' ANR QualiHealth et le projet EU [QualiTop](#). Elle est également impliquée dans des initiatives collaboratives telles que Easy Cohort SHAPE-MED@Lyon, Cancer Patients Europe et l'Institut d'Investigations Biomédiques IDIBAPS, qui visent à améliorer la qualité des soins et à développer des approches innovantes en médecine et en biologie grâce à la science des données.

L'équipe développe également des collaborations scientifiques en sciences de la Vie et de la Terre, en particulier sur les thématiques de l'environnement et de la biodiversité. Elle participe à des projets structurants financés par des programmes internationaux tels que EDI CNRS et PRINT-CAPES, en partenariat avec des institutions en France (BRGM-France), au Brésil (Universités de Paraná, Rio Grande do Norte et São Paulo) et au Mexique (Universidad de las Américas Puebla). Ces travaux contribuent à la compréhension et à la préservation des écosystèmes tout en intégrant des méthodologies avancées de science des données.

En parallèle, l'équipe joue un rôle essentiel dans l'évolution des sciences humaines et sociales (SHS) vers l'usage des méthodes d'analyse de données. Cette expertise lui permet d'impulser une recherche interdisciplinaire favorisant le développement d'outils pour la curation de données et la science ouverte. L'équipe collabore ainsi avec des linguistes, ethnologues et spécialistes de la communication sur des thématiques sociétales cruciales telles que l'identité de genre, la souveraineté des données et les approches de justice sociale. Ces projets s'appuient sur des réseaux internationaux impliquant des partenaires en Amérique latine (Uruguay, Brésil, Mexique), en Italie (Politecnico di Torino, Universités de Milan et Gênes), aux Pays Bas (TU Delft) et aux États-Unis (Université d'Arizona).

Ces initiatives contribuent au financement des activités de recherche de l'équipe, soutiennent le développement de projets de master et de doctorat et assurent une reconnaissance accrue de son expertise sur la scène internationale. Au-delà du financement, elles ont des retombées concrètes sur l'amélioration des structures de santé, la gestion des ressources naturelles et de l'environnement, et la structuration des méthodologies en SHS autour de la science des données.

En somme, en tissant des liens étroits avec des acteurs du monde économique, culturel et social, l'équipe renforce la visibilité et l'impact de la recherche, tout en contribuant activement aux grands défis environnementaux, technologiques et sociétaux contemporains.

### **Référence 2. L'équipe développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

Nos résultats de recherche se traduisent en méthodes, études et prototypes qui bénéficient directement aux domaines culturel, économique et social. Dans le secteur de la santé, nos travaux s'intéressent aux facteurs humains dans les applications intensives en données, notamment à travers le projet [QualiTop](#) et un financement industriel de Google. L'un des membres de notre équipe explore l'interface entre la science et l'humain. Une méthode innovante, SensingCare, aide les chercheurs, les équipes interdisciplinaires de conception et de développement, ainsi que les personnes potentiellement concernés, à concevoir des technologies de capteurs intégrées dans la vie quotidienne, en tenant compte des interactions entre espaces privés et publics. Cette approche repose sur des scénarios spéculatifs et des jeux de rôle pour anticiper les usages et les implications de ces technologies.

Nous travaillons également sur des projets visant à démocratiser l'accès aux solutions de science des données pour les personnes non expertes. Pour cela, nous intégrons des techniques de créativité (collaboration avec l'Université Autonome Métropolitaine du Mexique) et d'interaction conversationnelle (collaboration avec le Politecnico de Torino), facilitant l'interaction avec des scientifiques d'autres disciplines, notamment en sciences de la Terre et en SHS.

Nos recherches sur les espaces urbains s'inscrivent dans une dynamique d'évolution et d'accessibilité. À travers des projets tels que Conver-G et des initiatives axées sur le bien-être dans les villes intelligentes, nous développons des prototypes pour améliorer la conception des environnements urbains et favoriser une meilleure qualité de vie. Par ailleurs, l'équipe pleinement consciente du rôle crucial des données dans l'étude du changement climatique et de la biodiversité. Nos travaux incluent le développement d'études et de prototypes visant à mieux comprendre les phénomènes climatiques et leur impact sur la Terre et la vie. Un exemple est le projet LACLICHEV, qui s'intéresse à l'histoire du changement climatique en collaboration avec l'Institut Panaméricain de Géographie et d'Histoire (IPGH).

### **Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

Les membres de l'équipe sont activement impliqués dans la diffusion des savoirs scientifiques, en mettant particulièrement l'accent sur le rôle des données à l'ère des algorithmes et de l'intelligence artificielle. Nos interventions s'inscrivent dans des manifestations variées, allant des journées "Femmes et Sciences" (notamment Sciences :

un métier de femmes #8M), aux panels scientifiques disciplinaires et transdisciplinaires, en passant par des interventions dans les médias (par exemple interview sur Deutsche Welle Amérique Latine<sup>13</sup>).

L'équipe participe également aux activités de médiation du laboratoire, notamment en accueillant des élèves de seconde pour leurs stages et en prenant part à des événements tels que des speed datings scientifiques destinés à encourager les jeunes filles à s'orienter vers les sciences. À travers la proposition de projets pédagogiques et d'initiatives grand public, nous rendons la recherche sur les données plus accessible aux jeunes générations, en suscitant l'intérêt pour les sciences des données et leur impact sociétal. Des membres de l'équipe participent à différentes actions, notamment pour l'attraction de talent, les aspects sociaux de la science - parité de genre, mentorat, bien-être, inclusion et diversité dans la communauté bases de données. Nous faisons aussi :

- de l'accueil de stagiaires de 3ème et de seconde - en moyenne 5 stagiaires par an dans l'équipe
- des présentations lors de manifestations comme la Fête de la Science - en 2024, l'organisation dans ce cadre de l'atelier "[Utilisation de l'IA pour la production d'hydro-électricité](#)", à la Mairie de Lyon, le 11 et 12 octobre 2024
- des participations régulières au [club de mathématiques discrètes de Lyon](#) : intervention d'un membre de l'équipe pour la préparation des élèves avec des ambitions en mathématiques, une vingtaine des séances par an, entre 4h et 6h par séance (le week-end), avec un public d'une centaine d'élèves de toute la France
- différentes interventions devant un public d'industriels, notamment une présentation suivi d'un débat sur le sujet "IA : risques et opportunités" : à l'Armée de l'air en janvier 2024 (Mont-de-Marsan).

L'équipe est également impliquée dans des initiatives européennes sur les questions de genre et de science, avec une expertise spécifique sur l'analyse et la science des données. Par exemple, certains membres contribuent au projet GENDER STI, en collaboration avec la Mission Égalité des Femmes du CNRS, afin de promouvoir une approche inclusive et équitable dans la recherche scientifique au niveau européen avec des accords internationaux inclusifs.

Nos membres participent aussi à des débats nationaux et internationaux explorant l'impact social des algorithmes et de l'analyse des données, notamment en ce qui concerne les femmes et les filles des pays du Sud global. Ces débats, organisés par des organisations internationales comme [Zonta International](#) ou la Maison de Sciences de l'Homme, permettent d'interroger les biais algorithmiques et les inégalités engendrées par les technologies numériques.

L'éthique, ainsi que les impacts sociaux et environnementaux de l'intelligence artificielle et de la science des données, font partis des préoccupations de l'équipe. Ces réflexions sont menées en partenariat avec des organismes nationaux et internationaux, afin de favoriser une approche responsable et éclairée du développement et de l'utilisation des technologies basées sur les données.

## Synthèse de l'autoévaluation

La figure 2.20 résume les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces de l'équipe BD. L'équipe BD s'est renforcée sur la période 2019-2024 notamment dans les domaines des bases de données graphes, et plus généralement sur la science des données, tant d'un point de vue fondamental qu'appliquée. Elle a réussi à maintenir une masse critique importante, lui permettant de se positionner comme un acteur majeur en France dans son domaine. La structuration et l'organisation de l'équipe restent solides malgré la dispersion géographique sur trois bâtiments distincts et relativement éloignés les uns des autres. L'équipe a su attirer de nombreux séminaires étrangers de premier plan, et a accueilli un nombre important de doctorants (44 thèses dont 25 soutenues, 17 en cours et 2 abandons). L'équipe BD se distingue par son importante capacité à attirer des financements industriels et institutionnels, nationaux et internationaux. Elle développe des collaborations transdisciplinaires fructueuses, particulièrement en santé, sciences de la vie, environnement et sciences humaines et sociales. Ces collaborations se traduisent par des résultats scientifiques de qualité ainsi que par des prototypes et méthodes qui adressent des enjeux sociétaux d'actualité autour des données.

Cependant, l'équipe identifie plusieurs points de vigilance : la répartition femmes-hommes n'est que de 26% de femmes, dans la moyenne nationale mais loin de la parité. Sur l'attractivité au CNRS, nous avons proposé régulièrement des candidats sur la période dont deux ont été classés en section 6, mais qui ont préféré prendre des positions ailleurs en Europe. C'est un sujet difficile lié à la thématique qui touche aux problèmes d'attractivité des postes au CNRS dans des thématiques en tension, la où la concurrence est importante avec les laboratoires européens offrant des conditions de travail plus avantageuses, sans parler des entreprises du secteur privé.

En résumé, nous pensons que l'équipe BD a démontré une bonne dynamique, soutenue par une production scientifique de qualité et une visibilité internationale croissante, tout en identifiant clairement les axes d'amélioration nécessaires pour maintenir son niveau d'excellence à l'avenir.

---

13. <https://www.dw.com/es/inteligencia-artificial-para-combatir-la-violencia-de-gÃlnero/a-71050858>

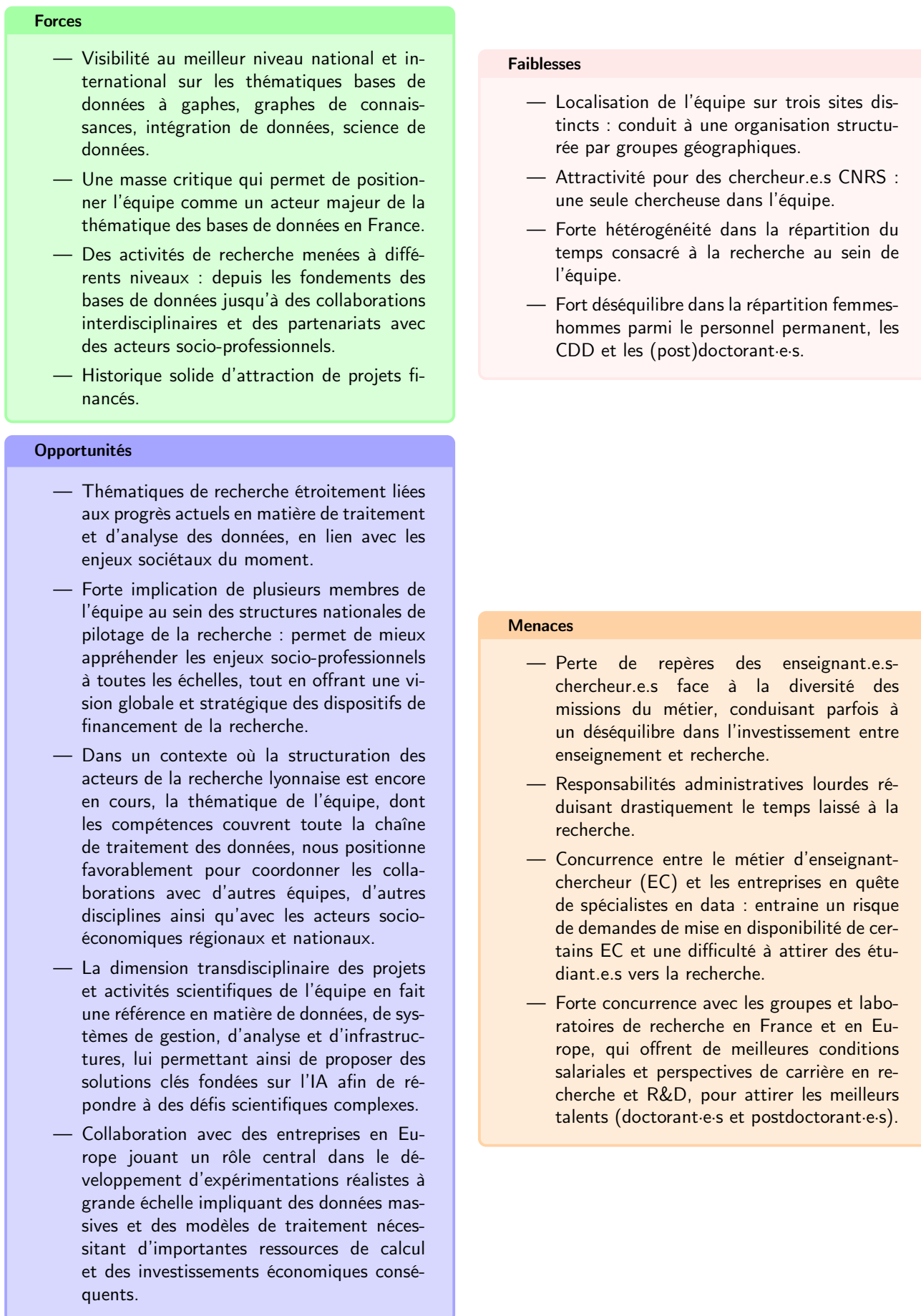


FIGURE 2.20 – SWOT de l'équipe Bases de données

## 4- Trajectoire de l'équipe

**Thématiques scientifiques.** La gestion des bases de données fait face à de nombreux défis induits par l'essor de l'IA. La scalabilité devient essentielle en raison de la nécessité de gérer d'importants volumes de données complexes, souvent distribuées et hétérogènes, tout en garantissant des performances élevées. Par ailleurs, la qualité et l'intégrité des données sont cruciales, l'efficacité et l'équité des modèles d'IA étant directement influencées par la fiabilité et l'absence de biais dans les jeux de données utilisés pour leur apprentissage. Les systèmes doivent également évoluer pour gérer efficacement des données non structurées ou semi-structurées telles que les images, les vidéos ou les flux continus en temps réel, répondant ainsi à des exigences accrues en matière de performance et de réduction de la latence. La sécurité et la confidentialité deviennent prioritaires face à l'utilisation fréquente par l'IA de données sensibles, nécessitant des mécanismes de sécurité renforcés. En outre, l'explicabilité et la transparence des processus automatisés doivent être intégrées aux bases de données, facilitant la traçabilité et l'auditabilité des résultats des modèles. La gestion dynamique des schémas, permettant une adaptation rapide aux évolutions des structures de données imposées par l'IA, ainsi que l'interopérabilité entre sources de données diverses, constituent également des défis majeurs. Enfin, une optimisation spécifique des systèmes pour les opérations intensives de calcul requises par l'IA, associée à une attention accrue portée à l'impact environnemental, complète cet ensemble complexe d'enjeux auxquels doivent répondre les systèmes modernes de gestion des bases de données.

Au regard des acquis de recherche de la période 2019-2024 et des nouveaux défis, l'équipe BD s'oriente résolument vers le renforcement des compétences à l'intersection des bases de données, de l'apprentissage machine et de l'intelligence artificielle. Nous identifions les axes de recherche suivants :

- Gestion des environnements dynamiques : gestion de grands graphes, flux de données, et pipelines dynamiques de sciences de données pour répondre aux défis de l'explicabilité et de la transparence dans des environnements hautement évolutifs. Concevoir des solutions avancées assurant une traçabilité fine des décisions, des modèles et des processus de traitement, rendant ainsi compréhensibles et auditables les systèmes d'IA complexes et dynamiques.
- Qualité, intégrité et disponibilité des données : développer des approches visant à garantir des jeux de données fiables, cohérents, équitables et sans biais. Il inclut également la conception créative et conversationnelle de pipelines, favorisant l'inclusion et l'interdisciplinarité dans la création de modèles d'IA éthiques, respectueux des principes de diversité, d'équité et d'inclusion (DEI).
- Sécurité, confidentialité et souveraineté des données : développer des méthodes et architectures robustes permettant un traitement sécurisé des données sensibles tout en respectant la souveraineté numérique (données et processus de traitement). Cet axe répond aux impératifs d'une utilisation éthique et responsable de l'IA.

**Collaboration avec les autres équipes.** Pour relever efficacement ces défis, l'équipe BD collabore activement avec l'équipe GOAL du pôle Algorithms and Combinatorics ainsi qu'avec les équipes DRIM, SOC, TWEAK et DM2L du pôle Data, System and Security. Avec GOAL, l'équipe BD exploite les expertises en structures discrètes et combinatoires pour concevoir des modèles et algorithmes avancés adaptés aux grands graphes et aux environnements dynamiques de données complexes. Les collaborations avec DRIM, SOC, TWEAK et DM2L permettent d'aborder des enjeux transversaux relatifs à la fouille, l'apprentissage et la gestion efficace des données massives, la sécurité des systèmes distribués et la protection de la vie privée. Ces synergies favorisent la mise au point de solutions innovantes et intégrées, renforçant ainsi la capacité collective à répondre aux défis majeurs posés par l'IA et la gestion des données à l'avenir.

**Un point sur la trajectoire du laboratoire.** L'équipe Bases de Données (BD) du LIRIS s'inscrit pleinement dans la trajectoire globale du laboratoire en conciliant une recherche fondamentale de pointe dans le domaine des bases de données avec des réponses concrètes aux enjeux sociétaux et interdisciplinaires actuels. Fort de son expérience, elle participera activement à la construction de la future organisation voulue par la direction de l'unité, afin que chaque membre de l'équipe puisse mener ses activités de recherche le plus efficacement possible, en favorisant les coopérations opportunistes au delà des contours de l'équipe actuelle.

Par ailleurs, l'équipe cherche activement à interagir avec d'autres domaines scientifiques, en particulier la santé, sciences de la vie et de la terre, les sciences humaines et sociales, ainsi que l'environnement, en mettant à disposition son expertise en gestion, intégration, analyse et sécurité des données. Consciente des défis liés à l'impact environnemental et aux coûts en ressources humaines induits par le traitement massif des données, l'équipe intègre ces considérations de durabilité au cœur de ses approches méthodologiques et technologiques. Elle promeut activement la science ouverte, facilitant ainsi l'accès libre et transparent à ses résultats de recherche et à ses outils, tout en adhérant rigoureusement aux principes d'intégrité scientifique et d'éthique. Par ailleurs, l'équipe BD accorde une attention particulière à la responsabilité sociale, en veillant à l'équité de genre et en défendant une démarche inclusive et juste vis-à-vis des minorités, contribuant ainsi à une recherche scientifique plus responsable, équitable et respectueuse des valeurs sociétales.

## 4- Drim

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

**Historique, localisation de l'équipe** : L'équipe DRIM a été créée en mai 2008. Entre 2008 et 2017, l'équipe était dirigée par Lionel Brunie et Sylvie Calabretto, deux professeurs à l'INSA Lyon. Depuis 2017, Sonia Ben Mokhtar (directrice de recherche au CNRS) a repris la direction de l'équipe et est épaulée dans cette fonction par Előd Egyed-Zsigmond (maître de conférences HDR à l'INSA Lyon) depuis 2022.

La période 2014-2019 a été marquée par l'évolution du collège doctoral international Multimédia Distributed Pervasive Secure Systems (MDPS) vers un laboratoire international hors les murs nommé IRIXYS. Ce laboratoire hors les murs implique des collègues de l'université de Passau (Allemagne) et de l'université de Milan (Italie). Une grande partie des travaux de l'équipe s'inscrit dans ce cadre de travail collaboratif international.

La période 2019-2024 a été marquée par différents événements que nous allons développer dans ce rapport :

- Le COVID et la reconstruction d'une vie d'équipe post-COVID
- la poursuite du développement du laboratoire international IRIXYS
- le départ de 3 jeunes chercheurs dans l'industrie (2 maîtres de conférences et 1 chargé de recherche CNRS)
- le développement d'une nouvelle thématique de recherche autour de l'IA distribuée de confiance qui sera détaillée dans notre trajectoire
- l'implication dans de nombreux projets France 2030

**Organisation de l'équipe** La majorité des membres de l'équipe est localisée au même étage du même bâtiment (bâtiment Blaise Pascal à l'INSA Lyon). Ceci favorise considérablement les échanges réguliers et la cohésion de l'équipe. Les membres localisés dans d'autres bâtiments pour des raisons de proximité de leur département d'enseignement (UCBL, Lyon 2) participent régulièrement aux réunions organisées par l'équipe.

#### Effectifs

- **Nombre de permanents** : Les effectifs permanents de l'équipe sont représentés dans le tableau 2.13. En somme, l'équipe compte : 1 directrice de recherche CNRS, 5 professeurs des universités, 7 maîtres de conférences dont 2 habilités à diriger des recherches et 1 chargé de recherches CNRS. A noter que durant la période 2019-2024, l'équipe a subi 3 départ de jeunes chercheurs dans l'industrie.
- **Nombre de non-permanents** : 14 doctorants, 4 post-doctorants

TABLE 2.13 – Effectif Permanents de l'équipe DRIM

Nom	Prénom	Fonction	Arrivée	Départ
BEN MOKHTAR	Sonia	DR CNRS (Resp.)	2009	-
BRUNIE	Lionel	Prof. INSA Lyon	2005	-
BOUCHENAK	Sara	Prof. INSA Lyon	2014	-
CALABRETTO	Sylvie	Prof. INSA Lyon	2005	-
PUZENAS	Didier	Prof. Uni. Lyon 2	2012	-
URBAIN	Xavier	Prof. Uni. Lyon 1	2016	-
EGYED	Elod	McF HDR INSA Lyon (Resp. Adj)	2005	-
HASAN	Omar	McF HDR INSA Lyon	2012	-
BENNANI	Nadia	McF INSA Lyon	2007	-
LAPORTE	Léa	McF INSA Lyon	2014	2021
MARANZANA	Matthieu	McF INSA Lyon	2005	-
NURBAKOVA	Diana	McF INSA Lyon	2015	-
PORTIER	Pierre-Edouard	McF INSA Lyon	2011	2023
NITU	Vlad	CRCN CNRS	2020	2022

#### Thématiques scientifiques

- **Protection des données personnelles dans un contexte distribué** : ce thème s'articule autour des problématiques de protection des données personnelles dans divers systèmes distribués tels que les systèmes de réputation, les systèmes géolocalisés ou les moteurs de recherche.
- **Fiabilité et performance des systèmes distribués et mobiles** : les travaux dans ce thème s'articulent autour de solutions offrant des garanties de fiabilité et/ou de performance dans les systèmes distribués. Divers systèmes distribués ont été étudiés dans l'équipe avec les perspectives ci-dessus, dont les systèmes de robots mobiles, les applications de stockage de données distribuées (*key-value stores*), et les systèmes à base de blockchains.

- **Recherche d'information et applications de l'apprentissage automatique** : dans cette thématique, l'équipe s'intéresse à la recherche d'information et à ses applications (systèmes de recommandation, traitement automatique du langage naturel), et en particulier à l'application de techniques d'apprentissage automatique dans ce contexte.

## Environnement de recherche

L'équipe DRIM est fortement ancrée dans l'écosystème régional et national.

- **Liens avec des fédérations de recherche** : Sara Bouchenak co-dirige depuis 2021 la Fédération Informatique Lyon - Saint-Étienne (FIL). Par ailleurs, l'équipe a plusieurs projets financés par la FIL sur la période.
- **Implication dans des dispositifs créés par le PIA du type Idex, I-Site, Labex, Équipex, PEPR, EUR, IHU, etc.** : l'équipe est fortement impliquée dans les dispositifs créés par le PIA, à la fois à travers des postes de direction qu'à travers le montage et le pilotage de projets. À titre d'exemple, Előd Egyed-Zsigmond est co-président du conseil scientifique du Labex Intelligence des Mondes Urbains (IMU) depuis 2022. Dans le cadre de ce Labex, notre équipe a co-porté un projet avec le laboratoire ELICO (projet IDENUM), a participé à un projet porté par le LAET (projet LIVRONS 2020-2023) et co-pilote une chaire industrielle avec l'entreprise Renault depuis 2021. Par ailleurs, depuis la mise en place des PEPR, notre équipe a trouvé sa place dans plusieurs de ces programmes nationaux. À titre d'exemple, Sonia Ben Mokhtar est directrice de programme pour le CNRS du PEPR Cybersécurité. Notre équipe est également impliquée dans les PEPR IA (co-direction du projet REDEEM), Cloud (participation aux projets TARANIS et STEEL), Santé Numérique (participation au projet M4DI), Réseaux du Futur (participation au projet NF-MUST). Enfin, notre équipe a bénéficié du financement d'un projet PIA Impulsion destiné aux jeunes chercheurs.
- **Implication dans les Groupements de Recherche du CNRS (GDR)** : l'équipe est très active au sein du GDR Réseaux et Systèmes Distribués (RSD). Sonia Ben Mokhtar a été directrice adjointe de ce GDR de 2020 à 2024. Dans ce cadre, l'équipe a contribué à la création du prix de thèse du GDR, au prix jeune chercheur/chercheur senior et organisé plusieurs écoles d'été et d'hiver.
- **Implication dans les associations et sociétés savantes** : Sonia Ben Mokhtar a été présidente de l'association ACM SIGOPS France de 2018 à 2023 et est depuis présidente d'honneur. Elle a également été élue membre du working group 10.4 de l'IFIP, une société savante dont l'expertise porte sur les systèmes informatiques fiables. Par ailleurs, Sara Bouchenak est membre du conseil d'administration de la Société Informatique de France (SIF).

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Lors de la précédente évaluation, trois points de vigilance ont été soulevés par le comité d'évaluation :

- **Commentaire** : Les axes "Protection des données personnelles dans un contexte distribué" et "Fiabilité et performances des systèmes distribués et mobiles" ont trois permanents impliqués en commun, l'axe "Recherche d'information et applications de l'apprentissage automatique" n'a aucun permanent commun avec les deux autres axes, ce qui porte le risque d'un manque de cohésion scientifique de l'équipe.  
**Réponse** : Durant la période 2019-2024, des travaux en commun entre les trois axes de l'équipe ont émergé. Nous mettons en avant les travaux à l'interface des trois axes de l'équipe dans la partie bilan.
- **Commentaire** : La production scientifique de l'équipe montre un déséquilibre de publications entre les différents axes (l'axe "recherche d'informations et applications de l'apprentissage automatique" compte environ 0,2 revues/ETP/an alors que globalement l'équipe a un taux de 0,58 revues/ETP/an) et aucune publication internationale entre cet axe et les deux autres axes.  
**Réponse** : Les publications de l'axe 3 ont été renforcées durant la période en particulier dans des revues et des conférences de qualité. Nous pouvons citer par exemple des publications dans des revues de rang Q1 : FGCS [Luc+20], KAIS [Mat+20], IEEE Access [Erb+24], IEEE DKE [Gen+22] et des conférences de rang A/A\* du domaine comme, ACM SIGIR [Gen+23 ; Gan+20], ACM CIKM [Le +19], ACM ECIR [Erm+21 ; Erm+22], EACL [Bos+24b].
- **Commentaire** : L'équipe a accueilli huit post-doctorants et quatre chercheurs invités internationaux mais ne mentionne aucun ingénieur, ce qui peut constituer un point de faiblesse, vu les domaines d'application abordés.  
**Réponse** : L'équipe a recruté deux ingénieurs durant la période en les personnes de Cédric Boscher et Shad Mohammad.

## 2- Introduction du portfolio

Le portfolio que nous avons choisi pour représenter les activités de l'équipe DRIM inclut une diversité d'éléments marquants. Tout d'abord, en 2019, deux membres de l'équipe ont organisé la 38ème édition de la conférence internationale Symposium on Reliable Distributed Systems. Pour illustrer notre production scientifique, nous avons sélectionné deux articles particulièrement significatifs. Ces deux articles ont été récompensés en remportant respectivement le premier et le second prix du meilleur article lors de la conférence ACM Middleware (de rang A) en 2020 et 2022. Par ailleurs, un élément qui caractérise notre équipe est la dynamique internationale que nous avons créée avec l'université de Passau et l'université de Milan. Cette collaboration s'est concrétisée à travers le collège doctoral MDPS, puis avec le laboratoire hors les murs IRIXYS, collaboration qui a fêté ses 15 ans en 2023. Enfin, nous menons une activité d'animation nationale autour du thème de l'apprentissage fédéré.

- **Portfolio 1 : Organisation du congrès international SRDS 2019** L'équipe a organisé la 38ème édition de la Conférence internationale SRDS 2019 (Rang A / Core). Deux membres de l'équipe (Sara Bouchenak, Sonia Ben Mokhtar) étaient les *general chairs* de cette conférence qui a attiré 160 participants. La conférence était organisée en 8 sessions techniques sur des thèmes tels que *Security and Privacy*, *Database Management Systems*, *Blockchain*, *Industrial Session*. Quatre ateliers étaient co-organisés avec cette conférence ainsi qu'un événement *Événement Women in Computing Systems and Engineering*. La conférence a invité deux orateurs de prestige : Peter Drushel (Max Plank Institute), et Anne-Marie Kermarrec (EPFL) ainsi qu'un tutoriel invité de Michel Raynal (Inria). Pour plus d'information, voir [le site web de SRDS 2019](#)



FIGURE 2.21 – Conférence Internationale IEEE SRDS 2019

- **Portfolio 2 : Prix du meilleur article à la conférence ACM Middleware 2020** [Dam+22]

L'article dont le titre est *FLet : Online Federated Learning via Staleness Awareness and Performance Prediction*, a obtenu le prix du meilleur article à la conférence ACM USENIX Middleware 2020. Cet article dont le premier auteur est un membre de l'équipe (Vlad Nitu) est issu d'une collaboration de ce dernier avec l'équipe d'Anne-Marie Kermarrec (EPFL).

**Résumé :** L'apprentissage fédéré, qui consiste à effectuer les tâches d'apprentissage au plus près des données s'avère être une technique prometteuse dans des applications manipulant des données sensibles (e.g., données de santé, données bancaires). Néanmoins, les solutions proposées dans l'état de l'art (en particulier par Google) ont des limitations intrinsèques liées aux contraintes qu'elles imposent sur la disponibilité des dispositifs des usagers : ces derniers doivent être en veille, connectés au WiFi et en charge. Ces contraintes étant généralement valides durant la nuit, le processus d'apprentissage ne peut donc se faire que toutes les 24h. Hors, certaines applications peuvent nécessiter des mises à jour de modèles plus fréquentes (e.g., un système de recommandation d'articles de journaux). L'exemple ci-dessous illustre la problématique. Dans cet exemple, deux utilisateurs Alice et Bob participent de manière fédérée à l'entraînement d'un système de recommandation. Bob qui se réveille plus tôt qu'Alice utilise le dernier modèle entraîné pour accéder aux dernières nouvelles. Ces clics devraient être utiles pour calculer des recommandations pertinentes pour Alice qui ne consulte l'actualité que lors de sa pause déjeuner. Dans la version classique de l'apprentissage fédéré, Alice n'aura accès au modèle mis à jour par la contribution de Bob que le lendemain (partie haute de la figure). La solution proposée dans cet article (partie basse de la figure) permet de faire de l'apprentissage fédéré en ligne permettant à Alice de bénéficier plus rapidement de la contribution de Bob. Ceci est rendu possible grâce au développement d'outils permettant

la surveillance des performances des dispositifs mobiles en continu afin d'exploiter des périodes ou des tâches d'apprentissage peuvent être lancées.

— **Portfolio 3 : Prix du second meilleur article à la conférence ACM Middleware 2022** [Mes+22b]

L'article dont le titre est *Shielding federated learning systems against inference attacks with ARM TrustZone* co-écrit par trois auteurs de l'équipe DRIM du LIRIS et un collaborateur de l'université de Neuchâtel (Suisse) a obtenu le 2ème prix du meilleur article à la conférence ACM Middleware 2022.

**Résumé :** L'apprentissage fédéré (FL) ouvre de nouvelles perspectives pour l'entraînement de modèles d'apprentissage automatique tout en conservant les données personnelles sur les appareils des utilisateurs. Plus précisément, dans l'apprentissage fédéré, les modèles sont entraînés sur les appareils des utilisateurs et seules les mises à jour du modèle (c'est-à-dire les gradients) sont envoyées à un serveur central à des fins d'agrégation. Cependant, les nombreuses attaques d'inférence qui divulguent des données privées à partir des gradients, publiées ces dernières années, soulignent la nécessité de concevoir des mécanismes de protection efficaces pour encourager l'adoption de l'apprentissage fédéré à grande échelle. Bien qu'il existe des solutions pour atténuer ces attaques côté serveur, peu de choses ont été faites pour protéger les utilisateurs contre les attaques effectuées côté client. Dans ce contexte, l'utilisation d'Environnements d'Exécution de Confiance (TEE) côté client figure parmi les solutions les plus prometteuses. Cependant, les frameworks existants (par exemple, DarkneTZ) nécessitent de placer statiquement une grande partie du modèle d'apprentissage automatique dans le TEE pour se protéger efficacement contre les attaques complexes ou une combinaison d'attaques. Nous présentons GradSec, une solution qui permet de protéger dans un TEE uniquement les couches sensibles d'un modèle d'apprentissage automatique, de manière statique ou dynamique, réduisant ainsi la taille de la Base de Calcul de Confiance (TCB) ainsi que le temps d'entraînement des modèles par des facteurs allant de 30 à 50% par rapport aux solutions de l'état de l'art.

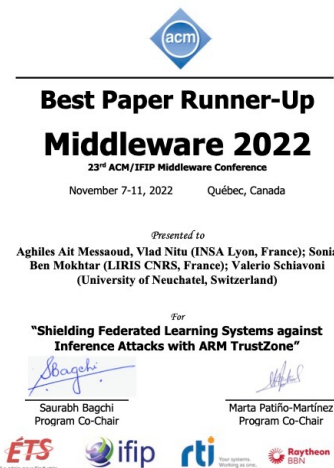


FIGURE 2.22 – Best Paper Award-runner up at Middleware 2022

— **Portfolio 4 : Publication à la conférence ACM SIGIR 2023** [Gen+23]

L'article dont le titre est *Linked-DocRED – Enhancing DocRED with Entity-Linking to Evaluate End-To-End Document-Level Information Extraction* co-écrit par trois auteurs de l'équipe DRIM du LIRIS et un collaborateur de l'entreprise Alteca a été publié à la conférence ACM SIGIR 2023 à Taipei, Taiwan.

**Résumé :** L'extraction d'informations (IE) vise à extraire des entités et des relations significatives à partir de documents, afin de les structurer dans un graphe de connaissances pouvant être utilisé dans diverses applications en aval. L'entraînement et l'évaluation de telles chaînes de traitement nécessitent un jeu de données annoté avec des entités, des coréférences, des relations et des liens vers des entités. Cependant, les jeux de données existants manquent souvent d'annotations sémantiques, sont trop petits, pas assez diversifiés, ou annotés automatiquement (c'est-à-dire sans garantie solide quant à la qualité des annotations). C'est pourquoi nous avons proposé Linked-DocRED, à notre connaissance le premier jeu de données d'extraction d'information structurée à l'échelle des documents, annoté manuellement et à grande échelle. Nous avons enrichi le jeu de données DocRED, déjà existant et largement utilisé, avec des annotations sémantiques, générées grâce à un processus semi-automatique garantissant une haute

qualité des annotations. En particulier, nous utilisons les hyperliens des articles Wikipédia pour fournir des candidats à la désambiguïsation. Nous proposons également un cadre complet de métriques pour évaluer les chaînes IE de bout en bout, ainsi qu'une métrique centrée sur les entités pour évaluer la liaison d'entités. L'évaluation d'un modèle de référence montre des résultats prometteurs tout en mettant en évidence les défis d'une chaîne d'extraction d'informations structurées de bout en bout. Le jeu de données Linked-DocRED, le code source pour l'annotation sémantique, le modèle de base et les métriques sont distribués sous licence open source et peuvent être téléchargés depuis un dépôt public.

- **Portfolio 5 : IRIXYS** ([International Research and Innovation Centre on Digital Intelligent Systems](#)) est un laboratoire international hors-les murs fondé en 2016 par l'INSA-Lyon (Membres de l'équipe DRIM), l'Université de Passau en Allemagne et l'Université de Milan en Italie. Les 3 équipes ont préalablement collaboré depuis 2008 (2010 resp.) dans le cadre de collèges doctoraux franco-allemand (resp. franco-italien). Initialement une collaboration universitaire et de recherche, IRIXYS comporte également une dimension de collaboration avec des entreprises (ATOS, Siemens, Information Légale, Italian Telekom...). En termes de volumétrie, IRIXYS regroupe aux alentours de 40 membres dont 20 sont des doctorants et des post-doctorants. 2 nouvelles co-tutelles sont démarrées chaque année et autour de 10 articles par an sont publiés dans des revues et conférences internationales sélectives.

IRIXYS est fortement soutenu par l'Université Franco-Allemande. Celle-ci a renouvelé pour la seconde fois le PhD-track (2023-2028) élément central de la collaboration franco-allemande. IRIXYS est également soutenu par l'université Franco-Italienne, le CNRS, le Centre de Coopération Franco-Bavarois, la région Auvergne-Rhône-Alpes, la région Lombardie en Italie, la région Bavière en Allemagne et l'INSA Lyon. IRIXYS a été rejoint par l'Université de Pau et des Pays de l'Adour en 2018. Deux autres partenaires, l'un Allemand (Université de Deggendorf) et l'autre italien (Université de Milan Bicocca) sont en cours d'adhésion. IRIXYS a œuvré pour la création d'un double diplôme de master Franco-Italien qui a ouvert en Septembre 2025. IRIXYS a participé à des projets européens à visée pédagogique comme le projet [Fit-Europe](#) (2021-2022), projet Erasmus+ Strategic Partnership avec la collaboration de l'UPB en Roumanie et un panel d'entreprises. Plus récemment, un projet de master international avec la collaboration de l'UAB en Espagne est en cours de montage. IRIXYS participe également à des projets européens comme le projet OpenWebSearch (Horizon NGI) dont l'Université de Passau est le leader.

Lionel Brunie est codirecteur d'IRIXYS, Nadia Bennani est responsable d'IRIXYS pour les études doctorales et Előd Egyed-Zsigmond est responsable des double diplômes niveau Master.



## Young Scientists' Workshops



- **Portfolio 6 : Animation de la communauté nationale en apprentissage distribué à travers l'organisation d'événements nationaux** L'équipe s'est fortement impliquée dans l'animation de la communauté nationale autour du thème de l'apprentissage distribué en organisant des événements à destination des permanents et des doctorants. En 2022, l'équipe a organisé un premier séminaire au Lip6 qui a regroupé une cinquantaine de participants et une quinzaine d'orateurs<sup>14</sup>. En 2023, l'équipe a organisé un événement de quatre jours sur le thème de l'apprentissage distribué. Les deux premiers jours consistaient en une école d'été sur l'apprentissage distribué dans le cadre du GDR Réseaux et Systèmes Distribués<sup>15</sup>. Cette école, organisée sur le campus de la Doua à Lyon a été marquée par l'intervention de huit orateurs de prestige dont Francis Bach, membre de l'académie des sciences. Les deux jours qui ont suivi étaient axés sur les enjeux éthiques, légaux, sociétaux et économiques de l'apprentissage distribué<sup>16</sup>. Ces deux journées sont marquées par l'intervention de 16 orateurs invités. Ensemble, ces deux événements ont attiré une centaine de participants. Cette dynamique se poursuit avec l'organisation en 2025 d'un événement national sur l'apprentissage distribué dans le cadre des dix ans de la fédération informatique

14. Journée thématique en apprentissage distribué 2022 : <https://shorturl.at/FySyZ>

15. Ecole d'été en apprentissage distribué 2023 : <https://shorturl.at/OJG6C>

16. Journées thématiques en apprentissage distribué 2023 : <https://shorturl.at/gNRAc>

de Lyon.



FIGURE 2.23 – Journée thématique en apprentissage distribué 2022

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'équipe

- **Contexte et objectifs** : les systèmes informatiques d'aujourd'hui caractérisés par une architecture distribuée edge-to-cloud et une forte consommation de données, présentent une surface d'attaque étendue. L'augmentation du volume et de la sensibilité des données collectées et traitées dans ces systèmes exacerbe les risques de compromission de la confidentialité, de l'intégrité et de la disponibilité de ces derniers. Dans ce contexte, notre équipe travaille à la fois à (i) développer de nouveaux systèmes centrés données à base d'algorithmes d'apprentissage dans un contexte sans adversaires. Ces travaux sont développés dans l'axe 3 de l'équipe (ii) développer des solutions permettant de garantir la résilience de ces systèmes face à l'occurrence de fautes causées par des pannes, des bugs et allant jusqu'aux comportements malveillants. Nous distinguons dans l'équipe les solutions qui visent à améliorer la fiabilité des systèmes (axe 2) de celles qui visent à préserver la confidentialité des données (axe 1). Ces trois axes sont détaillé plus loin dans le rapport.
- **Moyens** : Afin d'atteindre ces objectifs, l'équipe s'appuie sur diverses sources de financement représentées dans la Table 2.14. Dans cette table nous pouvons constater :
  - Une forte implication de l'équipe dans les projets France 2030 avec une **implication dans 4 PEPRs** (IA, Cloud, Santé numérique et Réseaux du Futur) et un budget global d'environ 2,2M€.
  - L'obtention de **6 projets ANR** sur la période dont deux ANRs internationales : une ANR Franco-Japonnaise et une ANR Franco-Allemande.
  - La direction de deux laboratoires communs (LabCom) avec les entreprises **SIBIL-lab** (2018-2023) et **iExec Blockchain Tech** (2021-2026).
  - **14 collaborations avec le tissu industriel** avec un budget d'environ 670k€. Ceci inclut aussi bien des CIFREs que des projets bi-latéraux.
  - Une intégration dans l'écosystème local à travers des projets collaboratifs inter-équipes au sein du laboratoire (avec les équipes BD, DM2L et SOC) ainsi que des projet inter-laboratoires au sein au sein de la fédération informatique de Lyon (ex., les projets FaaSbench avec le LIP et CASCADE avec le CITI et le LIP).
- **Vie sociale de l'équipe** : Notre équipe a toujours mis l'accent sur les activités d'animation, et ce trait s'est clairement renforcé depuis la pandémie de COVID-19, où il a fallu reconstruire une vie d'équipe afin d'inciter les membres à revenir le plus fréquemment possible dans les locaux. Notre vie d'équipe s'articule autour des événements récurrents suivants :
  - Un séminaire d'équipe (présentation d'un ou de deux doctorants) suivi d'un repas d'équipe le premier vendredi de chaque mois. Lors de ce repas, chacun apporte quelque chose à partager.
  - Un atelier scientifique (*workshop*) d'une semaine, deux fois par an, dans le cadre du laboratoire hors les murs IRIXYS. Le lieu de ce séminaire alterne entre Lyon, Passau et Milan. Dans le cadre de cet

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	95 k€	15 k€	15 k€	2 k€	2.1 %
France	3537 k€	589 k€	589 k€	98 k€	76.4 %
Dont PEPRs	2249 k€				
Dont ANRs	1287 k€				
PIA	57 k€	9 k€	9 k€	1 k€	1.2 %
Industrie	669 k€	111 k€	111 k€	18 k€	14.5 %
International	268 k€	44 k€	44 k€	7 k€	5.8 %
Total	4626 k€	771 k€	771 k€	128 k€	100%

TABLE 2.14 – Contrats : quelques indicateurs clés pour DRIM. Effectif au 31/12/2024 : 11 permanents ; 6 ETP.

atelier, les doctorants des trois équipes impliquées font des présentations, et des partenaires d'IRIXYS y sont souvent invités pour monter des projets collaboratifs. La liste et le programme des précédents ateliers IRIXYS peuvent être consultés en ligne : <https://irixys.uni-passau.de/workshops-summer-schools/>.

- Une retraite d'équipe organisée une fois par an au lac de Miribel Jonage. D'une durée de 2 ou 3 jours, cette retraite permet aux doctorants et aux permanents de l'équipe de se retrouver dans un endroit convivial et d'échanger autour des problématiques scientifiques de l'équipe. Nous avons organisé cette retraite en 2021, 2022, 2023 et 2024.
- **Infrastructures et équipements** : l'équipe s'appuie sur les infrastructures de calcul locales (plateforme Pagoda) et nationales (GRID5000 et JeanZay).

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

#### Politique de gestion des ressources financières de l'équipe :

L'équipe dispose d'un budget récurrent d'environ 5 000 euros (il était de 5 555 euros en 2024). Ainsi, comme présenté précédemment, l'équipe s'appuie grandement sur des financements externes pour financer ses activités de recherche (ANR, France 2030, projets industriels, etc.). Il n'y a pas de politique de mutualisation pour les financements issus de réponses à des appels à projets. Néanmoins, nous essayons, dans la mesure du possible, de répondre aux appels à projets en impliquant plusieurs permanents.

Le budget récurrent est, quant à lui, mutualisé et permet de répondre aux besoins ponctuels des collègues (par exemple, l'achat d'une machine ou des frais de déplacement pour un doctorant). Il est également alloué à l'organisation de la retraite annuelle de l'équipe, moment privilégié pour favoriser l'émergence de thématiques novatrices, ainsi qu'au soutien d'activités collectives de recherche.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

L'équipe est essentiellement localisée au bâtiment Blaise Pascal à l'INSA en plus d'une personne à Lyon 2 et une autre à Lyon 1.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'équipe est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

La production scientifique de l'équipe est synthétisée quantitativement dans la Table 2.15. A partir de ce tableau nous pouvons dire que les permanents de l'équipe publient environ une revue internationale et environ 2,5 articles dans les conférences internationales par ETP.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	4	3	3	11	4	8	33	5.5
#Revue int. / ETP	0.7	0.5	0.5	1.8	0.7	1.3	5.5	0.9
#Conf. int.	16	13	23	20	10	5	87	14.5
#Conf. int. / ETP	2.7	2.2	3.8	3.3	1.7	0.8	14.5	2.4
#Logiciel HAL	0	0	0	0	0	0	0	0.0
#Thèses soutenues	5	1	1	4	2	3	16	2.7

TABLE 2.15 – Production : quelques indicateurs clés pour DRIM. Effectif au 31/12/2024 : 11 permanents ; 6 ETP.

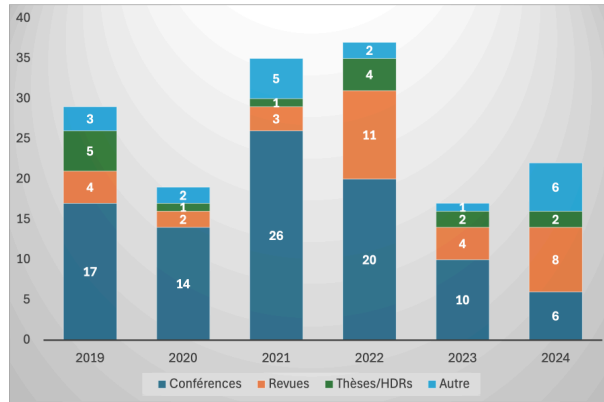


FIGURE 2.24 – Evolution des publications dans la période 2019-2024

Afin de répondre aux objectifs scientifiques décrits dans la section précédente, l'équipe développe des travaux de recherche dans les trois axes suivants :

1. **[Axe 1] Protection des données personnelles dans un contexte distribué** : ce thème s'articule autour des problématiques de protection des données personnelles dans divers contextes applicatifs tels que les systèmes de réputation, les systèmes géolocalisés, les systèmes de diffusion vidéo (*streaming*).

- **Permanents impliqués.** Cinq permanents sont impliqués dans ce thème : S. Ben Mokhtar, S. Bouchenak, L. Brunie, O. Hasan et N. Bennani.
- **Méthodologie et outils utilisés.** Dans cet axe, notre méthodologie s'appuie à la fois sur le développement de nouvelles métriques pour évaluer la sensibilité des données [BB21 ; Kha+19] que sur le développement de nouvelles méthodes de protection [Kha+21 ; Cer+23]. Nous utilisons divers outils pour atteindre nos objectifs tels que du calcul multi-partite sécurisé ([Sch+24]), ou du matériel sécurisé tel que les processeurs Intel SGX (ex., dans [Ros+21 ; Sil+19 ; Mes+22a]) ou ARM TrustZone (ex., dans [Mes+22b]). Plus récemment, nous avons entamé des recherches dans le domaine de l'apprentissage distribué (fédéré ou décentralisé) qui permet d'entraîner des modèles d'apprentissage tout en gardant les données personnelles au plus près de leurs propriétaires. Nous nous sommes ainsi intéressés à l'utilisation de l'apprentissage distribué pour améliorer la préservation des données personnelles (ex., [Kha+21]) mais aussi aux vulnérabilités de ce nouveau paradigme (ex., [EBB24]).
- **Résultats et contributions.** Cet axe de recherche a donné lieu à la publication de plusieurs *surveys* publiés dans des revues de rang Q1 (VLDB Journal, ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems) dans lesquelles nous synthétisons, classons et identifions les limites des travaux de l'état de l'art ([MBS24 ; Pri+19 ; Bel+24]). Par ailleurs, plusieurs contributions résultant de nos recherches ont été publiées dans la conférence ACM/IFIP/Usenix Middleware, de rang A, ([Mes+22a ; Mes+22b ; Sil+19]), la conférence Ubicomp, de rang A\* ([Bos+24a ; Bel+22]), ou encore dans des revues de rang Q1 (ex., ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, ACM Transactions on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies).
- **Moyens mobilisés.** Les doctorants impliqués dans cet axe sont : Besma Khalfoun, Aghiles Aït Messaoud, Yacine Belal, Paul LACHAT, Armin GERL, Ashish ASHUTOSH, Felix BOLZ, Joey BEKKINK, Yacine BELAL, Matthieu BETTINGER, Julien NICOLAS, Ousmane TOUAT.

2. **[Axe 2] Fiabilité et performance des systèmes distribués et mobiles** :

- **Contexte.** Les travaux dans ce thème s'articulent autour de solutions offrant des garanties de fiabilité et ou de performance dans les systèmes distribués. Divers systèmes distribués ont été étudiés dans l'équipe avec les perspectives ci-dessus dont les systèmes de robots mobiles, les applications de stockage de données distribuées (key-value-stores), les systèmes à base de blockchains.
- **Permanents impliqués.** Six permanents sont impliqués dans ce thème : S. Ben Mokhtar, S. Bouchenak, L. Brunie, et N. Bennani, X. Urbain., V. Nitu
- **Méthodologie et outils utilisés.** Les travaux effectués dans cet axe font usage d'une large palette à outils parmi lesquelles : les assistants de preuves [Bal+21], les algorithmes de réplication tolérant les fautes Byzantines [Mes+22a ; Kor+22] ou encore la théorie du jeu [Len+19]. Par ailleurs, de manière similaire au premier axe, nous nous sommes intéressés à la résilience des algorithmes d'apprentissage distribué. Ainsi nous nous sommes intéressés à des techniques d'évaluation et de mitigation des biais [Dje+24] dans ces algorithmes ainsi qu'à la résilience aux portes dérobées [Elh+23], (*backdoors*).

- **Résultats et contributions.** Les travaux publiés dans cet axe sont apparus dans des conférences majeures du domaine des systèmes mobiles tel que ACM Ubicomp de rang A\* ([Dje+24]) et des systèmes distribués tel que ACM/IFIP/Usenix Middleware, de rang A ([Mes+22a]) et des services (IEEE International Conference on Web Services, de rang A, [Ben+24b]). Par ailleurs, nous avons publié plusieurs articles dans des revues de rang Q1 tel que IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing ([Zha+21 ; Len+19]), Journal of Scheduling ([Ben+24a]).
- **Moyens mobilisés.** Cet axe inclut le travail des doctorants suivants : Wisnu URIAWAN, Remi CANNILLAS, Brandon MOSQUEDA, Rayan MOSTEFAOUI, Nawel BENARBA, Yasmine DJEBROUNI, Fatima EL HATTAB, Silvia GROSSO.

### 3. [Axe 3] Recherche d'information et applications de l'apprentissage automatique :

- **Contexte.** Dans cette thématique l'équipe s'intéresse au traitement automatique du langage naturel, à la recherche d'informations et ses applications (systèmes de recommandation) et en particulier à l'application de techniques d'apprentissage automatique dans ce contexte.
- **Permanents impliqués.** Cinq permanents sont impliqués dans ces travaux : E. Egyed, D. Nurbakova, S. Calabretto, P-E. Portier, L. Laporte .
- **Méthodologie et outils utilisés.** Dans cette axe, nous avons apporté des contributions dans les domaines de l'IA symbolique, l'extraction de connaissances structurées à partir de textes, une nouvelle définition de matrice de confusion pour des classifieurs multi classe et non floue, la détection de fraude à la carte bancaire, les systèmes de recommandation et la simplification de textes.
- **Résultats et contributions.** Nos résultats ont été publiés dans des revues de rang Q1 : FGCS [Luc+20], KAIS [Mat+20], IEEE Access [Erb+24], IEEE DKE [Gen+22], des conférences de rang A/A\* du domaine comme, ACM SIGIR [Gen+23 ; Gan+20], ACM CIKM [Le +19], ACM ECIR [Erm+21 ; Erm+22], EACL [Bos+24b] et nous étions dans le comité de pilotage d'une tâche de la conférence CLEF (SimpleText 2021 et 2022).
- **Moyens mobilisés.** Huit doctorants sont impliqués dans cet axe : Alaa ALHAMZEH, Baptiste BRUNET DE LA CHARIE, Pierre-Yves GENEST, Johan LEYDET, Nathan NOWAKOWSKI, Duaa BAIG, Yvan LUCAS, Yutong WANG.

### 4. Emergence de travaux à l'interface entre les axes : Parmi les travaux cités ci-dessus, certains se trouvent à la frontière entre plusieurs axes. Nous pouvons ainsi citer les travaux suivants :

- **A la frontière entre la fiabilité et la vie privée :** nous avons travaillé sur des solutions permettant de garantir à la fois la résilience aux attaques et la confidentialité des données. Nous pouvons par exemple citer les travaux de thèse de Matthieu Bettinger qui visent à développer une place de marché décentralisée résiliente aux attaques de type *front-running* et qui garantie la confidentialité des requêtes ; les travaux d'Aghiles Aït Messaoud qui visent à développer un système de stockage robuste et permettant de stocker des données extrêmement sensibles ou encore les travaux de Fatima El Hattab dont le but était de développer des solutions d'apprentissage fédéré confidentiel et robuste aux attaques de type *backdoor* [Elh+23 ; Bos+24a].
- **A la frontière entre la recherche d'information et les systèmes préservant la vie privée :** nous nous sommes intéressés au développement d'algorithmes de recommandation préservant la vie privée dans le cadre de la thèse Yacine Belal [Bel+22] ainsi que dans le cadre d'une collaboration avec UC Louvain et l'Université de Bordeaux [Ros+21]. Nous commençons également des travaux autour de la sécurisation des méthodes d'apprentissage fédéré avec la thèse de Johan Leydet.
- **A la frontière entre les techniques d'apprentissage et la résilience aux attaques :** Nous avons travaillé sur des problématiques autour de l'apprentissage robuste dans le cadre d'une collaboration avec TU Delft et IBM Zürich [Zha+19a ; Zha+19b ; Zha+21]. Plus récemment, Johan Leydet, doctorant dans l'équipe travaille sur des problématiques d'apprentissage distribué résilient aux comportements Byzantins.

Ces travaux à la frontière entre apprentissage, résilience et confidentialité ont fait émerger un nouvel axe dans notre équipe autour de l'**IA distribuée de confiance** que nous allons détailler dans la partie trajectoire.

Collaborations scientifiques de l'équipe : L'équipe développe depuis de nombreuses années des collaborations scientifiques fructueuses aussi bien dans le cadre du laboratoire hors les murs IRIXYS qu'en dehors de ce laboratoire. Ces collaborations avec les publications qui en résultent sont synthétisées dans le tableau 2.16.

#### Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

- **PC de grande conférences :** ACM SIGIR 2023, 2024, ECIR 2020, 2021, 2024, ACM EuroSys 2019, 2020, 2024, ACM Middleware 2019, 2020, 2021, 2022, 2024, USENIX ATC 2021, 2023, IEEE ICDCS 2019,

Partenaire	Publications communes	Thèses en co-tutelle
Université de Passau, Allemagne	[Böl+23 ; Alh+22a ; Lac+22b ; Alh+22b ; Aww+21 ; Sch+24 ; Sch+19 ; Alh+22c ; Aww+19 ; Lac+22a]	Paul Lachat, Felix Bolz, Alaa Alhamzeh, Tarek Awwad, Maximilian Schiedermeier
Université de Milan, Italie	[Len+19]	Guido Lena Cota
TU Braunschweig, Allemagne	[Mes+22a]	Pas de co-tutelle mais implication d'une doctorante à TU Braunschweig
Université de Neuchatel, Suisse	[Dje+23 ; Dje+24 ; Mes+21 ; Mes+22b]	Pas de cotutelle mais travaux impliquant des doctorants de l'équipe
UC Louvain, Belgique	[Ben+21a ; Ben+24a ; Ros+21 ; JBR20 ; Sil+19 ; Mok+21]	Pas de cotutelle mais travaux impliquant des doctorants de l'équipe
Université de Seattle, USA	[Bel+24 ; Sal+22]	Pas de cotutelle mais travaux impliquant des doctorants de l'équipe
Tu Delft, Pays Bas	[Zha+19a ; Bir+19 ; Zha+21 ; Zha+19b]	Pas de cotutelle mais travaux impliquant des doctorants de l'équipe

TABLE 2.16 – Collaborations internationales

2020, 2021, 2022, 2023, IEEE SRDS 2020, 2021, 2023, IEEE DSN 2019, 2020, 2021, 2022, TheWebConf 2020

- **Editeur associé de grandes revues** : Des membres de l'équipe font partie des comités de lectures de plusieurs journaux internationaux : IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, Journal of Artificial Intelligence Research - JAIR (ISSN 1927-6974), ACM Computing Surveys
- **Invitation à des keynotes et autres talks invités** :
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** dans *Principles of Distributed Learning Workshop (PODL)* co-localisé avec la conférence PODC 2024.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** dans *Women in Computer Science Workshop*, "The Many Faces of Federated Learning", Cameroon, December 2024.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** lors de l'école d'été Artisan2024 : Role and effects of ARTificial Intelligence in Secure ApplicatioNs.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** dans le cadre de l'école doctorale CUSO, Université de Neuchâtel. "Privacy-Preserving Collaborative Learning". Le 01/12/2021 à Neuchatel.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** lors de l'école d'été Artisan2021 : Role and effects of ARTificial Intelligence in Secure ApplicatioNs. <https://artisan2021.sciencesconf.org>
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** à l'école d'hiver du GDR RSD. 21-25 Mars 2022.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** dans le cadre du groupe de travail "Protection de la Vie Privée" du GDR sécurité.
  - **[Conférencier invité (Keynote)]** dans le cadre de l'atelier "Health and Privacy-Preserving Machine Learning Workshop 2021". Le 28/10/2021.
- **Invitation à des jurys de thèse à l'étranger** : Les membres de l'équipe sont régulièrement invités à des jurys de thèses à l'étranger. Nous pouvons citer des invitations dans les universités de : Milano Statale et Milano Bicocca en Italie, Imperial College London au Royaume-Uni, Université de Neuchâtel et Université de Lausanne en Suisse, Université de Passau, Université Friedrich-Alexander de Erlangen en Allemagne, Université d'Oslo en Norvège, Université de Lausanne en Suisse, Université de Coimbra au Portugal, Université de Lund en Suède.
- **Invitation à des comités d'évaluation de projets nationaux et internationaux** : Des membres de l'équipe ont été experts auprès de la Commission Européenne, de l'ANR (CE 25 et 23) et de l'ANRT.
- **Invitation à des comités de recrutement à l'étranger** : Membre de CoS à l'Université de Lisbonne au Portugal, à KU Leuven en Belgique.

- **Distinctions : Plusieurs membres de l'équipe ont obtenu des distinctions nationales :** Sylvie Calabretto, Sara Bouchenak, Elöd Egyed et Pierre-Edouard Portier ont obtenu les palmes académiques ; Sonia Ben Mokhtar a été nommée au grade de chevalier dans l'ordre national du Mérite.

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L'équipe se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

**Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

Notre équipe développe de très forts liens avec le monde économique. Nous pouvons ainsi citer les actions suivantes :

- Deux laboratoires communs (LabComs) financés par l'ANR avec les entreprises iExec Blockchain Tech et AttestationLegale/InfoLegale.
- Des projets bi-latéraux dont des CIFRESs avec les entreprises Caisse Epargne Rhone Alpes, NUNKI SAS, ALTECA, GAPAVE, OFA.
- Une chaire industrielle avec l'entreprise Renault (chaire Data et Services pour une Ville Durable-DSVD).

**Référence 3. L'équipe partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

L'équipe s'implique de manière régulière dans des actions de vulgarisation et de médiation scientifique. Ci-dessous quelques exemples des actions que nous menons.

- Publication en 2022 d'un article de vulgarisation dans la revue grand public *The Conversation* dont le titre est "Comment l'information médicale se dénature au fil des tweets".<sup>17</sup>
- Participation en 2022 à la conférence / média en ligne TEDxINSA Lyon avec une intervention dont le titre est : *The art of self-persuasion*<sup>18</sup>
- Participation en 2020 aux Entretiens Jacques Cartier sur le thème *Ethique/Privacy des données de mobilité*.<sup>19</sup>
- Présentation en 2020 à la conférence grand public *P2P festival* à Paris.<sup>20</sup>
- Article dans la presse écrite en 2020 sur les *Applications de traçage COVID-19* publié dans le journal La Croix.<sup>21</sup>

## Synthèse de l'autoévaluation

### 4- Trajectoire de l'équipe

Pour rappel, les axes de recherche de l'équipe lors de la période 2019-2024 sont les suivants :

- **Axe 1 :** Protection des données personnelles dans un contexte distribué.
- **Axe 2 :** Fiabilité et performance des systèmes distribués et mobiles.
- **Axe 3 :** Recherche d'information et application de l'apprentissage automatique.

Dans les années à venir nos axes de recherche vont évoluer comme suit :

17. <https://theconversation.com/comment-linformation-medical-se-denature-au-fil-des-tweets-191536>

18. <https://www.youtube.com/watch?v=z4voBpLiiw8&t=356s>

19. <https://www.centrejacquescartier.com/en/les-entretiens/details/entretien/donnees-urbaines-de-mobilite-et-ethique-entre-ruee-vers-lor-et-interet-general-jour-1/>

20. <https://p2p.paris/en/speakers/dr-sonia-ben-mokhtar/>

21. <https://www.la-croix.com/France/Stop-Covid-anonymat-efficacite-Ce-qu'il-faut-savoir-lappli-tracage-2020-04-28-1201091530>

TABLE 2.17 – Analyse SWOT

Facteurs Internes	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Forte cohésion, ambiance agréable de travail, vie d'équipe</li> <li>— Forte dynamique scientifique : IRIXYS, de nombreux projets en cours</li> <li>— Cooperation internationale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Thématique en vogue à l'interface entre l'IA et la cybersécurité ce qui a engendré 3 départs de permanents dans l'industrie</li> <li>— Présence faible à l'Europe</li> </ul>
Facteurs Externes	
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Effet levier sur les projets acceptés</li> <li>— Thématique porteuse à l'interface entre l'IA et la cybersécurité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Surcharge due au départ de 3 jeunes permanents</li> <li>— Recrutements de doctorants et de post-doctorants</li> </ul>

- **Axe 1 : Résilience et préservation de la vie privée des systèmes distribués dans le continuum edge-cloud** : cet axe correspond à la fusion de nos deux axes 1 et 2. En effet, notre équipe s'intéresse de plus en plus à la résolution de problèmes difficiles à la frontière entre la préservation de la vie privée et la fiabilité. Adresser ces deux dimensions s'avère difficile car les outils employés sont souvent incompatibles. Par exemple, la détection de fautes nécessite souvent la mise en place de logs et l'inspection de ces logs afin de détecter les dysfonctionnements (*accountability*). Ceci peut parfois être incompatible avec des propriétés de confidentialité car inspecter des logs d'interactions peut révéler des informations sensibles sur les échanges entre participants d'un système distribué. Ainsi, un défi dans ce contexte est de permettre de garantir à la fois des propriétés d'*accountability* et de *privacy*. Des travaux préliminaires dans ce nouvel axe ont d'ores et déjà commencé. Nous pouvons citer dans ce contexte les travaux de thèse d'Aghiles AIT MESSAOUD dans le cadre du LAbCom REDCHAIN-Lab qui travaille sur un système de stockage confidentiel et résilient aux comportements Byzantins.
- **Axe 2 : Recherche d'information et application de l'apprentissage automatique** : Les travaux dans cet axe se poursuivront avec des rapprochements vers l'axe 3 (IA distribuée de confiance). Nous continuons les travaux sur l'extraction de connaissances à partir de textes (notamment l'extraction des relations non explicites (temporelles et causales) ou encore l'extraction de connaissances à partir de documents multi-modaux (image et texte)) et sur les systèmes de recommandation à base d'IA. Nous entamons des recherches autour de la confiance et la sécurité des approches d'intelligence artificielle en étudiant l'hallucination des modèles génératifs et les protocoles d'apprentissage fédéré.
- **Axe 3 : IA distribuée de confiance** L'émergence et le succès de l'apprentissage distribué ces dernières années ont suscité un vif enthousiasme au sein de notre équipe, qui bénéficie d'une double expertise en apprentissage statistique et en systèmes distribués résilients. Nous nous sommes donc investis de manière significative dans cette nouvelle thématique de recherche, comme en témoignent plusieurs projets financés (France 2030 et ANR) et de nombreuses thèses en cours. Dans les années à venir, nous comptons poursuivre cet effort en travaillant en particulier sur les axes suivants :
  - Apprentissage distribué frugal
  - Apprentissage distribué équitable
  - Apprentissage distribué confidentiel
  - Apprentissage distribué résilient aux comportements Byzantins

Plusieurs thèses financées par le PEPR IA, le PEPR Cloud et le PEPR NF ont débuté sur ces quatre axes.

**Collaborations avec les autres équipes** Afin d'atteindre ces objectifs, l'équipe DRIM collabore et poursuivra ses collaborations avec d'autres équipes du laboratoire. En particulier, l'équipe a actuellement trois thèses co-encadrées avec l'équipe IMAGINE et une thèse co-encadrée avec l'équipe DM2L. Par ailleurs, l'équipe est impliquée dans deux projets ANR avec les équipes Imagine (projet ANR CHEDIL) et BD (projet ANR CITADEL). Enfin, l'équipe a eu plusieurs projets transversaux avec les équipes SOC et BD. En effet, il y a une

forte complémentarité thématique entre notre équipe et d'autres équipes du laboratoire. Nous apportons des compétences sur les aspects de distribution, de sécurité et de modèles de langue, et nous nous nourrissons de l'expertise de nos collègues sur des thématiques diverses allant de la multi-modalité pour l'analyse de documents et de la gestion de données hétérogènes à la fouille de données massives.

**Integration dans la trajectoire du laboratoire** L'équipe DRIM s'inscrit tout à fait dans la trajectoire du laboratoire. Bien que notre équipe nous offre un environnement de recherche privilégié en termes de convivialité, permettant à chacun de se réaliser en toute confiance, nous avons la volonté de nous ouvrir davantage aux échanges dans le cadre des pôles envisagés par la future direction du laboratoire.

En effet, un affichage thématique plus clair et structuré permettra d'apporter plus de visibilité aux grandes forces de notre laboratoire et nous ouvrira sans doute de nouvelles opportunités.

Enfin, notre équipe poursuivra son implication dans une recherche à la fois fondamentale, avec des objectifs de publication au meilleur niveau mondial, et appliquée, avec des projets collaboratifs impliquant le tissu industriel lyonnais.

## 5- Goal

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe Graphes, Algorithmes et Applications (GOAL) du LIRIS a été créée en 2014. Elle est actuellement composée de 11 membres permanents : 3 PR, 4 MCF, 3 CR CNRS et 1 IR CNRS, et d'une dizaine de doctorants en moyenne. Les enseignants-chercheurs de GOAL effectuent leurs enseignements à l'IUT Lyon 1 (site Doua et site Bourg-en-Bresse) ou à Polytech-Lyon. Pour leur recherche, les membres de GOAL sont tous localisés au bâtiment Nautibus de l'Université Lyon 1, Campus scientifique de la Doua.

L'équipe GOAL se consacre à l'étude des graphes, en explorant leurs aspects combinatoires et algorithmiques. Sa recherche fondamentale porte sur les structures et l'optimisation liées aux graphes, comme des problèmes de domination, de coloration, de reconfiguration ou encore de jeux à deux joueurs. Sur le plan algorithmique, elle étudie aussi bien la complexité théorique de ce type de problème que la recherche d'algorithmes performants pour identifier des propriétés ou évaluer certains paramètres dans les graphes. Ces algorithmes peuvent être de nature séquentielle, distribuée, auto-stabilisante ou dynamique. Par ailleurs, l'équipe explore les applications des graphes dans divers domaines, tels que par exemple les réseaux sociaux, le Web, la sécurité ou encore la chimie. Dans ce cadre, les techniques utilisées relèvent d'approches actuelles comme l'apprentissage automatique ou l'optimisation bayésienne.

L'originalité de l'équipe GOAL réside dans son approche équilibrée entre théorie et pratique dans l'étude des graphes. Elle s'efforce de valider une partie de ses recherches fondamentales par des applications concrètes, d'enrichir les problématiques théoriques en s'inspirant de besoins appliqués, et d'apporter des solutions basées sur les graphes pour répondre à des problématiques issues du terrain. Sur l'ensemble de ces thématiques, les publications de l'équipe sont nombreuses et de qualité, avec une forte contribution dans les revues internationales. La Table 2.18 résume quantitativement les indicateurs clés des publications de l'équipe.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	11	10	18	22	28	15	104	17.3
#Revue int. / ETP	2.0	1.8	3.3	4.0	5.1	2.7	18.9	3.2
#Conf. int.	9	6	11	19	15	14	74	12.3
#Conf. int. / ETP	1.6	1.1	2.0	3.4	2.7	2.6	13.4	2.2
#Thèses soutenues	5	2	3	1	4	4	19	3.2

TABLE 2.18 – Production : quelques indicateurs clés pour GOAL. Effectif au 31/12/2024 : 10 permanents ; 5.5 ETP.

#### Environnement de recherche

Au niveau local, les chercheurs de l'équipe GOAL s'impliquent activement dans les activités de la Fédération Informatique de Lyon (FIL). Plus concrètement, un des membres de l'équipe est coresponsable du thème Informatique Fondamentale de la FIL. En collaboration avec des chercheurs de l'équipe MC2 du LIP, des membres de GOAL gèrent le groupe de recherche *Graphes@Lyon*<sup>22</sup>. Fondé en 2015, ce groupe vise à rassembler les chercheurs travaillant sur les graphes dans la région lyonnaise. Nous y organisons régulièrement des séminaires communs (plus précisément 24 au cours de la période) ainsi que des événements d'envergure (comme l'organisation conjointe de la conférence JGA 2023<sup>23</sup>, événement national de la communauté de théorie des graphes). Ce groupe de recherche contribue notamment à la visibilité des travaux sur les graphes au niveau régional et national. Au sein de la FIL, l'équipe a également été motrice dans le montage de projets inter-laboratoires, comme ce fut le cas avec deux projets financés en collaboration avec le laboratoire ERIC autour des graphes de connaissances, et un projet actuel en collaboration avec le LIP sur les structures de graphes. L'équipe a également coporté le projet mobilité-Santé dans le cadre du Labex IMU sur les mobilités spatiales et conditions de travail des soignants dans l'aire urbaine de Lyon. Ce projet multidisciplinaire a regroupé des partenaires académiques (LAET-ENTPE, Environnement Ville Société-EVS, UFR de psychologie de Tours) des partenaires régionaux (Aract Auvergne-Rhône-Alpes, L'ARS Auvergne-Rhône-Alpes). Dans le cadre de l'IDEX de Lyon, l'équipe a également collaboré avec des économistes sur le Projet Indepth, portant sur des initiatives transversales entre informatique et théorie des jeux économiques. Sur le volet médiation scientifique, GOAL a aussi contribué aux

22. <https://www.ens-lyon.fr/LIP/MC2/GraphesALyon/>

23. <https://jga2023.sciencesconf.org/>

activités du Labex MILYON, puisque deux chercheurs de l'équipe font partie du comité de pilotage de la Maison des Mathématiques et de l'Informatique (MMI), un centre de médiation scientifique géré par ce Labex. D'autres membres de l'équipes les rejoignent pour des activités d'animation ou d'expertise dans le cadre des expositions régulières de la MMI.

Au niveau régional, l'équipe GOAL a une très forte implication dans le transfert et la maturation de ses travaux de recherche vers les entreprises de la Région Auvergne-Rhone-Alpes. Durant la période, l'équipe a collaboré avec 13 entreprises et a été porteur académique de deux projets R&D Booster de la Région SMAPI et SGREEB et d'un projet de maturation SUPERCONNECTR via la SATT PULSALYS. Le projet SMAPI concerne l'optimisation des réactions chimiques en collaboration avec trois industriels de la chimie, le projet SGREEB sur l'optimisation de la chaîne logistique verte avec les entreprises EVEA et LCT, et le projet de maturation SUPERCONNECTR sur la découverte de communautés d'intérêts dans les réseaux de professionnels. Les résultats obtenus par l'équipe GOAL dans le cadre de ses projets sont intégrés dans les plateformes industrielles de ChemIntelligence (pour SMAPI), GEOMATRIO (pour SGREEB) et SUPERCONNECTR (pour le projet d'innovation et de maturation).

Au niveau national, l'équipe est bien ancrée dans le GT graphes<sup>24</sup> du GDR IFM (Informatique fondamentale et ses mathématiques). En particulier, l'une des membres de GOAL est la co-responsable de ce GT depuis 2022. Ce GT est l'un des plus importants du GDR, comportant 259 chercheurs permanents. L'organisation des JGA 2023 à Lyon (journées nationales du GT Graphes avec 110 participants) a permis de renforcer cette visibilité nationale de notre équipe dans la communauté nationale des graphes. En termes de collaborations, l'équipe a beaucoup de partenaires, ce qui a permis de porter six projets ANR sur la période sur des thèmes très variés.

Les collaborations internationales sont également riches, avec des projets académiques et des invitations régulières de chercheurs et postdocs étrangers donnant lieu à des publications de qualité.

La table 2.19 recense les indicateurs clés de l'équipe en terme de contrats locaux, nationaux, internationaux et industriels. On y constate la part importante des projets ANR obtenus sur la période.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	468 k€	85 k€	78 k€	14 k€	22.5 %
France	1018 k€	185 k€	169 k€	30 k€	48.9 %
PIA	64 k€	11 k€	10 k€	1 k€	3.1 %
Industrie	218 k€	39 k€	36 k€	6 k€	10.5 %
International	314 k€	57 k€	52 k€	9 k€	15.1 %
Total	2082 k€	378 k€	347 k€	63 k€	100%

TABLE 2.19 – Contrats : quelques indicateurs clés pour GOAL. Effectif au 31/12/2024 : 10 permanents ; 5.5 ETP.

### Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Les recommandations du précédent rapport sont rappelées ci-dessous. Pour chacune d'entre elles, nous donnons des éléments de réponses qui permettent de justifier leur prise en compte sur la période considérée.

- *L'équipe GOAL est encouragée à continuer ses recherches au plus haut niveau scientifique, qui se traduisent par des publications dans les meilleurs journaux du domaine.*  $\implies$  Les données de l'équipe ainsi que la référence 2.2 plus loin permettent d'illustrer favorablement cette recommandation.
- *L'équipe est également encouragée à maintenir son attractivité et sa visibilité nationale et internationale.*  $\implies$  Celles-ci ont été renforcées, comme en attestent par exemple les multiples séjours de jeunes chercheurs étrangers dans notre équipe, la direction du GT graphes du GDR IFM, ou encore le nombre moyen (par membre) de responsabilités de projets nationaux et internationaux qui a significativement augmenté (à titre d'illustration : six membres différents de GOAL ont été porteurs de projets ANR sur la période). Nous sommes également très présents dans les comités de programmes de conférences internationales (cf. Domaine 2, Référence 3).
- *L'équipe est également incitée à développer son implication dans les projets académiques ou avec des partenariats industriels.*  $\implies$  Le nombre de projets académiques dans lesquels l'équipe est impliquée a quasiment doublé sur la période. Il en va de même avec les partenariats industriels avec trois projets d'envergure (hors CIFRE) et 13 entreprises partenaires.

24. <https://gtgraphes.labri.fr/pmwiki/pmwiki.php>

- *L'équipe doit maintenir sa forte implication dans la formation par la recherche.*  $\implies$  Ceci a été maintenu, à travers notamment l'organisation ou la participation à plusieurs écoles de recherche jeunes chercheurs, ou des échanges doctoraux. La durée moyenne des thèses de l'équipe est de 41 mois (pour 17 thèses), et aucun abandon n'a été signalé sur la période.
- *Une action en vue de rendre disponible à terme les logiciels créés par l'équipe serait intéressant pour la communauté.*  $\implies$  Lors du précédent rapport, le comité avait admis, malgré cette recommandation, que le développement de logiciel n'était pas une activité centrale au sein de l'équipe. L'équipe a toutefois cherché à obtenir des financements pour un développement logiciel plus performant, malheureusement sans succès. Les développements réalisés par les membres de l'équipe sont toutefois disponibles sous Git<sup>25</sup>. Également, tous les développements réalisés dans les projets ANR GLADIS et CHOREGRAPHIE sont disponibles sur le Gitlab du LIRIS<sup>26</sup>.
- *Le comité encourage l'équipe à continuer à mener une activité d'animation scientifique et administrative régulière et fréquente.*  $\implies$  Comme décrit dans la référence 1.4, l'animation de l'équipe a été amplifiée avec de nouveaux événements réguliers mis en place.
- *Afin de garantir la faisabilité du projet, l'équipe devra être attentive à recruter des nouvelles forces.*  $\implies$  Grâce à une très bonne attractivité sur les candidats CNRS (trois à cinq candidats par an placent le LIRIS comme vœu d'affectation sur les concours CNRS), notre équipe s'est renforcée suite à la mutation de Nicolas Bousquet en 2020 (CR CNRS) et le recrutement de Laurent Feuilloley en 2022 (CR CNRS). Théo Pierron a également été recruté MCF à Polytech en 2020.
- *Il faudra veiller à la place de la recherche fondamentale en graphes dans l'Université Cible.*  $\implies$  Même si la question de la place de la recherche fondamentale reste toujours d'actualité d'un point de vue général, l'enjeu s'est (temporairement) amoindri au niveau local suite à l'échec de l'Université cible.

## 2- Introduction du portfolio

Notre portfolio s'articule autour de six éléments : une implication saillante de l'équipe dans la médiation scientifique, un partenariat interne réussi avec l'équipe BD du laboratoire, et quatre publications marquantes (intégrées au fichier zip).

- Publication marquante : *Walid Megherbi, Mohammed Haddad et Hamida Seba* : Deepdense : Enabling Node Embedding to Dense Subgraph Mining . **Expert Systems with Applications**. doi : 10.1016/j.eswa.2023.121816 [MHS24].

Cet article met en évidence l'importance d'une compréhension approfondie des graphes, de leurs paramètres et de leurs propriétés structurelles pour la construction de représentations adaptées à l'apprentissage automatique. En effet, la manière dont un graphe est représenté influence directement la performance des modèles d'apprentissage qui l'exploitent. Plus précisément, nous montrons que les plongements purement structurels, bien qu'efficaces, peuvent être significativement améliorés en intégrant des informations issues des paramètres des graphes, telles que les mesures de centralité, la distribution des degrés ou encore la densité locale. En combinant ces différentes dimensions, nous obtenons des représentations enrichies qui capturent plus fidèlement les caractéristiques essentielles des graphes, ce qui se traduit par une amélioration des performances dans la tâche spécifique étudiée. Dans notre cas, c'est le mining de sous-structures denses qui est amélioré. Cette approche ouvre ainsi des perspectives prometteuses pour l'extraction de connaissances à partir de graphes complexes et leur exploitation dans divers contextes applicatifs.

- Publication marquante : *Laurent Feuilloley, Nicolas Bousquet, Théo Pierron* : What Can Be Certified Compactly? Compact local certification of MSO properties in tree-like graphs. **PODC 2022** (ACM Symposium on Principles of Distributed Computing) : 131-140. [BFP22]

Dans cet article, nous obtenons le premier résultat "méta-algorithmique" pour la certification locale. Pour faire court, un méta-algorithme est un algorithme extrêmement générique qui résout une grande variété de problèmes, ayant en commun de pouvoir s'exprimer dans une même logique. Les méta-algorithmes ont reçu une attention notable en calcul centralisé depuis le théorème de Courcelle (1990) qui garantit que tout problème exprimable en logique monadique du second ordre (MSO) peut être décidé en temps linéaire pour les graphes de largeur arborescente bornée.

En certification locale, le but est de donner des certificats (aussi petits que possible) aux noeuds d'un graphe afin qu'ils puissent vérifier une propriété (globale) du graphe, simplement en regardant leurs certificats et ceux de leurs voisins.

Nous prouvons le premier méta-théorème pour la certification locale : toute propriété de la logique MSO peut être certifiée avec des certificats de taille  $O(\log n)$  pour les graphes de profondeur arborescente

25. [https://gitlab.com/lucas.de\\_meyer/](https://gitlab.com/lucas.de_meyer/) <https://github.com/tpierron/>

26. <https://gitlab.liris.cnrs.fr/gladis> <https://gitlab.liris.cnrs.fr/coregraphie>

(treedepth) bornée, ce résultat étant optimal. Pour l'obtenir nous combinons des outils et des résultats de théorie des graphes, de théorie des modèles et de certification locale. Cet article a eu un retentissement important puisque plusieurs articles ont ensuite étendu ce résultat ou prouvé d'autres résultats de meta-certification.

- Publication marquante : *Guillaume Bagan, Eric Duchêne, Valentin Gledel, Tuomo Lehtilä, Aline Parreau* : Partition Strategies for the Maker–Breaker Domination Game, **Algorithmica**, 2024.

Dans le jeu de domination Maker-Breaker, Dominator et Staller choisissent chacun leur tour des sommets du graphe, Dominator cherchant à dominer le graphe et Staller à l'en empêcher. Nous avons précédemment démontré [Duc+20] que savoir si Dominator pouvait gagner à tous les coups était PSPACE-complet pour un graphe général. Dans cet article [Bag+24a], nous utilisons des stratégies basées sur des partitions d'un graphe pour obtenir des algorithmes polynomiaux ou dans NP. Nous montrons entre autre que Dominator gagne toujours dans un graphe régulier et donnons des algorithmes polynomiaux pour les graphes planaires extérieurs et les blocs graphes grâce à une équivalence avec des partitions en cycles et couplages parfaits dans ces graphes. Notre résultat principal est l'équivalence entre une stratégie gagnante pour Dominator et l'existence d'un ensemble dominant particulier pour les graphes d'intervalles, permettant de prouver que le problème est dans NP pour cette classe. Cette équivalence entre une stratégie gagnante et un problème structurel d'existence est assez remarquable en théorie des jeux.

- Publication marquante : *Sarra Bouhenni, Saïd Yahiaoui, Nadia Nouali-Taboudjemat, Hamamache Kheddouci* : A Survey on Distributed Graph Pattern Matching in Massive Graphs, **ACM Comput. Surv.**, 2022. Cet état de l'art très complet [Bou+21b] porte sur les méthodes d'appariement dans des environnements distribués différents avec des modèles de calcul différents des grands graphes. Il est le premier état de l'art sur la question. Nous avons proposé une classification pertinente des méthodes d'appariement de sous-graphes relaxées existantes telles que Graph Simulation, Dual simulation et Strong Simulation. Nous avons démontré leur efficacité et leurs limites avec des implémentations faites spécialement pour l'état de l'art. Ce travail est effectué dans le cadre du projet PHC Tassili BiGreen et la thèse de Sarra Bouhenni.
- Collaboration inter-équipes A\* entre GOAL et BD : *Abd Errahmane Kiouche, Julien Baste, Mohammed Haddad, Hamida Seba, Angela Bonifati* : Neighborhood-Preserving Graph Sparsification, **Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)**, 18, 2024.

Dans [Kio+24], nous introduisons une nouvelle méthode de sparsification de graphes qui cible les informations de voisinage disponibles pour chaque nœud. Notre approche est motivée par le fait que les informations de voisinage sont utilisées par plusieurs tâches d'exploration et d'apprentissage sur les graphes, ainsi que pour les requêtes de "reachability". Nos expériences approfondies, menées sur divers graphes réels et synthétiques, montrent que notre méthode réduit considérablement la taille des graphes, atteignant un taux de compression de 40 % en moyenne sur plusieurs graphes d'entrée. Par ailleurs, dans notre étude expérimentale, nous démontrons l'utilité et l'efficacité de notre algorithme de "sparsification" pour des tâches basées sur les données, telles que la classification des nœuds, la classification des graphes et les approximations de plus courts chemins. Ce travail, qui est le fruit d'une collaboration avec l'équipe BD et le laboratoire CRISAL, ouvre la voie vers une nouvelle stratégie pour analyser les grands graphes de données. En particulier, le résultat de notre approche est un graphe bien plus petit mais qui peut être utilisé à la place du graphe original dans plusieurs tâches, en particulier la génération de plongements pour l'apprentissage automatique sur les graphes.

- Activités de médiation. L'équipe GOAL est particulièrement impliquée dans les activités de diffusion des mathématiques et de l'informatique. A titre d'exemple et pour ne citer qu'une seule action, cinq membres permanents et plusieurs doctorants de l'équipe s'investissent dans la [Maison des Mathématiques et de l'Informatique \(MMI\)](#) sur différents aspects : comité de direction, conception d'expositions ou d'ateliers, animation des ateliers. Pour illustrer cela, nous avons mis dans le portfolio le déroulé de l'atelier "A taaable" conçu par Eric Duchêne, Nina Gasking (chargée de médiation à la MMI) et Aline Parreau, autour de la coloration de graphes. Cet [atelier](#) a été créé en 2023 pour accompagner l'exposition "Dans ma cuisine, les mathématiques et l'informatique se mettent à table" et a été proposé à une trentaine de classes de lycées depuis sa création. Il est aussi repris régulièrement pour des événements grand public ou pour l'accueil d'élèves au laboratoire.

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

*Objectifs scientifiques* : L'équipe GOAL concentre ses travaux sur l'étude des graphes et leurs multiples applications. Elle explore les aspects combinatoires et algorithmiques des graphes, avec pour objectif la résolution de problèmes fondamentaux liées à leur structure. Une part importante de ses recherches est dédiée à la dimension algorithmique, avec l'analyse de la complexité théorique ainsi que la conception d'algorithmes performants pour identifier des propriétés du graphe ou encore calculer ou borner des paramètres d'optimisation. Ces algorithmes couvrent différents paradigmes, qu'ils soient séquentiels, distribués, auto-stabilisants ou encore dynamiques. Par ailleurs, l'équipe examine les applications des graphes dans des domaines variés tels que les réseaux sociaux, le Web, la sécurité ou encore la chimie. Ce qui distingue l'équipe GOAL d'autres équipes nationales est son approche équilibrée entre recherches théoriques et appliquées. Elle s'efforce de valider ses avancées théoriques dans des domaines concrets, d'initier des problématiques fondamentales issues de contextes applicatifs, et de proposer des solutions basées sur les graphes pour des cas pratiques.

*Ecosystème local* : Des collaborations avec d'autres équipes du LIRIS (BD, DM2L, Imagine, Origami, SOC) ont été réalisées sur la période via des projets communs (ANR GRADIENT, ANR rSCS), des codirections de thèse ou de Master 2 (BD-GOAL, GOAL-SOC, GOAL-DM2L) ou des groupes de travail inter-équipes (BD-GOAL), dont certaines ont donné lieu à des publications de haut rang [Bou+21a ; Bou+22b ; Bou+22a]. Avec les autres laboratoires de la Fédération Informatique de Lyon (FIL), c'est avec le LIP que les interactions sont les plus fortes, notamment via le groupe de recherche appelé *Graphes@Lyon*. Ce groupe a été créé en 2015 dans le but de fédérer les chercheurs travaillant sur les graphes dans la région lyonnaise. Nous organisons régulièrement des séminaires (24 sur la période) ainsi que des événements de plus grande ampleur (JGA 2023 - journées nationales de théorie des graphes avec plus de cent personnes). Ce groupe permet d'accentuer l'animation scientifique locale via des collaborations avec d'autres chercheurs qui partagent des objectifs scientifiques très proches des nôtres. Des collaborations existent également avec le laboratoire ERIC via plusieurs projets financés par la FIL (ROMANCE et CyberSecGraph) et le projet ANR GLADIS, ainsi que le laboratoire de biologie évolutive LBBE.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

Notre équipe accorde un intérêt particulier à la formation par la recherche. Nous formons de nombreux doctorants (30 sur la période 2019-2024, dont 17 thèses soutenues). Nous veillons à ce que nos doctorants soient bien intégrés dans le paysage scientifique national (exposés aux journées nationales, collaboration avec d'autres chercheurs ou doctorants) et international (mobilité sortante). Beaucoup de doctorants hors CIFRE (65 %) ont ainsi effectué une mobilité internationale d'une à plusieurs semaines, leur permettant de nouer des contacts à l'étranger et de se faire une expérience indépendamment de leurs encadrants. La plupart de nos doctorants soutiennent leur thèse en 36 mois, et la moyenne est de 41 mois pour les 17 thèses soutenues sur la période (moyenne qui n'est pas très représentative, et due à 2 ou 3 situations très particulières à l'époque du COVID). Du fait de notre proximité et de nos collaborations avec les ENS (notamment celle de Lyon), une partie importante de nos étudiants (en L3, M2 ou thèse) est issue de ces écoles, ce qui apporte la garantie d'étudiants de grande qualité (et arrivant dans notre équipe avec leur propre bourse). Nous accueillons également régulièrement des postdocs (9 financés sur la période), en les recrutant sur nos projets, mais aussi sur des invitations pour des séjours de recherche. Sur la période, nous avons invité ainsi 7 postdocs à venir travailler avec notre équipe au LIRIS, et notamment en partenariat avec nos doctorants. L'ensemble des financements (bourse de thèse, postdocs) est rendu possible par les nombreux contrats obtenus par l'équipe (CIFRE et nombreux projets ANR portés sur la période, cf. Table 2.19). De plus, l'un des membres de notre équipe est directeur de l'école doctorale, ce qui accentue l'attention portée au global sur l'encadrement de nos personnels non-permanents.

En termes de membres permanents, notre équipe a grandi en ayant recruté deux CR CNRS (un recrutement, une mutation) et un enseignant-chercheur sur la période. Un autre membre E-C nous a rejoint sous forme de mutation inter-équipes du LIRIS. Aucun départ n'a été signalé. Chaque année désormais, trois à cinq candidats aux concours CNRS choisissent l'équipe GOAL du LIRIS comme vœu d'affectation, ce qui témoigne de son

attractivité grandissante pour les meilleurs chercheurs de notre domaine (notamment au niveau international).

En ce qui concerne les ressources financières, l'équipe a obtenu des contrats dont la somme s'élève à 2.1M€ sur la période concernée, avec un part importante dans les dotations nationales de type ANR. L'équipe a également une dotation récurrente du LIRIS qui s'élève à 4k€ environ par an. Cet argent est utilisé principalement pour faire participer nos doctorants à la conférence nationale de graphes (chaque année en novembre). D'autres dépenses exceptionnelles sont également ciblées comme des achats de PC pour les doctorants ou des conférences exceptionnelles.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

Les locaux des membres de l'équipe (permanents et doctorants) sont regroupés au bâtiment Nautibus - Lyon 1, ce qui facilite la cohésion de l'équipe qui est hébergée sur un site unique.

**Référence 4. Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

En interne, l'équipe est organisée de telle sorte à favoriser les collaborations entre les membres pour répondre aux objectifs. Tout d'abord, le fait d'être situé dans un bâtiment unique est une chance dans un laboratoire multi-sites. Ceci permet de se rencontrer quotidiennement, et cela favorise indéniablement les interactions. Nos rencontres d'équipe sont mensuelles pour celles qui concernent toute l'équipe. Nous y évoquons la politique du laboratoire et du site (le responsable d'équipe y retranscrit le contenu des conseils scientifiques), accueillons les nouveaux arrivants, parlons des événements scientifiques, ou encore proposons des exposés et des répétitions de stagiaires. Si des décisions concernant l'équipe doivent être prises, celles-ci ont lieu lors de ces réunions, de façon collégiale. A ces réunions d'équipe viennent s'ajouter des rencontres de recherche avec l'équipe MC2 du LIP (mensuelles également, sous forme d'exposé à la craie avec discussions), ou encore via des midis dits *Tharxiv* où un papier de recherche récent et d'intérêt (publiés en revue ou sur Arxiv par d'autres chercheurs souvent reconnus) est lu par un membre puis expliqué aux autres membres de l'équipe. Les moments conviviaux font aussi partie intégrante de l'équipe, via des jeux de société sur la pause de midi, des pique-nique estivaux et des sorties d'équipe de type escape game en fin d'année.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

### Thématiques scientifiques et positionnement par rapport au contexte international

Depuis sa création en 2014, l'équipe GOAL maintient des recherches de qualité dans les domaines de la théorie structurelle et algorithmique des graphes, à propos de problèmes d'optimisation phares de la communauté internationale comme la coloration de graphes [Dai+22; Bon+22a; Bou+22c], les problèmes de domination et d'identification [Bou+23; Bel+23; Bou+21e; Cha+23; FHP20; Bon+24; GP19; Bag+22; BJK21] ou encore les problèmes de noeuds critiques [LK19]. Des résultats sur ces sujets sont obtenus régulièrement par notre équipe (voir les références recensées ci-dessus, témoignant de notre activité sur la période). Sur la partie plus appliquée des graphes, le domaine de la sécurité des réseaux [Saa+22; GAS20; Gas+23] et l'analyse des graphes de données [ASK21; KBK20; HEK19; MPK19] font également partie des sujets de grande expertise de notre équipe depuis plusieurs années.

En parallèle de cette expertise de "long-terme" de notre équipe, nous souhaitons mettre l'accent sur les quatre sujets les plus marquants de nos recherches pour cette période 2019-2024 : l'algorithmique distribuée, l'apprentissage automatique à base de graphes, l'étude de grands graphes de données et les problèmes de jeux à un et deux joueurs. Notre choix de mettre en valeur ces quatre sujets s'explique par une certaine singularité de ce type d'étude (par rapport à d'autres sujets de recherche considérés comme plus standards pour une équipe de graphes). Cette singularité est renforcée par une expertise désormais reconnue et qui s'est notamment exprimée par le déploiement de plusieurs projets d'envergure nationale et internationale sur ces quatre sujets.

## Thème 1 : Algorithmique distribuée

En algorithmique de graphes distribuée, on modélise un réseau par un graphe, dont les nœuds représentent les machines, et les arêtes représentent les canaux de communication. Comme le calcul est décentralisé, les nœuds n'ont pas accès à la connaissance du graphe complet. Ils calculent en échangeant des informations avec leurs voisins dans le réseaux, et en effectuant des calculs en local. Le but est de concevoir des algorithmes qui limitent à la fois le temps d'exécution (mesuré par le nombre de "rondes" de communication) et la quantité d'information échangée.

Les membres de l'équipe ont développé en particulier une spécialité dans la certification locale. Dans ce paradigme, le but est de permettre aux noeuds de collectivement vérifier des propriétés sur l'état du réseau, à partir d'une quantité aussi faible que possible d'information locale (des "certificats"). Chaque noeud a accès à son certificat et à ceux de ses voisins et peut lancer une alarme. Dans tous les états invalides, au moins un nœud doit sonner l'alarme, et ce même si les certificats ne sont pas fiables. Ce modèle est fortement lié à une thématique historique de l'équipe : l'auto-stabilisation, portée par Mohammed Haddad depuis sa thèse obtenue en 2008. Dans ce cadre, on souhaite que le réseau puisse automatiquement revenir à un état valide quand une erreur s'est produite, ce qui complète les techniques de certification locale.

Le positionnement de l'équipe est de capitaliser à la fois sur ses connaissances pointues en théorie et en algorithmique des graphes pour apporter un nouvel éclairage et de nouvelles techniques à la certification locale. Cette thématique est montée en puissance ces dernières années dans l'équipe, avec une dizaine d'articles publiés en revues, en conférences internationales d'excellente qualité (e.g. PODC, STACS) ou actuellement soumis (et disponibles sur arxiv).

Un des exemples les plus marquants est celui détaillé dans le portfolio qui fournit le premier méta-algorithme pour la certification locale [BFP22]. Ce travail a établi une nouvelle ligne de recherche avec au moins cinq follow-ups en deux ans (Algorithmica 2023, DISC 2023, DISC 2024, au moins deux autres manuscrits en préparation ou soumis).

Un autre exemple récent est l'étude du nombre minimum de certificats nécessaires pour représenter des propriétés qui peuvent être vérifiées localement [BFZ24] (dites propriétés "LCL" dans la communauté d'algorithmique distribuée). Un exemple de telle propriété est la coloration : une  $k$ -coloration du graphe peut être représentée avec  $O(\log k)$  bits sur chaque sommet. Notre première contribution sur ce sujet a obtenu le Best Paper Award SSS 2022 [Ard+22]. Nous avons ensuite prouvé que les bornes naturelles peuvent être largement améliorées que ce soit pour la coloration (pour certains types de graphes) ou pour le problème de domination par exemple. Nous avons également initié l'étude de la certification de nombreuses propriétés structurelle des graphes comme le fait d'être mineur-clos [BFP24b], planaire [Feu+21] ou plongé sur une surface de genre borné [Feu+23].

Le développement de cette thématique a permis l'émergence et la consolidation de collaborations avec les meilleurs chercheurs en algorithmique distribuée en France (à l'IRIF notamment) et à l'étranger (notamment avec le Chili - Universidad de Chile - pays avec lequel un projet bilatéral débute). Les collaborations en France ont permis de mener à la conception d'un projet ANR de calcul distribué qui vient d'être accepté et où le LIRIS est un porteur local (ANR ENEDISC).

Notons enfin, qu'au-delà de la certification locale, les membres de l'équipe ont travaillé plus généralement sur plusieurs types de problèmes d'algorithmique distribuée, notamment sur des généralisations de problèmes LCL pour les degrés non-bornés [BFP24a] et de la reconfiguration distribuée [Bou+21d].

## Thème 2 : Graphes et apprentissage automatique (ML)

L'apprentissage sur les graphes, ou Graph Learning, est devenu un domaine de recherche extrêmement important au cours des dernières années. Face à la prolifération de données structurées sous forme de graphes dans de nombreux domaines tels que les réseaux sociaux, la biologie, ou la cybersécurité, le besoin de méthodes efficaces pour analyser et exploiter ces structures s'est accru de manière significative.

Le Graph Learning englobe un ensemble de techniques visant à extraire des connaissances et à effectuer des prédictions à partir de données modélisées par des graphes. Parmi ces techniques, le plongement de graphes joue un rôle central, permettant de transformer la complexité structurelle des graphes en représentations vectorielles plus maniables pour les algorithmes d'apprentissage automatique.

Nos recherches visent à améliorer la qualité des plongements, notamment pour les graphes dynamiques et les réseaux neuronaux de graphes (GNNs). Dans le projet ANR GLADIS, nous nous sommes focalisés sur la détection en temps réel de cyberattaques en modélisant les logs hétérogènes en graphes dynamiques afin de suivre les activités, identifier les anomalies et retracer les attaques par analyse de graphes en flux. Dans ce cadre, nous avons développé une méthode pour la détection précoce des menaces persistantes avancées (APT) dans les flux de graphes dynamiques [Meg+24]. Combinant informations structurelles et temporelles, elle distingue activités malveillantes et bénignes efficacement grâce au hachage et à un apprentissage dynamique et incrémental. Par ailleurs, pour les GNNs, nous avons proposé une méthode d'échantillonnage de sous-graphes pour l'entraînement par lots [GHS24], préservant les propriétés du graphe et améliorant la généralisation pour un entraînement plus

efficace sur grands graphes.

Pour améliorer les plongements basés sur les marches aléatoires, nous avons proposé Identity2Vec [OSH23], capturant l'identité structurelle des nœuds à l'échelle mésoscopique via une métrique Poisson/KL. Identity2Vec surpasse d'autres méthodes en classement, prédiction de liens et classification de nœuds. Nous avons aussi guidé les marches aléatoires par la résistance effective [Gac+22a], intégrant une information globale pour mieux capturer la structure du graphe, améliorant la précision en classification et prédiction. Nous avons également enrichi les plongements avec des informations contextuelles : DeepDense [MHS24] combine plongement et apprentissage profond pour détecter les sous-graphes denses, ajoutant une dimension de "densité" aux plongements et utilisant un réseau neuronal pour la classification des sous-graphes denses. Enfin, nous avons intégré une Représentation Compacte de Voisinage (CNR) [OSH22], encodant le voisinage avec les polynômes de Cantor pour améliorer la précision en prédiction de liens et classification, tout en réduisant la dimensionnalité.

Par ailleurs, dans le cadre du projet ANR GRADIENT, nous avons développé des modèles d'plongements et de machine learning pour la classification des protéines en s'appuyant à la fois sur les propriétés structurelles et de surface de la protéine. Les méthodes existantes se basent essentiellement sur la structure. La classification des protéines à base de propriétés de surface est un grand challenge pour les biologistes. Dans le cadre des thèses de Wissam Ferroudj et Aderrahim Mechache, nous avons proposé des méthodes élégantes de classification de surfaces protéiques discrétisées en maillages triangulaires, représentées sous forme de graphes enrichis par les courbures principales issues de la surface, et exploitant les Graph Convolutional Neural Networks (GCNN) pour l'apprentissage des représentations [FFK24] ou l'apprentissage des propriétés de structure et de surface de la protéine à la fois [MK25].

Sur des aspects de prédiction à base de techniques de graphes et de machine learning, l'équipe s'est intéressée à la prédiction de l'attrition dans les réseaux sociaux et les réseaux d'entreprises. Plusieurs algorithmes ont été proposés. L'originalité de ses travaux réside dans l'aggrégation des données de plusieurs sources (notamment de LinkedIn) en exploitant les interactions entre salariés pour prédire leur départ éventuel de l'entreprise [KKW21 ; DK22]. Nous avons également croisé des techniques d'exploration de graphes de connaissances (knowledge graph), de machine learning et du NLP pour aider un agent conversationnel (chatbot) à découvrir les intentions des utilisateurs [Bou+22a ; Bou+21a ; Bou+22b].

### Thème 3 : Grands graphes de données

La plupart des graphes de données réels sont très grands ou croissent de manière exponentielle. Cela rend l'analyse et l'exécution de requêtes sur ces graphes très difficiles. Pour résoudre les problèmes de passage à l'échelle et de performance lorsqu'il s'agit de graphes volumineux, deux orientations sont connues : la réduction de graphes à des tailles plus petites ou le partitionnement et la distribution de graphes sur des architectures distribuées.

**Réduction de grands graphes :** De nombreux algorithmes sont conçus pour simplifier les graphes dans plusieurs domaines et applications liés à l'analyse de grands graphes. L'objectif est de construire des représentations plus simples ou plus petites pour les grands graphes, principalement pour économiser de l'espace de stockage, mais aussi pour utiliser les représentations obtenues, à la place des graphes originaux, dans des applications où l'utilisation des graphes originaux est chronophage ou consomme beaucoup de ressources de calcul. Dans le cadre du projet ANR COREGRAPHIE, dont le but est de simplifier l'analyse de grands graphes et de réseaux complexes, nous nous sommes intéressés à plusieurs problématiques de simplification de grands graphes comme la compression (summarization), la dédensification et l'échantillonnage. Pour la compression de graphes, nous nous sommes d'abord intéressés à la recherche de régularité qui en est une brique de base. En effet, c'est le compactage des régularités qui permet de compresser un graphe. Une régularité, ou structure, est un terme générique qui désigne un ensemble de sommets du graphe ayant certaines propriétés. Parmi les régularités les plus connues, nous pouvons citer les cliques, les sous-graphes denses, les communautés, les modules et les splits. Dans la thèse de F. Pitois, nous avons développé un algorithme de compression de graphe qui cherche différentes régularités du graphe, en sélectionne une partie et partitionne le graphe en fonction des structures sélectionnées. Cet algorithme donne une description une compression très optimisée de grands graphes de données [PSH23]. Ensuite, nous avons créé nos propres structures, de sorte qu'elles soient adaptées à la compression et qu'elles soient assez facile à chercher. Pour ce faire, nous sommes partis d'une structure connue, le split, et nous l'avons généralisée en créant le r-split, où  $r$  est un paramètre entier fixé. Nous avons alors montré que l'ensemble des r-splits d'un graphe a une cohérence globale, dans le sens où seul un nombre polynomial d'entre eux suffit à décrire l'intégralité des r-splits du graphe [Pit+24]. Dans la thèse de A. Castillon, nous nous sommes focalisés sur les quasi-cliques, qui constituent une régularité générique englobant la notion de sous graphes denses. Nous avons proposé une nouvelle règle d'élagage, spécifique au problème de recherche de quasi-cliques pour la compression de graphes. En effet, en plus de la problématique d'énumération, ce problème se distingue par la contrainte de couverture du graphe par les quasi-cliques énumérées [Cas+22]. Nous avons ensuite étudié la complexité du problème sous-jacent de transformer un graphe en une union disjointe de quasi-

cliques avec un nombre minimal de modifications d'arêtes [Bas+24]. Pour la dédensification de graphes, qui vise à construire un sous-graphe du graphe initial en supprimant les arêtes non-importantes. Le graphe résultant est appelé un squelette (backbone). La dédensification dépend généralement de l'application car l'importance d'une arête peut varier d'une application à une autre. L'idée principale est d'obtenir un graphe plus petit tout en préservant certaines propriétés, même de manière approximative, du graphe original telles que les résultats des requêtes de distance ou de voisinage. Dans ce cadre, nous avons proposé une nouvelle approche, préservant le voisinage des nœuds, et permettant ainsi d'approximer plusieurs algorithmes de graphes qui dépendent des informations de voisinage [Kio+24]. Nous avons également mis en place une bibliothèque de dédensification de graphes et de construction de squelettes significatifs pour ces derniers [Yas+23]. Concernant l'échantillonnage de graphes nous avons ciblé des applications de reconnaissances de formes dans le cadre du projet interdisciplinaire GRAB, financé par l'IXXI, où nous avons proposé une méthode d'échantillonnage permettant de simplifier la reconnaissance de vestiges archéologiques sur des images satellite [KSA21 ; Cra+23]. Ce travail va être valorisé dans le cadre d'un documentaire France 5 sur ces vestiges.

**Partitionnement et distribution de grands graphes :** L'appariement de sous-graphes (ASG) est un problème classique, souvent modélisé à l'aide de l'isomorphisme de sous-graphes. Il est utilisé dans différents domaines d'application tels que la reconnaissance de motifs et la détection de communautés dans les réseaux sociaux. Néanmoins, en plus du fait qu'il soit NP-Complet, l'isomorphisme de sous-graphe s'avère très strict pour l'ASG dans le contexte actuel des grands graphes. Par conséquent, de nouveaux modèles d'ASG relaxé (sans la contrainte de connexité du sous-graphe) sont apparus comme la *graph simulation*, la *dual simulation* ou la *strong simulation*, permettant d'avoir des résultats intéressants dans un temps polynomial. De plus, les graphes massifs nécessitent un stockage et un traitement distribués sur plusieurs machines, d'où la nécessité de revisiter les algorithmes d'ASG relaxé en adoptant de nouveaux paradigmes, dédiés au traitement des grands graphes, notamment le *Think-Like-A-Vertex* et ses variantes.

Dans le cadre du projet PHC France-Algérie et la thèse de Sarra Bouhenni, nous avons mené une étude sur l'intérêt des systèmes et paradigmes distribués de traitement des grands graphes dans l'évaluation des requêtes d'ASG [Bou+21b]. Nous avons identifié des modèles de programmation et proposé de nouveaux algorithmes pour ce problème. Nos contributions ont permis de confirmer que différents modèles de programmation peuvent être utilisés pour la conception d'algorithmes d'ASG et que l'isomorphisme de sous-graphes et la *strong simulation* sont des modèles basés sur la localité et voisinage à plusieurs sauts, ce qui nécessite un paradigme centré sommet ou encore centré sous-graphe [Bou+21c]. En revanche, les algorithmes les plus efficaces pour évaluer la *graph simulation* et la *dual simulation* effectuent des traitements centrés arêtes et garantissent une scalabilité linéaire [Bou+21c ; Bou21].

## Thème 4 : Jeux et graphes

Au delà des problèmes d'optimisation classique sur les graphes (coloration, domination, identification), des problématiques transverses sont apparues ces dernières années en ajoutant des contraintes ou des méta-questions sur ceux-ci. Cela se modélise souvent par des jeux à un ou deux joueurs dont la résolution dépasse les complexités algorithmiques usuelles, se situant en général dans les classes PSPACE ou EXPTIME.

Une première problématique est l'ajout d'un opposant. Alors que dans un problème d'optimisation classique, on peut choisir librement tous les éléments afin d'obtenir une solution optimale, il y a maintenant un "diable" qui cherche à nous empêcher d'atteindre notre but. Cela peut se modéliser avec des jeux à deux joueurs. Un des modèles sont les jeux positionnels dont un bon exemple est le jeu Maker-Breaker de domination [Duc+20]. Dans ce jeu, deux joueurs s'affrontent, Dominator et Staller, en prenant chacun leur tour des sommets du graphe. Le but de Dominator est d'obtenir un ensemble dominant avec ses sommets tandis que Staller essaie de l'en empêcher en isolant un sommet. Suite à l'introduction de ce jeu en 2020 par notre équipe, la communauté internationale s'est emparée de ce problème avec près de vingt publications en 4 ans sur le sujet. Notre publication la plus marquante sur le sujet est celle décrite dans le portfolio [Bag+24a]. Ces travaux sont un bon exemple de ce sur quoi l'équipe s'est spécialisée ces dernières années, c'est-à-dire l'étude algorithmique des jeux combinatoires dans les graphes [Bag+23 ; DOP22 ; Bag+24b ; DMP19 ; Duc+24 ; Duc+25 ; Duc+21 ; Duc+22 ; Duc+23 ; GO23 ; Ben+22b ; Ben+23].

L'activité sur ce sujet est de plus démontrée par un projet ANR (P-GASE, portée par Aline Parreau), un projet PHC avec la Serbie, l'organisation d'un workshop "Games and Graphs" à Lyon en octobre 2024, trois thèses et deux postdoctorants sur le sujet et invitations pour des exposés sur le sujet (conférence NSFOCS 2024 en Serbie, journées CoA en septembre 2024). Notre équipe est ainsi une référence au niveau national et international sur ce sujet.

Pour les jeux à un joueur, aussi appelés casse-tête ou problèmes de reconfiguration, l'approche est différente. Comme il n'y a pas d'opposant, il y a seulement un joueur dont le but est d'atteindre un objectif fixé. L'exemple typique de casse-tête est le Rubik's cube où le but est, via une suite de rotations du cube, de transformer une

configuration du cube où les couleurs sont mélangées sur les faces à la configuration où toutes les faces sont monochromes. Cette thématique de recherche, née il y a une vingtaine d'années, a connu un essor important ces dernières années. Nicolas Bousquet a été porteur du projet ANR JCJC "Graph Reconfiguration" sur le sujet. Et les membres de l'équipe ont participé à structurer la communauté via l'organisation ou en temps que membre du comité scientifique de plusieurs workshops dont certains très prestigieux (par exemple à [Banff](#), [Aussois](#), [Fukuoka](#)) et membre de PC de plusieurs workshops du domaine.

Les membres de l'équipe s'intéressent à la fois à des questions combinatoires et algorithmiques. D'un point de vue combinatoire, le but est de déterminer combien d'étapes au maximum sont nécessaires pour transformer une solution en une autre. Un des résultats marquant dans cette direction obtenu au cours de la période est une borne polynomiale sur la taille des transformations entre les colorations d'un graphe. D'un point de vue algorithmique, nous avons obtenu de nombreux résultats que ce soit en algorithmique "classique" ou paramétrée. Dans le second cas, nous avons, par exemple, obtenu pour la première fois des résultats paramétrés dans le modèle dit "token sliding" où aucun résultat n'avait été obtenu.

### **Rayonnement scientifique**

#### **- Succès aux appels à projets collaboratifs**

Sur la période 2019-2024, notre équipe a été très active dans l'obtention de contrats de recherche suite à des appels à projets collaboratifs. Tout d'abord, en ce qui concerne les projets ANR, l'équipe a eu la responsabilité de six projets, portés par six membres différents (Asmodée, Coregraphie, Gladis, GrDient, GrR, P-GASE). Les appels à projets correspondant sont très diversifiés (JCJC, blanc, SAPS, international...) et tous les membres de notre équipe font partie du consortium d'au moins un de ces projets. Ceci témoigne d'une très forte activité de l'ensemble des membres sur nos thématiques de recherche, avec un réseau de partenaires national très bien développé. En complément de ces projets d'envergure, l'équipe a porté cinq projets internationaux avec différents pays (des PHC principalement, avec l'Algérie, le Liban et la Serbie). Dans la liste des projets académiques portés par l'équipe, on peut également mentionner plusieurs projets CNRS PEPS ou encore des projets transverses locaux via la FIL notamment. Nos partenariats industriels se sont par ailleurs diversifiés depuis l'évaluation précédente, avec six partenariats effectifs qui ont conduit à cinq bourses CIFRE (partenariats détaillés dans le domaine 3, référence 1).

#### **- Prix et distinctions**

Les publications de L. Feuilloley ont reçues les « best paper awards » à SAND 2023 et SSS 2022, et le Best Student paper award à OPODIS 2021.

Nous avons été classés à la 3ème place en 2023 dans Conference Competitions - Wharton People Analytics organisée à l'Université de Pensylvanie avec le papier [\[KKT23\]](#) (A. Korichi, H. Kheddouci et T. Tahseen).

#### **- Conférenciers invités**

En ce qui concerne les invitations internationales, Aline Parreau a donné un exposé invité à la conférence NSFOCS 2024, Nicolas Bousquet a donné un exposé invité à la conférence WEPA 2024 ainsi qu'à la conférence Cycles and Colorings en 2022. Hamida Seba a donné un exposé invité à ITACOSM 2023 et 2024, Laurent Feuilloley à la conférence SIROCCO 2022, Hamamache Kheddouci était conférencier invité à la conférence internationale ICAMCS'23 et Théo Pierron à la conférence Cycles and Colorings en 2024.

### **Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

D'un point de vue théorique, nos contributions sont significatives. Nous publions aussi bien dans des revues (42%) que dans des conférences (58%) internationales, pour un total de 216 publications (tout compris) sur la période. Sans vouloir trop rentrer dans les jeux des classements, 88% de nos publications en revues internationales sont classées Q1 ou Q2 de SJR (ce que l'on peut considérer comme significatif pour notre domaine de recherche). Cette production scientifique nous semble tout à fait proportionnée au potentiel de recherche de l'équipe qui comprend 6.5 ETP chercheurs (au pic de la période). Tous les membres de l'équipe sont très sensibles aux supports dans lesquels ils publient, et de fait, à la qualité scientifique de leurs productions.

Parmi l'ensemble de cette production, certains travaux ont été réalisés en collaboration avec des partenaires internationaux de renom comme Milos Stojakovic (Université de Novi Sad, leader de la communauté des jeux positionnels), Michal Pilipczuk (Université de Varovie, ERC) et Alex Scott (Oxford) sur la théorie structurelle des graphes et la combinatoire. On note aussi des papiers avec trois médailles de bronze du CNRS (Edouard Bonnet, Eun Jung Kim et Marthe Bonamy).

Par ailleurs, malgré des responsabilités administratives parfois lourdes, chaque membre de l'équipe reste investi dans la recherche. Ainsi, chacun a participé à au moins un projet collaboratif porté par l'équipe, et a au

moins trois publications sur la période. Notre équipe possède également un IR CNRS qui participe activement aux travaux de recherche de notre équipe avec sept publications distinctes sur la période.

En ce qui concerne les doctorants et post-doctorants, ceux-ci participent activement à la production scientifique de l'équipe, dans la mesure où ils sont intégrés dans la quasi-totalité des projets qui sont menés. A titre d'exemple, sur les années 2023-2024, 80% des publications de l'équipe ont été réalisées avec au moins un doctorant ou un postdoc (interne ou externe à l'équipe). Ceci illustre la faculté de l'équipe à inclure et former les jeunes dans les travaux qui sont menés. Par ailleurs, nous accompagnons les jeunes chercheurs dans leur activité de recherche via l'organisation de groupes de travail et de lecture régulier (cf. Référence 1, Domaine 1).

### Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

**Organisation des congrès internationaux majeurs et participation aux comités scientifiques de ces manifestations :** Nicolas Bousquet a fait partie du comité de programme de STACS 2021. Il a aussi été membre du comité de programme de workshops internationaux dont CoRe (Combinatorial Reconfiguration Workshop) 2022, 2024 et du workshop satellite d'ICALP CoRe en 2022 et organisateur du mini-symposium invité "Invitation to Reconfiguration" à CanaDaM 2021. Laurent Feuilloley a fait partie des comités de programme de SSS 2021, DISC 2022, DISC 2023 et SSS 2024. Il a été chair du [workshop ADGA](#) en 2023 et organisateur des deux workshops [DARe](#) 2021-2022 (satellite de PODC). Mohammed Haddad a fait partie du comité de programme de ECAI 2023 et ECAI 2024 (European Conference on Artificial Intelligence). Hamida Seba a été chair et organisatrice de [GRASEC](#) 2023 et 2024. Théo Pierron a co-organisé le mini-symposium "Graph Coloring" à SiCGT 2023. Eric Duchêne et Aline Parreau ont organisé le workshop "Games and Graphs" à Lyon en octobre 2024, et Eric Duchêne a été membre du comité de programme de CGTC3 et CGTC4. Hamamache Kheddouci a été co-organisateur du Workshop on Security Research Challenges of Autonomous Connected Systems - [SRACS](#) en 2023 à Lyon et durant la période d'évaluation il a été membre de plusieurs comités de programme de conférences internationales dont [ICCS](#) de 2019 à 2023, [IEEE/ACM ASONAM](#) de 2020 à 2023, [Complex Networks](#) de 2019 à 2023 et Bordeaux Graph Workshop [BGW](#). Par ailleurs, Hamamache Kheddouci a été co-fondateur de la conférence nationale sur les systèmes complexes (French Regional Conference on Complex Systems) – [FRCCS](#) et membre des comités de programme des éditions FRCCS de 2021 à 2024.

**Participation à des instances de pilotage de la recherche et d'expertise scientifique :** Nicolas Bousquet a fait partie du CoNRS Section 6 pour les années 2021 à 2024. Hamamache Kheddouci a été expert Hcéres au Département d'Evaluation de la Recherche (DER - ST6) et au Département d'Evaluation des Formations (DEF - écoles doctorales) en 2023 et depuis septembre 2024, il a été nommé Conseiller Scientifique Hcéres au Département d'Evaluation de la Recherche. Hamamache Kheddouci est également directeur de l'école doctorale InfoMaths de l'Université de Lyon depuis 2019. Hamamache Kheddouci est également co-responsable du thème Informatique Fondamentale de la Fédération Informatique de Lyon, depuis 2016. Aline Parreau co-dirige le groupe de travail (GT) Graphes du CNRS depuis 2022. Laurent Feuilloley fait partie du bureau du Groupe de Travail Complexité et Algorithme (GT CoA) du CNRS, depuis 2023.

### Chercheurs et enseignants-chercheurs invités de renom :

Miloš Stojaković (Professeur à l'Université de Novi Sad) est venu nous rendre visite à plusieurs reprises pour un total de cinq semaines entre mars 2023 et décembre 2024, dans le cadre de l'ANR P-GASE et du projet PHC Pavle Savic avec la Serbie. Plusieurs travaux sont issus de cette collaboration [[Bag+24b](#) ; [Duc+25](#)]. Par ailleurs, l'équipe a accueilli de nombreux doctorants et post-doctorants en visite pour des séjours de recherche.

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

Nos articles sont systématiquement déposés sur HAL, si possible avec une version du texte intégral (en respectant les copyright des éditeurs).

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

L'équipe a une expérience confirmée dans des projets industriels dans lesquels elle a mis la technologie graphe

au coeur des développements de plateformes technologiques et de logiciels. Ses recherches orientées vers le monde socio-économique sur des problématiques de terrain liées aux graphes lui donnent un positionnement national et international original. L'équipe a eu un succès remarquable dans les projets de transfert et de maturation. Sur la période d'évaluation, elle a collaboré avec 13 entreprises dans le cadre de projets industriels ou académiques à forte valeur-ajoutée technologique, de thèses cifre ou industrielles, ou de postdocs.

Au niveau international, l'équipe a collaboré avec l'entreprise américaine Panalyt installée à Singapour. Le projet de collaboration consiste à développer une plateforme ONA (Organizational Network Analysis) pour l'analyse des graphes des interactions des salariés dans une entreprise. L'entreprise a financé la thèse de A. Korichi soutenue en 2023 et le postdoc de M. Lalou. Un brevet a été déposé pour cette plateforme. Un algorithme sur la prédiction de l'attrition des salariés d'une entreprise développé dans le cadre de cette thèse a été classé 3ème dans une compétition internationale à l'Université de Pennsylvanie en 2023.

Au niveau national, le projet ANR GRADIENT est un projet de recherche collaborative-entreprise-PRCE avec l'entreprise CGI-France. La plateforme GRADIENT est actuellement à l'état prototype. Plusieurs algorithmes de classification de protéines développés au sein de l'équipe sont déjà mis dans ce prototype. A terme, cette plateforme sera commercialisée par CGI - France.

Au niveau régional, l'équipe GOAL a une très forte implication dans le transfert et la maturation de ses travaux de recherche vers les entreprises de la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Durant la période, l'équipe a été porteur académique de deux projets R&D Booster de la Région SMAPI et SGREEB et d'un projet de maturation SUPERCONNECTR via la SATT PULSALYS. Le projet SMAPI, en collaboration avec les entreprises Axel'One, ChemIntelligence et Optimistik, concerne l'optimisation des réactions chimiques en collaboration avec trois industriels de la chimie. Ce projet a financé la thèse T. Rabut soutenue en 2024. Le projet SGREEB sur l'optimisation de la chaîne logistique verte avec les entreprises EVEA et LCT. Ce projet finance la thèse en cours de D. Blanchard. Le projet de maturation SUPERCONNECTR sur la découverte de communautés d'intérêts dans les réseaux de professionnels. Ce projet a financé le postdoc de N. Chekkai. Les résultats obtenus par l'équipe GOAL dans le cadre de ces projets sont intégrés dans les plateformes industrielles de ChemIntelligence (pour SMAPI), GEOMATRIO (pour SGREEB) et SUPERCONNECTR (pour le projet d'innovation et de maturation).

Par ailleurs, l'équipe a eu durant la période 6 thèses Cifre : J. Bernard (avec l'entreprise ReportLinker, soutenue en 2019), S. Hadjadj (avec Béton Direct, soutenue en 2021), M. Kanaan (avec Sistema Strategy, soutenue en 2020), A. Ben Hadid (avec Béton Direct, en cours), T. Boumaza (avec ChemIntelligence, en cours) et S. M'hamdi (avec CAST Software Intelligence, en cours).

## **Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

Les résultats obtenus par l'équipe GOAL dans le cadre des projets de transfert et de maturation ont été intégrés dans les plateformes industrielles de ChemIntelligence (pour SMAPI), GEOMATERIO (pour SGREEB) et SUPERCONNECTR (pour le projet d'innovation et de maturation).

Un brevet a été déposé par l'entreprise Panalyt - Singapour sur les résultats de thèse de A. Korichi.

## **Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

Notre équipe est particulièrement active en médiation scientifique. Une grosse partie des membres permanents (5) ainsi que la plupart de nos doctorants animent régulièrement des activités de médiation qui peuvent être des ateliers à la Maison des Mathématiques et de l'Informatique (MMI), des ateliers MATH.en.JEANS ou encore des exposés donnés dans les collèges et lycées ou pour le grand public. La plupart des ateliers animés ou des conférences données ont été créés par l'équipe, soit sur des sujets d'informatique d'intérêt général (par exemple, nous avons créé un atelier d'informatique débranchée pour expliquer l'[apprentissage par renforcement](#) et un autre pour les [réseaux de neurones](#)) soit sur des sujets propres à notre équipe (par exemple l'atelier sur la coloration de graphes dans le portfolio mais aussi des exposés sur la théorie des jeux combinatoires ou la théorie des graphes). En parallèle de ces activités en présentiel, nous écrivons pour des revues grand public. Citons par exemple un [livre](#) de Tangente éducation coordonné par Eric Duchêne sur l'informatique débranchée et un article pour [Interstices](#) sur les jeux. Nous sommes aussi présents sur la toile avec une [vidéo youtube](#) sur les jeux positionnels et un [podcast](#) sur la recherche en reconfiguration combinatoire. Enfin, nous participons activement à l'administration de la médiation scientifique. Eric Duchêne et Aline Parreau sont membres du comité de pilotage de la MMI et responsables de la cellule médiation scientifique du LIRIS depuis 2016. Eric Duchêne a porté un projet ANR SAPS sur l'informatique débranchée. Ce projet a donné lieu à des publications en didactique de l'informatique [DP24; Lec+24]. L'équipe a organisé en 2018, 2020, 2022 et 2024 le congrès MATH.en.JEANS de la région Auvergne-Rhône-Alpes qui réunit plus de 300 élèves pendant deux jours sur le campus et a participé

activement à l'organisation du stage du LIRIS pour les élèves de seconde en juin 2024.

## Synthèse de l'autoévaluation

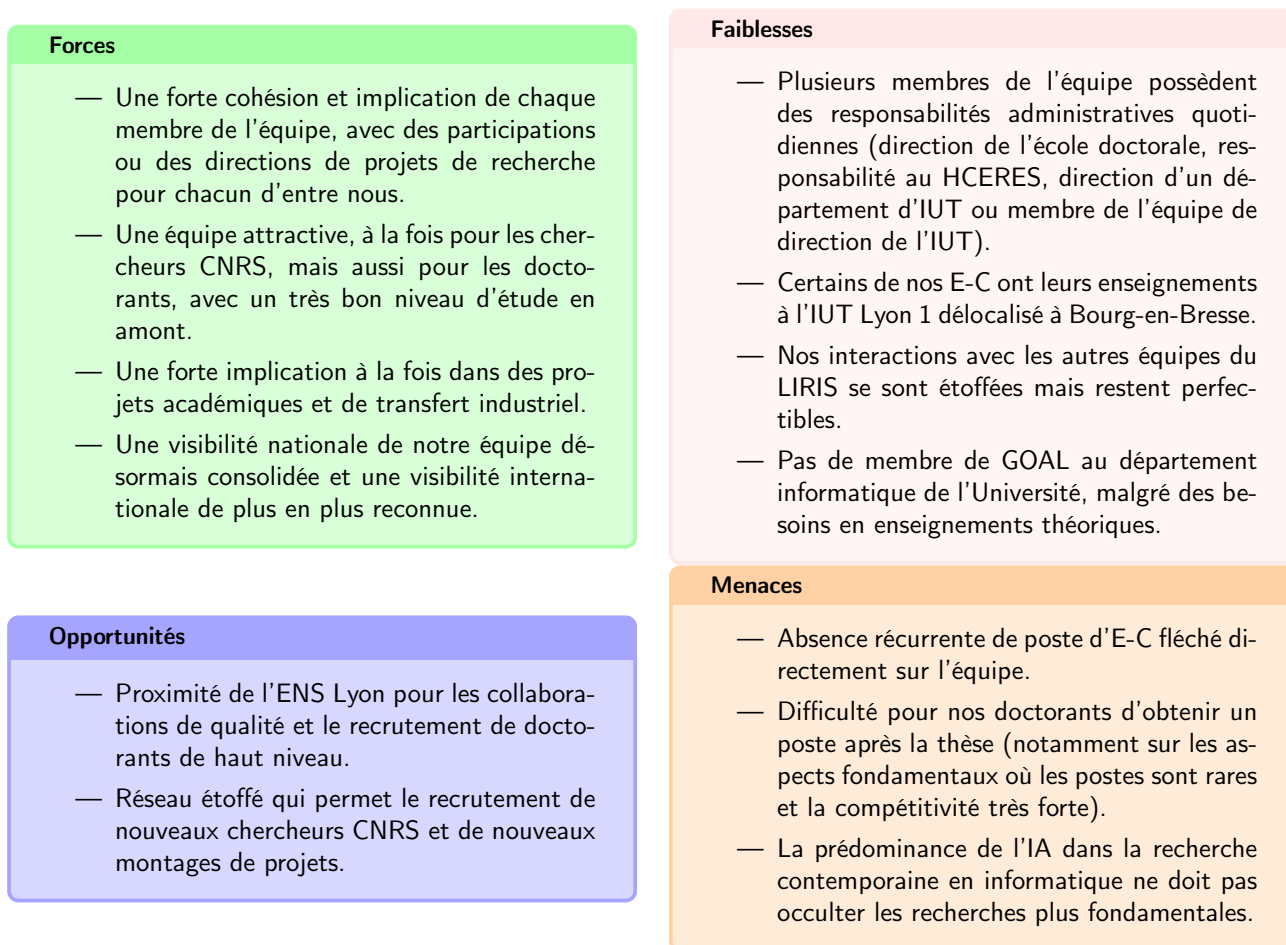


FIGURE 2.25 – SWOT de l'équipe GOAL

## 4- Trajectoire de l'équipe

Sur une perspective à cinq ans, l'équipe propose une continuité dans ses recherches, étoffée par de nouvelles propositions scientifiques qui ont émergé des travaux présentés dans le bilan. A court terme, cette continuité s'exprimera par le développement des projets récemment obtenus, notamment autour de l'algorithmique distribuée, de la reconfiguration de graphes et de machine learning pour les graphes. Nous développons ci-dessous les perspectives et enjeux scientifiques pour trois grands axes de recherche de l'équipe :

**Avancées en théorie des graphes.** Dans la poursuite du projet ANR GrR, nous souhaitons structurer davantage le domaine de la reconfiguration combinatoire, en développant des outils généraux et en résolvant des conjectures ouvertes (comme celles de Cereceda et de Kempe-Reed). De telles avancées permettraient d'élaborer les premiers méta-théorèmes pour le domaine, induisant des conséquences possibles sur plusieurs autres domaines d'application (optimisation, génération aléatoire, énumération, etc.). Cette perspective s'inscrit dans le projet ERC Consolidator "ArTooR" déposé par N. Bousquet en 2025.

Par ailleurs, parmi les domaines d'actualité en théorie des graphes, celui de l'ajout d'un ordre sur les sommets des graphes est de plus en plus considéré. Cet ajout à la structure standard est fructueux et prometteur : il permet de mieux comprendre les algorithmes qui parcourent les graphes, permet des caractérisations compactes de classes de graphes bien connues, et ouvre des perspectives algorithmiques nouvelles. Plusieurs équipes de recherche nationales se sont déjà emparé du sujet, et GOAL en fait partie via le projet ANR GODASse (2025-2028). Ceci permettra de réaffirmer les connexions fortes de GOAL avec certaines des principales équipes de graphes françaises à Paris, Montpellier et à l'ENS Lyon.

Parmi les autres perspectives à fort impact pour la théorie des graphes, le projet ANR TOAD, déposé par T. Pierron en 2025, ambitionne d'automatiser la génération et la vérification des preuves par déchargement, une technique essentielle en théorie des graphes, particulièrement pour les problèmes de coloration. L'un des objectifs clés sera de surmonter les limites des approches manuelles existantes en développant des outils capables de générer efficacement des preuves complexes. Contrairement aux prouveurs automatiques existants comme Coq ou DeepMind, de tels outils généreraient de manière autonome et efficace des preuves complètes, spécialisées et potentiellement longues. Le concept a été testé avec succès dans un premier cadre très restreint [Bou+22d] où l'intervention humaine occupe encore une place importante. En apportant une formalisation rigoureuse et automatisée, ce projet pourrait révolutionner l'étude des graphes planaires et résoudre des problèmes ouverts de longue date dans ce domaine.

**Approches algorithmiques et calcul distribué.** L'algorithmique constitue un autre pilier des recherches de l'équipe. En particulier, notre expertise dans le domaine de l'algorithmique distribuée restera centrale dans notre trajectoire à cinq ans. Nous souhaitons l'étoffer dans un domaine qui nous semble d'intérêt actuel : celui de l'efficacité énergétique. Le projet ANR ENEDISC (2025-2028) dont l'équipe est partenaire s'intéresse au compromis entre le temps d'activité des nœuds et la durée globale de résolution des problèmes en algorithmique distribuée. La gestion de l'énergie est un enjeu clé dans les systèmes distribués modernes, notamment pour les réseaux de capteurs et les infrastructures à grande échelle. En explorant de nouvelles approches pour réduire la consommation énergétique des algorithmes, ce projet contribuera à améliorer la conception des systèmes distribués efficaces et durables.

Par ailleurs, dans le projet international rSCF en collaboration avec l'Université d'Arizona financé par Office Naval Research (ONR) 2024-2027, nous nous intéresserons aux paramètres de graphes qui renforceront la sécurité des plateformes distribuées soumises à des attaques, des pannes ou de la dynamique. Durant la période, l'équipe s'est intéressée au développement de méthodes qui maintiennent des propriétés de graphe malgré la dynamique de celui-ci, pour ce faire, nous avons mis en place de nouvelles variantes de paramètres de graphe qui résistent au changement topologique du graphe. Nous avons étudié par exemple la domination éternelle et le feedback éternel. Nous comptons étudier de nouveaux paramètres de graphes dans leur version "éternelle" orientés sécurité dans des environnements distribués. Nous sommes à la recherche d'un étudiant pour une nouvelle thèse sur ce thème financée par le projet rSCF qui sera encadrée par C. Tunc de University of North Texas, S. Hariri de Arizona University et H. Kheddouci de l'Université Lyon 1.

**Graphes et intelligence artificielle.** L'interaction entre les graphes et l'intelligence artificielle a ouvert des perspectives d'envergure, comme nous l'avons présenté dans notre bilan, en particulier dans le domaine du graph learning. Le succès que connaissent les méthodes d'apprentissage profond a motivé plusieurs travaux sur leur utilisation pour résoudre les problèmes d'optimisation combinatoire sur les graphes. Celles-ci présentent plusieurs avantages :

- les méthodes basées sur l'apprentissage automatique peuvent automatiquement identifier des caractéristiques importantes à partir des données d'entraînement, évitant ainsi une recherche substantielle spécifique au problème et basée généralement sur des intuitions.
- une méthode basée sur l'apprentissage automatique peut s'adapter à une famille de problèmes d'optimisation combinatoire par exemple le problème du voyageur de commerce et celui de la coupe maximale, ce qui est rarement le cas d'un algorithme conçu manuellement.

Dans ce cadre, nous prévoyons de renforcer notre utilisation des techniques d'apprentissage automatique pour résoudre des problèmes combinatoires difficiles sur les graphes. Plus précisément, nous visons à exploiter les avantages de l'apprentissage par renforcement pour automatiser la recherche d'heuristiques en entraînant un agent de manière supervisée ou auto-supervisée pour résoudre des problèmes classiques de la théorie des graphes. Nous nous intéresserons en premier lieu à des problèmes liés à la simplification de graphes comme la sparsification (dédensification, en français), pour laquelle l'équipe possède une expertise forte. Un projet dans cette thématique est en cours de soumission dans le cadre de l'appel à projets ANR PRCI avec les Etats-Unis.

Parmi les autres techniques que nous souhaitons explorer dans les années à venir figurent les Réseaux Neuroaux de Graphes (GNN) et les Grands Modèles de Langage (LLM). Ces méthodes doivent permettre d'améliorer le raisonnement sur des connaissances structurées et d'optimiser le traitement de graphes complexes. Dans cette perspective, l'équipe a commencé un travail portant sur la synergie entre GNN, LLM et Graphes de Connaissances, un domaine qui présente des applications variées comme l'analyse des logs, la détection d'anomalies ou encore le ciblage de structures particulières. Deux projets ANR sont en cours de dépôt (par M. Haddad et H. Seba) : un PRCI avec le Luxembourg, qui prolonge les travaux menés dans le cadre du projet ANR PRCI GLADIS, et un second PRCI avec plusieurs partenaires nationaux. L'objectif est de développer des méthodes hybrides capables d'exploiter la complémentarité entre ces deux types de modèles pour améliorer la structuration et l'analyse des données complexes.

Ainsi, l'ensemble de ces perspectives va nous permettre de développer de nouvelles compétences qui viendront enrichir un socle déjà bien établi dans les domaines d'expertise de l'équipe. Tout en renforçant nos collaborations nationales et internationales, et sans transiger sur la qualité de nos productions scientifiques, l'équipe ambitionne d'apporter des contributions majeures à la compréhension des graphes et de leur exploitation dans des domaines clés de l'informatique moderne.

En terme de collaborations, l'équipe souhaite poursuivre ses partenariats avec d'autres équipes du laboratoire, comme elle a pu le faire ces dernières années, notamment avec les équipes BD et Imagine, nous souhaitons nous rapprocher des équipes du laboratoire spécialisées dans l'apprentissage automatique, avec une approche générique étant donnée la spécificité théorique de notre équipe. Par conséquent, dans le cadre de la structuration prévue par le laboratoire autour des pôles, nous souhaitons nous rapprocher des équipes DM2L et Sycosma avec lesquelles notre équipe a déjà un passé très riche à la fois scientifiquement et administrativement (Pôle GrAMA de 2004 à 2010, puis laboratoire GAMA de 2010 à 2012 constitué de ces trois équipes). Ce rapprochement a beaucoup de sens dans le cadre notamment de la trajectoire qui lie les graphes et l'intelligence artificielle. Ces dernières années, des co-encadrements d'étudiants de Master (avec R. Cazabet, K. Benabdeslem) ont eu lieu sur cette thématique entre notre équipe et l'équipe DM2L qui aborde notamment ces problématiques de graph mining. Par ailleurs, nos perspectives sur l'apprentissage supervisé et l'apprentissage par renforcement décrites précédemment sont également des sujets d'étude en lien direct avec l'équipe Sycosma, comme cela a pu avoir lieu par le passé via une thèse en co-encadrement sur le thème des jeux et de l'apprentissage par renforcement (avec F. Armetta). La proximité géographique de ces trois équipes sur le site lyonnais est également un atout qui permettra de favoriser les interactions ainsi que la coordination du pôle. Pour toutes ces raisons, nous pensons que ce rapprochement entre nos équipes sera fructueux et constituera une opportunité supplémentaire au bon développement de GOAL.

## 6- Soc

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

Depuis sa création en 2008, l'équipe Service Oriented Computing (SOC) mène des recherches sur les architectures et modèles Everything as a Service (XaaS) dans une approche holistique des services organisée selon le triptyque : modèles et fondements des services, sécurité des services, méthodes et architectures pour la conception et le déploiement des services.

L'équipe regroupe des enseignants chercheurs de l'INSA Lyon, l'Université Lyon 1 et l'Université Lyon 3 répartis sur le campus de La Doua (sites du département informatique Lyon1, IUT Villeurbanne et INSA Lyon) et le campus de l'IUT Bourg en Bresse. Au 31 décembre 2024, l'équipe est composée de 10 permanents (4 PU, 6 MCF dont 2 HDR) et un collaborateur extérieur (industriel HDR) après différents mouvements de personnels :

- Youakim Badr, MCF HDR INSA est en disponibilité depuis septembre 2019. Il occupe actuellement un poste de Professeur à Penn State University où il poursuit les travaux de recherche sur les services d'IA de confiance.
- Catarina Ferreira da Silva, MCF HDR Lyon 1 en disponibilité d'Août 2020 à Août 2022, a obtenu un poste de Professeure à l'Université de Lisbonne et dirige actuellement le laboratoire ISTAR-ISCTE.
- Mahmoud Bahramgi, MCF HDR Lyon 1 en disponibilité depuis septembre 2022, occupe actuellement un poste d'Associate Professor à Qatar University où il poursuit ses travaux de recherche sur les services de données et sur les solutions d'ingénierie axées sur le respect de la vie privée, la transparence et l'équité.
- Mohamed Essaid Khannouche, MCF Lyon 1 recruté en septembre 2023 suite à la promotion de Catarina Ferreira da Silva, ses travaux de recherche portent sur les modèles de services appliqués à l'Internet du comportement (Internet of Behavior ou IoB).
- Jean Patrick Gelas (MCF Lyon 1) a choisi de rejoindre le LIRIS et notre équipe SOC en 2022 après avoir mené plusieurs collaborations avec nous dans le cadre des projets européens BLISS et CHAISE que nous avons coordonnés. Ses travaux portent plus particulièrement sur le développement de modèles de smart contracts et la migration vers des services « orientés blockchain ».
- Nicolas Figay (Airbus), spécialiste de l'interopérabilité, est devenu collaborateur extérieur de notre équipe après sa soutenance d'HDR à l'Université Lyon 1 (HDR dont la garante est Parisa Ghodous) en juillet 2023 ([Fig21]).

L'équipe étant de taille moyenne (10 permanents) et répartie sur les campus de La Doua et de Bourg en Bresse, nous avons mis en place une organisation simplifiée permettant à chacun de contribuer à la vie de l'équipe. La coordination est assurée par 2 professeures (responsable et responsable adjoint) en charge des interactions avec la direction du laboratoire, de la gestion opérationnelle et budgétaire ainsi que de l'animation de l'équipe. Par ailleurs, des responsabilités, telles que l'organisation des séminaires et réunions d'équipe ou la gestion du site Web, sont réparties chaque année entre les membres sous forme de binômes, permettant à chacun de s'impliquer selon ses disponibilités.

Notre domaine de recherche, les modèles et systèmes de services, s'inscrit dans une communauté dynamique comme le montre les conférences IEEE Cloud, IEEE Services, ICWS ou les travaux mpubliés dans les revues ACM ToIT, IEEE Transaction on Service Computing,... Ce domaine est en constante évolution (intégration de modèles d'edge services, de smart services, d'organisations basées sur des micro-services et micro-transactions inspirées de la blockchain...). Ainsi, maîtriser ces évolutions et les anticiper suppose de ne pas les aborder sous le seul angle de la technologie des services mais de les replacer dans une vision systémique. Au cours de ce quinquennal, nous avons choisi d'unifier nos travaux autour des smart services. Cette stratégie n'est pas un « big bang thématique » mais une inflexion concertée pour nous recentrer sur un thème plus petit en tirant parti de nos compétences antérieures. Dès 2005, les smart services ont été définis dans la science des services comme la création de systèmes de services répondant de manière personnalisée aux besoins de clients ([AL05]). Cette définition a ensuite été étendue pour inclure des services permettant de tirer parti des données issues des objets connectés, de l'edge computing pour construire des systèmes « intelligents », capables de s'adapter au contexte ([GJ16]). Nous définissons les smart services comme des services réactifs, capable d'exploiter des données à grande échelle pour avoir des comportements « intelligents » adaptés au contexte et permettant de s'adapter aux comportements et aux exigences des utilisateurs. Dans ce contexte, les travaux de l'équipe ont été déclinés selon 2 directions d'étude pour fournir les briques de base au développement des smart services et des architectures associées :

- Modèles et fondements des smart services : A partir des modèles de service holistiques (modèles XaaS – Everything as a Service) que nous avons proposés précédemment. Nos travaux ont porté sur :

1. la définition de modèles de services élémentaires et composés ainsi que des modèles de composition / chorégraphie basés sur des événements rendant ces systèmes de services plus réactifs et adaptables (étude des migrations d'architectures de service vers des micro-services, modèles de transactions élémentaires et d'organisation type event-driven)
  2. des modèles « centrés données » incluant à la fois la gestion de l'interopérabilité des données et processus dans des systèmes ouverts (Interoperability as a Service) ainsi que le développement de modèles de recommandation « pilotés par les données » favorisant la personnalisation, la gestion du contexte, la prédiction et la prise en compte des comportements (Internet of Behavior) en intégrant entre autres les technologies associées au big data ou encore aux mécanismes d'IA
- Sécurité des services edge et sécurité « centrée données » : La mutation « centrée donnée » et « Data / Event driven » induite par les modèles de smart services impose de repenser l'analyse des risques et l'organisation des services de sécurité pour assurer un continuum de la sécurité durant tout le cycle de vie des données et des services quel que soit leur contexte d'utilisation. Pour atteindre cet objectif, nous avons axé nos travaux sur des modèles d'usage conduisant au développement d'ontologies d'usages et de respects de la vie privée tant pour les données que pour les services edge et les objets connectés qui les collectent et au contrôle de ces usages grâce à la génération de smart contract grâce à des compositions model driven. Cette approche nous a également permis de développer des modèles de gouvernance de la sécurité et des politiques de sécurité à base de micro-services.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	18	19	21	8	10	10	86	14.3
#Revue int. / ETP	3.6	3.8	4.2	1.6	2.0	2.0	17.2	2.9
#Conf. int.	13	12	15	9	9	11	69	11.5
#Conf. int. / ETP	2.6	2.4	3.0	1.8	1.8	2.2	13.8	2.3
#Thèses soutenues	3	1	4	1	1	2	12	2.0

TABLE 2.20 – Production : quelques indicateurs clés pour SOC. Effectif au 31/12/2024 : 10 permanents ; 5 ETP.

## Environnement de recherche

Lors du lancement de notre projet de recherche centré sur les smart services, projet initié pendant ce quinquennal, nous avons choisi de nous appuyer sur nos collaborations à l'échelle du laboratoire, de nos établissements, du site et de la région. Ainsi :

- SOC a poursuivi ses collaborations avec les équipes du pôle « données, système et sécurité », notamment DRIM et BD dans le cadre de projets transversaux du LIRIS, de l'appel unique du CNRS, et de la région AURA (co-direction de la thèse de Senda Romdhani), ainsi qu'avec l'équipe GOAL (co-direction de la thèse de Wissam FERROUDJ et collaboration dans le cadre du projet ERASMUS+ MACHINA coordonné par SOC).
- En 2020, nous avons coordonné la soumission de deux projets européens ERASMUS+ MACHINA et CHAISE, projets que nous avons obtenus la même année. La gestion financière de ces projets est assurée par la DRI et les services de Lyon 1 comme cela avait été le cas pour les projets européens portés précédemment et que nous avons coordonnés (VET4Apps et BLISS obtenu en 2017 et terminé en 2020).
- Nous avons coordonné 2 projets région AURA (SUMMIT, PersoDiagMedi) et participé à un autre projet également financé par la région AURA (CLEAN4SED). Ces projets ont été gérés par les services de l'université Lyon3.
- Nous avons également mis en place des collaborations avec d'autres laboratoires lyonnais selon leurs expertises comme le laboratoire Cethil (Centre d'énergétique et de thermique de Lyon) pour le développement de modèles de services intelligent au service de la consommation électrique de bâtiment (co-direction de la thèse de Mounah Labiadh) ou pour la prise en compte des comportements dans la gestion des consommations énergétique (projet BE CARE AIM - Behavioral data for Energy Consumption Analysis and pREdiction using Artificial Intelligence Methods soutenu par la FIL ), le laboratoire ERIC dans le cadre du projet CLEAN4SED (2022 - 2025) pour la proposition de services Edge supportant l'apprentissage (co-direction de la thèse d'Anaïs Lavorel) ou encore le laboratoire P2S (Parcours Santé Systémique) dans le cadre du projet PersoDiagMedi pour le développement d'une plateforme orientée services pour la détection de maladies émergentes.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	934 k€	186 k€	155 k€	31 k€	64.5 %
PIA	10 k€	2 k€	1 k€	0 k€	0.7 %
Industrie	143 k€	28 k€	23 k€	4 k€	9.9 %
Europe	358 k€	71 k€	59 k€	11 k€	24.7 %
International	2 k€	0 k€	0 k€	0 k€	0.1 %
Total	1447 k€	289 k€	241 k€	48 k€	100%

TABLE 2.21 – Contrats : quelques indicateurs clés pour SOC. Effectif au 31/12/2024 : 10 permanents ; 5 ETP.

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

**A – Recommandations concernant les produits et activités de la recherche de l'équipe 13 :** Le comité recommande à l'équipe de continuer les efforts sur la cohésion des membres et de leurs recherches. Une plus grande interaction entre ses membres et plus de publications communes renforcerait l'équipe. Le comité encourage vivement les transferts directs de logiciels vers des acteurs industriels.

**B – Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'équipe 13 :** Le comité recommande à l'équipe de continuer avec la très bonne organisation mise en place. Elle doit discuter ouvertement et prévoir la future vie de l'équipe en vue des mouvements de personnels à venir.

**C – Recommandations concernant le projet et la stratégie à cinq ans de l'équipe 13 :** Le comité recommande à l'équipe de définir les futurs axes de recherche avec précision et en adéquation avec ses forces vives.

C'est à partir de ces recommandations que SOC a organisé ses travaux pendant ce quinquennal. Nous avons pris en compte prioritairement la recommandation concernant le recentrage du projet et la stratégie à 5 ans de l'équipe en nous focalisant sur le domaine resserré des smart services tout en conservant la vision holistique des modèles de services qui est au cœur de l'ADN de SOC. Dans cette logique, nous avons choisi de mettre en place une stratégie par binôme ou trinôme (qu'il s'agisse de co-encadrement de thèse ou de participation à des projets) ce qui nous a permis d'améliorer la collaboration entre les membres permanents tout en conservant et développant notre réseau. Plus particulièrement, cette organisation a conduit à la soutenance de 10 thèses sur la période regroupées dans différents sous-projets :

- Gestion de recommandations adaptative et exploitation des données liées aux traces d'activité (thèse en convention Cifre de Fatemeh Sajadi Ansari)
- Intégration de modèles d'apprentissage pour la composition adaptative de services dirigée par la connaissance et le contexte nécessaire à la prédiction ainsi qu'à la recommandation dans les cas de gestion de catastrophe naturelles (thèse d'Héla Taktak) ou encore de la gestion de crises sanitaires (thèse de Firas Zouari).
- Organisation de modèles adaptatifs basé sur des services intelligents et sur la prise en compte réactive d'événements (thèses de Mouna Labiadh (en collaboration avec EDF et le Cethil) et de Minh Lyu)
- Gestion de l'interopérabilité entre blockchain (thèse en convention Cifre de Léo Besançon)
- Gestion de la sécurité des données et du respect de la vie privée : grâce à deux thèses complémentaires, nous avons pu montrer que des smart contracts pouvaient être générés pour lier les consentements aux usages effectifs (de données personnelles ou de données collectées via des objets connectés) (thèses de Faiza Loukil et Jingya Yuan). Ces travaux ont fourni une base à partir de laquelle d'autres travaux ont porté sur l'amélioration de la gestion de la confiance (thèse de Sanda Romdhani)
- L'identification automatique de micro-services pour les besoins de migration de systèmes d'information (thèse de Mohamed Daoud)
- Les modèles de services auto-adaptatifs centrés multi-exigences, et plus particulièrement pour la gestion des processus métiers configurables avec une approche orientée base de connaissances, fragmentation, et mesure d'entropies (thèse de Benallal Wehbi).

Notons également que les travaux sur l'intégration de mécanismes d'apprentissage et de gestion des ontologies pour l'amélioration de la composition des services nous ont également permis de développer des collaborations avec :

- le LAAS à Toulouse avec le co-encadrement de la thèse de Nour El Houda Nouar ([Nou22], [Nou+21a], [Nou+21b]) soutenue en 2022 et de Jean-Cédric Sanou [SYF24] ) débutée en 2023.
- le laboratoire LITAN de l'école supérieure en Sciences et Technologies de l'Informatique et du Numériques (ESTIN) de Bejaia (co-encadrement de la thèse de Salma Hameche ([HKT24], [Ham+23] )
- l'université de Marrakech avec la co-direction de la thèse de Fatima Zohra ENNAJI [Enn+19], [Enn+15], [Enn+18], [Aza+16]) soutenue le 23 février 2019

- l’université de Sousse avec la co-direction de la thèse de Jalel Eddine Hajlaoui ([HOB17], [HMB17], [EOB17] ) soutenue le 8 avril 2019.

Cette organisation de nos travaux autour de cette thématique unique est plus en adéquation avec les effectifs de l’équipe et a permis de renforcer les interactions entre les membres en réponse aux deux premiers points de la recommandation A et à la recommandation C. Il faut également noter que cette trajectoire thématique s’inscrit dans un temps plus long que ce quinquennal où nous avons travaillé sur les fondements des smart services et leur sécurité en veillant à poursuivre des collaborations universitaires et industrielles et à organiser un transfert industriel aussi rapide que possible de nos travaux. C’est cette stratégie qui nous a conduit à proposer et remporter les 3 projets européen ERASMUS+ coordonnés par l’équipe dans les domaines du machine learning (MACHINA)<sup>27</sup> et de la blockchain (BLISS<sup>28 29</sup>) et CHAISE<sup>30</sup>). L’ensemble de ces collaborations à l’échelle locale, nationale et internationale nous a également permis de créer l’alliance Blockchain (80 membres actuellement à l’échelle européenne), d’intégrer un collaborateur extérieur (Nicolas FIGAY d’AIRBUS) à l’équipe, d’encadrer 3 thèses en convention CIFRE et de soutenir la création de la start-up de Madame SAJADI ANSARI (cf. Portfolio réalisation 4) pour gérer l’exploitation industrielle des résultats de sa thèse. L’ensemble de ces actions a ancré notre stratégie de transfert industriel au cœur de notre projet sans nous limiter au seul transfert de code (réponse complémentaire à la recommandation A).

Cette stratégie de recherche définie sur un temps plus long que ce quinquennal sera poursuivie pour aboutir au développement d’architectures plus complexes basées sur ces smart services. Grâce à la mise en place d’une organisation impliquant des binômes / trinômes sur les éléments clefs de notre projet et à l’intégration de collègues travaillant sur nos thématiques, nous assurons la pérennité de nos travaux compte tenu des mouvements de personnel à venir sur le prochain quadriennal (réponse à la recommandation B).

## 2- Introduction du portfolio

- Réalisation 1 : Papier ref [BT23] ; Publication à ICDE 2023, Anaheim, CA, USA, Conférence A\* résultant d’une collaboration avec la National Singapore University (68ème au classement de Shangai et 11ème en Computer Science<sup>31</sup> ; 8ème au QS World ranking 2024))) : Cet article s’inscrit dans la thématique des modèles pour les smart services. Comme susmentionné, les smart services font évoluer les paradigmes de service et de systèmes de services vers des organisations plus réactives et collaboratives. Cette évolution remet en cause les schémas et les modèles traditionnels de sélection / composition / orchestration pour intégrer cette dimension collaborative, notamment dans les phases de sélection et surtout de recommandation de services. Il est par conséquent impératif de repenser et développer de nouveaux modèles de « recommandation de groupe ». Pour permettre de gérer des recommandations pour des groupes (plusieurs organisations, utilisateurs...), nous avons proposé une approche novatrice fondée sur la règle de la majorité probabiliste. Ainsi, ce modèle permet aux groupes de prendre des décisions "démocratiques" en sélectionnant les éléments qui maximisent la probabilité de satisfaire la majorité des membres du groupe. Pour remédier à l’inefficacité de la méthode naïve (complexité exponentielle du temps), nous avons proposé une approche de programmation dynamique efficace et un algorithme avec des techniques d’élagage efficaces pour recommander les k meilleurs items (recommandation / pré-sélection de services cloud, de données et services avec les probabilités de satisfaction majoritaires les plus élevées. Ces travaux ont été validés expérimentalement sur quatre ensembles de données réelles.
- Réalisation 2 : Papier ref [Nou+21a]– Article dans la revue Computer Networks (H index 155) résultant d’une collaboration avec l’Université de Toulouse : Cet article dans une revue internationale ayant un fort impact (Q1 et H Index de 155) s’inscrit également dans la thématique des fondements des smart services et présente un modèle de sélection / composition / orchestration de services dynamiques avec une application au domaine des réseaux et plus particulièrement des Fonctions Réseaux Virtualisées (VNF) au cœur des réseaux du futurs. Dans ce cadre, le paradigme des services est appliqué pour répondre aux défis spécifiques des réseaux modernes, notamment en matière d’agilité, d’automatisation et de gestion optimisée des ressources montrant l’importance des smart services dans ce domaine. Le modèle de VNF permet de concevoir, découvrir, composer et gérer les services réseau de manière flexible et dynamique, tout en tenant compte des exigences variées des utilisateurs et des contraintes du réseau. C’est en raison de l’expertise reconnue de SOC dans le domaine des services et de nos premiers travaux sur les modèles de smart services que l’Université de Toulouse a lancé une collaboration dans ce domaine en proposant un

27. <https://machina.univ-lyon1.fr/index.php/fr/home-fr/>

28. <https://www.openlearning.com/courses/bliss-mooc/?cl=1>

29. [https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/5d8f1ea2-6033-408f-92f8-68299fbd412/BLISS\\_PMI\\_2nd%20digital%20presentation\\_2018-09-11\\_sp.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/5d8f1ea2-6033-408f-92f8-68299fbd412/BLISS_PMI_2nd%20digital%20presentation_2018-09-11_sp.pdf)

30. <https://www.openlearning.com/courses/artificial-intelligence-ai-skills-for-ict-professionals/?cl=1>

31. <https://www.shanghairanking.com/institution/national-university-of-singapore>

co-encadrement de la thèse de Nour El Houda Nouar. Ces travaux ont permis de proposer une description sémantique des services réseau via des ontologies (capacités fonctionnelles et non fonctionnelles des VNF, exigences en termes de qualité de service (QoS) et de déploiement). Cette description sémantique facilite la découverte automatisée des VNF, permettant une sélection fine et efficace des éléments nécessaires à la composition dynamique des services. Après cette phase, nous avons élaboré un modèle de composition dynamique des services réseau, coordonnant et intégrant les différentes fonctions dans une chaîne de services cohérente et adaptable. Grâce à ce processus, les services peuvent être ajustés en temps réel, en fonction des évolutions du réseau et des besoins des utilisateurs. L'orchestration permet ainsi une reconfiguration dynamique des chaînes de services, afin d'assurer l'agilité du réseau face aux événements imprévus, comme des attaques par déni de service (DoS), tout en optimisant les performances du réseau.

- Réalisation 3 : Coordination du Groupe stratégique AFNOR pour l'interopérabilité des Processus en lien avec les technologies de la blockchain et publication d'un livre blanc : Le Comité stratégique AFNOR réunit les principaux décideurs du secteur économique concerné. Son rôle est de définir les priorités de travail et préparer les positions françaises à l'international, en anticipant les développements normatifs souhaitables. Il chapeaute des commissions de normalisation en charge d'élaborer les normes sur son périmètre et assure la gestion collective des activités de normalisation correspondantes. Dans le but d'identifier les besoins en normalisation, aussi bien au niveau français qu'au niveau international, l'AFNOR Normalisation et la Fédération française des professionnels de la blockchain (FFPB) ont créé un groupe stratégique « Normes et standards blockchain ». Compte tenu de l'expertise reconnue de SOC dans les domaines de la gestion de l'interopérabilité et des technologies de la blockchain, nous avons pu prendre la responsabilité du groupe de travail stratégique « Interopérabilité des processus métiers en lien avec les technologies de la blockchain ». Les travaux de ce groupe ont permis d'aboutir à (1) la rédaction d'un livre blanc intitulé Interopérabilité des processus métiers supportés par la blockchain, publié le 20 janvier 2023<sup>32</sup> [Gho+22], (2) la présentation des résultats devant l'AFNOR et (3) le développement / renforcement de collaborations étroites avec les entreprises crypto4all, AIRBUS, B2-Expand, Orange, Tessi, AEROSURETE, Banque de France, La banque Postale.
- Réalisation 4 : Création d'une start-up par une doctorante à l'issue de sa thèse, Fatemeh Sajadi Ansari a créé Enlilia (<https://enlilia.com/>). Cette jeune pousse se positionne comme un expert dans la valorisation et l'optimisation des données produits. L'entreprise accompagne les organisations dans la conversion de leurs données brutes en ressources stratégiques essentielles, en délivrant des solutions personnalisées qui répondent aux exigences particulières de chaque entreprise. Enlilia développe EDEN, une plateforme innovante dédiée à la gestion et l'enrichissement des données produits (enrichissement intelligent des caractéristiques produits, création de descriptions complètes, amélioration SEO des contenus produits, harmonisation des données cross-canal et classification précise des articles). La solution enrichit de manière automatisée les attributs produits, permettant aux entreprises d'optimiser leurs données et de garantir une uniformité cross-canal. Ce processus comprend l'évaluation des données, la détection des manques et la production de contenu adapté. Regroupant différents experts, Enlilia propose également un Service de Conseil en Stratégie de pilotage des projets innovants (élaboration et déploiement de stratégie de gestion informationnelle, via l'audit, création de plans d'action et accompagnement des équipes).
- Réalisation 5 : Coordination du Projet européen ERASMUS+ CHAISE visant la construction d'une Roadmap pour le développement des compétences Blockchain en europe : Grace à l'expertise acquise dans ses travaux sur les modèles de services à base de blockchain et à sa stratégie de développement de collaborations à l'international, l'équipe SOC a proposé, obtenu et coordonné le projet européen « CHAISE - A Blueprint for Sectoral Cooperation on Blockchain Skill Development ». Blockchain skills for Europe<sup>33</sup>). Ce projet du programme « Sector skills alliance ERASMUS+ » est coordonné par SOC et regroupe 23 partenaires et 5 membres associés issus de 15 pays de l'UE. Parmi les contributions réalisées au cours des 4 années de ce projet débuté en octobre 2020, on peut retenir :
  1. Le développement d'une **première stratégie européenne des compétences sur la blockchain**
  2. Le développement d'un cursus complet adressant trois profils de professionnels de la blockchain (développeur, architecte et expert métier) sous forme d'un MOOC comportant **1200 heures de cours et des ressources éducatives traduit en 11 langues**. Un déploiement pilote de ce MOOC à l'automne 2023 a regroupé plus d'un millier d'apprenants.
  3. La mise en place d'un **programme de certification européenne des micro-compétences blockchain** (Centre d'examen ECQA). On peut noter que les étudiants du Master DISS du département informatique de l'UCBL ayant réussi l'examen CHAISE ont obtenu cette certification

32. <https://telechargement.afnor.info/normalisation-blockchain-interoperabilite>

33. <https://chaise-blockchainskills.eu/>

4. Le **développement d'écosystèmes européens et nationaux des compétences en blockchain**
5. Des **programmes de mobilité transnationale pour les étudiants et les professionnels**
6. Un **mécanisme de prévision pour anticiper les futurs besoins en compétences en matière de blockchain**
7. Le développement d'une **plateforme pour les chercheurs d'emploi, les entreprises et les organismes (les offres d'emploi blockchain)**
8. La création d'une **Alliance Européenne Blockchain** ce qui a donné une visibilité importante à l'université Lyon 1 et à son département informatique (<https://chaise-blockchainskills.eu/join-the-chaise-alliance/>)
9. Un nombre important de **communications et d'actions de dissémination** (11 journées nationales, plusieurs événements, workshops, articles de presse, articles dans des conférences et revues).
10. L'obtention du prix « Most Exciting Project in Learning and Awareness », attribué par l'International Association for Trusted Blockchain Applications (INATBA) en 2024 pour ce projet qui constitue un important vecteur de transfert et de médiation de nos travaux

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

L'équipe SOC jouit d'un positionnement original dans la communauté internationale du Service Computing. En effet, nos travaux sont menés avec une vision systémique en couplant les aspects théoriques et fondamentaux issus de la science des services aux usages de ces services. Si les premiers travaux de SOC étaient en étroite liaison avec les architectures orientées service et les services Web, nous les avons rapidement généralisés pour aboutir à des modèles faiblement couplés s'appliquant à différentes architectures distribuées, des systèmes cyber-physiques (CPS) aux architectures de calcul haute performance (HPC) complexes en passant par les systèmes d'information. Les mutations importantes du Web, incluant l'intégration de la technologie Blockchain (Web 3), de l'IA et des mondes virtuels (Web 4) nous ont conduit à privilégier l'étude des smart services, à la confluence des évolutions apportées par la blockchain et l'IA, et le traitement à grande échelle de données, conduisant à privilégier des approches « dirigées par les données » ou « dirigées par les événements » aux stratégies classiques de composition et orchestration « control driven ».

Notre recherche a été organisée pour répondre à la mutation importante induite par le passage à des systèmes ouverts centrés données. Comme mentionné précédemment, notre vision des smart services intègre d'une part la vision technologique induite par l'introduction des technologies d'IA et des approches « centrées données » (adaptation des modèles de service au Web 4) et de la blockchain (passage à des modèles de services « compatibles Web 3 »), et d'autre part une vision systémique orientée organisation d'écosystèmes de smart services issue de notre approche holistique des modèles de services, ce qui confirme l'approche originale de SOC au sein de la communauté du « service computing ».

Plus précisément, nos travaux liés à l'intégration du Web 4 ont porté sur :

- **L'intégration de modèles et de techniques d'intelligence artificielle dans les services** : Dans un premier temps, nous nous sommes focalisés sur les caractéristiques des différentes technologies avant de les intégrer dans nos modèles d'architecture de services. Ces premiers travaux ont été valorisés dans le projet ERASMUS+ MACHINA et ont été poursuivis avec un focus sur les algorithmes de classification (cf [FFK24], thèse en cours de Wissam FERROUDJ en co-encadrement avec l'équipe GOAL du LIRIS). Ces travaux préparatoires nous ont permis de proposer plusieurs modèles de sélection / composition / orchestration intégrant cette dimension « smart ». Tirant parti de notre expertise dans les systèmes de recommandations, nous avons proposé une nouvelle approche de recommandation de groupe, favorisant la collaboration entre services smart. Ce nouveau modèle probabiliste de recommandation de groupe a pu être réalisé en collaboration avec la Singapore National University [BT23] cf. réalisation 1 du Portfolio). D'autres travaux ont permis de montrer :
  1. comment intégrer des ontologies dans les modèles dynamique de sélection / composition / orchestration de services avec une application aux Fonctions Réseau Virtualisées (VNF) au cœur du réseau du futur

(travaux menés en collaboration avec le LAAS pour la co-direction des thèses de Nour El Houda NOUAR (réalisation 2 du portfolio (cf [Nou22], [Nou+21a], [Nou+21b]) et de Jean-Cédric Sanou [SYF24])

2. comment des services mettant en œuvre des modèles de comportements (modélisation du comportement thermique de bâtiment) pouvaient être enrichis par des composants d'Intelligence Artificielle intégrant des sources de données multiples et hétérogènes. Ces travaux menés entre autres dans la thèse de Mouna Labiadh [Lab21] réalisée en collaboration avec le Cethil et EDF ont montré la pertinence de notre approche et permis de gérer l'intégration de données multi-sources.
- **L'intégration de modèles d'analyse de masses de données et de données multi-sources dans les services** : Dans un premier cas d'usage (thèse Cifre de Fatemeh Ansari [Saj24]), nous avons montré comment ces modèles de services intégrant des techniques d'Intelligence Artificielle pouvaient être mis en œuvre pour détecter du cyber-harcèlement à partir de données extraites des réseaux sociaux, travaux complémentaires de la thèse de Fatima Zohra ENNAJI sur le Big Data pour l'analyse d'opinions sur les réseaux sociaux. Nous avons également développé des modèles de prédiction de catastrophes naturelles à partir de bases de données ouvertes (thèse de Hela Taktak [Tak24]) et explicables basés sur l'apprentissage profond multi-sorties et la construction dynamique d'ontologie sémantique d'explication appliquée au domaine médicale (thèse de Firas Zouari [Zou23]). Nos travaux ont ensuite porté sur la gestion de la qualité et de la confiance accordée aux données pour s'assurer d'une intégration intelligente de toute confiance avec une application dans le domaine médical (thèse de Senda Romdhani [Rom22]),
- **L'intégration de la gestion du contexte dans nos modèles de service** est abordée via l'analyse de comportements. Après une première phase d'études, nous avons choisi de prendre en compte ce contexte comme étant issu de l'Internet of Behavior. Cette approche nous permet d'homogénéiser la gestion des traces d'un système et de les coupler avec des sources d'information complémentaires liées par exemple à l'environnement de ce système. Pour tester cette approche, nous avons décidé de poursuivre notre collaboration avec le Cethil en lançant le projet Be Care AIM financé par la FIL. D'autres travaux sont menés en collaboration avec l'école ESTIN et l'université de Bejaia (Algérie) suite au recrutement de M. E. Khanouche qui avait débuté la co-direction des thèses de Anis Chawki ABBES [Abb+24], Laldja ZIANI ([Zia+24]) et Salma Hameche ([HKT24], [Ham+23]). Ces recherches visent à modéliser les comportements et à analyser leurs impacts sur les systèmes, notamment dans le cadre de cas d'usage tels que la consommation électrique dans les bâtiments résidentiels et la mobilité des utilisateurs dans des environnements fortement dynamiques.

Pour ce qui concerne l'intégration des apports du Web 3 dans les systèmes de services, nos travaux ont débuté par la recherche des éléments différenciant apportés par la Blockchain en analysant les apports des différents types de Blockchain (smart contract issus de la blockchain 2.0, servicisation de la blockchain 3.0). Nos travaux dans ce domaine ont d'abord porté sur la caractérisation de ces écosystèmes, des contraintes (légal)es d'utilisation et sur la gestion des smart contracts. Ces premiers travaux préparatoires pour lesquels nous avons fait un transfert très rapide via des modules de formation du projet CHAISE ([Bie22b], [Bie22a], [Bie22c], [Bie22d], [Bie22f], [Bie22e]), nous ont permis d'identifier deux enjeux principaux concernant l'intégration de cette approche dans les systèmes de services :

- La gestion de l'interopérabilité entre les différents systèmes de blockchain : initié dans le cadre d'une thèse en convention Cifre (thèse de Léo Besançon [Bes21]), nous avons tiré parti du réseau d'experts impliqués dans le projet CHAISE pour animer un groupe de travail visant la proposition d'un modèle de processus garantissant l'interopérabilité des architectures impliquant la blockchain. Ce travail a été concrétisé par une proposition auprès de l'AFNOR (Cf. portfolio réalisation 3).
- L'introduction des smart contracts dans des architectures de service conduit à repenser les modèles de services pour intégrer ces micro-transactions. Dans ce cadre, nous avons proposé d'une part une approche permettant de migrer un système de services traditionnels en micro-services (thèse de Mohamed DAOUD [Dao21]) et d'autre part la proposition d'un modèle de services « event driven », incluant la modélisation d'événements simples et complexes reposant sur des mécanismes de composition (thèse de Minhu Lyu [Lyu20])

Ces travaux sur les mutations des modèles de services ont montré la nécessité de repenser la gestion des risques et services de sécurité dans une logique « data centric ». En effet, le développement des modèles Data as a Service tout comme la mise en place d'architectures dynamiques et recomposables en fonction du contexte impose de prendre en compte la protection des données tout au long de leur cycle de vie, de la collecte à l'intégration dans des systèmes d'apprentissage. Pour cela, nous avons privilégié une approche basée sur les usages, ce qui permet d'avoir une évaluation dynamique des risques. Cette approche, conforme à GAIA-X, nécessite toutefois d'étendre la description et le contrôle des usages. Ceci impose d'enrichir les modèles de purposes de GAIA-X puisqu'ils ne prennent pas en compte l'ensemble du contexte d'usage. L'utilisation de données dans un cadre distribué et ouvert suppose également la mise en place d'un système distribué de gestion des droits et de contrôle de la traçabilité des usages. Nos travaux ont permis de :

- Développer des modèles distribués d'authentification destinés à la blockchain grâce à des algorithmes de type Zero Knowledge Proof ([Die+23] )
- Développer des modèles d'usage centrés données (thèses de Faiza Loukil [Lou19] et Jingya Yuan [Jin21]) incluant la proposition d'ontologies d'usage permettant de gérer des droits de collecte de données à partir d'objets connectés et la description du contexte pour les usages
- Proposer des modèles de génération de smart-contracts permettant de gérer et tracer les usages et les autorisations associées.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

Outre le financement du laboratoire, l'équipe a poursuivi sa stratégie de valorisation de ses activités de recherche en assurant le montage et la coordination de plusieurs projets :

- Industriels : l'équipe a proposé et encadré 3 thèses Cifre, a accueilli un collaborateur extérieur industriel (Nicolas Figay d'AIRBUS) de manière à établir des collaborations à plus long terme
- De Recherche et Développement à l'échelle :
  1. locale avec le projet Be Care AIM soutenu par la FIL et le projet Accueil Enseignants-Chercheurs (AEC24KHANO) portant sur les « Modèles d'Internet du comportement et plateformes de services : application à la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels » soutenu par l'université Lyon 1.
  2. régionale : projets Summit, Clean4Sed et PersoDiagMedi (appel projets internationaux de la région AURA) ainsi que le projet MuseMED (appel CY initiative)
  3. internationale : projet PhcUtique « PrediCat » de Plateforme orientée services Restful pour la prédiction des catastrophes naturelles, et 3 projets européens coordonnés par l'équipe : les projets ERASMUS+ BLISS (blockchain), MACHINA (apprentissage automatique et IA) et CHAISE (blockchain).

Cette stratégie privilégiant la proposition de projets et le développement des activités de transfert vers le milieu industriel permet à l'équipe de disposer des moyens financiers nécessaires pour mener ses travaux.

L'équipe mène également une politique de développement de collaborations avec des laboratoires sur des thématiques complémentaires. Sur cette période, ceci se traduit par l'accueil de 13 invités (certains ayant faits plusieurs visites) et de participer au co-encadrement / co-direction de 17 thèses dont 1 co-tutelle comme le montrent les 30 publications communes avec ces doctorants et leurs encadrants. Nous organisons systématiquement des séminaires en mode hybride organisés lors de la venue d'invités et en assurons une large diffusion dans notre communauté. Cette stratégie contribue à renforcer notre visibilité. Cela favorise les échanges nombreux avec de futurs invités, des stagiaires et nous permet d'être régulièrement invité à co-diriger des thèses.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

L'équipe a tiré parti de son hébergement multisites pour offrir de bonnes conditions de travail à ses membres alors que nos locaux ont été largement impactés par les différents travaux.

**Référence 4. Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

L'équipe compte actuellement 10 membres permanents (6 femmes et 4 hommes), 1 collaborateur extérieur (homme). A cet effectif, il faut noter que deux MCF (hommes) sont actuellement en disponibilité. Le recrutement de M. E. Khanouche (retour du poste de Catarina Ferreira après sa promotion comme Pr à Lisbonne en 2022) nous a permis de réduire le déséquilibre F/H.

Nous avons tiré parti de nos collaborations internationales pour assurer des mobilités permettant des promotions pour les personnels (par ex. Youakim Badr, en disponibilité à ce jour, occupe actuellement un poste de Professeur aux USA, Catarina Ferreira au Portugal a obtenu une promotion sur un poste de Professeure à Lisbonne et pris la responsabilité d'un laboratoire à l'issue de sa disponibilité).

Concernant le développement durable, nous veillons à limiter autant que faire se peut les déplacements en avion et suivons l'ensemble des recommandations de nos établissements. En particulier, nous renforçons le fonctionnement en mode hybride pour intégrer en continu nos collègues basés à Bourg en Bresse tout en leur

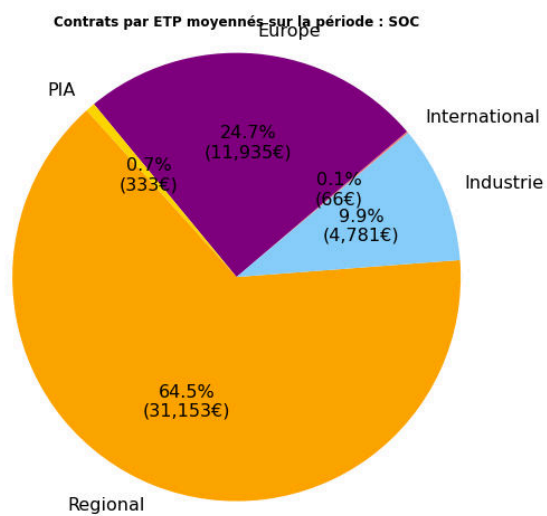


FIGURE 2.26 – Financement de l'équipe selon les catégories HCERES

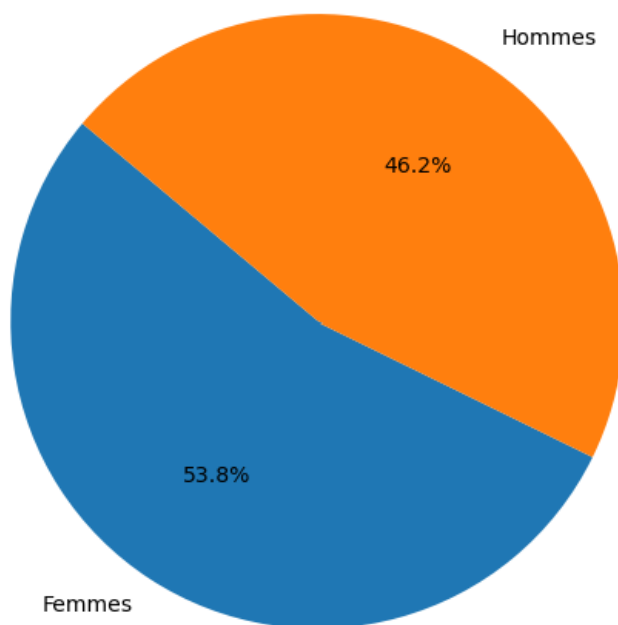


FIGURE 2.27 – Parité pour les permanents

évitant des déplacements entre les sites.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

L'équipe SOC jouit d'un positionnement original dans la communauté internationale du Service Computing. En effet, nos travaux sont menés avec une vision systémique en couplant les aspects théoriques et fondamentaux issus de la science des services aux usages de ces services. Ceci nous a permis de construire des modèles de smart services faiblement couplés s'appliquant à différentes architectures distribuées, des systèmes cyber-physiques (CPS) aux systèmes d'information. C'est ce positionnement original et cette vision systémique qui nous ont permis d'obtenir et coordonner 3 projets ERASMUS+. Notons que plusieurs de ces projets ont obtenu des prix (Best project practices avec une note de 98/100 pour le projet BLISS ou prix de l'INATBA pour le projet CHAISE). Notre expertise dans le domaine des services sémantiques, de l'interopérabilité et des ontologies nous a également permis d'assurer la coordination d'un groupe de travail à l'AFNOR (cf réalisation 3 du portfolio), la vice-Présidente du conseil d'administration la direction générale des affaires académiques de la « Knowledge Graph Alliance » en charge de l'élaboration de la vision, des stratégies, et des innovations académiques dans le domaine des services, de la gestion des données et des connaissances sémantiques et de l'intelligence artificielle dans la coévolution des environnements et des systèmes industriels distribués. (<https://www.kg-alliance.org/> ; <https://www.kg-alliance.org/leadership/> )

**Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

Au cours de ce quinquennal, les travaux menés par l'équipe SOC, dans le cadre de ses deux axes de recherche, ont conduit à des résultats significatifs. Conscients de l'importance de l'intégration d'une dimension « métier » dans nos recherches, nous avons adopté une stratégie de publication « mixte », ciblant à la fois le domaine du **service computing** et les domaines associés. Ayant choisi de nous concentrer sur le secteur émergent des **smart services** et des technologies qui y sont liées, nous avons également orienté nos publications vers des conférences non encore classées, afin d'accroître notre visibilité et de favoriser l'établissement de nouveaux partenariats. Nous veillons à ce que chaque doctorant puisse publier régulièrement ses avancées, que ce soit dans des conférences ou des revues (avec une moyenne de près de 2 revues et 3 conférences par doctorant sur la totalité de leur thèse).

Ainsi, nous avons réaffirmé une stratégie sélective en matière de publication, en visant Les revues et conférences de la communauté scientifique de qualité, en nous appuyant sur les classements internationaux reconnus (Core, SJR) ainsi que sur le taux de sélection de nouvelles conférences dans des domaines émergents. Nos travaux ont ainsi été publiés dans 86 articles dans des revues internationales, dont plus de 52 % (44) en Q1, et plus de 79 % (67) en Q1 ou Q2, ainsi que dans 70 conférences internationales, dont 55 % (39) en A\*, A et B. Enfin, en fonction des collaborations établies dans certains projets, nous avons pris en compte les référentiels choisis par nos partenaires.

**Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.**

SOC participe activement à l'animation de la communauté des services :

- en participant à différents groupes de travail, notamment à l'AFNOR pour la gestion de l'interopérabilité de la blockchain (ce groupe de travail coordonné par SOC intègre partenaires académiques et industriels (cf réalisation 3 du portfolio)) et l'IFIP WG5.7 permettant ainsi d'assurer la diffusion des technologies liées aux smart services dans cette communauté dédiée aux technologie de la production (<https://www.ifipwg57.org/>)
- en assurant régulièrement des reviews pour les revues et conférences phare du domaine des services et de l'Internet (IEEE Transactions on Services Computing, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, ICWS...) ou de domaines connexes utilisant les services et smart services, notamment dans les domaines de la sécurité et des systèmes d'information destinés à l'industrie (IJCIM, JIM, Computers in industry, JIIS, Automatica...) : les membres de SOC ont ainsi réalisé plus de 150 reviews pour ces revues et conférences.
- en co-président plusieurs conférences majeures (General co-chair de Wise 2024 (D. Benslimane), program co-chair de ICWS 2021 et ICWS 2022 (P. Ghodous et C. Ghedira respectivement), chair de special tracks

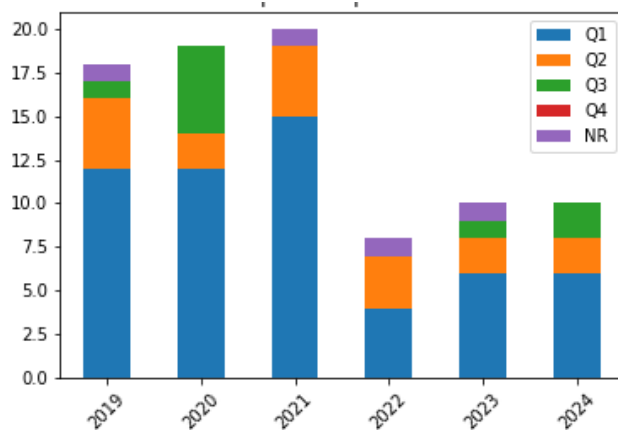


FIGURE 2.28 – Production en revue

à IEEE Cloud, ICSOC, AICCSA...(C. Ghedira) et en intégrant le comité éditoriale de IEEE Transaction on services (C. Ghedira)

- pour ce qui concerne plus particulièrement la Blockchain, on peut noter la création de l'European Blockchain Skills Cooperation Network (EBSCN) pour pérenniser la communauté d'intérêt qui a émergé avec le projet CHAISE.

Enfin, nous avons mis en place une politique volontariste de collaboration à l'international en tirant parti notamment des supports de « professeur invité » de l'Université Lyon 3 (5 séjours), des collaborations sur des thématiques que nous souhaitions développer (séjour de recherche, stages doctoral ou de master...) favorisant ainsi les activités de co-encadrement de thèse, les co-publications ou les départs en disponibilité ou en mobilité sortante de courte durée (8 sur la période), vers des partenaires évoluant au meilleurs niveau mondial comme l'Université de Singapour, la Penn State University, Università degli Studi di Milano ou la Qatar University.

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

L'intégration des contraintes liées au fonctionnement de la ZRR (durée allongée pour la gestion des recrutements, cadrage des projets de recherche proposés...) tout comme celles issues des stratégies de protection de la propriété intellectuelle de nos établissements sont prises en compte pour tout dépôt de projet et d'embauche. Nous avons diffusé et expliqué largement ces contraintes pour qu'elles soient prises en compte dès les premières phases de montage de projets. Ces règles sont rappelées à tout nouvel arrivant dans l'équipe. Lorsque des travaux sont menés conjointement avec des entreprises, nous veillons à mettre en place un cadre pour assurer, à la fois la bonne gestion de la propriété intellectuelle, et permettre une activité de publication, nécessaire lorsque la collaboration implique le travail d'un doctorant.

Du fait de nos thèmes de recherche, pouvant intégrer des masses de données ou portant sur le respect de la vie privée notamment appliquées au domaine médical, nous accordons une importance particulière aux plans de gestion des données. Nous avons choisi une stratégie sur l'utilisation systématique de données disponibles en *Open Data* chaque fois que cela est possible et dans le cas contraire, nous utilisons des données anonymisées fournies par nos partenaires industriels ou construisons des jeux de données ad-hoc pour certains points particuliers.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

SOC a toujours veillé à développer des relations partenariales avec des acteurs du monde économique. Ainsi au cours de ce quinquennal, nous avons :

- collaboré avec 3 entreprises pour des travaux de thèse en convention Cifre
- collaboré avec 22 entreprises, associations professionnelles et organisations publiques (hors universités et centres de recherche) partenaires de nos projets

- Créé l'alliance Blockchain pour prendre en compte les évolutions professionnelles dans ce domaine, les anticiper et offrir un espace d'échanges aux acteurs économiques (cf réalisation 5 du portfolio)
- Mis en place un système de certification des compétences acquises pour les participants au MOOC CHAISE

Enfin, la thématique des smart services que nous avons développée au cours de ce quinquennal correspond à l'intégration de technologies majeures, l'intelligence artificielle et la blockchain, dans les environnements Web et de services.

**Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

**Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

Le Web et l'IA étant au coeur de la transformation numérique des entreprises, nous veillons à assurer une vulgarisation de nos travaux comme par exemple lors de la participation à l'élaboration du livre blanc « Booster ses ventes en ligne avec l'intelligence artificielle », Dunod, janvier 2023, 208 pages. ou le développement de parcours dédiés à la sensibilisation de la blockchain dans les projets BLISS et CHAISE.

Pour permettre un partage le plus large des connaissances produites, notre équipe s'est saisie des opportunités offertes par les projets ERASMUS+. Les trois projets que nous avons coordonnés pendant ce quinquennal ont tous permis la création de MOOCs / VOOCs traduits en plusieurs langues. Ces ressources pédagogiques sont utilisables à la fois dans des cursus universitaires classiques et aussi « à la carte » dans le cadre de formation continue certifiante ou pour découvrir de nouveaux domaines. A titre d'exemple, plus de 1000 personnes (principalement de l'UE) ont participé à la session pilote du MOOC CHAISE à l'automne 2023. En outre, chacun de ces projets a permis la création de vidéos sur des points clefs, vidéos destinées à un large public.

## Synthèse de l'autoévaluation

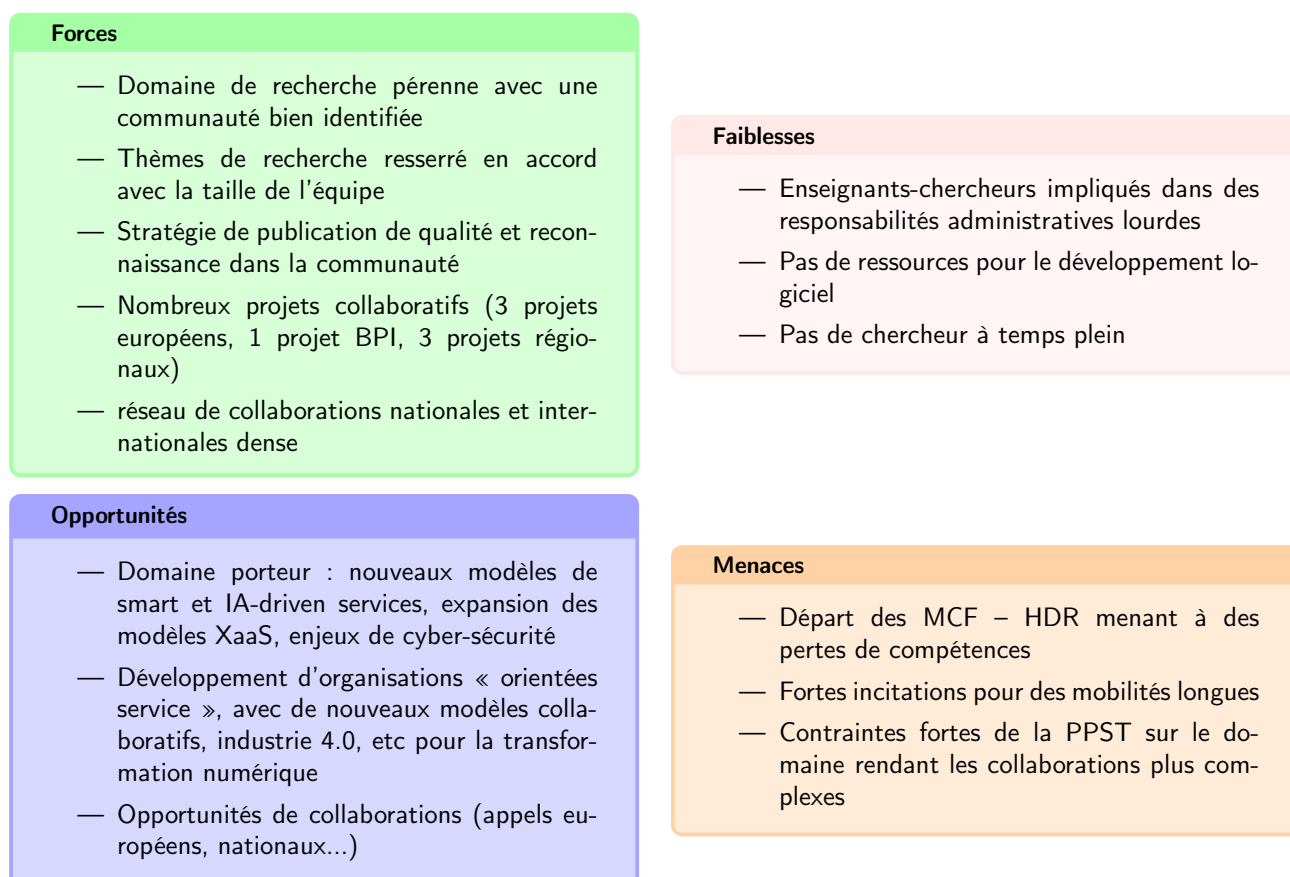


FIGURE 2.29 – SWOT de l'équipe SOC

**Les forces de l'équipe SOC** sont issues de son positionnement dans le domaine des services, couvrant les recherches fondamentales et leur application dans différents domaines. Plus particulièrement, les forces de SOC résident dans (1) une forte unité de travaux de recherche autour d'un même corpus de modèles et méthodes propres au Service Computing, (2) une stratégie de publication de qualité contribuant à la visibilité de l'équipe au niveau internationale, (3) un réseau de collaborations académiques et industrielles nationales et internationales dense développé sur plusieurs années. Notons que les nombreuses collaborations industrielles dans les projets et les contrats type CIFRE, tant avec de grands groupes ([AIRBUS](https://www.airbus.com/) (<https://www.airbus.com/>) par exemple), des PME voire des TPME ([B2Expand](http://b2expand.com/) (<http://b2expand.com/>) par exemple) nous permettent d'identifier, entre autres, de nouvelles problématiques issues de la diffusion du XaaS et de développer des activités de transfert. En outre, l'expérience de SOC dans le montage et la coordination de projets collaboratifs (3 projets européens) et notre organisation en mode projet permettent de transmettre ces compétences aux différents membres de l'équipe améliorant ainsi l'efficacité des processus de montage de projets.

En dépit de ces atouts, **deux faiblesses** sont à mentionner : d'une part l'équipe ne dispose d'aucune ressource pour le développement logiciel ou le montage d'une plateforme nous permettant d'intégrer et capitaliser de façon pérenne l'ensemble de nos développements et d'autre part, l'équipe n'accueille aucun chercheur à temps plein.

Au cours du prochain contrat, nous identifions **plusieurs menaces** liées principalement aux mouvements de personnels prévisibles. En effet, deux maîtres de conférences sont déjà titulaires d'une HDR et d'autres devraient entamer ce processus. Il est plus que vraisemblable que plusieurs d'entre eux quitteront l'équipe pour obtenir un poste de Professeur. Il convient de noter qu'à la suite d'une disponibilité, un MCF a obtenu une promotion sur un poste de Professeur à l'Université de Lisbonne et qu'un MCF HDR est actuellement en disponibilité après avoir obtenu un poste de Professeur à l'Université de Pennsylvanie, l'une des universités de la Ivy League. Ainsi, l'équipe pourrait se voir diminuer en ressources humaines dans un paysage et un contexte de restructuration floue. Ceci pourrait avoir un impact organisationnel et sur la poursuite du développement de notre thématique resserrée. En outre, les thématiques développées étant considérées comme sensibles, le développement de collaborations via des co-tutelles et co-directions de thèses peut aussi se trouver limité par les contraintes issues de la PPST et donc des autorisations ZRR.

En dépit de ces menaces, **plusieurs opportunités sont offertes à SOC**. Sur le plan scientifique, notre cœur de recherche, les services, continue de présenter de nombreuses opportunités avec le développement d'organisation orientées services et de nouveaux modèles de services, l'expansion des modèles XaaS, les enjeux de cyber-sécurité, etc. Ce développement est également soutenu par l'importance accrue des modèles collaboratifs, de l'industrie 4.0, de la Blockchain pour la transformation numérique. Sur le plan ouverture et visibilité, de nouvelles collaborations scientifiques internationales pourront être entamées grâce aux multiples projets et collaborations, nationales, internationales et industrielles en cours et qui seront autant d'atouts pour le montage de nouveaux projets et sources d'opportunités indéniables pour aller plus loin dans les contributions scientifiques.

## 4- Trajectoire de l'équipe

Créée en 2008 par des enseignants chercheurs menant des recherches dans le domaine des systèmes d'information (interopérabilité et ontologie, modélisation et déploiement de SI et de processus métier...), l'équipe SOC a très vite dépassé le simple cadre des services Web, souvent associé au monde des services, pour inscrire ses travaux dans une vision Everything as a Service (XaaS) en construisant un modèle holistique de service intégrant gestion des propriétés fonctionnelles et non fonctionnelles. Cette stratégie, la « signature » de SOC dans la communauté des services, nous permet d'organiser nos travaux selon 3 directions complémentaires :

- Les fondements des services nous ont permis de travailler sur la modélisation des services et leurs opérations de manipulations (découverte, sélection, composition, orchestration)
- La gestion des propriétés non fonctionnelles avec un focus particulier sur les services de sécurisation et la définition de modèles de security as a service
- L'ingénierie des services permettant de mettre en œuvre notre modèle holistique pour répondre à des besoins précis.

avec comme unique objectif de lever des verrous scientifiques liés à la généralisation du concept de service et de permettre, grâce à la définition d'un corpus de modèles et méthodes, de construire des systèmes de services sûrs au service de la transformation numérique. Bien entendu, nos travaux ont évolué, suivant en cela l'évolution de la communauté du Service Oriented Computing provenant de la convergence de communautés issues des systèmes d'information (tendance qu'on retrouve globalement au niveau de la conférence ICSOC) et de l'Internet et des systèmes distribués autour des technologies du Web (tendance qu'on retrouve plutôt au niveau de la conférence ICWS). On peut noter que l'évolution des recherches (et des publications associées) montre que le cœur des systèmes de services initialement construit autour de la sélection/découverte ou de la composition des services a évolué pour intégrer les mutations induites par le Web, notamment le développement des systèmes dits de

Category	ICSOC		ICWS	
	2010-2012	2020-2022	2010-2012	2020-2022
Service compositions	24	2	28	6
Service discovery/selection	13	3	26	5
Fog/edge	0	10	0	28
(Business) processes	14	10	8	1
IoT/smart systems	1	13	0	9
Security/trust	4	1	10	7
Cloud	5	9	0	6
Service/app recommendation	0	0	0	17
Microservices	0	11	0	5
Human-provided services/crowdsourcing	3	3	0	5
Total	96	87	105	125

\*ICSOC: International Conference on Service-Oriented Computing; ICWS: IEEE International Conference on Web Services; IoT: Internet of Things.

FIGURE 2.30 – Analyse des publications à ICSOC et ICWS tirée de [Ple+24]

SMACIT (Social, Mobile, Analytics, Cloud et Internet of Things) au cœur de la transformation numérique (cf figure suivante).

En nous appuyant sur les recommandations faites à notre équipe lors de la dernière évaluation et sur nos travaux précédents, qui avaient accordé une part importante aux modèles de Data as a Service -DaaS- (intégration des dimensions Social / Analytics et IoT), nous avons développé une stratégie de recherche à moyen terme pour accroître le développement de l'informatique des services. Outre le manque d'interopérabilité entre les systèmes limitant de fait la coopération transparente entre plateformes, notre analyse a mis en évidence le fort couplage entre adoption des services et développement des technologies liées aux évolutions du Web (prise en compte de la sémantique, développement de l'Internet des Objets, de l'Internet des comportements, de l'Edge / Fog computing, etc.). Ainsi, nous avons choisi de nous concentrer sur les mutations induites par le Web 3 (intégration des technologies de blockchain) et le Web 4 (intégration de l'IA) pour intégrer les smart services et smart services systems dans notre modèle holistique de services et de leur écosystème pour favoriser la coopération entre organisations et répondre au mieux aux besoins des consommateurs / utilisateurs.

Compte tenu de l'importance que nous avons accordée à la dimension DaaS et à l'organisation des systèmes dans nos travaux, notre équipe s'est inscrite naturellement dans le pôle « Données, Système et Sécurité » du LIRIS, ce qui favorise les échanges et les collaborations avec les équipes dudit pôle. Il faut également noter que nous avons également développé des collaborations fortes avec l'équipe GOAL, notamment via le projet ERASMUS+ MACHINA que nous avons coordonné ou la co-direction de la thèse de Wissam Ferroudj. Comme nous l'avons souligné dans notre bilan, cette stratégie de recherche a été construite sur un temps plus long que ce quinquennal où nous nous sommes focalisés sur l'évaluation des changements majeurs apportés concernant :

- la blockchain et son écosystème notamment le développement de modèles « Blockchain as a Service » et la mutation vers des architectures Event Driven. Dans l'objectif de modéliser ces transactions à grande échelle, nous avons également étudié les apports des modèles à base de micro-services
- les systèmes d'intelligence artificielle supportés par les masses de données, que ce soit via le développement de modèles « d'Analytics as a Service », d'ontologies, de recommandation à partir des données. Ces travaux ont aussi montré la nécessité de remettre en cause les modèles et services de protection de données dans ce contexte ouvert (data centered privacy, source-based privacy). Enfin, ces travaux ont également permis de mettre en relief l'importance des masses de données liées aux comportements (Internet of behavior) tout comme le besoin de nouvelles règles de recommandation de services.

Ces travaux qui intègrent pleinement les données et modèles liés au fog/edge computing, les recommandations de services ou le développement de modèles de type micro-services/micro transactions, s'inscrivent pleinement dans les évolutions de la communauté du service computing (cf table 1). En outre, ces thèmes de recherche nous ont permis de consolider notre réseau en l'ouvrant vers les communautés liées à la blockchain (BLISS, CHAISE), au Machine Learning et à la prédiction (MACHINA, PersoDiagMedi, PrediCat), et la gestion adaptative de la qualité de services. Enfin, ces travaux nous ont permis d'assurer un transfert rapide d'expertise vers le monde socio-économique, en particulier grâce à des thèses en convention CIFRE, à la production de MOOC permettant une formation professionnelle à la demande, et à la participation à des tables rondes (SIDO, ...). On peut également noter que l'expertise acquise par nos jeunes docteurs leur permet de contribuer activement à ce transfert, que ce soit en créant leur entreprise ou en rejoignant des services de R&D.

Cette première phase de recherche sur les impacts et possibilités offertes par les évolutions du Web sur les modèles de service nous a permis de renforcer les collaborations entre permanents. L'évolution de nos publications reflète le déploiement de notre stratégie et la reconnaissance de nos travaux (validés par des démonstrateurs) dans la communauté du Service oriented Computing. A l'issue de cette première phase, nous prévoyons de poursuivre notre feuille de route en explorant l'impact transformateur de l'IA sur le paysage de l'informatique orientée services, enjeu souligné par les roadmaps élaborées dans les publications récentes ([Ple+24], [Li+24],

[Cho+24], [Als+24]) et aussi par des discussions soulevées lors des panels des conférences internationales de la communauté service (i.e. ICSOC2024 et ICWS2024).

Pour mettre en œuvre cette deuxième étape de notre projet sur les smart services, notre objectif est d'améliorer l'efficacité, la sécurité et l'auto-adaptabilité des services et des systèmes à base de services dans des environnements ouverts en constante mutation. Dans cette nouvelle étape, nous porterons une attention particulière à la manière dont l'IA (générative) peut révolutionner la conception, le développement et le déploiement des services, pour aboutir à des services plus intelligents, adaptatifs et personnalisés, notamment par l'étude de la création de services alimentés par l'IA et la composition de services intelligents. Nous intégrerons également des études pour prendre en compte les aspects comportementaux des systèmes de smart services, impliquant collaboration Homme/IA pour répondre aux défis suivants :

- Comment garantir l'évolutivité et la fiabilité des services intégrant de / intégrés à l'IA ?
- Comment aborder les questions de sécurité et de protection de la vie privée dans l'informatique de service impliquant entre autres l'IA générative ?
- Les considérations éthiques entourant la partialité, la transparence et la responsabilité dans les services pilotés par l'IA.

Cette vision, qui s'inscrit pleinement dans la trajectoire du LIRIS, sera organisée selon deux dimensions complémentaires pour poursuivre notre stratégie de développement de collaborations et de compétences croisées entre permanents :

- Le développement de modèles de services et d'écosystèmes de services AI-driven c-a-d prenant en compte l'impact de l'IA (dont l'IA générative) sur la définition et l'organisation des opérations sur les services. Ces travaux porteront en particulier sur :
  1. La définition et l'organisation des opérations sur les services (conception, développement, sélection, composition de services intégrant des processus d'IA) et sur l'adaptation des modèles de service au Edge services et AIaaS d'une part, et sur l'intégration de modèles à base de micro-services et micro-transactions distribués (basés sur la blockchain) d'autre part,
  2. Le développement de modèles de sécurité et de confiance dans les services. Ces recherches se concentreront sur la protection des données sensibles dans des services de tout type (vision holistique de modèle générique), l'authentification des utilisateurs et la gestion des usages notamment liée à l'IA. Nous étudierons également comment utiliser la blockchain pour la gestion d'identités, la gestion de la confidentialité et la gestion des risques en matière de cybersécurité (en ayant recours par exemple à des mécanismes d'IA, jumeaux numériques), de gestion de la confiance et de la certification.
- Le développement de modèles et méthodes permettant d'intégrer la gestion du comportement dans les écosystèmes de services. Ces travaux recouvrent un même corpus de méthodes que ce soit pour :
  1. La personnalisation et la gestion des expériences utilisateurs : il s'agit ici d'exploiter l'Internet du comportement (Internet of Behavior) et l'Intelligence Artificielle pour développer des services intelligents adaptatifs en vue d'optimiser l'interaction entre les utilisateurs et les services dans divers domaines (éducation, énergie, transport, etc.), anticiper les besoins des utilisateurs, et personnaliser les services en fonction des préférences, des exigences et du contexte d'usage. Ces travaux intégreront également le développement de modèles de recommandation.
  2. La gestion proactive de la Qualité de Service (QoS) dans ces environnements hautement distribués, mobiles et fortement dynamiques. Ces travaux doivent permettre une meilleure gestion des services pour adapter en temps réel les ressources et les configurations dans le but de garantir performance, résilience et efficacité.

Notre projet de modélisation et d'optimisation d'écosystèmes de services AI-driven s'inscrit pleinement dans les axes stratégiques du LIRIS. Il joue un rôle clé dans la diffusion du Service-Oriented Computing au service de la transition numérique, un enjeu majeur reconnu par nos établissements. Ce projet de recherche, inscrit dans la continuité des travaux menés lors du précédent quinquennal, sera conduit selon la même stratégie partenariale, à toutes les échelles, du laboratoire jusqu'au niveau européen. Il s'appuie sur un réseau solide développé autour de cette thématique. À ce titre, nous soulignons l'importance des projets collaboratifs comme le projet en cours CLEAN4SED, soutenu par la région Auvergne-Rhône-Alpes et notre engagement dans le domaine de la blockchain, en collaboration avec l'alliance Blockchain Skills for Europe, créée pour pérenniser les avancées du projet CHAISE. Cette coopération scientifique avec d'autres laboratoires, tant nationaux qu'internationaux, se renforce également à travers des codirections de thèses en cours.

L'organisation de notre projet scientifique autour de thématiques resserrées, mise en place lors du précédent quinquennal, est reconduite. La structuration en deux axes de recherche complémentaires, dont l'un dédié aux aspects plus fondamentaux, permet aux chercheurs de l'équipe de renforcer leurs interactions. Cet engagement, en parfaite adéquation avec la trajectoire du LIRIS, repose aussi sur la consolidation de nos liens localement avec les équipes du pôle données (BD et DRIM notamment) ainsi qu'avec l'équipe GOAL. Afin de favoriser

ces synergies, nous poursuivons l'objectif de regrouper nos démonstrateurs au sein d'une plateforme dédiée aux smart services, afin de faciliter le partage des expertises et de créer un environnement propice à l'expérimentation et à l'essor de méthodes d'ingénierie basées sur / intégrant l'intelligence artificielle. Nous exploiterons également les ressources du laboratoire, notamment pour le développement de plateforme, tout en élargissant notre réseau de partenaires et en accueillant des experts extérieurs.

## 7- Sycosma

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe SysCoSMA (Systèmes Cognitifs et Systèmes Multi-Agents) est spécialisée dans le développement de systèmes multi-agents et d'agents autonomes dotés de capacités d'apprentissage en interaction avec leur environnement. Elle est dirigée par un responsable (F. Armetta) et un responsable adjoint (M. Lefort). La précédente responsable et fondatrice de l'équipe en 2015 (S. Hassas) est décédée en 2023. Depuis 2019, 1 PR (M. Morge, 2024) et 1 MCF (B. Yun 2023) ont été recrutés.

L'équipe est constituée au 31 décembre 2024 de 21 membres : 2 professeurs, 5 maîtres de conférences (dont 2 HDR), 1 collaborateur extérieur rattaché à l'UCly, 11 doctorants (dont 4 femmes), 3 post-doctorants et 2 stagiaires (dont 1 femme). Concernant la parité, le rapport F/H est de 28 %. Sur la période 2019-2024, 2 HDR ont été soutenues. 1 membre de l'équipe a bénéficié d'une demi-délégation CNRS. L'équipe a accueilli 29 doctorants, dont 15 ont soutenu leur thèse, et 2 thèses ont été abandonnées.

L'équipe a également accueilli 6 post-doctorants sur une durée moyenne de 8.7 mois. 1 personnel CPE a été rattaché à l'équipe suite à la décision du conseil de laboratoire de novembre 2024, et participe aux activités scientifiques de l'équipe. La convention avec CPE a été établie à l'issue de la période d'évaluation.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	3	3	4	4	5	2	21	3.5
#Revue int. / ETP	0.9	0.9	1.1	1.1	1.4	0.6	6.0	1.0
#Conf. int.	13	12	9	8	18	13	73	12.2
#Conf. int. / ETP	3.7	3.4	2.6	2.3	5.1	3.7	20.8	3.5
#Logiciel HAL	0	0	0	0	1	2	3	0.5
#Thèses soutenues	2	5	1	4	1	2	15	2.5
#HDR soutenues	0	0	0	0	0	2	2	0.33

TABLE 2.22 – Production : quelques indicateurs clés pour Sycosma. Effectif au 31/12/2024 : 7 permanents ; 3.5 ETP.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	659 k€	188 k€	109 k€	31 k€	34.3 %
France	786 k€	224 k€	131 k€	37 k€	40.9 %
PIA	116 k€	33 k€	19 k€	5 k€	6.0 %
Industrie	359 k€	102 k€	59 k€	16 k€	18.7 %
Total	1920 k€	548 k€	320 k€	91 k€	100%

TABLE 2.23 – Contrats : quelques indicateurs clés pour SyCoSMA. Effectif au 31/12/2024 : 7 permanents ; 3.5 ETP.

#### Environnement de recherche

L'équipe SyCoSMA appartient principalement au pôle « Interaction et Cognition » mais également au pôle « Données, Système et Sécurité » du LIRIS. Les collaborations se traduisent par des co-encadrements et des projets communs au sein de ces pôles et actions transversales entre équipes. Un membre de l'équipe entretient une collaboration pérenne avec le laboratoire CITI de l'INSA de Lyon dans le domaine de l'apprentissage multi-agents et robotique. En complément, au niveau régional, l'équipe entretient des partenariats avec le tissu socio-économique (conventions CIFRE, contrats de collaboration et transferts).

Tel que détaillé dans la partie auto-évaluation, l'équipe est fortement impliquée dans l'alliance européenne Arqus et la Fédération Informatique de Lyon (FIL). L'équipe est également très impliquée sur la période dans le fonctionnement des instances locales en recherche (1 membre de la commission des actions transversales, 2 membres du conseil scientifique du laboratoire LIRIS, 1 membre du conseil de laboratoire jusqu'en 2020) et en enseignement (2 co-directions du M2, parcours IA de la FST, 2 membres du conseil de gouvernance de l'école Polytech).

Au niveau national, l'équipe est membre de l'AFIA et participe activement au collège SMAA. Un des membres de l'équipe est membre du comité de pilotage.

Au niveau international, l'équipe est membre des comités de programme des conférences majeures en IA telles que AAAI, AAMAS, IJCAI, ECAI et ECML.

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

### A – Recommandations concernant les produits et activités de la recherche de l'équipe

*Recommandation 1 : L'équipe SMA devrait faire en sorte que tous les permanents de l'équipe publient de manière plus équilibrée et ciblent les meilleures revues et conférences. Elle devrait être plus attractive pour des post-doctorants.*

Depuis 2019, la forte activité de publication s'est maintenue et s'est recentrée prioritairement sur les revues et conférences d'excellence (7 revues Q1 et 6 papiers longs A\*) afin de maximiser la visibilité et l'impact des travaux menés au sein de l'équipe (cf. table 2.22).

L'équilibre entre les contributions scientifiques des membres a continué de progresser depuis la dernière période. L'équipe manifeste un meilleur équilibre entre ces recherches appliquées (CIFRE, maturation) et académiques (ANR, Labex ASLAN). Ceci a permis de recruter des postdocs, doctorants et ingénieurs de recherche.

*Recommandation 2 : Elle devrait essayer d'obtenir des projets européens/nationaux ou des projets collaboratifs à l'international.*

L'équipe a été présente sur la période au niveau international, à travers les activités de la précédente responsable d'équipe (Vice Chair pour 3 programmes dans le cadre de Horizon Europe), mais également à travers ses responsabilités au sein de l'alliance européenne Arqus, le développement de collaborations internationales, et elle a pu également s'impliquer à travers la soumission de 3 projets européens en tant que PI France :

1. *UNDERSTAND - Creating understanding in the migration crisis : Using AI-enhanced machine interpretation to facilitate multilingual communication ;*
2. *XAI-FAI - EXplainable, Accountable and Interpretable Framework for AI ;*
3. *REVIVE - Rehabilitation and Enhancement of Functional Outcomes of Stroke Patients through Interactive and Therapeutic AI-Driven Serious Game.*

1 membre de l'équipe est impliqué dans le réseau COST Action (*European Cooperation in Science & Technology*) OPINION<sup>34</sup>. Le but de ce réseau étant de développer et intégrer des fondements conceptuels, des stratégies de mesure computationnelles et des programmes de recherche pour l'étude des expressions textuelles d'opinions évaluatives.

L'équipe s'est également impliquée dans le labex ASLAN notamment en portant le *workpackage Embodied Language* (EmLa).

*Recommandation 3 : Les MCF ayant un dossier recherche conséquent, auraient tout intérêt à soutenir une HDR pour participer pleinement à la formation et à l'encadrement des doctorants.*

Au cours de cette période, 2 maîtres de conférences ont obtenu leur HDR, renforçant ainsi la capacité d'encadrement des thèses. Le nombre de thèses soutenues a augmenté : 15 sur cette période, contre 8 lors de la précédente.

### B – Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'équipe

*Recommandation 4 : Il est recommandé de maintenir l'animation et la bonne ambiance actuelles au sein de l'équipe. L'animation scientifique mise en place devrait permettre plus de travaux en commun entre les permanents.*

L'équipe poursuit son animation afin de maintenir une bonne ambiance. Elle se réunit une fois par semaine pour des petits-déjeuners collectifs. Ces moments de convivialité permettent de mettre en place des réunions informelles, principalement sur les orientations scientifiques de l'équipe. Un déjeuner annuel est organisé en fin d'année.

De plus, l'équipe SyCoSMA se réunit chaque mois pour un séminaire de présentation sur un thème scientifique. Ces réunions sont des séminaires généraux où les jeunes chercheurs sont amenés à présenter leurs travaux actuels et éventuellement à finaliser de futures présentations en conférence internationale. Les membres de l'équipe sont encouragés à assister aux différents événements organisés localement, tels que la journée des thèses, les séminaires publiés sur la liste IA interne au laboratoire sur laquelle l'équipe publie régulièrement ses séminaires susceptibles d'intéresser les autres membres du laboratoire. L'équipe a également mis en place une plateforme collaborative et différentes ressources de calcul sont mises en commun.

---

34. <https://www.opinion-network.eu>

## C – Recommandations concernant le projet et la stratégie à cinq ans de l'équipe

*Recommandation 5 : Afin de garantir la faisabilité du projet, l'équipe devra être attentive au recrutement de chercheurs, permanents ou non permanents, notamment pour prendre en charge le nouvel axe transversal.*

La précédente responsable d'équipe portait l'axe robotique sociale qu'il était prévu de renforcer. Elle a développé cet axe en tant que porteur avec le projet PepperMint du labex ASLAN. Suite à son départ de l'équipe, cet axe ne sera pas maintenu au-delà de la période d'évaluation.

La recherche de l'équipe s'inscrit et se poursuit dans le développement d'agents autonomes, par exemple par des mécanismes de renforcement et d'interactions avec l'environnement. À noter également dans ce contexte l'intégration de deux nouveaux membres durant la période renforçant les compétences dans le domaine de la modélisation symbolique de connaissances pour l'apprentissage mono et multi-agents.

En plus des recrutements de membres permanents réalisés au cours de la période, l'équipe a intégré un membre associé fin 2024, rattaché à CPE Lyon, afin de renforcer ses travaux concernant l'intelligibilité, l'explicabilité et l'impact sociétal de l'Intelligence Artificielle. La décision a été officialisée suite à la convention avec CPE signée à l'issue de la période d'évaluation.

## 2- Introduction du portfolio

Les travaux de l'équipe SyCoSMA s'articulent autour de deux axes principaux : d'une part, l'apprentissage et la coordination multi-agents; d'autre part, le développement cognitif d'un agent à travers la construction d'une représentation de son environnement.

Parmi les différents thèmes de recherche qui caractérisent l'activité de recherche de l'équipe SyCoSMA, la coordination multi-agents (réalisation 1) souligne la capacité d'apprentissage d'un système à s'adapter face à un problème applicatif en maximisant des critères d'efficacité individuels ou collectifs. Dans le cadre de cet apprentissage, on s'intéresse au sein de l'équipe aux motivations intrinsèques d'un agent apprenant comme support à la réalisation de ses objectifs, par exemple dans le cas d'un apprentissage par renforcement (réalisation 2). Afin de doter le système de toujours plus d'autonomie, on s'intéresse à l'interaction sensori-motrice du système avec son environnement, et à sa capacité à créer une représentation de son environnement, qui se poursuit à travers le projet ANR PRC MeSMRise commencé en 2024, dans lequel 3 membres de l'équipe contribuent (réalisation 3). Enfin, le support de représentation utile à l'agent peut être de nature endogène, tel que c'est le cas avec les réseaux de neurones profonds, ou intelligible pour un humain, tel que c'est le cas dans le cadre d'un apprentissage symbolique. La réalisation 4 s'intéresse ainsi à coupler ces différents niveaux de représentation afin de cumuler les avantages de chaque représentation.

- **Réalisation 1 :** l'article [Tag+24] publié dans la conférence *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)* en 2024 (classée A\*) illustre nos travaux sur la coordination multi-agents, en particulier sur la formation de coalitions qui impliquent le regroupement de plusieurs agents dans des coalitions disjointes pour atteindre efficacement des objectifs individuels ou collectifs. Le choix des coalitions à former nécessite généralement l'évaluation de nombreuses structures de coalitions. Nous avons, dans nos précédents travaux, abordé ces problèmes en développant un ensemble d'algorithmes originaux conçus pour fournir des solutions optimales ou approximatives. Nous avons notamment introduit de nouveaux concepts et méthodes pour la génération de structures de coalitions, y compris des phases *online* et des phases *offline* qui améliorent efficacement le processus de recherche et permettent un paramétrage automatique des algorithmes pour ce problème [Cha+20b]. Dans l'article [Tag+24], nous avons développé une nouvelle représentation compacte de l'espace de recherche, qui partitionne de manière originale l'espace des solutions possibles en sous-espaces. Cette représentation a permis d'optimiser l'évaluation des structures de coalitions et de limiter les redondances de traitements, ce qui a induit une réduction significative du coût calculatoire.
- **Réalisation 2 :** l'article [AMH23b] publié dans la revue *The IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems (TCDS)* en 2023 (classée Q1) illustre nos travaux sur les motivations intrinsèques en apprentissage par renforcement. Cet article s'inscrit dans l'axe systèmes cognitifs artificiels de l'équipe et relève de l'apprentissage développemental en apprentissage par renforcement (AR). Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à l'impact de la motivation intrinsèque dans la résolution de certains verrous en AR profond. Dans nos précédents travaux, nous avons classifié et formalisé les approches par motivations intrinsèques en AR en proposant une nouvelle taxonomie, basée sur la théorie de l'information et permettant d'unifier les différentes approches [AMH23a]. Suite à cette analyse, nous nous sommes concentrés sur les problématiques d'apprentissage incrémental de compétences transférables et la construction de représentations en apprentissage par renforcement. L'article [AMH23b] propose le modèle ELSIM qui construit un arbre discret de compétences. Ce dernier améliore l'exploration dans des environnements avec récompenses éparpillées et facilite l'utilisation de compétences sur différentes tâches corrélées. On peut noter que nous avons depuis proposé un second modèle intitulé DisTop [AMH20] qui construit progressivement une topologie de l'environnement afin de sélectionner les compétences à améliorer de manière intrinsèque.

- **Réalisation 3 :** le projet MeSMRise (*Multimodal deep SensoriMotor Representation learning*) est un projet ANR PRC porté par l'équipe, avec l'implication de trois de ses membres. Il s'inscrit dans le prolongement des projets Datawise (en collaboration avec l'entreprise Neovision) et SENS (financé par Lyon 1). Ce projet illustre nos travaux sur l'apprentissage de représentations qui s'inscrivent dans l'axe systèmes cognitifs de l'équipe et traitent en particulier de la question de l'apprentissage de représentations auto-supervisé, une thématique très en vogue actuellement en IA. Dans nos précédents travaux, nous avons proposé d'intégrer l'action, qui modifie les entrées du modèle, de manière plus importante dans l'apprentissage de représentations prédictives pour améliorer l'autonomie des systèmes. Cette idée est inspirée par les théories sensori-motrices, provenant des sciences cognitives, qui montrent que les animaux apprennent les régularités spatio-temporelles captées par leur sens lors de leur interaction avec l'environnement. Dans un premier travail [Dev+22], nous avons montré que la considération de l'action dans la représentation et durant l'apprentissage améliore l'apprentissage de représentations à partir d'un flux d'images parcellaires de chiffres. Dans l'article [DL23] publié dans la conférence *International Conference on Learning Representations* en 2023 (classée A\*), cette idée a été intégrée au sein d'un modèle générique d'apprentissage de structure équivariante permettant d'améliorer la classification d'image et la généralité (via transfert) des méthodes d'état de l'art de représentations d'images par discrimination d'instance. Ce dernier modèle sert de base au projet MeSMRise.
- **Réalisation 4 :** le logiciel [Fau+24b] *open source* ADBL2 (*Assisted Debate Builder with Large Language Models*) illustre nos travaux qui couplent des représentations d'ordre symbolique avec des représentations à base de réseaux de neurones, dans le cadre du développement d'un système cognitif. Ce logiciel permet la classification d'arguments en langage naturel, par un grand modèle de langue, pour soutenir les débats en ligne et obtenir des cadres argumentatifs de haute qualité ([démonstration en ligne](#)). Cette classification consiste en l'identification automatique des relations argumentatives, visant à déterminer comment différents textes sont reliés au sein du discours argumentatif. La méthode proposée repose sur la capacité des grands modèles de langage à généraliser et à effectuer l'extraction d'arguments basée sur les relations dans une grande variété de domaines. Ce travail a donné lieu à une démonstration [Fau+24a] dans la conférence ECAI (*European Conference On Artificial Intelligence*) en 2023 (classée A). Dans la suite de ces travaux, d'autres projets de l'équipe s'intéressent à l'utilisation des larges modèles de langue comme assistant cognitif dans le cadre d'agents conversationnels (thèse de Maya Medjad), ou dans le cadre de modèles génératifs pour l'assistance à la conception d'outils technologiques complexes (thèse de Yasmine Bouamra).

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Auto-évaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

L'équipe SysCoSMA se concentre sur le domaine de l'intelligence artificielle, en particulier sur les modèles cognitifs artificiels en interaction en les étudiant entre autres à travers le paradigme multi-agents. Les travaux de l'équipe s'articulent autour de 2 axes principaux :

- **les systèmes cognitifs artificiels** pour aborder la question de l'intelligence, de l'intelligibilité des connaissances, de l'explicabilité des processus et de l'éthique des décisions. Inspiré par les travaux de Piaget sur l'apprentissage développemental, l'équipe explore comment un agent, sans connaissance a priori, peut apprendre un modèle sensori-moteur prédictif du monde. Développé de manière incrémentale et autonome, ce modèle permet à l'agent d'anticiper ses actions et de s'adapter aux changements de son environnement ;
- **les modèles de coordination multi-agents** pour la résolution collective de problèmes. À cette intention, l'équipe développe les techniques d'argumentation, de négociation automatique et de génération de structure de coalitions pour permettre le passage à l'échelle. L'équipe combine également les techniques d'apprentissage multi-agents par renforcement profond et celle d'apprentissage développemental afin de rendre le processus d'exploration plus robuste.

Les thématiques de recherche de l'équipe SyCoSMA reflètent celles de la communauté scientifique spécialisée dans les systèmes multi-agents, les agents autonomes et l'intelligence artificielle. Cette communauté publie dans le journal JAAMAS et se réunit lors de conférences internationales telles que IJCAI, ECAI, AAAI ou AAMAS.

Malgré la diversité des thématiques couvertes, l'équipe trouve son identité dans les thèmes couverts par la conférence reconnue AAMAS (*International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*). Les travaux de l'équipe s'inscrivent ainsi dans les domaines suivants :

- *Learning and Adaptation*
- *Game Theory and Economic Paradigms*
- *Representation, Perception, and Reasoning*
- *Coordination, Organizations, Institutions, Norms, and Ethics*

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

Les différents projets de l'équipe sur la période présentés dans la table 2.24 témoignent de sa forte activité et d'une augmentation de ses implications particulièrement concernant les projets nationaux. Notamment, l'équipe porte 3 projets ANR PRC (BEHAVIORS.ai, ACCELER.AI et MeSMRise) et participe à un projet ANR en tant que partenaire. L'équipe est également porteuse d'un grand projet du labex ASLAN (PepperMint) et a été responsable du thème *Embodied language* (EmLa) du Labex. L'équipe se distingue également par le nombre de projets industriels et partenariats qu'elle développe, dont 10 CIFRE qui lui permettent participer à l'accélération de la croissance des entreprises, en leur permettant de relever des défis complexes et d'intégrer des avancées technologiques. C'est par exemple le cas pour un projet CIFRE avec l'entreprise Siemens, pour mettre à profit et adapter des mécanismes récents d'IA générative pour développer un assistant pour la conception d'outils technologiques complexes, un domaine dans lequel l'entreprise propose diverses gammes de produits logiciels parmi les plus reconnus à l'échelle mondiale.

	2014-2019	2019-2024
France	2	5 (4 ANR dont 3 comme porteur)
Local et Régional	11	12 (porteur projet Labex ASLAN et région)
Industrie	8	11
International	0	1

TABLE 2.24 – Projets de l'équipe sur les deux dernières périodes.

L'équipe s'investit également au niveau international, avec le dépôt de 3 projets européens (2 rejetés, 1 en cours d'évaluation), la participation au réseau COST Action (*European Cooperation in Science & Technology*) OPINION. Un projet collaboratif avec le RMIT (*Royal Melbourne Institute of Technology - Australia*) en tant que partenaire a débuté en 2024. Il inclut d'autres partenaires tels que Beyond EV, les universités de Cardiff, La Trobe, Texas AM, Portsmouth, Sydney, l'université polytechnique de Madrid et l'entreprise SpendWatt, avec un financement de 2.8M géré par le RMIT. Ce projet prévoit 3 thèses co-encadrées par l'équipe, sur le thème de la gestion intelligente de l'énergie dans l'habitat et optimisation de la consommation de l'énergie par le véhicule électrique.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

L'équipe SyCoSMA a mis en place différents outils informatiques utiles à son activité. D'une part, celle-ci a administré la plateforme collaborative Mattermost<sup>35</sup> sur une machine virtuelle hébergée localement fournie par le LIRIS. L'accès a été progressivement ouvert aux autres équipes (85 utilisateurs actifs, 30 000 *posts*), jusqu'en 2023 lorsque la cellule Informatique du LIRIS a décidé fin 2023 de pérenniser ce service, qui garantit la protection et la confidentialité des données, en l'intégrant à son GitLab et à son système d'information. La nature de la recherche réalisée par l'équipe nécessite des ressources de calcul conséquentes. Une carte GPU issue de l'acceptation d'un projet dans le cadre du programme de collaborations académiques de NVIDIA a été mis à disposition des membres de l'équipe durant la dernière période (stagiaires, doctorants), une machine dédiée a été partagée par les membres de l'équipe, une machine contenant 3 GPUs a par la suite été mise en place en 2022 et hébergée dans la salle des serveurs du LIRIS. Depuis mi-2023, l'équipe a financé une carte GPU à haute performance A40 partagée, désormais administrée par le service informatique du LIRIS, en complément des possibilités offertes par les centres de calcul IN2P3 et Jean Zay.

35. <https://mattermost.com>

**Référence 4.** Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

La précédente responsable de l'équipe a été fondatrice et responsable de la commission égalité femme-homme de mai 2021 jusqu'en 2022, un autre membre de l'équipe fait partie de cette commission depuis sa création. Un membre de l'équipe participe aux groupes de travail DDRS (Développement Durable et Responsabilité Sociétale) à l'Université Lyon 1 et au LIRIS depuis 2022 et 2023.

**Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité**

**Référence 1.** L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.

Les travaux de l'équipe sont reconnus par sa forte activité de publications sélectives au niveau international tel que détaillé dans la section suivante. Un membre de l'équipe a obtenu le prix *Honorable Mention Award* lors de la conférence AAAI'21 pour sa présentation de l'algorithme FACS pour la formation de coalitions multi-agents.

Deux membres de l'équipe ont pu présenter leurs travaux à l'occasion de différents séminaires (Université de Leipzig'22, LORIA'23, IRISA'23, LITIS'24, Inria Bordeaux'24, JNRR'23).

Tel que présenté sur la table 2.25, deux HDR ont été soutenues durant la précédente période ce qui dote l'équipe d'une solide capacité de direction de thèses. L'activité d'encadrement de doctorat, corrélée à la forte implication dans des projets académiques ou industriels a permis de presque doubler le nombre de thèses soutenues sur la période.

L'équipe a fait soutenir 15 thèses sur la période, et accueilli 26 stagiaires sur ses thématiques de recherche. 1 thèses CIFRE a été abandonnée sur la période.

	2014-2019	2019-2024
Membres HDR	2	4 (2 HDR soutenues)
Thèses soutenues	8	15
Durée moyenne des thèses	45.5 mois	43 mois
Nombre moyen d'articles par doctorant	4.5	4.5
Nombre de stagiaires(M2)	49	26

TABLE 2.25 – Encadrements scientifiques de l'équipe sur les deux dernières périodes.

**Référence 2.** Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.

	2014-2019	2019-2024
<b>Revue internationale</b>		
Q1	3	7
Q2	8	8
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>21</b>
<b>Conférences internationales (hors workshops)</b>		
A* (longs)	2	6
A* (courts)	8 (4 courts, 2 student abstract, 2 demo)	13 (5 courts, 8 student abstract)
A	5 (4 longs, 1 court)	5 (3 longs, 1 court, 1 demo)
B	19	15
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>52</b>
<b>Conférences nationales d'intérêt</b>		
CNI	13	15

TABLE 2.26 – Production scientifique de l'équipe sur les deux dernières périodes.

Tel que présenté sur la table 2.26, l'équipe a maintenu une forte activité de publication avec notamment une amélioration significative des revues internationales Q1 et des conférences A\*, depuis la période précédente. L'effort de publication est partagé entre les membres de l'équipe (excepté un membre qui consacre son activité à des responsabilités en enseignement), avec une bonne intégration et activité scientifique régulière et homogène des membres recrutés récemment.

L'équipe a publié dans des conférences de référence telles que AAMAS, AAAI, ECAI, IJCAI, ICLR, IROS. Elle présente également le résultat de ses recherches aux conférences proposées au sein de la plateforme PFIA (JFSMA, CNIA) ce qui permet d'introduire à la communauté scientifique nationale les stagiaires et jeunes doctorants intégrés à l'équipe.

### Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

Des membres de l'équipe sont impliqués dans la responsabilité (1 membre jusqu'en 2022) puis dans les co-responsabilités (2 membres à partir de 2022) du master IA de Lyon. L'équipe s'implique également dans la trajectoire recherche de l'école Poytech (1 membre). La formation par et pour la recherche permet ainsi à l'équipe d'avoir accès à un vivier d'étudiants. 12 des 29 doctorants accueillis par l'équipe proviennent du master IA de Lyon. L'équipe a également été associée comme membre extérieur à 7 jurys de thèse. L'équipe compte un de ses membres au conseil de la FIL et co-responsable du thème 3AI de la FIL depuis 2022. Un des membres a été invité au comité de pilotage du Labex ASLAN en tant que responsable de l'équipe SyCoSMA, et a été responsable du thème *Embodied language* (EmLa) du Labex.

Au niveau national, l'équipe fait par ailleurs partie du Collège Systèmes Multi-Agents et Agents Autonomes (SMAA) de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle (AFIA), et participe aux GDR Robotique, IASIS et RADIA. Un membre de l'équipe a participé au comité d'évaluation CE 23 (Intelligence Artificielle) de l'ANR en 2021. Un membre a évalué un projet ANR CE 33 (Interactions, Robotique) en 2024. L'équipe a participé à l'évaluation de projets de l'Initiative d'Excellence Paris Seine (2 membres) en 2019, 2020. Par ailleurs, l'équipe est impliquée dans l'évaluation de la recherche au niveau national : 1 évaluateur Crédit Impôt Recherche (CIR).

Sur le plan international, 2 membres ont été impliqués dans l'Arqus (European University Alliance), un membre de l'équipe est responsable du thème IA du WP2 Arqus depuis 2022. L'équipe a amplifié sa participation au rayonnement scientifique, par une augmentation des participations à des comités de programme de grandes conférences telles que AAMAS ou AAAI et a participé à l'évaluation des articles (ALIFE, ECML, ECAI, TCDS). Un membre a été éditeur associé de IROS'24. Un membre de l'équipe a été nommé Vice Chair pour 3 programmes dans le cadre de Horizon Europe : *EIC Transition Open 2021*, *HORIZON-EIC-2021-PATHFINDERCHALLENGES-01*, *HORIZON Marie Skłodowska-Curie Postdoctoral Fellowships 2021-PF-01*. 1 membre de l'équipe participe au COST Action (*European Cooperation in Science & Technology*) OPINION qui se réunit régulièrement.

### Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

L'équipe a soumis 2 articles dans la revue ReScience (en cours d'évaluation) qui est une revue scientifique en libre accès, évaluée par des pairs, qui se concentre sur la recherche computationnelle et encourage la réplification explicite de recherches déjà publiées. Elle promeut de nouvelles implémentations en source ouverte afin de garantir la reproductibilité des recherches originales. L'équipe encourage les étudiants à versionner leurs codes informatiques sur le Gitlab du LIRIS afin de faciliter la traçabilité et la reproductibilité des expérimentations. Deux logiciels *open-source* ont également été déposés sur HAL par l'équipe.

Les articles sont accessibles sur HAL. Nous incitons les étudiants à soumettre dans les conférences reconnues du domaine.

Les travaux de l'équipe n'ont pas d'impacts éthiques tel que rapporté entre autres dans les projets ANR ou européens déposés. Nous respectons le PGD tel que prévu lors des propositions de projets ANR. Dans le cadre du projet Amplifier, pour les expérimentations humaines des demandes de CPP ont été déposées et validées.

## Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

### Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social

La région bénéficie d'un développement économique avancé, ce qui crée un environnement propice à la croissance et à l'innovation. L'expertise de l'équipe qui porte sur les systèmes multi-agents et les agents autonomes participe à l'attractivité économique et permet ainsi la mise en place de nombreuses collaborations partenariales, favorisant l'émergence de projets communs.

L'équipe se distingue ainsi par sa forte activité partenariale. Elle a ainsi participé à 10 conventions CIFRE sur la période dont 9 en tant que porteur. Elle collabore aussi bien avec de jeunes entreprises (Ubiant, Hoomano, Nomad Education) qu'avec des groupes reconnus au niveau national et international (Renault, OrangeLabs, Atos, Siemens).

Dans le cadre du projet Datawise l'équipe participe au développement d'un outil de visualisation de données avec l'entreprise Neo-vision, afin de faciliter la constitution des données requises pour l'apprentissage de modèles d'IA, tel que communiqué par le CNRS <sup>36</sup>.

## Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.

Un membre de l'équipe a participé en tant que responsable scientifique au transfert dans le cadre d'une maturation Pulsalys d'un modèle génératif de recettes culinaires pour la société Poppote Duck. Il a accompagné l'entreprise dans le cadre de sa labélisation *French Tech Seed*.

Dans le cadre du projet présenté, l'innovation consiste à doter un assistant culinaire de capacités d'adaptation lorsque des ingrédients ou modules ne sont pas disponibles <sup>37</sup>.

## Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

L'équipe participe à la diffusion des savoirs dans la sphère du grand public.

Premièrement, elle prend part à des événements sur la thématique des sciences du numérique au sens large. 1 membre prend part tous les ans à des ateliers d'informatique débranchés dans le cadre de la fête de la science. 2 membres de l'équipe ont participé au comité d'organisation de « Numérique, en avant toutes ! » : 15 jours d'événements <sup>38</sup> en 2020 autour du thème *La mixité dans le numérique* avec des conférences, débats, ateliers, tables-rondes et speed-dating, porté par la mission Égalité - Diversité de Lyon 1.

Deuxièmement, les communications peuvent être reliées à l'intelligence artificielle, la thématique principale de l'équipe. 1 membre de l'équipe a donné des présentations grand public sur les principes, applications et limitations de l'apprentissage profond dans des événements tels que l'université ouverte, un cycle de séminaire à la bibliothèque municipale Part Dieu, *pint of science*, ... 1 membre a également fait partie du comité scientifique de l'exposition « Entrez dans le monde de la l'IA » qui a été présentée à la Maison des Mathématiques et de l'Informatique à Lyon, à l'Institut Henri Poincaré à Paris et à Fermat science à Toulouse.

## Synthèse de l'autoévaluation

L'équipe SyCoSMA se distingue par son attractivité (1 MCF, 1 PR et 1 associé recrutés sur la période, une candidature CR en 2023) et son dynamisme, grâce à une équipe jeune dotée d'une identité cohérente et impliquée dans de nombreux projets. La capacité d'encadrement est renforcée par 4 HDR sur 7 membres, ce qui lui permet de nouer de nombreux partenariats (10 CIFRE sur la période). Les collaborations internationales solides, avec des institutions comme le Carnegie Mellon University (USA), l'Université de Southampton (UK), le RMIT (Melbourne), NII (Japan), le CREST (India), IIT Kharagpur, NIT Dugapour, illustrent également la reconnaissance scientifique de l'équipe.

Cependant, l'équipe repose exclusivement sur des enseignants-chercheurs, ce qui limite sa disponibilité en raison de charges administratives et pédagogiques importantes. L'absence de personnel de recherche dédié (DR, CR, IR) entrave notamment le développement et la valorisation de logiciels. L'absence de projets européens validés réduit l'accès à des collaborations d'envergure et à des opportunités de financement compétitifs. L'équipe est cependant présente au niveau international, et connaît une bonne activité de soumission de projets européens.

3 projets européens ont été soumis sur la période en tant que PI France :

1. *UNDERSTAND - Creating understanding in the migration crisis : Using AI-enhanced machine interpretation to facilitate multilingual communication* ;
2. *XAI-FAI - EXplainable, Accountable and Interpretable Framework for AI* ;
3. *REVIVE - Rehabilitation and Enhancement of Functional Outcomes of Stroke Patients through Interactive and Therapeutic AI-Driven Serious Game*.

---

36. <https://www.cnrs.fr/fr/actualite/datawise-simplifier-lannotation-des-donnees-pour-mieux-nourrir-lia>

37. (<https://liris.cnrs.fr/recherche/intelligence-artificielle-pour-recommandation-dingrédients-culinaires-substitution>)

38. <https://institut-gaston-berger.insa-lyon.fr/fr/content/numerique-en-avant-toutes>

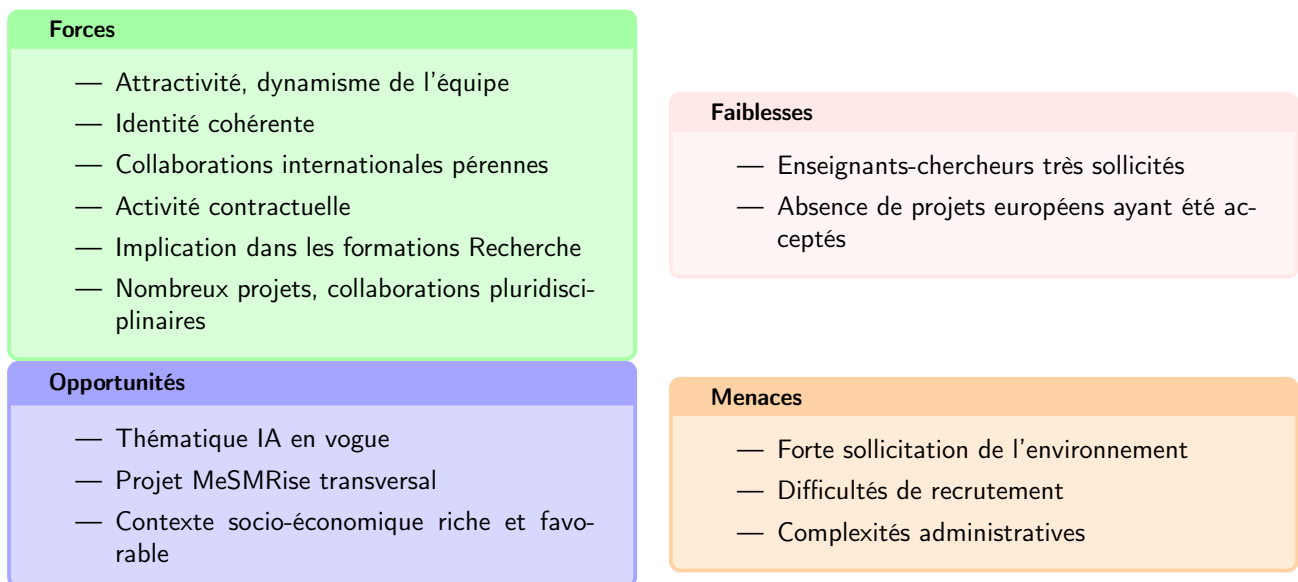


FIGURE 2.31 – SWOT de l'équipe SyCoSMA

Dans un contexte de forte sélectivité et de compétition élevée, les deux premiers projets n'ont pas été retenus, le troisième projet est en attente de résultats. Cette expérience a renforcé notre expertise et notre préparation pour de futures initiatives similaires.

Le domaine de recherche de l'équipe, axé sur l'intelligence artificielle, bénéficie d'un contexte extrêmement favorable. La thématique est priorisée dans de nombreux appels à projets et soutenue par la politique volontariste de l'Université Lyon 1. Les projets interdisciplinaires comme les projets ANR MeSMRise et Acceler-AI et le projet 80|PRIME 2024 MITI CNRS RORES-CL permettent d'intégrer divers champs d'application et de bénéficier de nouvelles perspectives.

Malgré ce contexte porteur, l'équipe fait face à des menaces significatives. La forte sollicitation de son environnement peut conduire à un éparpillement des efforts, compromettant la concentration sur ses priorités stratégiques. De plus, le recrutement de personnels qualifiés, tels que des ingénieurs et post-doctorants, reste difficile en raison de l'attractivité du secteur privé et des contraintes administratives (e.g. ZRR). Ces défis pourraient limiter la capacité de l'équipe à maintenir son attractivité. Ces menaces sont heureusement modérées grâce à l'activité de la thématique et l'implication des membres de l'équipe dans la formation pour la recherche et les nombreuses interactions avec les étudiants en master 2 IA et DISS.

## 4- Trajectoire de l'équipe

**Vie de l'équipe.** L'objectif est de renforcer la cohésion et l'engagement des membres de SyCoSMA en cultivant un véritable esprit d'équipe. Pour cela, nous souhaitons maintenir l'organisation de petits-déjeuners hebdomadaires. Ces moments conviviaux favorisent les échanges informels, notamment sur les orientations scientifiques de l'équipe.

**Positionnement vis-à-vis de la trajectoire du LIRIS.** Dans la continuité de la trajectoire du laboratoire, l'équipe SyCoSMA aspire à contribuer à la création d'un pôle scientifique en cours de constitution. Son ambition est d'accroître son attractivité au niveau national tout en renforçant sa visibilité à l'international. Ce pôle permettra également d'atteindre une masse critique nécessaire pour répondre efficacement aux appels à projets européens, où la concurrence est particulièrement intense.

**Interactions avec les autres équipes du LIRIS.** Pour poursuivre la trajectoire scientifique tournée vers l'IA générative, l'équipe SyCoSMA souhaite renforcer ses liens avec les équipes spécialisées en apprentissage automatique (D2ML) et en combinatoire et algorithmique des graphes (GOAL). Il est intéressant de noter que, de 2010 à 2012, ces trois équipes composaient le laboratoire GAMA et ont rejoint le LIRIS en tant qu'équipe GrAMA. Par ailleurs, ces équipes partagent une proximité géographique et des responsabilités pédagogiques communes, renforçant ainsi leurs interactions. Les collaborations envisagées visent à consolider les compétences du laboratoire dans le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA), notamment en apprentissage automatique et plus particulièrement en apprentissage par renforcement, tout en favorisant l'émergence de nouvelles thématiques de recherche.

**Projection scientifique.** À la suite de son autoévaluation, l'équipe souhaite également poursuivre sa production scientifique, former de jeunes docteurs en Informatique, et maintenir son identité par la diversité et la complémentarité de ses compétences permettant des échanges enrichissants pour la conception d'intelligences artificielles depuis ses fondamentaux avec des approches orientées sur les théories de l'apprentissage, vers une mise en application et l'intégration des derniers modèles mis à disposition de la communauté scientifique.

L'équipe SyCoSMA grâce à son positionnement prévoit de continuer à développer ses partenariats avec le tissu socio-économique, en particulier via des conventions CIFRE, et maintenir son engagement dans des projets nationaux ainsi que dans des collaborations interdisciplinaires et internationales. De plus, l'équipe souhaite poursuivre la soumission de projets européens.

L'équipe SysCoSMA entend consolider les deux axes principaux de ses recherches « systèmes cognitifs » et « modèles de multi-agents » tout en explorant le potentiel et les enjeux de l'**IA générative**. À travers ces deux axes, l'équipe défend l'idée que l'ancrage des agents dans des environnements intégrant une activité sensorimotrice, des expériences physiques, sociales et linguistiques est essentiel. Cet ancrage favorise le développement et la co-construction de capacités cognitives autrefois considérées comme exclusivement humaines, telles que le raisonnement, la planification et l'apprentissage continu de représentations, tout en intégrant une capacité d'auto-contrôle, d'auto-compréhension et d'auto-amélioration.

L'équipe vise à concevoir :

- des **systèmes cognitifs** qui se développent en interaction avec leur environnement, en exploitant pour leur apprentissage un support de représentation endogène au système, avec par exemple l'utilisation de méthodes d'apprentissage automatique. Ce support peut être complété par des représentations intelligibles expertes, par exemple symboliques. Dans ce contexte, certains membres de l'équipe s'intéressent ces dernières années à l'exploitation des grands modèles de langage (LLM). Bien qu'ils soient souvent considérés comme difficiles à interpréter, les LLM sont des outils puissants et polyvalents. Leur capacité à exécuter une grande variété de tâches dans des contextes inédits en fait une solution prometteuse pour doter les systèmes cognitifs de facultés d'adaptation. Exploiter les connaissances de sens commun intégrées aux LLMs permettrait de réduire la dépendance à l'ingénierie des connaissances et à l'apprentissage par essais-erreurs. Dans cette perspective, le principal défi scientifique réside dans l'intégration d'un moteur basé sur un LLM au sein d'une architecture inspirée de l'IA symbolique et des sciences cognitives. L'objectif est d'enrichir ces systèmes cognitifs avec des capacités de raisonnement, de planification et d'apprentissage et pour améliorer la cohérence du comportement. Cette approche vise à renforcer l'intelligibilité des connaissances, l'explicabilité des processus et l'alignement éthique du comportement des systèmes ;
- des **modèles de multi-agents** capables de résoudre des problèmes de manière distribuée grâce à l'argumentation formelle, la négociation et la formation de coalitions. Le paradigme multi-agents est approprié pour la conception et l'implémentation d'heuristiques pour des problèmes (par exemple, allocation de ressources, allocation de tâches ou appariement) intraitables à cause de leur combinatoire pour permettre leur passage à l'échelle. De plus, l'approche centrée individu constitue un cadre conceptuel autorisant une représentation modulaire des problèmes en combinant des objectifs antagonistes. L'un des principaux défis scientifiques réside dans la capacité des SMA à s'adapter en temps réel aux variations de l'environnement, aux ressources disponibles et aux objectifs évolutifs, sans supervision centrale. Pour relever ce défi, nous souhaitons adopter des approches d'apprentissage par renforcement décentralisé, où chaque agent apprend de manière autonome tout en tenant compte des interactions avec les autres. L'objectif est d'identifier des stratégies optimales sans coordination globale, permettant aux agents de s'adapter dynamiquement aux conditions changeantes.

## 8- Sical

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe SICAL s'intéresse à l'interaction située entre l'humain et les systèmes informatiques. Ses travaux portent sur la conception, le développement, la modélisation et/ou l'adaptation de systèmes interactifs pour améliorer la capacité de l'humain à interagir, collaborer, apprendre et analyser en contexte. Pour cela, elle propose des méthodes et outils de conception, d'analyse de comportements, de collecte et visualisation de données multimodales situées. Elle a pour spécificité l'adoption d'une approche empirique et centrée sur l'humain, notamment par l'évaluation de sa recherche via des expériences en laboratoire, en ligne à grande échelle, ou des études de terrain. Ses travaux s'appuient sur des compétences et collaborations avec des chercheurs en psychologie, sciences cognitives, ou sciences humaines (science du langage, science de l'éducation), et sont principalement appliqués aux domaines de l'Éducation, de la Santé, de la Mobilité et du Sport.

L'équipe SICAL, créée en 2014, a été dirigée de janvier 2018 à septembre 2019 par Christine Michel, et Élise Lavoué, responsable adjointe. Cette dernière a ensuite pris la direction de l'équipe en septembre 2019 suite au départ de Christine Michel, secondée par Audrey Serna en tant que responsable adjointe. Ses locaux sont situés au deuxième étage du bâtiment Ada Lovelace de l'INSA Lyon. Il faut souligner que si l'équipe a une unité de lieu pour les activités de recherche, les membres sont distribués sur 5 sites d'enseignement : Université Lyon 1 La Doua (1), IUT de Villeurbanne Gratte-Ciel (1), Université Lyon 3 (1), INSA Lyon Département Génie Industriel (2) et École Centrale de Lyon (2).

L'équipe est composée en date du 31/12/2024 de 8 membres permanents (12,5% rang A, 87,5% rang B) : 1 PU (Élise Lavoué), 2 MCF HDR (Audrey Serna, Romain Vuillemot) ; 4 MCF (René Chalon, Benoît Encelle, Aurélien Tabard et Mathieu Loiseau) et 1 CR CNRS (Antoine Coutrot). Elle accueille également Bertrand David, professeur émérite depuis 2015, et Karim Sehaba, en disponibilité depuis septembre 2024. Le ratio hommes/femmes est de 75% H / 25% F. Le nombre de permanents de l'équipe est resté stable sur la période avec les départs de Jean-Charles Marty (retraite) et Christine Michel (promue PU à l'université de Poitiers), le recrutement de Mathieu Loiseau sur un poste de MCF et l'arrivée en mutation d'Antoine Coutrot.

#### Environnement de recherche

Au niveau local, l'équipe est membre du conseil de la [Fédération Informatique de Lyon \(FIL\)](#) et du comité de pilotage de l'[Institut rhônalpin des systèmes complexes \(IXXI\)](#). La FIL fédère cinq laboratoires de recherche en informatique Lyonnais. L'IXXI est aujourd'hui l'un des espaces facilitant la recherche inter-disciplinaire en Rhône Alpes. Le conseil de la FIL et le comité de pilotage de l'IXXI participent tout deux à l'animation du site via l'évaluation de projets collaboratifs. Par ailleurs, 3 membres de l'équipe SICAL participent depuis 2019 au comité de pilotage du [LabEx ASLAN](#) dédié aux études avancées sur la complexité du langage, auquel appartient le pôle COGITE du laboratoire LIRIS, en collaboration avec les laboratoires en sciences du langage ICAR (UMR 5191) et DDL (UMR 5596). La responsable de l'équipe fait également partie du comité de direction du LabEx pour représenter le laboratoire LIRIS dans les prises de décision.

Au plan national, l'équipe a été motrice dans le montage du [PePR eNSEMBLE](#) qui rassemble des scientifiques de toutes disciplines afin de répondre aux problématiques actuelles de la collaboration numérique. Elle est aujourd'hui responsable du Projet Ciblé 4 (PC4) CONGRATS - Collaboration à grande échelle. L'équipe a aussi été impliquée dans le montage du [GDR IHM](#) qui entend porter une vue large de l'IHM et dont le périmètre intègre tout domaine ou thématique scientifique qui s'intéresse à l'interaction entre l'humain et les technologies. L'équipe est co-responsable du GT Visualisation et du GT Apprentissage et Éducation, et co-responsable de l'action pour la relation avec les sociétés savantes. Enfin, l'équipe a été correspondante Sciences 2024 pour l'animation scientifique et partenariale autour de la performance sportive en vue des JOs 2024.

#### Prise en compte des recommandations du précédent rapport

*Recommandation 1 : l'équipe SICAL devrait essayer de renforcer encore sa participation à des projets européens. Les MCF non HDR doivent envisager de passer une HDR au cours de la prochaine période.*

L'équipe SICAL a répondu à l'une des principales demandes, avec la soutenance de 2 HDR en 2024, une 3ème en prévision début 2025. Sa participation à des projets européens reste l'un des principaux axes d'amélioration. Des pistes ont tout de même été explorées. Par exemple, des appels autour de la mobilité <https://dutupartnership.eu/> ou du sport <https://sport.ec.europa.eu/funding/about-funding-opportunities> ont été étudiés mais abandonnés de par la nature des données et de leur confidentialité qui exigeait des partenaires nationaux uniquement. L'équipe a également candidaté en 2020 et 2021 à l'IUF, en vue d'avoir les conditions

favorables pour soumettre un ERC, malheureusement sans succès.

*Recommandation 2 : il est recommandé de maintenir l'animation actuelle au sein de l'équipe qui est très pertinente pour une équipe de cette taille, et continuer à œuvrer pour pallier la répartition géographique multiple de l'équipe.*

Concernant l'organisation et la vie de l'équipe, l'animation se poursuit sur les mêmes modalités d'animation, avec la mise en place de la modalité hybride pour les réunions d'équipe afin de faciliter la participation des membres dont le site d'enseignement est éloigné (notamment l'École Centrale située à Écully).

*Recommandation 3 : afin de garantir la faisabilité du projet, un recrutement d'un rang A est nécessaire.*

L'une des MCF HDR a été promue PU au titre du repyramidage en 2022. Pour pallier le problème de manque de rang A au sein de l'équipe, 2 HDR ont été soutenues fin 2024 (Audrey Serna et Romain Vuillemot). L'équipe SICAL reste cependant l'équipe avec le plus faible taux de rang A au sein du laboratoire (12,5%).

## 2- Introduction du portfolio

L'équipe a choisi collectivement 4 éléments qui illustrent ses diverses thématiques de recherche, la qualité scientifique de ses contributions, leur fort impact sociétal, les nombreuses actions de dissémination / valorisation, et les collaborations de natures variées sur lesquelles elles s'appuient.

**1. Article "Reported sleep duration reveals segmentation of the adult life-course into three phases" dans Nature Communications [Yav+24].** Cet article résulte de la collaboration de l'équipe SICAL avec l'University College London et l'University of East Anglia (UK) et présente la première cartographie internationale de nos habitudes de sommeil à partir de données de 730 187 personnes réparties dans 63 pays. En terme d'impact scientifique, l'article a été le 5ème article le plus consulté sur les 7900 articles parus dans Nature Communications en 2022.

**2. Partenariat avec l'Académie de Lyon.** L'équipe SICAL mène depuis 2016 une collaboration étroite avec l'Académie de Lyon dans les cadres de différents projets (e-Fran, pro-FANE, GTNum), réunissant des partenaires académique, laboratoires de recherche, et partenaires industriels. Grâce à ce partenariat, l'équipe peut mener des expérimentations en classe, avec près de 2000 élèves et 40 enseignants pour la dernière menée en 2024. Les retombées de cette collaboration portent sur des volets formatifs, scientifiques et technologiques.

**3. Prix du meilleur mémoire du Conseil National du Numérique.** L'équipe SICAL se distingue par ses travaux à forts impact sociétaux, que nous illustrons par ce travail transdisciplinaire combinant une enquête quantitative et qualitative pour comprendre les différents facteurs produisant l'obsolescence logicielle des smartphones. Sur le plan scientifique, ce travail, en plus du prix mis en avant, aussi reçu un "best paper honorable mention" à la conférence ICT4S 2023 [Mos+23]. Ces travaux s'inscrivent plus globalement dans le projet Limites Numériques, et ont fait l'objet d'invitations en conférences, à des podcasts, et des mentions dans la presse généraliste (Le Monde).

**4. Article "VisQA : X-raying Vision and Language Reasoning in Transformers" dans IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics [Jau+21].** Ce travail a été réalisé avec l'équipe IMAGINE du LIRIS, spécialiste dans la conception de modèles de deep learning qui ont connu une avancée croissante à partir du milieu des années 2010 pour de nombreuses tâches, en particulier la navigation robotique. Cette collaboration a été un des premiers travaux de croisement avec le domaine de la visualisation interactive, afin d'expliquer la prise de décision de robots dans des environnements et tâches complexes et analyser le biais pour des modèles plus complexes et récents comme les Transformers.

## 3- Auto-évaluation du bilan

Autoévaluation de l'équipe

### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1.** L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.

**Objectifs scientifiques.** L'équipe SICAL s'intéresse à l'interaction entre l'humain et les systèmes informatiques afin d'adresser deux objectifs principaux. Le premier est de **concevoir et opérationnaliser des modèles** pour 1) *adapter dynamiquement et de manière intelligible* les systèmes interactifs, afin de soutenir leur explicabilité auprès des utilisateurs finaux ; 2) *réguler les activités collaboratives et multi-dispositifs* afin de favoriser la collaboration co-localisée entre humains ; 3) proposer des *technologies motivationnelles* afin de soutenir l'engagement des utilisateurs, favoriser leur changement de comportements et plus généralement leur bien-être ; et enfin 4) favoriser la *soutenabilité et la durabilité* des systèmes afin de considérer l'enjeu des limites planétaires dans la conception de plate-formes numériques.

Afin d'adresser ce premier objectif, l'équipe SICAL se fixe comme deuxième objectif de proposer des **méthodes et outils** 1) de *conception participative et située* de systèmes interactifs complexes afin de s'adapter aux besoins des utilisateurs et au contexte d'usage ; 2) de *design et évaluation d'interfaces exploratoires* afin de donner du sens aux données d'apprentissage (machine et humain) et aux données spatiales ; et enfin 3) d'*analyse des comportements* à partir de données multimodales situées (traces d'interaction, vidéos, audio, entretiens, données auto-rapportées), permettant l'évaluation des systèmes proposés et la modélisation des utilisateurs et du contexte.

Ces objectifs s'inscrivent parfaitement dans les enjeux scientifiques sociétaux actuels reconnus par les tutelles du laboratoire. Nous pouvons citer l'exemple de l'un des grands enjeux sociétaux de l'INSA de Lyon "Information et Société Numérique" et plus particulièrement le thème 2 sur les interactions homme/système relatif à l'étude et la conception de systèmes dans lesquels plusieurs agents, humains, matériels ou logiciels, sont en interaction.

**Animation scientifique de l'équipe.** Des réunions d'équipe sont organisées toutes les semaines, le jour étant redéfini chaque semestre sur la base d'un sondage envoyé aux membres permanents. Le créneau d'une heure est positionné entre 12h et 14h, et a lieu sur le site principal de l'équipe (Ada Lovelace - INSA). Il est précédé ou succédé d'un repas convivial rassemblant les membres de l'équipe dans la salle détente. Ces réunions alternent des points organisationnels et/ou de pilotage et des actions d'animation de la recherche de type présentations scientifiques par des doctorants ou permanents (répétition avant conférence ou thèse/HDR, présentation de projet de recherche...). Des échanges de bonnes pratiques ont également lieu lors d'ateliers dédiés ou de manière asynchrone sur document collaboratif, par exemple pour la rédaction d'articles pour des conférences ou des revues, ou l'exploration de thématiques transversales à l'équipe : la collecte et les analyses de données, les méthodes statistiques, la conduite de revues systématiques de la littérature... Ces actions ont pour but de renforcer les liens entre les membres de l'équipe qui sont distribués sur les cinq tutelles du LIRIS (INSA, Lyon 1, Lyon 2, École Centrale de Lyon, CNRS) et un établissement externe (Lyon 3).

Le binôme responsable de l'équipe est élu par vote anonyme des membres permanents, ce vote ayant pour vocation de légitimer leur position même s'ils sont seuls candidats. Il anime les points organisationnels et de pilotage qui visent à maintenir un mode de fonctionnement et une prise de décisions collégiales. Ils sont de deux ordres : 1) un niveau informationnel vise à transférer et discuter des informations sur les avancées des travaux des membres de l'équipe, sur les nouveaux arrivants, ou encore sur les échanges ayant eu lieu au sein du conseil scientifique et du conseil de laboratoire ; 2) un niveau de pilotage permet à l'équipe de définir de manière collégiale les profils de poste, les demandes d'allocations doctorales, l'utilisation des budgets, la réponse aux appels à projets en cours, ou encore les choix des responsabilités dans l'équipe.

Les compte-rendus de réunion sont rédigés collectivement dans un document situé sur le Nextcloud du laboratoire. En terme de communication interne à l'équipe, l'outil privilégié est le mail. En terme d'outils collaboratifs, 1) chaque nouveau membre est invité dans le groupe Slack structuré en espaces formels (projets, thèses, rédaction d'article...) et informels (espace café, général...) ; 2) un espace sur le Nextcloud permet de centraliser les documents et faciliter l'écriture collaborative ; 3) un même lien zoom est utilisé pour la participation à distance aux réunions ; 4) un calendrier partagé affiche les réunions d'équipe, les événements du laboratoire, et permet la réservation de la salle de réunion.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

**Ressources.** La forte dynamique de l'équipe SICAL en terme de projets financés permet de soutenir l'ensemble de ses objectifs scientifiques. L'équipe mobilise les ressources à sa disposition aux niveaux local et national. Au plan local, elle répond aux appels récurrents du laboratoire (Actions Transversales), de l'IXXI, de la Fédération Informatique (FIL) et du LabEx ASLAN dont elle fait partie. Ce LabEx, par exemple, a lancé plusieurs appels de financement de "grands projets" à hauteur de 215 k€, pour lesquels l'équipe a eu un fort succès (2 projets avec financements de thèse). Elle répond également chaque année aux appels génériques de l'ANR, et très régulièrement aux appels du PIA et France 2030. Les ressources sur les projets sont réparties assez équitablement entre les membres puisqu'ils impliquent le plus souvent plusieurs membres de l'équipe de façon croisée. La

dotations ministérielles est principalement utilisée pour financer des missions pour les chercheurs ne bénéficiant pas d'une période donnée de financement autre. Sur la période, nous pouvons noter un apport en fonds récurrent du LabEx ASLAN (30k€ sur 4 ans), au-delà des appels à projets internes au LabEx, qui ont permis le financement de plusieurs contrats ingénierie et missions en soutien aux travaux de l'équipe en lien avec le LabEx. Les thèses sont le plus souvent financées sur projet, avec 4 thèses en collaboration avec des entreprises dans le cadre du dispositif Cifre. Les recrutements se font par une large diffusion via le site web du laboratoire, le portail ABG, les associations savantes (ATIEF, AFIHM) dans lesquelles sont impliqués les membres de l'équipe et les sites de dépôt de sujet des universités et écoles du site.

**Collaborations.** L'équipe a développé de nombreuses collaborations nationales et internationales. Nous listons ci-après celles qui se sont concrétisées par des projets et/ou publications :

- au régional : laboratoires ECP (Lyon 2), ICAR (ENS Lyon), IFE, LIBM (Lyon 1), CRNL (Lyon 1), INL (Centrale Lyon, INSA), Centre Max Weber, INSERM, Centre de recherche clinique vieillissement - fragilité, Mission Handicap Lyon 1, Lidilem (Univ. Grenoble Alpes).
- au national : LISN (Nantes), Inria (Saclay, Grenoble, Lille), ENAC, Centre Norbert Elias, Transcrit (Paris).
- à l'international : University College London (GB), University of East Anglia (GB), Queen Mary University of London (GB), Carnegie Mellon University (US), Universidad Autónoma Nacional de México (MX), Université de Genève (CH), Université McGill (CA), Centrale Pékin (Beihang University), University of Waterloo (CA), The Pennsylvania State University (US), Université de Montréal (CA), Université de Aarhus (DK), Université de Goteborg (SE).

**Attractivité.** Il est à noter l'arrivée en mutation en 2021 d'un chargé de recherche CNRS, Antoine Coutrot, qui a permis de renforcer et étendre en cohérence les thématiques de recherche de l'équipe. L'équipe a obtenu un financement de thèse par Contrat Doctoral Spécifique Normalien (CDSN) en 2024. Sur la période, l'équipe a accueilli 24 doctorants : 10 ont soutenu leur thèse, 11 sont en cours et 3 ont abandonné. L'équipe a également accueilli 3 post-doctorants : Anne-Laure Guinet (projet Trans3-Luciole), Nihal Ouherrou (projet LudiMoodle+) et Rémi Vallée (projet ACTSOMA). 12 ingénieurs de recherche ont été en contrat sur projets : Xavier Yribarren (LabEx ASLAN), Florent Diet (projet RENFORCE), Adrea Soh et Théo Vanbervliet (projet Trans3-Luciole), Léa Mosesso (projet ANR suffisance numérique), Thomas Thibault (financement France Relance), Renaud Jester, Nicolas Jacquelin, Théo Jaunet, Faroud Miled, Marwan Zaroud et Thomas Papon (projet NePTUNE).

**Accueil et intégration au sein des recherches.** Les doctorants accueillis dans l'équipe sont co-encadrés par au moins deux membres permanents issus de l'équipe ou de chercheurs HDR (ou disposant d'une dérogation d'HDR) d'autres équipes du laboratoire du fait du sous-équilibre HDR - non HDR. Hors cas exceptionnels, les réunions hebdomadaires sont ouvertes aux membres non permanents de l'équipe afin de les intégrer dans les discussions et les initier au fonctionnement d'une équipe de recherche. Le co-encadrement des thèses permet d'intégrer les chercheurs arrivants, en plus des collaborations via les projets.

**Formation à la recherche.** Sur les 24 doctorants accueillis au sein de l'équipe, 10 ont soutenu leur thèse en travaillant sur une durée moyenne de 43,9 mois, caractérisée par un écart-type assez important (3,9). Cette durée s'explique en grande partie par la nature des travaux conduits dans l'équipe, qui impliquent la conduite de plusieurs expérimentations majoritairement en conditions écologiques. L'équipe accueille en moyenne 8 stagiaires par an (chiffre issu des données entre 2022 et 2024). Par ailleurs, 2 HDR ont été soutenues dans l'équipe.

**Implication dans les masters.** Depuis la dernière accréditation, l'équipe est responsable d'une UE *IHM & IA* proposée dans le parcours IA, et de l'UE Web Ubiquitaire dans le parcours Technologies de l'Information et Web (TIW) du Master M2 Informatique de l'Université Lyon 1. L'équipe a également participé au montage du parcours Innovations Technologiques (ITec) au sein du Master 2 Santé de l'Université Lyon 1 et est aujourd'hui responsable de l'UE Conception Centrée Utilisateur. Ces différentes responsabilités permettent à plusieurs membres de l'équipe d'intervenir en lien avec leurs travaux de recherche. Cependant, les établissements d'affectation des chercheurs expliquent la relativement faible présence dans des formations du domaine de recherche de l'équipe. Plusieurs sont rattachés à des établissements/formations qui ne forment pas des informaticiens (IAE-Lyon 3, Département Génie Industriel-INSA Lyon), seuls deux chercheurs étant rattachés à l'Université Lyon 1, dont un à l'IUT.

**Actions internationales liées à la formation.** L'équipe a été co-chair du Education Summit (2 jours, 100 participants) de la Interaction Week en 2018. Ce summit a participé à la définition d'un curriculum en Interaction Design porté par l'association Internationale Cumulus (300 établissements dans 56 pays). L'équipe a aussi participé au Dagstuhl Seminar Ubicomp Computing Education en 2019.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

**Locaux.** L'équipe bénéficie de bureaux dédiés aux activités de recherche, permettant aux membres permanents dont les établissements d'enseignement sont éloignés de se rassembler en un même lieu dans des bureaux de 2 places. Deux bureaux de 6 places et un bureau de 3 places sont spécifiquement dédiés à l'accueil des membres non permanents. Les locaux contiennent également une salle de réunion et une salle détente.

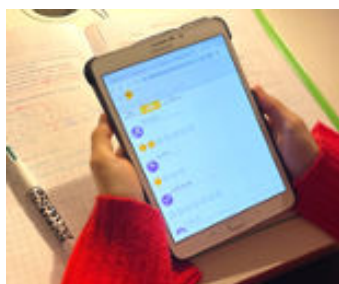
**Équipements.** L'équipe a développé la plateforme expérimentale [Amigo](#) autour de l'analyse de données massives de trajectoires issues de différentes sources de données (simulation numérique, GPS, flux vidéos, capteurs de mouvement), permettant une analyse de bout en bout, de la capture, stockage, analyse, jusqu'à la visualisation des données dans le but de la détection/reconnaissance d'anomalies, modélisation ou communication scientifique. La plateforme a disposé d'un soutien ingénieur du LIRIS de 10% (Francoise Conil) pendant 1 an autour de la consolidation de code et la formation des doctorants et ingénieurs recrutés autour des outils développés dans le cadre de cette plateforme. Cela a permis de rendre publique de nombreux modules d'analyse vidéo en particulier, disponibles sur <https://github.com/centralelyon/>. La plateforme a permis la génération de jeux de données de référence [Hic+24; Era+24] pour différentes tâches de tracking vidéos afin d'en extraire des mouvements et trajectoires complexes.

L'équipe travaille à la mise en place d'infrastructures plus pérennes pour faciliter la conduite d'expérimentation avec des participants. Elle s'est progressivement dotée de casques et autres équipements VR dans le cadre du projet ANR RENFORCE et très récemment un bureau de 3 places a été équipé de capteurs pour la conduite d'expérience VR dans un espace dédié. D'un point de vue infrastructure logicielle, le financement d'une action transversale en collaboration avec l'équipe ORIGAMI a permis le développement d'un workflow automatisé de collecte de données de questionnaires, utilisé depuis dans plusieurs expérimentations au sein du laboratoire.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

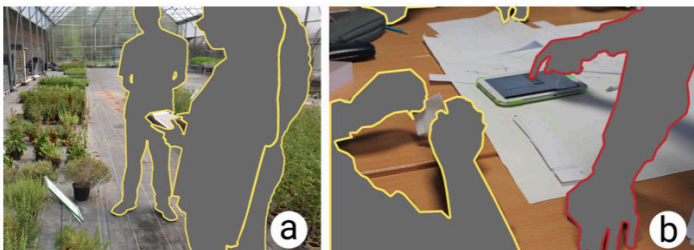
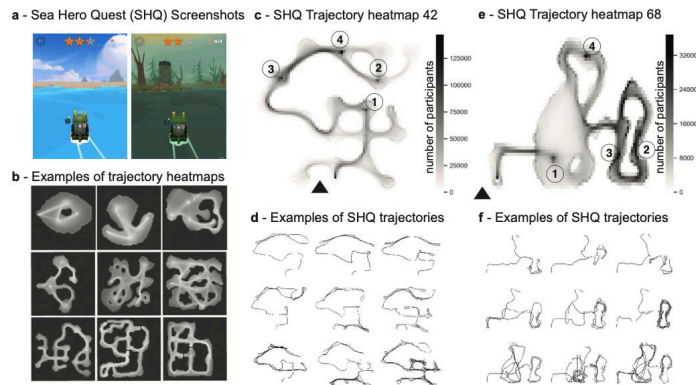
**Thématiques de recherche, réalisations scientifiques et faits marquants.** Sur la période concernée, l'équipe SICAL a abordé un ensemble de thématiques liées à l'interaction entre l'humain et les systèmes informatiques afin d'adresser les objectifs scientifiques présentés précédemment.



**Ludification et serious Games pour l'apprentissage.** L'équipe est reconnue pour ses travaux sur la conception d'environnements d'apprentissage de type jeux sérieux [LN22], ainsi que la conception et l'adaptation de mécaniques de jeu dans des environnements d'apprentissage ludifiés. Elle s'intéresse tout particulièrement à la question du soutien à la motivation et l'engagement des apprenants afin de favoriser les apprentissages, et ainsi répondre aux grandes préoccupations du milieu éducatif. L'équipe a été l'une des premières au niveau international à proposer l'approche de ludification adaptative, définie comme la recommandation d'éléments de jeu adaptés au profil des apprenants, basées sur des expérimentations menées dans des établissements scolaires (cf. portfolio). L'expertise de l'équipe a été reconnue par un "Honorable Mention Award" à la conférence internationale du domaine CHI Play 2019 et l'invitation à participer au panel sur le futur de la gamification adaptative à CHI Play 2021. Cette approche a fait l'objet de nombreuses publications dans des conférences (AIED [Hal+19a], CHI Play [Hal+19b]) et revues scientifiques majeures (IEEE TLT [Lav+19; Rey+22], ILE [Rey+23] et IJHCS [Lav+21a]) et de collaborations internationales avec l'université de Waterloo (Canada) et KU Leuven (Belgique) [Lav+21b]. D'autres travaux concernent plus particulièrement les apports du jeu sérieux [LN22] dans la modélisation d'environnements d'apprentissage en soutien aux processus d'apprentissage des langues. Ils s'appuient sur des collaborations de longue date avec des chercheurs en science du langage issus d'établissements régionaux (Lidilem, Grenoble - ICAR, Lyon), nationaux (Transcrit, Paris) et internationaux (CMU, USA - UNAM, Mexique) [Mag+24]. Ces travaux ont donné lieu à la publication de plusieurs logiciels open source, tous centralisés dans les dépôts [lexgame](#), ainsi qu'au logiciel commercial [Firefly](#) issu du prototype de recherche Luciole.

### Collection, visualisation et analyse de données spatiales.

L'équipe est reconnue sur les méthodes génériques d'analyse de données spatiales [Liu+24] pour des jeux de données aussi variés que les traces GPS de mobilité urbaine [Vui+21], les trajectoires d'avion, les données issues de jeux vidéos [Cou+22b; Cou+22a], ou encore l'analyse de mouvement de sportifs [HBV20]. Cette thématique a été abordée sous l'angle de la visualisation de données, d'une part pour l'analyse visuelle exploratoire et descriptive des données afin d'en permettre le diagnostic et la définition de niveaux de qualité, et d'autre part d'un point de vue post-hoc pour l'analyse de la performance de modèles d'apprentissage de robots dans des environnements complexes, afin d'interpréter le rôle que joue certaines régions de leur mémoire (DRLVIZ [JVV20]) dans la prise de décision. Ces travaux ont aussi permis d'évaluer la qualité des trajectoires produites par de nouveaux modèles de suivi vidéo pour le sport [JVD22a; JVD21]. Par ailleurs, d'un point de vue computationnel, l'équipe développe de nouveaux algorithmes pour extraire des trajectoires de tâches de navigations spatiales des marqueurs associés à différents groupes sociodémographiques. L'équipe est impliquée dans le projet *Sea Hero Quest*, fruit d'une collaboration internationale et interdisciplinaire entre des laboratoires d'informatique (LIRIS, CNRS, France), de neurosciences comportementales (Institute of Behavioural Neuroscience, University College London, UK ([SCH23], [Cou+22b], [Cou+22a])) et de sciences cliniques du vieillissement (Norwich Medical School, University of East Anglia, UK ([Fra+22], [SCH23], [Cou+22b], [Cou+22a])), dont le but est d'aider au diagnostic précoce de la maladie d'Alzheimer grâce à une tâche de navigation spatiale [SCH23]. Un jeu de données, constitué par plus de 4 millions de joueurs de tous les pays du monde, permet de répondre à des questions à la croisée des sciences cognitives et de la neuroscience comportementale. Ce travail a notamment fait l'objet de publications dans *Nature*, [Cou+22b] et *Nature Communications* [Cou+22a]. L'équipe SICAL et ses collaborateurs ont créé une *version « recherche » de Sea Hero Quest*, déjà utilisée par plus de 60 équipes de recherche à travers le monde pour tester leurs propres populations de participants (patients atteints d'épilepsie, d'hydrocéphalie, de lésions cérébrales, de syndrome post-traumatique) et les comparer à la base de données globale.

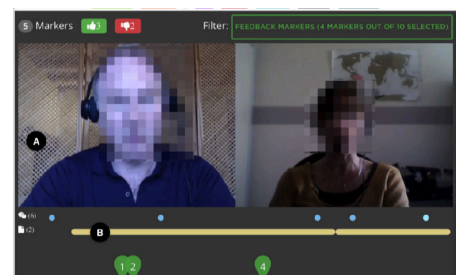


### Collaboration et orchestration d'activités pédagogiques.

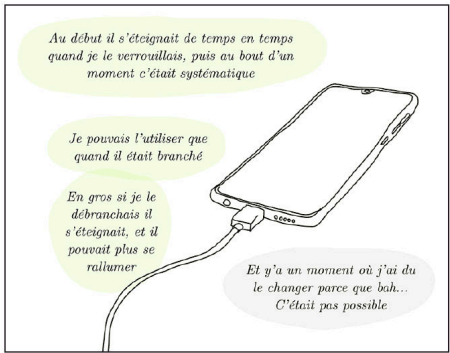
L'équipe a mobilisé son expertise en IHM et EIAH pour proposer des architectures et des systèmes permettant d'orchestrer des activités pédagogiques collaboratives. Nous avons démontré que des systèmes centrés activité pouvaient être particulièrement utiles et efficaces dans des contextes éducatifs, résultat publiés à Ubicomp/IMWUT [LMT19] et TOCHI

[Lac+23a]. L'équipe possède également une expertise sur les questions liées à la conception d'environnements collaboratifs et à l'analyse de la collaboration. Une approche pluridisciplinaire, avec des chercheurs en sciences du langage du laboratoire ICAR (dans le cadre du LabEx ASLAN), a été développée en combinant l'analyse des interactions sociales, l'analyse des conversations (du point de vue des sciences du langage) et l'engagement. Nous avons montré notamment que les modalités de communication de l'environnement ont un impact sur le sentiment de présence sociale et la régulation des activités de collaboration (travaux publiés dans la revue JMUI [BLS25]). Enfin, l'équipe a proposé une approche générique définissant une architecture et un modèle de collaboration déployée pour l'assistance aux activités collaboratives dans l'enseignement collaboratif, l'activité physique, et dans le domaine des smart cities et smart-environnements [Li+21; DCZ23]. Au-delà du domaine éducatif, l'équipe a contribué à l'étude de l'outillage des activités de création collaboratives et participatives, notamment via la création d'outils facilitant la conception et le prototypage d'outils numériques [Yoo+20a] s'inscrivant dans des espaces physiques comme les bibliothèques [Yoo+20b]. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet ERA, via de nombreuses collaborations et un co-encadrement de thèse avec l'Université d'Aarhus au Danemark.

**Learning analytics et tableaux de bord.** L'expertise de l'équipe lui a permis de répondre à plusieurs challenges identifiés dans la communauté des *Learning analytics*, notamment ceux relatifs à la conception de tableaux de bord d'apprentissage (TdBA) supports au suivi et au



feedback à l'apprenant et à l'enseignant/formateur. Elle a collaboré avec *OpenClassrooms* sur la conception de tableau de bord à destination des auteurs de supports de cours pour indiquer, décrire les problèmes rencontrés par les apprenants et suggérer des actions de remédiation [Sad+20]. Depuis quelques années, l'équipe développe en collaboration avec d'autres universités, laboratoires et industriels, des modèles et processus qui visent à doter en contexte les tableaux de bord de capacités d'adaptation et de proactivité [BES24]. Par ailleurs, l'équipe a proposé un modèle d'intégration et de visualisation de données émotionnelles pour faciliter le feedback entre pairs (CSCL [Sun+19b]), en collaboration avec la Pennsylvania State University (USA), et lors de la rédaction de feedbacks asynchrones en apprentissage à distance (revue IJHCS [ETL20]). La présentation de ces travaux, réalisés dans le cadre d'une thèse Cifre, a donné lieu à un Best Industrial Paper Award à la conférence CSEDU 2020.



**Soutenabilité / durabilité.** L'équipe développe une thématique émergente sur la soutenabilité du numérique. Nous avons développé une forte expertise sur les enjeux d'obsolescence, notamment des smartphones. Les travaux abordent à la fois la perception de l'obsolescence par les utilisateurs [Mos+23], les raisons techniques sous-jacentes notamment via l'analyse des défis de maintenance d'AndroidOS, de la vitesse de "péremption" des applications mobiles, et de l'état de vieillissement des smartphones au niveau national. L'équipe propose aussi de nouvelles méthodes d'analyse, notamment pour mieux comprendre et anticiper des effets indirects (effets rebonds, effets induits, etc.) du numérique. Ces travaux sont déjà largement reconnus au niveau national (cf. portfolio) et pris en compte par les autorités nationales (par

l'ARCEP pour la régulation, par l'Ademe pour les "solutions"). L'équipe a été motrice dans la création et l'animation du [GT IHM & Écologie](#) de l'AFIHM, et a participé à l'organisation de [para.chi.paris](#), une conférence satellite alternative à CHI 2024, pour les participants français ne souhaitant pas se rendre à Hawaii (plus de 50 participants).

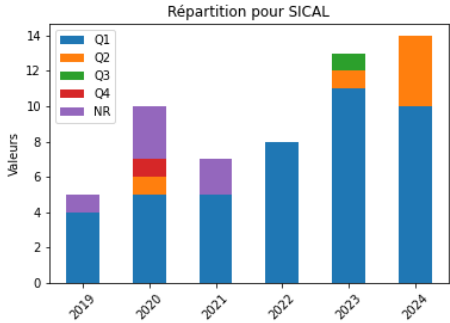
**Prix et distinctions.** Les travaux de l'équipe SICAL ont atteint une reconnaissance scientifique internationale qui s'est traduite par l'obtention de plusieurs prix en conférences : Honorable Mention Awards (ACM CHIPLAY 2019, ICT4S 2023), Best Paper Award (workshop visXai 2020) ; *10-year test of time awards* de la conférence IEEE Vis 2024, récompensant le papier publié lors de la conférence IEEE Vis 2014 ayant eu le plus d'impact dans le domaine de la Visualisation. Sur le plan national, Léa Mosesso a reçu en 2023 le prix du meilleur mémoire de master du Conseil National du Numérique (voir portfolio) et Antoine Coutrot a été distingué en 2024 du prix de la Fondation Philippe Chatrier (sous l'égide de la Fondation de France), pour la recherche sur la maladie d'Alzheimer, ainsi que du prix de la Recherche de l'INSA Lyon.

**Politique de réponse à AAP et résultats.** Les réponses à appels à projet au sein de l'équipe se font le plus souvent sous l'initiative de l'un de ses membres qui propose ensuite leur implication à d'autres membres de l'équipe, favorisant ainsi des collaborations intra-équipe. Ces initiatives se font en réponse aux appels nationaux de l'ANR et du PIA, ou les appels plus locaux de la Région Auvergne Rhône-Alpes, du LabEx ASLAN, de la Fédération Informatique de Lyon (FIL) et du projet SHAPE-Med@Lyon. Cette stratégie se traduit en un nombre très important de projets collaboratifs financés durant la période 2019-2024 (voir Tableau 1.1), dont 11 projets financés par l'ANR (4 en tant que coordinateurs).

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	445 k€	98 k€	74 k€	16 k€	9.5 %
France	3056 k€	679 k€	509 k€	113 k€	65.0 %
PIA	1076 k€	239 k€	179 k€	39 k€	22.9 %
Industrie	120 k€	26 k€	20 k€	4 k€	2.6 %
Total	4697 k€	1043 k€	782 k€	173 k€	100%

TABLE 2.27 – Contrats : quelques indicateurs clés pour SICAL. Effectif au 31/12/2024 : 8 permanents ; 4,5 ETP.

**Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**



CNRS a une production scientifique plus élevée, principalement en revues internationales, renforçant la qualité scientifique de l'équipe. La production scientifique très importante démontre des contributions particulièrement originales et fondées méthodologiquement. Pour autant, ses membres souhaitent rendre visibles les travaux dans des sous-communautés de recherche plus spécifiques à un domaine sous la forme de participation à des workshops nationaux et internationaux. De même, elle participe à la vie de la recherche au niveau national, notamment via des publications aux conférences EIAH et IHM et à la revue STICEF. Enfin, de part leurs collaborations pluridisciplinaires, certains membres sont amenés à participer sur résumé à des conférences internationales reconnues dans d'autres domaines, comme CALICO par exemple pour les sciences du langage.

L'équipe a une stratégie de publication claire et partagée par l'ensemble de ses membres, le sujet ayant fait l'objet de discussions en réunion d'équipe. Elle privilégie les publications dans des conférences (A\*, A, B) et/ou revues majeures (Q1 et Q2) dans les domaines des IHM, EIAH, visu et sciences cognitives en fonction notamment des classements SJR, CORE et ATIEF. L'équipe a produit 57 articles de revue sur la période, dont 67% sont de type Q1 et 14% Q2 (SJR). Elle a présenté ses travaux à 8 conférences de rang A et A+ et 11 de rang B (CORE). Tous les membres de l'équipe ont des publications chaque année de la période concernée (à dater de leur intégration). Le membre CR

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revues int.	4	9	6	8	13	14	54	9.0
#Revues int. / ETP	0.9	2.0	1.3	1.8	2.9	3.1	12.0	2.0
#Conf. int.	16	13	8	13	7	16	73	12.2
#Conf. int. / ETP	3.6	2.9	1.8	2.9	1.6	3.6	16.4	2.7
#Thèses soutenues	2	3	1	3	0	1	10	1.7

TABLE 2.28 – Production : quelques indicateurs clés pour SICAL. Effectif au 31/12/2024 : 8 permanents ; 4,5 ETP.

**Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.**

**Manifestations scientifiques.** L'équipe a co-organisé la conférence internationale CSCL 2019 (13th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning) classée A ATIEF, B CORE (A en 2019). Elle a reçu 400 participants, avec 431 soumissions pour un taux de sélection de 30%.

**Pilotage de la communauté.** Au niveau local, 2 de ses membres sont au conseil scientifique du laboratoire, 2 autres au conseil de laboratoire. L'équipe a été responsable des actions transversales du laboratoire de 2017 à 2023. Par ailleurs, l'équipe est représentée au niveau national dans les conseils d'administration des principales associations savantes de son périmètre de recherche : ATIEF (depuis 2021) et AFIHM (2022-24). Au niveau international, elle fait partie du bureau étendu de l'association EATEL depuis 2020. En terme d'animation scientifique, l'équipe est co-responsable du GT Visu du GDR IG-RV et a été co-porteur du GTNum "Hybridation et Interaction" pour la DNE pendant 2 ans.

**Responsabilités éditoriales.** L'une des membres de l'équipe est rédactrice en chef de la revue STICEF depuis janvier 2021, revue francophone de référence dans le domaine des EIAH. L'équipe est présente dans les principaux comités de programme des conférences de ses domaines cibles au niveau national (IHM, EIAH) et international. Nous pouvons citer les conférences internationales AIED, LAK, L@S, ITS, EDM, EC-TEL et ICALT dans le domaine des EIAH, CHI (Full paper Associate Chair en 2023), CHIplay (Full paper Associate Chair en 2022), DIS (en 2021 et 2022) en IHM et IEEE Vis en visualisation d'information. L'équipe effectue régulièrement des relectures pour des conférences (CHI, CHIplay, DIS, CSCW, EUSIPCO, ICIP, CogSci...) et des revues internationales majeures : Computers & Education, IEEE Transactions on Image Processing ; IEEE Transactions on Multimedia ; Transactions on GIS ; Cognition ; Behavior Research Methods ; Journal of Vision ; International Journal of Human-Computer Studies, Interactive Learning Technologies....

**Activités d'expertise.** Au niveau local, la responsable de l'équipe a été membre de 2020 à 2024 du comité d'éthique de la recherche (CER) de l'Université de Lyon. Au niveau national, l'équipe a été membre du CES

33 « Interaction et Robotique » de l'AAPG ANR en 2020, puis a assuré la vice-présidence en 2021, et enfin la présidence en 2022 et 2023. Plus ponctuellement, elle expertise chaque année des dossiers soumis à l'AAP générique de l'ANR. Au niveau international, la visibilité de l'équipe s'est traduite par la sollicitation à participer à plusieurs jurys de recrutement : Professor of Technology-Enhanced Learning, Tallinn University (2021); Professor in Computer Science - HCI, KU Leuven (2023); et Tenure-track position, UPF Barcelona (2024). Elle a également été sollicitée en 2023-2024 pour l'expertise de bourses et dossiers de financement canadiens (CRSNG et NSERC Discovery Grant), états-unis (National Science Foundation) et suisse (Swiss National Science Foundation).

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

**Intégrité et éthique.** La responsable d'équipe, membre du CER, a formé les membres aux principes éthiques à respecter dans les recherches et est référente sur ces sujets. Chaque expérimentation fait désormais l'objet d'une demande d'approbation du comité d'éthique avant de débiter. L'équipe a su capitalisé sur les dossiers ayant déjà fait l'objet d'une approbation.

**Science ouverte.** L'équipe a pour politique de déposer en *open source* les logiciels, plate-formes et jeux de données développés :

- Plate-forme Amigo de capture, analyse et visualisation de mouvements : <https://amigocap.github.io>
- Plugin de ludification pour Moodle LudiLearn : [https://github.com/DigiDago/moodle-format\\_ludi\\_learn](https://github.com/DigiDago/moodle-format_ludi_learn)
- Modules d'analyse vidéo : <https://github.com/centralelyon/>
- Plusieurs logiciels et jeux pour l'apprentissage du lexique (Balex, MagiWord, Prism, EWOK) : <https://gitlab.liris.cnrs.fr/lex-game>
- NatBraille, un logiciel libre de transcription et détranscription du Braille : <http://natbraille.free.fr>

La démarche *open source* étant au cœur de ses préoccupations, l'équipe est membre du CA d'OpenStreetMap France et a organisé en 2024 à Lyon la conférence pour les contributeurs et utilisateurs d'OpenStreetMap (SotM 2024). Elle a également été invitée à participer à une table ronde "Logiciels et ressources éducatives libres à l'université : où en sommes-nous?", lors de la Journée Du Libre Éducatif, organisée à l'ENS Lyon en 2022.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social.**

L'équipe SICAL a de fortes interactions avec le monde économique, qui se sont traduites par des partenariats sous forme de 4 bourses Cifre et de montage de projet collaboratifs (4 ANR de type PRCE, 2 FUI, 3 PIA et 3 actions de transfert avec l'incubateur Pulsalys). Nombre de ces partenariats sont positionnés dans le domaine de l'éducation, l'équipe étant très souvent sollicitée pour son expertise dans le domaine. L'équipe a participé activement à l'association EdTech Lyon, en animant plusieurs Matinales dédiées à la présentation des activités de recherche et des ponts possible entre recherche et partenaires socio-économiques.

L'équipe a par ailleurs développé un partenariat solide avec l'Académie de Lyon (DRANE, DRAIO), se traduisant par plusieurs projets (LudiMoodle, LudiMoodle+, Bien à l'École) (cf. portfolio) et un accès privilégié aux établissements scolaires pour la conduite d'expérimentations à grande échelle. Dans le cadre du projet Trans3, l'équipe a travaillé avec les Rectorats de Grenoble, de Mayotte et de Guyane pour la mise en place d'une expérimentation et des formations/restitutions auprès des enseignants. L'équipe a également co-porté avec le laboratoire PERSEUS (Université de Lorraine) un groupe de travail sur l'hybridation et l'interaction financé par la Direction du Numérique pour l'Éducation (DNE) à hauteur de 50 k€ (2020-2022).

Dans le domaine de la santé, l'équipe SICAL a pu développer un réseau de médecins et de chercheurs autour du projet SeaHeroQuest, menant à l'obtention de plusieurs financements (projets ANR SENSATIONAL et ACTSOMA). Elle travaille en particulier avec le laboratoire de diagnostic des maladies dégénératives du CHU de Lyon, labellisé laboratoire de référence en France pour les dosages des biomarqueurs des maladies neurodégénératives, ainsi qu'avec le Centre Mémoire Ressources Recherche des Hospices Civils de Lyon (Hôpital des Charpennes). Cette alliance entre experts cliniques et informatiques est rare, elle permet de réunir un pool multicentrique de patients, couplé à de fortes compétences expérimentales et informatiques.

Dans le cadre des travaux menés sur l'accessibilité et le handicap, l'équipe a développé des partenariats avec la mission Handicap Lyon 1, l'IFMKDV (Institut de Formation de Masso-Kinésithérapie pour Déficients Visuels) et l'ANST (Association à l'ENS Lyon gérant une salle d'activité physique adaptée — APA). En particulier, le projet NatBraille (décrit ci-après) a bénéficié en 2024 de plusieurs financements issus de fortes collaborations avec les mondes associatifs et académiques : a) le projet COOBRA (Coopération entre voyants et déficients visuels braille pour apprendre et travailler ensemble) financé par l'AAP SAPS (Science avec et pour la société) de l'ANR, b) le dispositif *Édu-Up* de l'éducation nationale, c) l'appel à projets *Agir pour la réussite étudiante* de la région AURA, d) et une subvention du projet inter-établissements du site Lyon - Saint-Étienne DémoES INCLUDE.

## **Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

De part ses domaines d'application, l'équipe a une forte activité de diffusion des résultats et de produits / services auprès des acteurs du monde social, économique et culturel. Dans le domaine de l'éducation, l'équipe a produit plusieurs outils et services numériques utilisables en classe et en ligne par les enseignants : deux plugins *opensource* pour ludifier des contenus Moodle ([Ludic](#) et [LudiLearn](#)) dans le cadre des projets LudiMoodle et [LudiMoodle+](#) (cf. portfolio) et le jeu sérieux [Luciole](#) ciblant la compréhension orale de l'anglais dans le cadre du projet Trans3. Ce dernier a été testé en conditions écologiques sur plusieurs cohortes de plusieurs centaines d'élèves de la grande section de maternelle au CE1. Ayant montré son efficacité, il est diffusé sous le nom *Firefly* en partenariat avec l'entreprise HumansMatter dans le cadre du bouquet [fondamentapps](#).

Dans le domaine de l'accessibilité et du handicap, l'équipe a participé au développement de [Natbraille](#), un logiciel libre de transcription et détranscription du Braille. Il se décline dans sa dernière version en un éditeur Web en ligne collaboratif de documents scientifiques/techniques, permettant aux DV et voyants d'apprendre et de travailler ensemble sur des documents complexes, que ce soit « en noir » ou en Braille. Ce logiciel est destiné à faciliter l'inclusion des déficients visuels (DV) dans la société de manière générale, et plus particulièrement dans l'éducation et au travail. Il est utilisé par une communauté très hétérogène composée de DV et de leurs proches, d'enseignants et d'élèves du primaire à l'université, d'associations, de centres de transcription en Braille ainsi que d'instituts spécialisés, missions handicap, classes ULIS, etc.

Dans le cadre des travaux menés dans le domaine de la culture, l'équipe a effectué 2 dépôts d'invention. À la suite du projet Européen PLACED, les travaux sur la gestion d'événements culturels ont donné lieu à deux activités de valorisation accompagnées par la SATT Pulsalys. [Kronikle](#) est une plateforme de gestion et de communication pour les événements organisés en bibliothèque. Ce projet open-source est mené par un ancien doctorant, Alix Ducros. En s'appuyant sur son travail de thèse, ce dernier a aussi développé des briques logicielles de [Hormur](#), une plateforme qui permet à des artistes et à des hôtes de se trouver et d'échanger facilement afin de co-crée ensemble des événements artistiques dans des lieux insolites. Cette plateforme est labellisée French Tech Seed, avec une valorisation supérieure à 1 M€.

Enfin, dans le cadre des travaux menés dans le domaine du sport, l'équipe a produit plusieurs outils de visualisations de données de trajectoires en natation et tennis de table financés par le PPR JO 2024. Les outils de visualisations fournis aux entraîneurs en vue de la participation des JO 2024 ont pu contribuer au succès rencontré par les nageurs et pongistes français. Ces outils ont été développés dans le cadre d'un projet PPR (NePTUNE), d'une bourse de thèse CNRS et d'une convention partenariale avec la FFTT (Central'Innov). Des actions de valorisation industrielle et de transfert ont été lancées en 2024 en vue de pérenniser l'utilisation des outils par les fédérations, et d'en étendre leur usage aux clubs et ligues amateur, ainsi qu'au sport santé.

## **Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

L'équipe SICAL est très présente dans les manifestations de diffusion de la science auprès du grand public. Lors des deux dernières éditions de la Fête de la Science, elle est intervenue à l'École Centrale de Lyon afin de sensibiliser le public aux méthodes informatiques de capture et visualisation de données sportives, avec une démonstration du système de tracking pour le tennis de table développé pour les JO 2024. Le jeu Sea Hero Quest a également fait l'objet en 2024 de démonstrations interactives et expériences collectives lors de la fête de la Science (en partenariat avec Shape-Med et l'entreprise Promoflavia) et lors de la Semaine du Cerveau dans le bar à jeux "Tire toi une bûche". Enfin, dans le cadre du cycle de conférences "Créer des mondes informatiques pour explorer le vivant" de l'Université Ouverte de Lyon 1, elle a proposé en 2024 un cours sur l'utilisation des jeux vidéos dans la recherche scientifique, un autre sur l'utilisation de l'IA dans le cadre de l'imagerie médicale.

L'équipe a su profiter de ce type de manifestations auprès du grand public pour capitaliser des jeux de données exploitables dans ses travaux de recherche. Par exemple, un partenariat avec le Musée des Confluences

de Lyon durant les deux semaines des vacances de Pâques 2024 a permis de proposer aux visiteurs de participer au projet Sea Hero Quest, et ainsi enregistrer leurs mouvements oculaires au moyen d'un eye-tracker. A l'issue de l'expérience, les chercheurs leur expliquaient en détail le projet scientifique.

Dans le cadre de son partenariat avec l'Académie de Lyon, l'équipe a développé une formation en ligne de 10h à la ludification adaptative (130 ressources dont 47 vidéos, 15 intervenants dont 2 internationaux), qui est disponible sur la plate-forme [M@gistère](#) au niveau national pour l'ensemble des enseignants/formateurs du secondaire, et sur la plate-forme [Compétences Numériques](#) de l'Université Lyon 3 pour le public du supérieur et du secteur privé. Elle a également co-organisé 3 séminaires de formation rassemblant chacun près de 100 enseignants/formateurs du secondaire. Dans le cadre des expérimentations menées dans les établissements scolaires, les enseignants impliqués ont été formés à la démarche scientifique et aux travaux de recherche / socles théoriques motivant ces expérimentations.

L'équipe est également très présente dans les actions de sensibilisation du grand public sur les questions de soutenabilité liées au Numérique, avec une contribution au guide pratique écoconception par le Club de la Durabilité présenté à l'Assemblée Nationale lors d'un colloque en 2024. Elle a organisé une conférence atelier, une exposition de Leviers et d'une inspirothèque d'éco-conception lors de Numérique en Commun 2023 (1000 participants), une intervention au GreenTech Forum en 2022 et 2024 et à l'Académie du Climat lors du mois de la sobriété numérique. Elle a également présenté ses travaux à l'autorisation de régulation ARCEP, dans des podcasts et lors d'interviews dans des journaux nationaux (cf. portfolio).

## Synthèse de l'autoévaluation

La Fig. 2.32 présente le SWOT de l'équipe suite à notre auto-évaluation.

### 4- Trajectoire de l'équipe

**Thèmes scientifiques.** L'équipe SICAL souhaite conserver la même trajectoire scientifique visant à concevoir, modéliser et/ou adapter des systèmes interactifs pour améliorer la capacité de l'humain à interagir, collaborer, apprendre et analyser en contexte. Dans la continuité de ses précédents travaux, elle a identifié des enjeux communs à ses différents domaines d'application prioritaires (éducation, santé, sport).

**Enjeux.** Un premier enjeu concerne les praticiens (médecins, enseignants, coachs sportifs...) qui souhaitent aujourd'hui bénéficier des évolutions technologiques, notamment des capacités des techniques d'intelligence artificielle, pour les accompagner dans leurs diagnostics et prises de décisions, que ce soit sur des maladies, des apprenants en difficulté, des performances ou tactiques sportives. Les défis de collecte de données, d'analyse, de modélisation, de visualisation et de restitution intelligible et transparente des connaissances produites pour favoriser l'acceptabilité des outils, peuvent être abordés sous des prismes similaires et complémentaires, la finalité étant d'aider le praticien à améliorer le bien-être, l'accompagnement, ou encore les performances du patient, de l'apprenant ou du sportif. Les travaux de l'équipe mettront également l'accent sur le soutien à la réflexivité de ces utilisateurs finaux sur leurs pratiques, apprentissages et expériences vécues.

Un deuxième enjeu concerne la continuité de l'expérience utilisateur dans les environnements hybrides<sup>39</sup>, dynamiques dans lesquels nous sommes aujourd'hui immergés au quotidien. Cet enjeu ne concerne pas simplement l'interaction avec les systèmes, mais bien de repenser la manière dont les technologies peuvent soutenir et enrichir l'expérience des utilisateurs. Il peut s'agir par exemple de l'expérience d'apprentissage (ex : comment apprendre via de multiples dispositifs répartis entre mondes réel et virtuel, physique et numérique?), ou de l'expérience motivationnelle (ex : comment maintenir la motivation et un engagement durable de patients à suivre leur traitement?). Penser la continuité de l'expérience nécessite d'anticiper aussi les moments de rupture de l'expérience. Ces ruptures peuvent être dues à des problèmes d'infrastructures (ex : réseau saturé ou défaillant), à des terminaux vieillissants, lents, ou mal-adaptés à un monde changeant. La prise en compte de ces ruptures d'expériences s'inscrit dans la thématique émergente d'étude de la soutenabilité du numérique. En effet, un monde à +3 ou 4 degrés C ne sera probablement pas à même d'offrir le niveau de qualité de service que nous connaissons aujourd'hui. L'équipe s'intéressera aux enjeux de conception à la fois du côté du logiciel et du design, dans une perspective de résilience et d'adaptation.

Par ailleurs, dans la dynamique du PEPR eNSEMBLE l'équipe poursuivra ses travaux pour faciliter la collaboration entre humains dans des éco-systèmes numériques riches. Nous nous intéresserons notamment à la collaboration dans des environnements hybrides réel/virtuel immersifs, à la collaboration soutenant les interactions de groupes hybrides impliquant des systèmes intelligents, et au design de plateformes collaboratives facilitant le partage de connaissances, notamment pour l'apprentissage.

---

39. Combinaison de propriétés de l'environnement sur différentes dimensions : spatiale (présence/distance, physique/numérique), temporelle (synchrone/asynchrone), matérielle (dispositifs hétérogènes), collaborative (humain/agent)

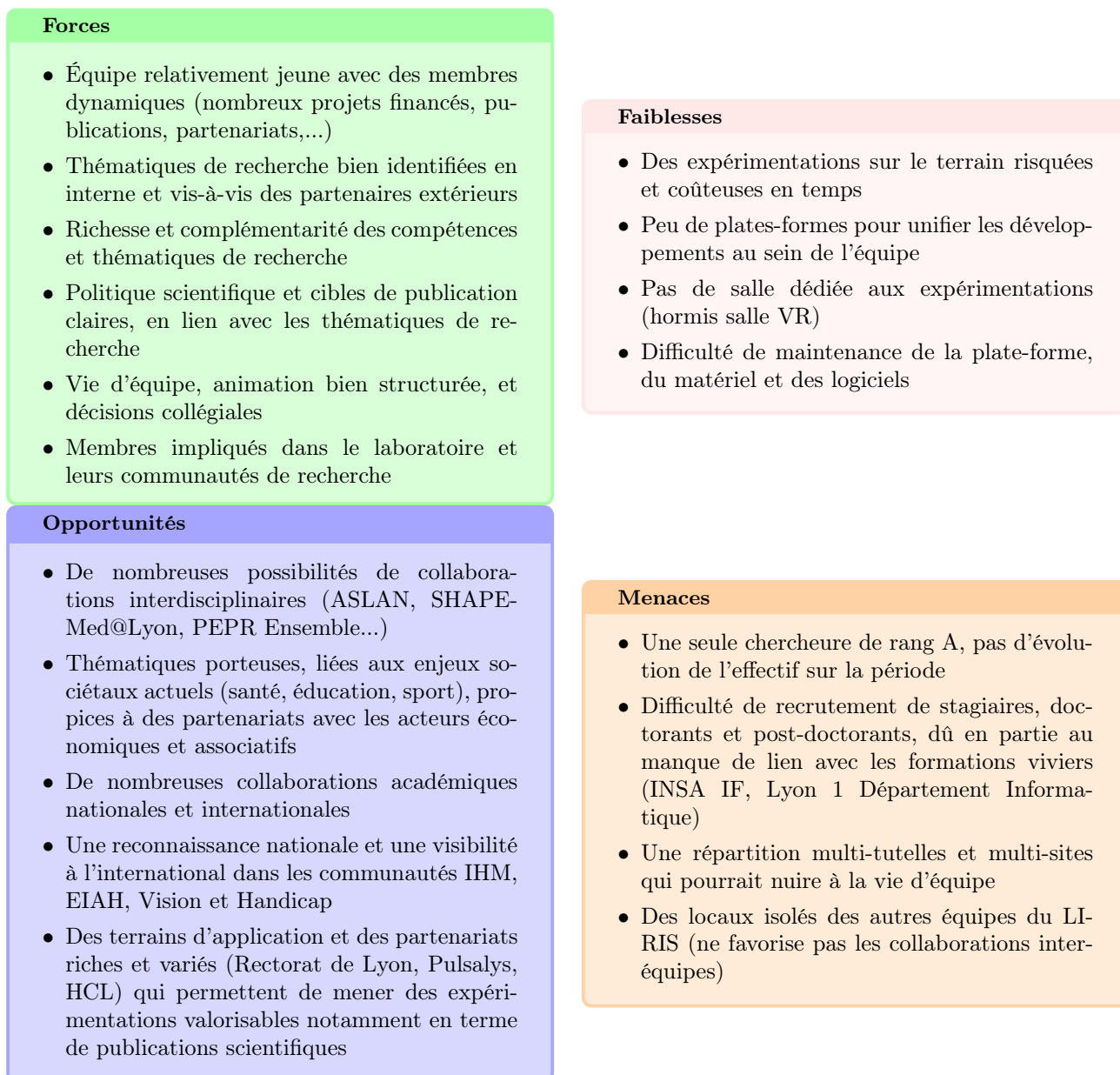


FIGURE 2.32 – SWOT de l'équipe SICAL

**Objectifs scientifiques.** Pour aborder ces différents enjeux, l'équipe souhaite enrichir les modèles proposés ces précédentes années en axant sur différents aspects : l'intégration de mécanisme de soutien à un engagement durable des utilisateurs, en s'appuyant sur des approches issues des sciences cognitives et comportementales ; la conception de modèles d'adaptation dynamiques et intelligibles, afin que les ajustements opérés par les systèmes soient compréhensibles et acceptés par les utilisateurs ; et enfin la modélisation des caractéristiques d'utilisateurs individuels ou en collectif, en tenant compte de leurs évolutions dans le temps.

Afin de concrétiser ce premier objectif, l'équipe poursuivra ses travaux qui visent, en deuxième objectif, à proposer des méthodes et outils de conception participative et située de systèmes interactifs complexes intégrant dans les différentes étapes l'ensemble des dimensions de l'expérience utilisateur, et plus globalement les infrastructures sur lesquelles repose l'usage de ces systèmes. Elle va orienter ses travaux sur les méthodes de design d'environnements hybrides, et de visualisations situées afin de représenter les données en contexte. Enfin, les enjeux d'adaptation des systèmes et de diagnostic nécessitent de proposer de nouvelles méthodes de collecte et d'analyse de données multimodales et/ou spatio-temporelles, permettant une compréhension fine des comportements et des différences inter-individuelles des utilisateurs, s'appuyant sur des méthodes de visualisation exploratoire, d'analyses statistiques prédictives ou de modèles computationnels avancés.

**Moyens à développer.** Afin d'atteindre ces objectifs, l'équipe s'appuiera sur ses partenariats nationaux et internationaux pour la complémentarité des compétences, le montage de projets et la conduite d'évaluations

à grande échelle permettant la collecte de jeux de données riches, sur des participants aux caractéristiques variées. Elle tendra à faire fructifier ses collaborations pluridisciplinaires existantes et en développer de nouvelles, permettant de traiter des problématiques sous des angles complémentaires. Elle souhaite également conserver sa spécificité s’agissant de l’adoption d’une approche empirique et centrée sur l’humain, notamment par l’évaluation de sa recherche via des expériences en laboratoire, en ligne à grande échelle, ou des études de terrain. Elle aura toujours à cœur de mettre à disposition ses logiciels et jeux de données via des dépôts open-source, et la diffusion des savoirs au grand public via les nombreuses manifestations auxquelles elle a l’habitude de participer.

L’équipe a identifié des moyens à développer pour atteindre ses objectifs. Le premier est de mieux capitaliser pour réduire les efforts à fournir dans chaque projet : développer une ou plusieurs plates-formes communes, réappliquer les modèles proposés à plusieurs domaines, et capitaliser la collecte de données lors des expérimentations. Elle tend également à rendre les outils conçus autonomes pour des utilisateurs finaux, mais cela requiert des ressources humaines pour le maintien du matériel et logiciel, ainsi que l’analyse des gros volumes de données collectées. Pour cela, l’équipe fait régulièrement des demandes de temps ingénieur à l’appel commun du CNRS et lors des réponses à appel à projet. Elle a également besoin d’un espace dédié pour les expérimentations qu’elle mène en laboratoire et a collaboré avec les équipes supports du LIRIS pour concevoir une salle d’expérimentation / démonstration dans les locaux en cours de rénovation que l’équipe devrait intégrer en 2027. Enfin, elle est active dans la sollicitation de candidatures à des postes de CR CNRS afin de renforcer ses moyens humains.

**Interactions avec les équipes du LIRIS.** L’équipe SICAL a eu l’occasion de collaborer avec plusieurs équipes du LIRIS durant la période. Tout d’abord par le financement par le laboratoire LIRIS de 4 projets transversaux : le projet TTVIS d’exploration de techniques de fouille et de visualisation de données de tennis de table avec l’équipe DM2L (3 stagiaires) [Dul+22], le projet ADRIATIQUE avec l’équipe IMAGINE visant l’exploration de l’usage de données multimodales (traces, images, questionnaires et usages embarqués) pour l’amélioration d’un dispositif de réalité augmentée (2 stagiaires), le projet APAPS (Adaptive and Privacy-Aware Persuasive Strategy for behaviour change) en collaboration avec l’équipe DRIM (3 stages) [Nur+23], et enfin une étude de l’influence des caractéristiques de l’utilisateur sur la présence en réalité virtuelle avec l’équipe ORIGAMI (1 stagiaire) [Lav+24].

Par ailleurs, l’équipe a collaboré avec TWEAK dans le cadre du projet COMPER ayant pour objectif de concevoir des modèles et outils informatiques de mise en œuvre d’une approche par compétences. Une nouvelle collaboration a débuté récemment dans le cadre du projet ANR MORDELI+ qui vise la conception d’un outil 3D pour l’apprentissage de l’anatomie. L’équipe collabore également avec l’équipe SyCoSMA dans le projet ANR ACCELER-AI pour la co-construction de systèmes intelligents intégrant des valeurs centrées humain.

La collaboration avec l’équipe IMAGINE a également pris la forme de 4 thèses co-encadrées par deux membres non HDR de l’équipe (R. Vuillemot et R. Chalon) avec des chercheurs HDR de l’équipe IMAGINE situés sur le même site à Centrale Lyon (S. Derrode, S. Duffner, C. Wolf), couplant les expertises en machine learning et deep learning, avec celles en visualisation de données et réalité augmentée. Dans cette continuité, la collaboration entre IMAGINE et SICAL pourra se poursuivre pour, d’une part, enrichir les algorithmes d’apprentissage de par les interactions du système avec l’humain et, d’autre part, aider l’utilisateur dans ses analyses et prises de décision.

Le projet transversal avec l’équipe VR de ORIGAMI, dont les résultats ont fait l’objet d’une publication à IEEE TVCG [Lav+24] et d’une présentation à IEEE VR 2024, a été l’occasion pour l’équipe SICAL de débiter ses travaux dans le domaine de la réalité virtuelle [JCL24]. La collaboration avec l’équipe VR d’ORIGAMI se poursuit dans le cadre du projet ANR RENFORCE dans lequel chaque équipe est un partenaire à part entière, ORIGAMI apportant ses compétences sur la multisensorialité en VR et SICAL s’intéressant au support à la réflexivité pendant et après l’expérience immersive. La collaboration pourra se poursuivre afin d’aborder plus globalement la question de l’analyse de l’expérience et des comportements utilisateurs en environnements immersifs par la collecte et le traitement de données multimodales, notamment via l’outil PLUME développé par l’équipe ORIGAMI.

**Positionnement vis-à-vis de la trajectoire du LIRIS.** L’équipe SICAL apporte au laboratoire une expertise bien identifiée sur les enjeux liés à l’interaction située entre l’humain et les systèmes informatiques, qui l’ont amenée à collaborer avec les 6 équipes mentionnées ci-avant. Dans une société où la place prégnante de l’IA peut remettre en question la maîtrise technologique, un enjeu fort, soulevé notamment dans le cadre du PePR eNSEMBLE, est de penser la façon dont les systèmes informatiques s’intègrent aux activités humaines dans toute leur complexité. Ainsi, tout en adhérant à la trajectoire du laboratoire autour du rassemblement des équipes en pôles, l’équipe souhaite assurer la visibilité de cette identité propre au sein du pôle auquel elle appartiendra, et plus globalement aux niveaux national et international.

L’équipe SICAL a engagé de premiers échanges avec les équipes de plus grand taille du laboratoire, ORIGAMI et IMAGINE, autour desquelles pourraient se structurer des pôles. Un pôle regroupant IMAGINE et SICAL

pourrait permettre la proposition de nouvelles approches de collaboration humains-machines pour construire un écosystème intelligent, pour développer une IA-centrée humain plus explicable, contrôlable et responsable. Un rapprochement avec l'équipe ORIGAMI répondrait aux enjeux de la représentation et du rendu graphique, en particulier dans un contexte situé pour l'utilisateur et au travers des dispositifs et situations émergentes (espaces visuels partagés, en réalité virtuelle, multi-dispositifs). Les discussions devront se poursuivre avec d'autres équipes pour identifier les complémentarités scientifiques les plus propices, faisant sens dans les profils de postes qui pourront être proposés pour le pôle, tenant compte également des interactions avec l'ensemble des équipes au sein d'un même pôle.

## 9- Dm2l

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe Data Mining & Machine Learning (DM2L)<sup>40</sup>, créée en 2012, fédère des chercheurs (sept permanents et une douzaine de doctorants répartis sur les sites de l'INSA et l'UCBL) qui travaillent au développement de concepts et d'algorithmes novateurs pour l'aide à la décision, au sens large. L'équipe s'intéresse plus particulièrement à la conception de méthodes symboliques et numériques de fouille de données et d'apprentissage automatique pour l'extraction de connaissances à partir de données complexes.

Notre expertise couvre un large spectre, allant de l'analyse descriptive aux enjeux fondamentaux de l'apprentissage statistique, tels que l'adaptation de domaine pour l'apprentissage multi-vues, la détection d'anomalies pour les séries temporelles, et l'explicabilité des modèles pour l'apprentissage connexioniste. Nos travaux produisent des avancées théoriques, méthodologiques, algorithmiques et applicatives, guidées par un objectif central : accompagner les propriétaires de données à chaque étape du processus interactif de découverte de connaissances. Ce processus implique la mobilisation de divers paradigmes – extraction de motifs, classification, régression, clustering, sélection de variables, détection d'anomalies et de communautés – sur une diversité de types de données, incluant les graphes, données multidimensionnelles, textuelles, séquentielles et géospatiales.

La validation expérimentale sur des données réelles étant au cœur de notre démarche, nous collaborons étroitement avec des chercheurs d'autres disciplines (médecine, sciences humaines et sociales, physique, etc.) et menons des projets de R&D en partenariat avec des industriels dans de nombreux secteurs d'activité (automobile, génie-industriel, intelligence économique). Ces collaborations sont soutenues par des projets (H2020, PEPR, ANR, IDEX, Labex) et des dispositifs de transfert et de valorisation tels que les conventions CIFRE.

L'équipe a une activité de recherche soutenue, comme en attestent la Table 2.29 et la Figure 2.33.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	8	9	8	15	8	9	57	9.5
#Revue int. / ETP	2.5	2.8	2.5	4.6	2.5	2.8	17.7	2.9
#Conf. int.	18	15	19	21	27	22	122	20.3
#Conf. int. / ETP	5.5	4.6	5.8	6.5	8.3	6.8	37.5	6.2
#Logiciel HAL	0	0	0	1	1	2	4	0.7
#Thèses soutenues	2	3	7	0	5	7	24	4.0

TABLE 2.29 – Production : quelques indicateurs clés pour DM2L. Effectif au 31/12/2024 : 7 permanents ; 3.25 ETP.

#### Environnement de recherche

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	48 k€	14 k€	8 k€	2 k€	2.0 %
France	997 k€	306 k€	166 k€	51 k€	40.9 %
PIA	442 k€	136 k€	73 k€	22 k€	18.1 %
Industrie	926 k€	284 k€	154 k€	47 k€	38.0 %
Europe	5 k€	1 k€	0 k€	0 k€	0.2 %
International	17 k€	5 k€	2 k€	0 k€	0.7 %
Total	2435 k€	749 k€	405 k€	124 k€	100%

TABLE 2.30 – Contrats : quelques indicateurs clés pour DM2L. Effectif au 31/12/2024 : 7 permanents ; 3.25 ETP.

Les projets permettant de financer les activités de recherche de l'équipe sont présentés de manière synthétique dans la Table 2.30. À l'échelle régionale, nous avons renforcé notre engagement dans des projets pluridisciplinaires, notamment à l'Institut Rhônalpin des Systèmes Complexes (IXXI), en participant activement à son comité de direction. Nous sommes également membres des LabEx IMU et ASLAN (avec le projet GEODE financé au cours de la période) et avons bénéficié de trois financements de l'IDEX Lyon (ACADEMICS, PIA Impulsion et PICASSO). Cet ancrage local nous permet d'enrichir notre expertise par des co-encadrements de thèses souvent pluridisciplinaires, en collaboration avec des collègues de disciplines variées, telles que des neuroscientifiques du CRNL, des médecins des HCL, des sociologues et géographes de l'ENS Lyon. Sur le plan national, nous portons trois projets ANR (PORTRAIT, BITUNAM et C2R-IA), et co-portons le PEPR WAIT4 et deux projets MITI (MosquiAdapt, DeepLigGPCR). Enfin, à l'échelle européenne, nous sommes impliqués dans deux projets H2020 (QUALITOP, ROSE).

Nos collaborations industrielles sont principalement avec des partenaires industriels de la région Auvergne Rhône-Alpes, qu'il s'agisse de PME ou de grands groupes installés autour de Lyon.

40. <https://projet.liris.cnrs.fr/dm2l/>

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

- L'équipe DM2L est sans conteste une des équipes les plus visibles dans le domaine de la fouille de données, avec une très bonne production scientifique; les thématiques d'apprentissage statistique sont également visibles, mais le rayonnement dans ce domaine est plus faible. L'équipe a une très bonne implication dans les projets européens, et ANR. L'équipe DM2L est encouragée à continuer ses recherches au plus haut niveau scientifique, qui se traduisent par des publications dans les meilleurs supports, et à poursuivre son implication dans les événements et revues phares du domaine.

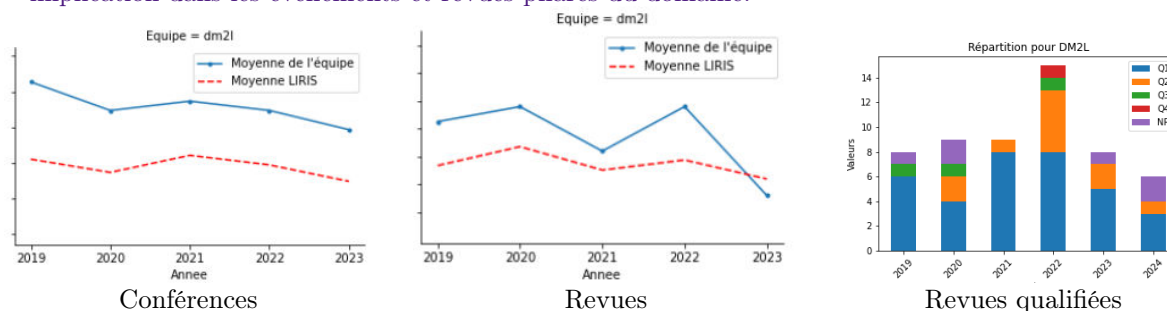


FIGURE 2.33 – Activité de publication de l'équipe DM2L.

Pour accroître sa visibilité, l'équipe DM2L a poursuivi son activité de recherche en data mining et machine learning avec une activité de publication supérieure à la moyenne du LIRIS, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif (voir Figure 2.33).

- Le rayonnement sur les aspects Apprentissage statistique de l'équipe pourrait être renforcé, si ce thème est maintenu comme thème phare; une alternative est de recentrer l'équipe vers la fouille de données qui constitue son domaine le plus visible. Une alternative est d'expliquer le mariage de techniques de data mining et de machine learning pour la production de connaissances complexes (et pas seulement des prédictions), connaissances ayant vocation à être manipulées par des experts de domaines difficiles (neuro-imagerie, géophysique, ...)

Une partie de l'équipe a orienté ses recherches sur cette troisième voie, visant à expliquer des modèles prédictifs complexes à l'aide d'approches symboliques pour produire des connaissances complexes. Ces travaux ont rencontré un certain succès (voir section 2). De plus, certains chercheurs de l'équipe ont investi beaucoup d'efforts pour marier la partie machine learning avec les connaissances complexes issues des services conversationnels dans le domaine du NLP (voir les travaux issus du projet IDEX PICASSO).

- Les contributions logicielles restent au niveau du prototype. L'équipe est également encouragée à continuer de mettre en valeur les logiciels développés dans le cadre de sa recherche.

DM2L possède un vivier important de doctorants CIFRE, qui de par leur statut professionnel, montent en compétences en MLOps et mettent donc en production tous les POC réalisés dans le cadre de la collaboration. L'équipe a également réalisé des efforts pour produire des logiciels en interne et les diffuser, notamment avec le développement des bibliothèques CDlib (voir section 2), iText2KG<sup>41</sup> et Perdido<sup>42</sup> déposée sur Software Heritage [Mon22].

- L'équipe est également incitée à maintenir sa très bonne implication dans les partenariats industriels et dans la formation par la recherche.

Les partenariats industriels se sont poursuivis avec la contractualisation de 19 CIFRE, une ANR PRCE et un FUI.

- Il est recommandé que l'équipe développe les événements de vie communs, avec par exemple des séminaires plus réguliers. Il serait également bénéfique que tous les membres de l'équipe soient regroupés dans un même lieu.

Des efforts en ce sens ont été réalisés avec plus de séminaires d'équipe alternés dans les deux sites INSA et UCBL et des sorties scientifiques, même si la vie de l'équipe a été fortement impactée pendant deux ans avec la coupure COVID suivie des travaux qui nous ont laissé, côté INSA et UCBL, sans bureau pendant de longs mois.

## 2- Introduction du portfolio

41. <https://github.com/AuvaLab/itext2kg>

42. <https://github.com/ludovicmoncla/perdido>



**Réalisation 1 :** CDlib (Community Detection Library) [RMC19]<sup>43</sup> est une librairie python co-crée en collaboration avec le KDD Lab de l’université de Pise, Italie. Initialement publiée en 2019, la librairie continue à évoluer régulièrement, comptant

11 versions majeures et 21 contributeurs. Il s’agit aujourd’hui de la librairie de référence pour la détection de communauté dans les graphes. Son intérêt pour la communauté est important, comme cela peut être constaté par ses statistiques d’utilisation : 9000+ téléchargements/mois (stats. pypi), 350+ Star Github, 70+ fork, 230+ projets Github dépendant de CDLib. (stats. Github).

**Réalisation 2 :** Dans l’article [Man+23b], publié dans la revue *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, nous abordons le défi posé par les données multi-labels, courantes dans de nombreuses applications réelles. Ces données, souvent redondantes et contaminées par divers niveaux de bruit, représentent un obstacle majeur pour de nombreux modèles d’apprentissage, qui peinent à classifier correctement et à trouver des solutions optimales. La réduction de la dimensionnalité est une solution clé pour traiter ce problème. Elle peut se faire par la sélection de variables, d’instances ou de labels. Cependant, si la sélection de variables et/ou d’instances a été largement explorée dans la littérature, la sélection de labels, tout aussi essentielle, est souvent négligée. Pourtant, le bruit présent dans les labels peut considérablement affecter les performances des algorithmes d’apprentissage sous-jacents. Dans cet article, nous proposons un cadre unifié, appelé mFILS (multi-Factor Instance, Label, and variable Selection), permettant de sélectionner simultanément les variables, les instances et les labels dans des scénarios convexes et non-convexes. À notre connaissance, c’est la première étude à traiter simultanément ces trois dimensions dans un contexte multi-label, en intégrant des pénalités convexes et non-convexes. Les résultats expérimentaux obtenus sur un ensemble de données de référence confirment l’efficacité de l’approche mFILS. Ils démontrent la capacité de notre méthode à réduire les dimensions tout en améliorant les performances des modèles d’apprentissage, même dans des contextes complexes où le bruit et la redondance des données constituent des défis importants.

**Réalisation 3 :** Dans [Vey+22b], nous exploitons des algorithmes d’extraction de motifs pour expliquer le processus décisionnel interne de réseaux de neurones sur graphes (Graph Neural Networks, GNN). Nous caractérisons ce qu’un réseau de neurones sur graphes capture réellement en identifiant les neurones activés en réponse à des décisions spécifiques et les configurations des graphes en entrée qui déclenchent ces activations. Alors que la plupart des approches d’explicabilité pour les GNN se concentrent sur l’application de masques sur les instances en entrée, notre méthode fait progresser l’état de l’art en explorant directement les représentations construites par les GNN. Plus précisément, nous analysons les motifs d’activation des neurones dans les couches cachées afin de mieux comprendre le processus de prise de décision des GNN. Plutôt que de chercher à découvrir des règles discriminatives individuelles, notre méthode identifie un petit ensemble de règles d’activation qui couvrent collectivement l’ensemble des graphes d’entrée, nous permettant ainsi de découvrir des connaissances précieuses provenant directement du modèle. Cette recherche, également publiée dans la revue *Data Mining and Knowledge Discovery* [Vey+24], a été présentée à la conférence EGC 2022 [Vey+22a], où elle a reçu le prix du meilleur article académique.

**Réalisation 4 :** Dans [Mon+19], nous proposons une méthodologie visant à cartographier automatiquement les empreintes spatiales des romans et des auteurs à partir des noms de voies urbaines (i.e., toponymes) extraits des romans. Nous présentons en particulier plusieurs façons d’explorer l’espace parisien et les paysages fictionnels en naviguant de manière interactive et simultanée dans l’espace géographique et le texte littéraire. L’article se concentre sur l’extraction des noms de voies urbaines et la cartographie des résultats pour un échantillon de 31 romans publiés entre 1800 et 1914 dont l’action se déroule à Paris. Deux approches pour l’annotation des toponymes sont comparées. Tout d’abord, nous décrivons une preuve de concept utilisant des requêtes effectuées via un outil de textométrie. Ensuite, nous décrivons une méthode d’extraction d’information reposant sur le traitement automatique du langage naturel (TAL). En outre, nous mentionnons comment les informations géosémantiques annotées à partir du texte (par exemple, une structure combinant des verbes, des relations spatiales, des entités nommées, des adjectifs et des adverbes) peuvent être utilisées pour caractériser automatiquement le contenu sémantique associé aux noms de voies urbaines. L’approche proposée peut être utilisée et avoir un impact dans plusieurs domaines, tels que le tourisme culturel, la recherche urbaine et l’analyse littéraire.

---

43. <https://github.com/GiulioRossetti/cdlib>

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

L'équipe s'inscrit pleinement dans un environnement de recherche dynamique, en participant activement à des projets d'envergure nationale, tels que le PEPR WAIT4, les ANR Bitunam, PORTRAIT et C2R-IA, ainsi qu'à des projets européens, comme les projets H2020 ROSE et H2020 QUALITOP. Ces engagements témoignent de notre capacité à contribuer à des problématiques scientifiques et sociétales majeures. Nous répondons également aux priorités stratégiques définies par nos tutelles, en particulier celles de l'UCBL à travers des travaux de recherche en santé (le pôle d'excellence de l'université) et celles de l'INSA Lyon, à travers des travaux de recherche alignés sur les axes "Énergie pour un développement durable" et "Information et Société Numérique". Par ailleurs, notre ancrage dans des collaborations industrielles nombreuses et diversifiées renforce notre positionnement à l'interface entre recherche fondamentale et applications concrètes. Notre organisation interne, qui valorise la concertation et l'implication de tous les membres de l'équipe, garantit une cohérence entre notre stratégie scientifique et nos objectifs de valorisation, assurant ainsi un impact maximal de nos travaux.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

L'équipe dispose de ressources financières conséquentes, obtenues au-delà des dotations de nos tutelles, grâce à une politique active de recherche de financements. Nous avons sécurisé plus de 2 millions d'euros de contrats, répartis équitablement entre partenariats industriels et projets académiques. Cette diversité de financements reflète notre capacité à répondre aux besoins variés de nos partenaires et à soutenir des recherches de pointe.

En même temps, nous devons faire face à une diminution de notre effectif, notamment due à des départs non remplacés de trois maîtres de conférences et un professeur retraité.

Les doctorants et post-doctorants bénéficient d'un encadrement fort avec des interactions très fréquentes, et sont rapidement impliqués dans nos recherches, qu'il s'agisse de collaborations académiques ou industrielles. Nos financements diversifiés nous permettent de soutenir régulièrement des thèses, avec des contrats doctoraux issus de projets ANR, européens, ou industriels. Nos relations internationales permettent des collaborations riches avec des chercheurs renommés (e.g. bénéficiaires d'ERC ou accueillis dans le cadre de l>IDEXLyon).

Notre implication dans des formations de haut niveau, telles que le M2 "Science des Données" et "Intelligence Artificielle" de l'Université Claude Bernard Lyon 1, le M1 "Informatique Fondamentale" de l'ENS Lyon, et les cursus d'ingénieurs de l'INSA Lyon et de Polytech Lyon, favorise le recrutement de doctorants prometteurs. De plus, notre rayonnement dans la communauté scientifique internationale, couplé à des partenariats industriels solides, constitue un vivier attractif pour les jeunes talents. Les résultats de cette politique sont visibles dans la qualité des recherches menées et la reconnaissance académique obtenue par nos doctorants et jeunes chercheurs.

L'équipe poursuit une double ambition : produire des avancées méthodologiques et algorithmiques en science des données tout en valorisant les résultats issus de coopérations pluridisciplinaires et/ou industrielles. Nous nous distinguons par notre capacité à développer de nouveaux concepts et outils, tels que la classification semi-supervisée ou le calcul de sous-groupes diversifiés. Ces innovations sont publiées dans des revues et conférences prestigieuses comme World Wide Web journal, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE), IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (TNNLS), Proceedings of the VLDB Endowment, Data Mining & Knowledge Discovery (DAMI), Machine Learning Journal (MLJ), ACM SIGKDD, International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI).

Nos collaborations industrielles aboutissent souvent à des solutions directement mises en production, tandis que nos partenariats académiques permettent de co-construire des outils et de publier dans des revues reconnues par les disciplines concernées. Cette double approche garantit un impact maximal de nos travaux, tant sur le plan scientifique qu'applicatif.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

L'équipe se réunit en moyenne une fois par mois, principalement pour assister à des présentations scientifiques. Ces séminaires, qu'ils soient internes ou animés par des intervenants externes, jouent un rôle clé dans

le partage de connaissances, la stimulation d'échanges intellectuels, et la cohésion de l'équipe. Sur la période considérée, nous avons organisé et participé à 54 séminaires, démontrant un engagement constant malgré les défis rencontrés.

Il convient de souligner que, durant cette période, une partie de l'équipe hébergée à l'INSA n'a pas eu accès à ses bureaux entre mars 2020 et octobre 2022. Cette situation a nécessité une adaptation significative, notamment en recourant massivement aux outils numériques pour maintenir les échanges et garantir la continuité des activités scientifiques et collaboratives. Malgré ces contraintes, l'équipe a su rester active et productive, montrant une grande résilience face aux circonstances exceptionnelles.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

### Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.

Nous exposons dans la suite les résultats majeurs que nous avons obtenus, regroupés en 5 axes : les travaux portant sur l'explication de modèles ML de type boîte noire, les développements pour améliorer les modèles ML (sélection de variables, détection d'anomalies et nouvel opérateur de pooling), les approches NLP, les approches Data Mining et enfin les résultats issus de collaborations interdisciplinaire. Cette section se termine par quelques faits établissant le rayonnement de l'équipe.

**Modèles ML plus transparents et explication de modèles ML (XAI).** Les articles [Ife+23; Lon+21] introduisent une approche novatrice et plus transparente pour les systèmes de recommandation, en combinant apprentissage statistique et extraction symbolique de séquences. Cette méthode intègre les préférences à long terme via la factorisation de matrices et capture les dynamiques à court terme grâce à des séquences fréquentes d'interactions utilisateurs. Ce modèle apporte une explication transparente des recommandations via les chaînes de Markov d'ordre variable utilisées.

Avec l'essor des modèles d'apprentissage automatique de type boîte noire, expliquer leurs prédictions est devenu essentiel. Le cadre SHAP, largement utilisé, attribue des scores d'importance aux variables ou caractéristiques d'entrée, mais son coût de calcul reste élevé. L'article [Cha+24b] propose TopShap, un algorithme agnostique qui approxime efficacement les valeurs SHAP pour les caractéristiques les plus importantes. En élaguant dynamiquement les caractéristiques non pertinentes pour le top-k, TopShap réduit les coûts de calcul et dépasse des méthodes comme Kernel SHAP en termes d'efficacité, tout en maintenant des résultats précis. La sélection des top-k parmi les valeurs SHAP a montré son potentiel dans deux applications : l'une en bio-informatique [Cha+24a] et l'autre, en combinaison avec une technique de co-clustering, pour l'explication des prédictions réalisées par arbres boostés [Pen+24].

Alors que des méthodes comme SHAP ou LIME fournissent des explications locales, comprendre globalement le comportement d'un modèle reste un défi. L'article [Man+23a] propose le cadre Co-Selection Pick (CoSP), qui sélectionne un ensemble représentatif d'explications locales pour illustrer le comportement global. Contrairement aux approches classiques d'optimisation sous-modulaire, CoSP co-sélectionne simultanément les instances et les caractéristiques. Cette méthode générique s'applique aussi bien en scénarios supervisés que non supervisés, et fonctionne avec n'importe quel explicateur local.

L'article [Vey+24; Vey+22b] propose une avancée dans l'explicabilité des réseaux de neurones sur graphes (GNN). Cette méthode analyse directement les motifs d'activation dans les couches internes des GNN.

**Modèles d'apprentissage pour l'analyse des données complexes.** L'équipe développe des méthodologies avancées pour relever les défis posés par les données complexes, souvent bruitées, hétérogènes et dépendantes du contexte, en s'appuyant sur des cadres explicatifs et performants.

Dans le domaine des séries temporelles multivariées, [Ben+22a] propose une méthode originale pour détecter des anomalies locales en exploitant la modélisation temporelle et l'analyse résiduelle. Cette approche permet de surmonter les défis liés à la dépendance temporelle des observations et s'applique à divers domaines comme la finance ou l'industrie.

La problématique des données multi-labels est abordée dans [Man+23b] et [BMM22a], qui proposent des cadres unifiés pour la sélection conjointe de variables, d'instances et de labels. Ces travaux intègrent des pénalités convexes et non convexes afin de traiter efficacement la redondance et le bruit des données dans toutes leurs dimensions, améliorant ainsi la robustesse et les performances des modèles dans des scénarios complexes, y compris ceux à faible nombre d'exemples annotés (mode supervisé).

Dans un contexte de performance computationnelle, [Man+21] se concentre sur l'optimisation des réseaux neuronaux convolutifs (CNN) à travers une nouvelle méthode de pooling, appelée Mode-Fisher pooling, qui améliore l'efficacité énergétique tout en préservant les performances du modèle.

Enfin, [ABM21] s'intéresse à la stabilité des algorithmes de sélection de caractéristiques dans des contextes de données multi-labels en proposant une méthodologie ensembliste basée sur le bagging, des sous-espaces aléatoires et une stratégie innovante de sous-étiquetage aléatoire. Cette approche améliore la robustesse des algorithmes et leur capacité à capturer les corrélations complexes entre les étiquettes.

**Avancées en NLP pour l'apprentissage des modèles linguistiques.** Depuis 2019, nous avons investi une partie de nos travaux en Machine Learning dans le domaine du traitement automatique du langage naturel (NLP), en nous appuyant notamment sur les grands modèles de langage (LLM), pour répondre à des problématiques d'actualité, tant institutionnelles qu'industrielles. Nos recherches portent sur plusieurs axes complémentaires.

Nous travaillons sur la détection de la subjectivité, des biais et de l'équité dans les modèles linguistiques afin d'améliorer leur transparence et leur fiabilité [Gac+23; Gac+22b]. Ces travaux permettent d'identifier et de corriger les distorsions présentes dans les LLM, contribuant ainsi à une intelligence artificielle plus éthique et inclusive. Par ailleurs, nous explorons la génération automatique de paraphrases pour optimiser les services conversationnels, en développant des techniques avancées de reformulation qui améliorent la fluidité et la pertinence des interactions homme-machine [Ber+21a; Ber+21b; Ber+24].

Nos recherches s'étendent également à la synthèse d'information, notamment à travers le résumé multi-documents et la conception d'agents conversationnels à mémoire supervisée [BA23a; BA23b]. L'objectif est de permettre aux LLM d'exploiter efficacement de vastes corpus textuels en conservant une cohérence contextuelle renforcée. Dans le domaine de l'extraction d'information, nous avons développé des méthodes avancées pour structurer des données issues de documents comptables et médicaux, facilitant ainsi leur exploitation dans des environnements professionnels critiques [Sag+21].

En parallèle, nous nous intéressons à l'analyse du discours appliquée aux documents historiques, dans le cadre du projet interdisciplinaire GEODE, où l'expertise en informatique, linguistique et histoire est mobilisée pour enrichir l'exploration de corpus textuels anciens [BMM22b; MG23; MJV24]. Nous contribuons également à l'analyse de sentiment en mettant au point des modèles capables d'évaluer les opinions et émotions exprimées dans les textes, avec des applications directes dans les études de marché.

Enfin, nos travaux s'inscrivent dans une dynamique d'innovation au service de la formation et de l'éducation. En partenariat avec la startup EdTech Infokufu, nous développons des systèmes de recommandation intelligents, exploitant la puissance des LLM pour personnaliser l'orientation et l'apprentissage des demandeurs d'emploi, notamment via l'application Becomino.

**Fouille de données pour l'analyse des données complexes.** L'équipe explore des méthodologies innovantes pour analyser des données complexes et comprendre des structures sous-jacentes, en combinant des approches non supervisées, la découverte de motifs et l'analyse de graphes.

Dans le cadre de l'analyse des réseaux sociaux et des événements géolocalisés, [Ben+21b] propose une méthode pour détecter automatiquement des événements locaux à partir des hashtags dans une zone géographique et un intervalle de temps donnés. Les algorithmes démontrent leur efficacité en surpassant largement les méthodes existantes, tout en étant robustes au bruit et capables de produire des événements pertinents par rapport aux attentes des utilisateurs. L'analyse de graphes enrichis par des attributs est abordée dans [Ben+20], qui propose une méthode pour extraire des sous-graphes cohésifs présentant des attributs exceptionnels. Ce travail avance l'état de l'art en définissant une syntaxe de motifs flexible et en intégrant une mesure d'intérêt basée sur la théorie de l'information. Les résultats montrent que cette approche sans hyper-paramètre permet d'identifier efficacement des motifs intéressants tout en tenant compte des connaissances préalables sur les données. La découverte de motifs exceptionnels dans les données comportementales est explorée dans [Bel+20]. Les auteurs proposent une approche générique, combinant une recherche exhaustive optimisée et un paradigme d'échantillonnage, permettant de découvrir des groupes d'individus exprimant des comportements inattendus sous certains contextes. Pour l'analyse des séries temporelles d'images satellites, [Még+19] propose une technique non supervisée qui génère des résumés spatiotemporels exploitant les phénomènes observés. Ces résumés, construits à l'aide d'une mesure d'entropie et de techniques de randomisation, permettent de capturer des phénomènes environnementaux significatifs, tels que les déformations crustales ou les dynamiques urbaines, tout en stimulant la réutilisation des séries temporelles dans des analyses plus approfondies. Enfin, la découverte de sous-groupes dans des données séquentielles labellisées est abordée dans [Mat+20], qui introduit deux algorithmes innovants : SeqScout et MCTSExtent. Ces algorithmes exploitent des modèles d'exploration-exploitation pour identifier des motifs séquentiels discriminants en fonction d'une mesure de qualité. Ils se distinguent par leur capacité à explorer efficacement l'espace de recherche, même dans des contextes complexes, et à fournir des résultats qualitatifs et quantitatifs démontrant leur valeur ajoutée.

**Une production interdisciplinaire riche.** L'équipe DM2L se distingue par une production scientifique riche et interdisciplinaire, démontrant l'intégration des méthodes avancées d'analyse de données dans des contextes

variés. Parmi les publications représentatives, certaines illustrent particulièrement l'impact de cette interdisciplinarité. L'article [Mai+22] explore les méthodes avancées d'analyse de données pour étudier les relations entre l'exposition environnementale et la santé. Cette recherche, ancrée dans le domaine de la santé publique et de l'environnement, a permis d'exploiter des approches statistiques et de machine learning pour extraire des connaissances à partir de données complexes issues de l'exposome. Dans la même optique, des approches de science des données sont mises en œuvre dans [Duv+24] pour étudier si les gradients de pollution (caractérisés soit par les propriétés physicochimiques de l'eau combinées à des variables de pollution, soit par la présence de molécules organiques dans l'eau) influencent la composition microbienne de l'eau puis la présence/absence de moustique tigre asiatique. Dans [Pag+22; Pag+21], un modèle prévisionnel a été utilisé pour prédire les impacts futurs de diverses combinaisons de mesures sur la mortalité due à la COVID-19 sur une période de 400 jours en France. Calibré sur les données nationales antérieures d'hospitalisation et de mortalité, un modèle épidémiologique basé sur des agents a été utilisé pour prédire les effets individuels et combinés des doses de rappel, de la vaccination des adultes réfractaires et de la vaccination des enfants, en fonction de la gravité de l'infection, de la baisse de l'immunité et des interventions non pharmaceutiques graduées. Une application pertinente de l'intelligence artificielle dans les humanités numériques est présentée dans [MMC19] et [FMM21]. Ce projet utilise la reconnaissance des entités nommées et des techniques géographiques pour analyser des corpus historiques, offrant ainsi de nouvelles perspectives sur les textes de l'Ancien Régime. Dans un contexte plus appliqué, [Sag+19] explore l'utilisation des réseaux neuronaux récurrents pour extraire automatiquement des informations de documents commerciaux, illustrant ainsi les avancées dans la gestion documentaire. L'équipe DM2L ne néglige pas les problématiques sociétales, comme en témoigne [Tsc+22]. Cette recherche vise à prédire les prix de l'électricité à l'aide de techniques d'apprentissage automatique, contribuant ainsi à une gestion énergétique plus efficace. Enfin, [Lic+19] établit un pont entre l'olfaction et l'apprentissage automatique en identifiant des relations structure-odeur à partir de données chimiques, ouvrant des perspectives pour la recherche en olfaction et en perception sensorielle. Dans la continuité de ce travail, des modèles prédictifs et explicatifs liants émotions et olfaction sont explorés dans [Mor+21; MPB22].

Ces publications démontrent la capacité de l'équipe DM2L à mobiliser des outils d'analyse de données pour répondre à des questions scientifiques complexes dans des domaines variés, renforçant ainsi la pertinence des approches interdisciplinaires en recherche.

**Rayonnement des travaux de l'équipe.** L'équipe DM2L s'est illustrée par l'obtention de plusieurs distinctions prestigieuses, reflétant l'excellence de ses travaux de recherche.

- L'article [Gac+22b] a été récompensé par le meilleur prix dans le Track "Artificial intelligence and Agents" dans la conférence ACM SAC 2022<sup>44</sup>.
- Le prix de thèse de l'Association Francophone d'Extraction et de Gestion des Connaissances a été attribué à Ahmed-Anes Bendimerad pour sa thèse « *Fouille de Motifs Intéressants dans les Graphes Attribués* » en 2020 et Accessit du prix de thèse pour Youcef Remil pour sa thèse « *Data Mining Perspective on Explainable AIOps with Applications to Software Maintenance* » en 2024<sup>45</sup>.
- Les articles [MCB20; MCB22; Vey+22a] ont été récompensés à la conférence EGC.
- En 2021, Youcef Remil a remporté une compétition dans le cadre de l'école XPdM (eXplainable Predictive Maintenance), organisée en marge de la conférence DSAA'21.
- Enfin, l'article [Tsc+23] a été récompensé par le prix du meilleur article applicatif à la conférence *Intelligence Data Analysis* 2023.

**Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

Sur la période d'évaluation, l'équipe a publié ses travaux dans des revues et des conférences internationales très reconnues :

- **Prendre du recul avant d'apprendre [BMM22a].** Dans cet article publié dans la revue IEEE TKDE, nous nous sommes intéressés à la co-sélection d'instances et de variables pour l'apprentissage semi-supervisé. Dans ce contexte, la co-sélection devient un problème plus difficile car les données contiennent des exemples étiquetés et non-étiquetés, échantillonnés à partir de la même population. Pour effectuer une telle co-sélection semi-supervisée, nous avons proposé un cadre unifié, appelé sCOs, qui intègre efficacement les parties étiquetées et non-étiquetées dans le processus de co-sélection. Le cadre est basé sur l'introduction à la fois d'un terme de régularisation parcimonieux et d'une approche préservant la similarité. Il évalue l'utilité des variables et des instances pour en sélectionner simultanément les plus pertinentes. Nous avons proposé deux algorithmes efficaces qui fonctionnent à la fois pour les fonctions

44. <https://www.sigapp.org/sac/sac2022/>

45. <https://www.egc.asso.fr/manifestations/prix-egc/prix-egc-2024-dijon.html>

convexes et non-convexes. À notre connaissance, cet article avait proposé pour la première fois, une étude utilisant des pénalités non-convexes pour la co-sélection de dimensions en apprentissage semi-supervisé. Des résultats expérimentaux sur des données de référence ont été fournis pour valider sCOs et le comparer avec les méthodes les plus représentatives de l'état de l'art.

- **Analyser des données organisées sous forme de hiérarchie [Ben+19].** L'équipe DM2L, en collaboration avec l'université de Gand (Belgique), a présenté à la conférence International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining – SIGKDD une nouvelle méthode pour analyser des données organisées sous forme de hiérarchie. Dans ce travail, les concepts considérés sont décrits par des attributs de comptage. Par exemple, les villes peuvent être décrites en dénombrant les lieux de chaque type (e.g., pubs, restaurants, cinémas). Ces lieux sont eux-mêmes organisés dans une hiérarchie (e.g., un restaurant portugais est un type de restaurant). Cette structure hiérarchique impose des contraintes particulières sur les valeurs des attributs associés — e.g., il ne peut pas y avoir plus de restaurants portugais que de restaurants. De plus, sachant qu'une ville possède de nombreux restaurants, il est moins surprenant d'observer la présence de beaucoup de restaurants portugais, et vice versa. La méthode proposée permet de caractériser de tels concepts à l'aide d'antichaines. Plus particulièrement, ce travail vise à évaluer quand une antichaine est intéressante, e.g., est-ce qu'elle décrit de façon unique des aspects uniques de ces concepts. Ceci est réalisé en prenant en compte les dépendances hiérarchiques entre les concepts. La considération des antichaines déjà découvertes rend possible leurs découvertes itératives. L'algorithme développé a une complexité polynomiale ce qui lui permet d'analyser de très grandes hiérarchies.
- **Optimiser la croissance des plantes en fermes urbaines [MCB21].** Dans ce travail, publié dans la conférence SIAM International Conference on Data Mining (SDM), le problème d'optimisation de recettes de pousse de plantes en environnements contrôlés tels que les fermes urbaines a été abordé en alliant des techniques de fouille de modèles exceptionnels avec des méthodes d'optimisation multi-objectifs. En effet, améliorer la pousse des plantes est un problème intrinsèquement multi-objectifs dont les valeurs de paramètres menant à une pousse optimisée sont identifiées par une nouvelle méthode de découverte de modèles exceptionnels basés sur des frontières de Pareto. Les données considérées mettent en jeu un ensemble d'attributs descriptifs, dont plusieurs de ces attributs peuvent être considérés comme variables cibles à optimiser. La nouvelle méthode, appelé Exceptional Pareto Front Mining, a nécessité la conception d'une nouvelle mesure de qualité associée aux modèles qui prennent en compte à la fois la distance entre différents fronts de Pareto et leur représentation dans les données. La découverte des modèles proprement dits se fait par une recherche en faisceau des top-K modèles optimisant la mesure précédentes. La valeur ajoutée de cette approche a été démontrée sur des données synthétiques et réelles, avec la découverte de valeurs de paramètres optimisant le compromis rendement/coûts de recettes de pousses.
- **Débiaiser un modèle de NLP [Gac+23].** Il a été récemment découvert que des stéréotypes sociaux injustifiés entachaient les prédictions des modèles NLP. Ainsi, un nombre croissant de travaux de recherche se concentrent sur le développement de méthodes permettant d'atténuer ces préjugés sociaux. La plupart des approches proposées mettent à jour les paramètres des modèles post-hoc, risquant ainsi d'oublier la tâche prédictive qui nous intéresse. Dans ce travail, publié dans la conférence ECML/PKDD'23, nous avons proposé une nouvelle façon d'améliorer les modèles NLP en débiaisant et en organisant leurs données d'entraînement. Pour ce faire, nous avons proposé un pipeline non-supervisé pour identifier quelles instances dans les données de formation mentionnent des stéréotypes qui correspondent aux stéréotypes codés dans les modèles NLP. Ensuite, nous avons mis à jour ces instances problématiques et entraînés des modèles innovants sur des données moins biaisées. Dans cet article, nous avons proposé trois méthodes pour fouiller les stéréotypes codés dans les modèles en utilisant des vraisemblances, des poids d'attention et des représentations vectorielles.
- **Résoudre des problèmes d'optimisation à l'aide de machine learning par une approche « predict-then-optimize » [Tsc+23].** Les modèles de machine learning sont généralement utilisés pour prédire des données qui sont ensuite utilisées pour résoudre un problème d'optimisation. On peut également être amené à tirer parti de la résolution d'un problème d'optimisation en amont de l'apprentissage, comme ce que nous avons fait dans l'article Forecasting Electricity Prices : an Optimize then Predict-based approach, publié à IDA 2023 et pour lequel nous avons obtenu un prix de meilleur article applicatif. Lorsque l'on traite de manière séparée ces deux aspects, on obtient généralement une solution sous-optimale. Dans l'approche « predict-then-optimize », un modèle prédictif est d'abord construit puis utilisé pour optimiser la prise de décision. Cependant, l'apprentissage du modèle n'est pas guidé par les erreurs de prédiction sur la tâche finale liée au problème d'optimisation. À l'inverse, le cadre « predict-and-optimize » propose d'apprendre un modèle prédictif en minimisant directement l'erreur liée à la tâche décisionnelle en aval. Cela nécessite d'intégrer l'erreur du problème d'optimisation dans le processus d'apprentissage, notamment la « Chain Rule Derivative » qui permet de décomposer la dérivée de l'erreur et de la back-propager dans le réseau de neurones. C'est ce qui a été fait dans l'article Electricity Price

Forecasting based on Order Books : a differentiable optimization approach, publié à DSAA2023, pour le problème de prédiction du prix de l'électricité à partir des carnets de commandes. Nous avons conçu une méthode de résolution entièrement différentiable et évolutive pour ce problème et l'avons appliqué aux données réelles de l'European Power Exchange (EPEX).

- **Décrire l'évolution d'un groupe dans des données temporelles à l'aide d'événements à multiples facettes [Fai+24].** Dans cet article publié dans la revue *Machine Learning*, nous avons introduit une nouvelle manière de décrire l'évolution de groupes dans un contexte de clustering dynamique (ou communautés dynamiques dans le cas des graphes). Dans la littérature, l'évolution de tels groupes est habituellement décrite théoriquement par une succession d'événements tels que des fusions, divisions, naissance, mort, etc. Dans ce travail, nous montrons que dans de nombreux cas réels, les événements observés sont plus complexes et ne peuvent pas simplement être rangés dans ces catégories strictes. Nous proposons donc une définition quantitative des événements, composé de trois indicateurs : Unicity, Identity et Outflow. Tout événement observé peut donc être décrit par un vecteur à trois dimensions. Nous démontrons la pertinence de cet outil pour décrire l'évolution de communautés dans le contexte d'interaction face-à-face dans un lycée.

**Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.**

**Responsabilités éditoriales et comités de programme.** Nomination au comité éditorial de la revue *Data Mining and Knowledge Discovery* et de la revue *International Journal of Geographical Information Science* depuis 2022. Participation aux comités de programme des conférences ACM SIGKDD, IJCAI, ECML/PKDD, IDA, ECAI, IJCNN.

**Organisation de manifestations scientifiques.** En 2023, l'équipe DM2L a joué un rôle central en tant que membres locaux dans l'organisation de la 23<sup>ème</sup> édition de la conférence *Extraction et Gestion des Connaissances (EGC)* à Lyon, un rendez-vous national incontournable pour les chercheurs en fouille de données et gestion des connaissances. L'équipe DM2L a co-organisé la deuxième édition du Second International Workshop on Geographic Information Extraction from Texts (GeoExT) en 2024, dans le cadre de la conférence ECIR (46<sup>th</sup> European Conference on Information Retrieval) à Glasgow. Cet événement, en collaboration avec des partenaires internationaux tels que le German Aerospace Center, l'Université de Zurich et Massey University, a permis de réunir des experts pour discuter des avancées dans l'extraction d'informations géographiques à partir de textes. L'équipe a également co-organisé plusieurs workshops associés à la conférence ACM SIGSPATIAL (Geospatial Humanities, Geographic Information Retrieval). En septembre 2024, l'équipe a également organisé à Lyon le Prix de thèse en systèmes complexes de CSS/France, un événement soutenu par le LIRIS, le laboratoire AMPERE, l'IXXI et CSS/France. Cette manifestation a rassemblé 18 candidats sélectionnés, qui ont présenté leurs travaux de thèse lors d'auditions publiques. À l'issue de ces présentations, six lauréats ont été récompensés par un prix de 1 000€ chacun, valorisant leurs contributions dans le domaine des systèmes complexes.

Ces engagements illustrent l'implication de l'équipe dans le rayonnement de la recherche scientifique au niveau national et international.

**Politique d'invitation des personnalités scientifiques.** Au sein de l'équipe nous avons eu plusieurs scientifiques qui sont venus donner un séminaire à l'occasion de leur participation à un jury de thèse ou bien lors de leur visite pour collaborer avec des membres de l'équipe. On peut citer : Pascal Germain, Université de Laval, (QC, Canada), Katherine McDonough (Lancaster University and The Alan Turing Institute), Andrea Failla (University of Pisa, Italie), Alessio Ragno (Sapienza University of Rome, Italie), Rémi Vaudaine (ENS de Lyon, France), Douf El Kefel Mansouri (université de Tiaret, Algérie), Giuseppina Andresini (Université de Bari, Italie), Salvatore Citraro (Univ. Pisa, Italie), Pedro Ramaciotti (Medialab Science Po, France), Julien Velcin et Adrien Guille (ERIC lab, France), Sihem Amer-Yahia (LIG, France).

**Rayonnement.** Les membres de l'équipe donnent des conférences invitées :

- K. Benabdeslem : conférence invité sur « l'apprentissage semi-supervisé » dans plusieurs laboratoires internationaux : GRAAL (Quebec, 2024), ESTIN (Bejaia, 2024).
- L. Moncla : Conférence invitée « Evaluation of Transformer Models (from BERT to GPT) for Geographic Information Recognition » lors de la conférence finale du semestre thématique sur les Humanités Numériques et l'Intelligence Artificielle, soutenu par le centre CNRS d'Intelligence Artificielle pour la Science, Science pour l'Intelligence Artificielle (AISSAI). Décembre 2024, Paris<sup>46</sup>, « Evaluation of Transformer Models (from BERT to GPT) for Geographic Information Recognition » : Invited talk, Final conference of the Digital Humanities and Artificial Intelligence Thematic Semester, Observatoire de Paris, et « From

---

46. <https://semtemiah.hypotheses.org/final-conference>

BERT Fine-Tuning to LLM Prompting » Invited talk at the first workshop of the GeoLiaison PHC project organized by Davide Buscaldi (LIPN) and Jochen L. Leidner (Coburg U.)

- R. Cazabet : Séminaire invité au CAMS (Paris) : Exploration of Bitcoin transaction network. (Mars 2024)
- C. Robardet Institut d’Automne en Intelligence Artificielle (IA2), l’université de Bari, EMLyon Business School

**Référence 4. La production scientifique de l’unité respecte les principes de l’intégrité scientifique, de l’éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

Dans la communauté du machine learning, il est d’usage depuis plus d’une décennie, lorsque l’on publie dans les conférences et revues internationales, d’associer à l’article les données et le code permettant de reproduire les expérimentations. Le code et les données sont généralement publiées sur le compte github des auteurs et référencé dans le papier. Cette pratique vise à garantir la reproductibilité des résultats, un principe fondamental pour valider les avancées scientifiques et permettre à d’autres chercheurs de vérifier, améliorer ou adapter les travaux existants. Cela favorise également une dynamique de collaboration ouverte, où les idées et les outils peuvent être partagés et enrichis par la communauté.

En ce qui concerne la science ouverte, nous avons adopté, sous l’impulsion de nos tutelles, une politique de publication sous licence Creative Commons Attribution (CC-BY). Cette licence permet à tout un chacun de réutiliser, modifier et partager nos travaux, à condition d’en attribuer la paternité aux auteurs originaux. Une telle démarche s’inscrit dans un effort global pour démocratiser l’accès aux connaissances scientifiques et accélérer l’innovation, en réduisant les barrières à l’accès aux résultats de recherche. Elle contribue également à renforcer la transparence scientifique.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L’unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

L’équipe développe des partenariats variés et solides avec les acteurs du monde culturel, économique et social, s’appuyant sur une combinaison de conventions, de contrats de recherche et de collaborations stratégiques. Ces partenariats reflètent une volonté affirmée d’ancrer nos recherches dans des problématiques concrètes, répondant à des enjeux scientifiques, technologiques, sociaux et culturels.

Sur le plan économique, nous collaborons avec des entreprises par le biais de contrats de recherche, représentant une part significative de nos financements (voir Table 2.30). Ces collaborations incluent des projets de développement technologique, de transfert de connaissances et d’optimisation de processus industriels.

Dans le cadre de nos partenariats sociaux et culturels, nous explorons des thématiques interdisciplinaires telles que l’impact des technologies numériques sur les pratiques culturelles ou le développement d’outils d’analyse au service des sciences humaines. Nous collaborons également avec des institutions publiques et des associations, à l’échelle locale et nationale, pour relever des défis sociétaux majeurs, comme la transition énergétique, l’éthique de l’intelligence artificielle ou la transformation numérique. À titre d’exemple, les travaux de doctorat de Yacine Gaci sur la subjectivité, les biais et l’équité dans les modèles linguistiques contribuent directement aux engagements de notre tutelle (Lyon 1) en matière d’inclusion, de diversité et d’égalité des chances, notamment à travers le développement de l’outil BiaExposer [Jal+24].

Suite à la sollicitation du CNRS en interne, au début de la pandémie de COVID-19, une partie de notre effort de recherche a été mise au service du groupe CovDyn d’étude de la dynamique de l’épidémie pendant la période d’activité de ce groupe (de 2020 à 2022). Les recherches menées portaient sur l’étude de modèles compartimentaux pour capter la dynamique de l’épidémie en France. Nous avons principalement travaillé sur les trajectoires de confinement et de déconfinement à base d’EDO, et sur le développement de modèles de simulation multi-agents prenant en compte l’interaction entre différentes mesures sanitaires (port du masque, distanciation, traçage des contacts, tests, isolement, vaccination). Ces travaux ont été effectués en collaboration par des membres des équipes Imagine, DM2L et Beagle du Liris et de plusieurs autres équipes universitaires du site de Lyon. Les résultats ont été consignés dans différents rapports de recherche et deux publications [Pag+21 ; Pag+22], tous ces documents étant en libre accès.

**Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

**Un graphe de connaissances révolutionnaire.** iText2KG<sup>47</sup> est un package Python conçu pour construire de manière incrémentielle des graphes de connaissances cohérents avec des entités et des relations résolues en exploitant de grands modèles de langage pour l'extraction d'entités et de relations à partir de documents texte. Il offre une capacité de type zero-shot, permettant l'extraction de connaissances dans divers domaines sans formation spécifique. Le package comprend des modules pour la distillation de documents, l'extraction d'entités et l'extraction de relations, garantissant des entités et des relations résolues et uniques. Il met continuellement à jour le KG avec de nouveaux documents et les intègre dans Neo4j pour une représentation visuelle. iText2KG a fait l'objet d'un article publié dans WISE'24 [Lai+24] et a suscité l'intérêt d'un grand nombre de chercheurs et d'industriels dans le monde. A peine développé, il compte déjà 600+ Star Github et 64+ fork.

**Un agent conversationnel neuronal pour répondre aux questions des candidats du Master Data Science de Lyon 1.** Des millions de personnes utilisent des interfaces en langage naturel (Google Now, Alexa etc.), via leur téléphone mobile ou sur les réseaux sociaux. Face à cet engouement, nous avons développé au LIRIS un agent conversationnel (chatbot) à mémoire, fondés sur les réseaux de neurones profonds (Deep Learning). Ce modèle novateur est capable d'apprendre, uniquement à partir d'exemples, à dialoguer et répondre aux questions des étudiants en gardant en mémoire les éléments clés des échanges passés. Pour cela, il extrait le sens sémantique des questions (en combinant le sens sémantique des mots) et consulte sa mémoire contextuelle afin de produire une réponse correcte. Le chatbot est désormais en ligne depuis juin 2019 pour répondre aux questions des candidats du Master Data Science de Lyon 1. Environ 500 utilisateurs ont déjà dialogué avec le chatbot deux mois après son déploiement. Les nouveaux dialogues viennent constamment enrichir la base d'apprentissage et améliorer le modèle [AA19].

**Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

L'équipe DM2L s'engage activement dans la diffusion des savoirs et la vulgarisation scientifique, contribuant ainsi à partager ses connaissances avec un large public, allant des industriels aux élèves du primaire. Cet engagement se traduit par une diversité d'initiatives :

- **Vulgarisation de l'IA auprès des professionnels de la santé** : Khalid Benabdeslem a été invité en 2019 par la SFMPP (Société Française de Médecine Prédictive et Personnalisée) pour modérer une session et animer une table ronde sur la génomique et l'IA contre le cancer<sup>48</sup>.
- **Conférences pour les industriels** : Christophe Rigotti a donné deux conférences en mars et mai 2022 à destination d'un public d'industriels spécialisés en génie civil. Ces interventions ont permis de présenter les applications concrètes des avancées en data science dans ce domaine, en mettant l'accent sur les enjeux pratiques et les opportunités offertes par l'utilisation des techniques de machine learning pour optimiser les processus industriels.
- **Master class sur les crypto-monnaies** : Rémy Cazabet a animé une master class<sup>49</sup>, dans le cadre de journées d'étude pluridisciplinaire jeunes chercheurs, dédiée aux crypto-monnaies, offrant au public une compréhension approfondie des technologies blockchain, des enjeux économiques et des perspectives d'évolution de ces systèmes. Ce format interactif a permis d'aborder des questions à la croisée des sciences informatiques et de l'économie, rendant accessibles des concepts complexes à un public varié.
- **Participation à la Fête de la Science** : Ludovic Moncla et Arthur Batel ont participé à cet événement annuel sur le campus de La Doua, aux côtés de la cellule Médiation scientifique du LIRIS, en proposant des activités autour de l'informatique débranchée. Ces animations ludiques et interactives ont permis au grand public, notamment aux jeunes, de découvrir les principes fondamentaux de l'informatique sans nécessiter d'ordinateur.
- **Initiation à l'algorithmique et la robotique en milieu scolaire** : Ludovic Moncla a également organisé des séances d'initiation à la programmation visuelle et à la robotique dans l'école primaire Léon Jouhaux à Villeurbanne. Grâce aux robots Thymio, les élèves de CE2 ont pu s'initier aux bases de la pensée algorithmique et découvrir les principes de la programmation, contribuant ainsi à développer un intérêt précoce pour les sciences numériques.
- **Podcasts et vidéos éducatives** : Alice Brenon a participé à la réalisation de contenus pédagogiques accessibles en ligne, notamment un podcast sur l'analyse automatique d'articles encyclopédiques (Code

47. <https://github.com/AuvaLab/itext2kg>

48. <https://webconferences.sfmpp.org/2019/>

49. <http://alter-crypto.sci-web.net>

for Thought)<sup>50</sup> et une interview en duo avec Ludovic Moncla sur les librairies Python et les services web, diffusée sur YouTube. Ces supports numériques permettent de toucher un public large, au-delà des cercles académiques, en offrant des ressources claires et informatives sur des sujets scientifiques et techniques.

- **Collaborations interdisciplinaires** : L'équipe explore également des initiatives à la frontière entre les sciences numériques et d'autres disciplines, comme en témoigne la collaboration d'Arthur Batel avec des juristes, visant à expliquer les implications des outils d'intelligence artificielle dans le cadre légal.

Ces diverses actions montrent la volonté de l'équipe DM2L de rendre la science accessible et d'interagir avec différents publics, qu'ils soient industriels, scolaires ou grand public. Cette approche inclusive et pédagogique contribue à démocratiser les avancées scientifiques, tout en suscitant des vocations et des débats sur les impacts des nouvelles technologies dans notre société.

## Synthèse de l'autoévaluation

Les travaux de recherche menés par l'équipe DM2L s'inscrivent dans un contexte particulièrement dynamique et favorisent de nombreuses collaborations. Grâce à ses objectifs scientifiques ambitieux, l'équipe parvient à publier au plus haut niveau et à exercer une influence significative à l'échelle européenne. Toutefois, une diminution marquée des ressources humaines permanentes au cours de la période a entraîné une charge de travail accrue pour les membres en poste, constituant ainsi un point de fragilité.

## Synthèse de l'autoévaluation

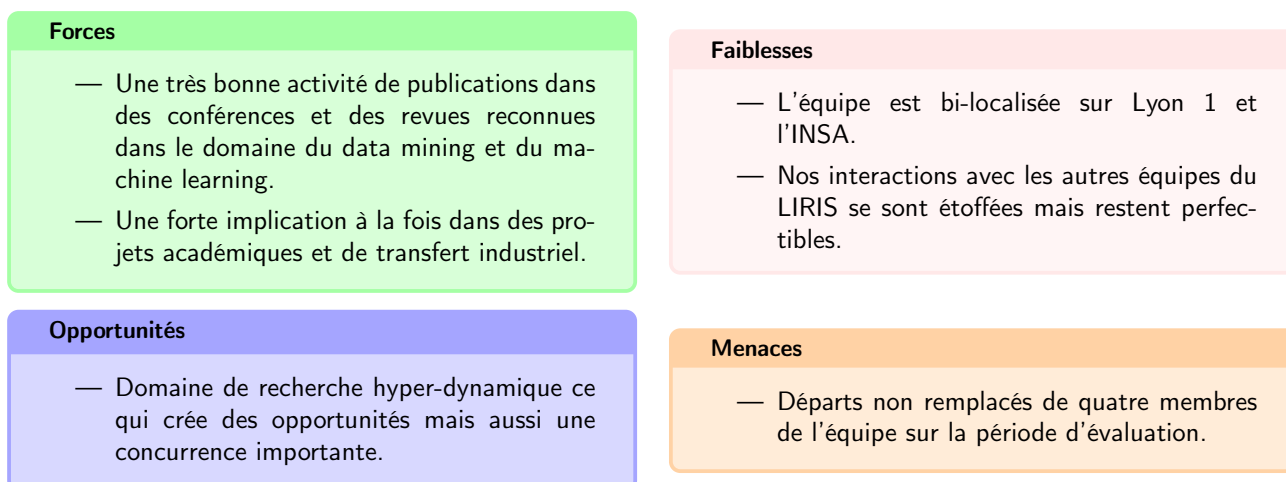


FIGURE 2.34 – SWOT de l'équipe DM2L.

## 4- Trajectoire de l'équipe

### Perspectives scientifiques

Les travaux de l'équipe DM2L s'inscrivent dans une double perspective de développement théorique et pratique en apprentissage automatique. Ils visent à améliorer la modélisation et de l'analyse des données, en adressant des problématiques complexes liées aux modèles multimodaux basés sur des graphes, à l'explicabilité des modèles, à l'étude de systèmes complexes, ainsi qu'aux modèles de langue pour diverses applications.

**Modèles multimodaux à base de graphes** – Les modèles multimodaux à base de graphes constituent une direction prometteuse pour exploiter conjointement plusieurs modalités d'information dans un modèle unifié. En exploitant la puissance des graphes pour modéliser les relations entre objets, concepts ou entités, ces modèles permettent une meilleure intégration des connaissances et facilitent l'interprétation des interactions complexes. Nous proposons d'exploiter les réseaux d'information hétérogènes pour faciliter l'analyse inter-modèles en apprentissage automatique. L'objectif est de construire un espace de représentation unifié permettant des interactions fluides entre les données et les modèles, en structurant ces informations sous forme de multigraphes étiquetés. Cette approche intègre des techniques avancées, incluant l'exploration de modèles, l'identification de sous-graphes fréquents et la simplification de réseau (agrégation, résumé, détection de communautés).

50. <https://www.youtube.com/watch?v=G9DRZYGKDPo>

Une perspective de recherche sur laquelle des projets ont été déposés consiste à développer des méthodes de prédiction de lien prenant en compte de multiples modalités d'organisation structurale et d'attributs de manière orthogonale afin de produire des prédictions pertinentes et explicables. Concrètement des méthodes de GNN et des méthodes statistiques vont être développées, sur le principe de décrire le graphe comme une combinaison de facteurs indépendants. La prédiction de lien sera notamment appliquée à des données biologiques complexes (Protein-Protein Interaction network, *drug repurposing*) via des partenaires du projet.

**Explicabilité de modèles d'apprentissage** – L'explicabilité des modèles d'apprentissage est un axe majeur des travaux de DM2L que nous souhaitons poursuivre et évaluer dans des contextes applicatifs où ils ont des implications importantes pour la confiance et l'adoption des modèles en milieu critique, que ce soit par exemple en santé, en gestion des risques environnementaux, pour répondre à des enjeux industriels (maintenance prédictive) ou encore dans les sciences sociales. Nous souhaitons également développer des modèles auto-explicatifs permettant de trouver des compromis intéressants entre la précision et l'interprétabilité des prédictions.

Notre vision de l'explicabilité ne se limite pas à fournir des éléments d'explication mais englobe aussi l'analyse des informations pouvant être obtenues en grands volumes par ces méthodes. Au-delà des explications pouvant être fournies à un utilisateur, ceci forme un nouvel espace de description des données elles-mêmes. Etudier de tels espaces, nous a par exemple récemment permis lors d'une application de montrer que le changement de l'importance de certains facteurs dans la prédiction de l'activité des gènes pouvait permettre d'aider à la caractérisation de types cellulaires. Ce travail repose sur la construction de groupes d'instances présentant des profils d'explication similaires et nous pensons que d'une façon plus générale la fouille de ces espaces de description offre un fort potentiel de découverte de connaissances additionnelles dans les applications où l'explicabilité sera mise en œuvre.

**IA et systèmes complexes** – Les avancées récentes en IA ouvrent de nouvelles portes dans le domaine de l'étude des systèmes complexes, i.e., des systèmes composés de multiples éléments en interaction, multi-échelle, au comportement chaotique en raison notamment de boucles de rétroaction, ayant une dynamique spatio-temporelle, et intégrant des éléments complexes tels que des agents humains. Développer des outils logiciels innovants, en particulier en soutien à d'autres domaines scientifiques ou pour répondre à des besoins métiers, constitue un nouvel axe de l'équipe qui sera amené à être développé. Par exemple, dans un projet en cours, des LLMs sont utilisés comme agents pour jouer le rôle d'utilisateurs d'un réseau social, ceci afin de créer un jumeau numérique d'un réseau social, aux propriétés contrôlables, afin d'étudier des phénomènes tels que les bulles de filtre, les chambres d'écho, ou encore le rôle des algorithmes de recommandation, dans un environnement contrôlé et répliquable. Un autre axe de travail récemment initié et pour lequel des projets ont été déposés consiste à concevoir un jumeau numérique de systèmes magmatique, en collaboration avec des vulcanologues. Les avancées récentes en machine learning permettent notamment de construire des modèles de substitution (*surrogate model*, capable d'abstraire un modèle physique complexe, par exemple, une poche magmatique, afin de concevoir un modèle multi-échelle intégrant des centaines ou des milliers de telles poches et leurs interactions, ce qui n'est pas possible en utilisant des simulations physiques directement, en raison du coût de calcul.

**Modèles de langues pour la géographie** – Les systèmes d'information géographique ou de navigation sont devenus omniprésents et les grands modèles de langage (LLMs) sont désormais appliqués aussi au domaine géographique. Cependant, certaines limites apparaissent : les modèles d'IA entraînés avec des données du Web sont biaisés en faveur de lieux importants et peuvent n'avoir qu'une connaissance partielle ou erronée de lieux moins connus. Au-delà des données ou connaissance, la question se pose de l'interprétation ou des modes de raisonnements appliqués aux données géographiques. Les LLMs sont-ils capables de proposer une navigation ou une localisation en utilisant les concepts spatiaux ? Dans un premier temps, une des perspectives de l'équipe s'intéressera à l'évaluation du langage géographique des LLMs ainsi que leurs connaissances et raisonnement topologique et géographiques. Cette tâche sera accompagnée de la constitution de jeux de données et de benchmarks pour l'évaluation des capacités et performances des LLMs sur ces questions en comparaison de modèles classiques moins énergivores. Enfin, nous souhaitons contribuer à l'amélioration de leurs connaissances et modes de raisonnement géographique et spatiaux, en mettant l'accent sur des lieux ou territoires moins connus. Cela inclut l'amélioration de la résolution de toponymes, la détection de changements géographiques à partir de textes, la reconstruction de traces (déplacements) à partir de récits. De manière plus générale, cette perspective s'ouvre sur celle de la combinaison d'approches symboliques, d'apprentissage profond et d'IA génératif afin de développer des approches fiables, performantes et flexibles.

## Collaborations envisagées avec les autres équipes et positionnement de l'équipe par rapport à la trajectoire du LIRIS

Dans le cadre de notre trajectoire scientifique, nous souhaitons renforcer nos collaborations avec les équipes du laboratoire travaillant sur les graphes et l'intelligence artificielle, afin de tirer parti de notre expertise en data mining et en apprentissage automatique. À cet égard, le rapprochement avec les équipes GOAL et Sycosma s'inscrit naturellement dans la structuration prévue autour des pôles du laboratoire.

Nos collaborations avec GOAL et Sycosma s'appuient sur un historique scientifique et administratif solide, notamment à travers le Pôle GRAMA (2004-2010) et le laboratoire GAMA (2010-2012), qui regroupaient déjà ces trois équipes. Cette dynamique s'est poursuivie ces dernières années, en particulier sur l'exploration des graphes et de l'intelligence artificielle. Par exemple, des projets transverses de laboratoire ont été obtenus pour financer des co-encadrements d'étudiants de Master avec GOAL (e.g., *GREG : Graph embedding pour des Requêtes agrégatives complexes*) sur des problématiques de graph mining, faisant le pont entre nos recherches.

Par ailleurs, nos travaux en apprentissage supervisé nous rapprochent de l'équipe SyCoSma, avec laquelle nous avons déjà collaboré, notamment dans le cadre d'un projet transverse du laboratoire. Ce projet, *Self-Supervised Learning for Link Prediction (2024/2025)*, vise à développer de nouvelles méthodes de prédiction de liens en exploitant les Graph Neural Networks et l'apprentissage auto-supervisé pour rapprocher les plongements de nœuds aux propriétés structurelles similaires.

Enfin, la proximité géographique de nos trois équipes sur le site lyonnais est un atout stratégique pour renforcer les synergies, favoriser les échanges et structurer efficacement le pôle. Pour toutes ces raisons, nous considérons que ce rapprochement est une opportunité qui contribuera au développement de DM2L et à la dynamique scientifique du laboratoire dans son ensemble.

## 10- Tweak

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe Traces, Web, Education, Adaptation and Knowledge - aka TWEAK - a été créée en janvier 2015, suite à une division de l'équipe SILEX en deux équipes (l'autre équipe est Sical) et à une réorganisation plus générale de l'unité. La plupart des membres de l'équipe sont personnels de l'université Lyon 1 (département informatique de l'université ou IUT informatique), une personne est personnel de l'INSA Lyon, une autre de l'Université Lyon 3. Leurs bureaux sont dans leurs établissements respectifs, les personnes hors Lyon 1 ayant en outre un "point de chute" dans un bureau à l'université Lyon 1. Les doctorants et stagiaires sont installés dans des bureaux proches de ceux de leurs encadrants.

L'équipe compte 4 ETP constitués de 8 enseignants-chercheurs permanents au 31/12/2024, dont 6 femmes (75%). Deux sont professeures (25%), deux sont maîtres de conférences HDR, les quatre autres sont maîtres de conférences. Un professeur émérite participe également parfois aux réunions de l'équipe.

Un des deux maîtres de conférences HDR de l'équipe est en disponibilité puis détachement depuis février 2021. Une membre de l'équipe est arrivée jeune MCF en septembre 2023.

L'équipe compte au premier décembre 2024 trois doctorants proches de leur soutenance et cinq nouveaux doctorants ayant débuté à l'automne 2024. Elle intègre également souvent des post-doctorants et ingénieurs en CDD sur contrats, ainsi que des stagiaires de master.

Les doctorants ayant démarré leur thèse fin 2020 et début 2021 ont été beaucoup impactés par la période COVID, tant d'un point de vue psychologique que sur l'avancée de leurs travaux : trois d'entre eux soutiendront dans le premier semestre 2025. Aussi, sur la période, deux doctorants en contrat CIFRE ont été licenciés par leur entreprise, arrêtant net leur doctorat. Deux autres doctorants ont abandonné. Nous avons donc, au 31 décembre 2024, sur les 16 thèses de la période, 4 thèses soutenues, 4 thèses arrêtées, 3 en instance de soutenance (janvier, mai et juin 2025) et 5 qui viennent de commencer. Depuis la fin de la pandémie, la normale semble être revenue.

Parmi ces docteurs, la moitié poursuivent une carrière dans les métiers de la recherche et de l'enseignement, un quart dans le service R&D de leur entreprise, l'un d'entre eux a décidé de prendre des vacances prolongées avant de poursuivre sa carrière.

Les travaux de recherche de l'équipe TWEAK concernent la connaissance dans tout son cycle de vie : modélisation, acquisition, traitement, exploitation. Les domaines cibles sont principalement le Web Sémantique, le Web des Objets et les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. De plus, deux préoccupations transversales colorent les thématiques de l'équipe : l'explicabilité des résultats pour les utilisateurs, et la frugalité des architectures implémentant l'ensemble du cycle de vie de la connaissance.

Les recherches que nous menons sont largement dirigées par des problématiques concrètes, en lien avec des acteurs de terrain. C'est pourquoi nous nous efforçons de produire des résultats de recherche qui soient opérationnels, sous forme de prototypes ou d'outils que nous pouvons ensuite évaluer sur divers terrains applicatifs. Cette préoccupation pour l'opérationnalisation, l'expérimentation et l'évaluation se traduit par de nombreux partenariats avec des entreprises (contrats de collaboration, CIFRE, projets ANR PRCE).

#### Environnement de recherche

Au sein de l'unité, l'équipe TWEAK a des collaborations avec les équipes Sical, Sycosma et DM2L, principalement via le co-encadrement de thèses de doctorat, mais aussi dans le cadre de projets collaboratifs (deux projets ANR avec l'équipe SICAL, un projet du LabEx Aslan avec l'équipe DM2L).

L'équipe TWEAK participe à la Fédération Informatique de Lyon<sup>51</sup>, au Labex Aslan en Etudes avancées sur la complexité du langage<sup>52</sup>, et à la Structure Fédérative de Recherche Relys "Recherches en éducation Lyon - St Etienne"<sup>53</sup>.

---

51. <https://fil.cnrs.fr/>

52. <https://aslan.universite-lyon.fr/>

53. <https://elico-recherche.msh-lse.fr/programme/sfr-relys>

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

Cette section reprend les recommandations du précédent rapport et donne des éléments de réponse pour chacune.

- *Recommandations concernant les produits et activités de la recherche de l'équipe : Tout en maintenant sa très bonne activité actuelle, l'équipe TWEAK devrait mettre davantage d'effort sur la production d'articles scientifiques, essayer de pérenniser ses relations industrielles e.g. sous la forme de laboratoires communs, et s'engager dans des projets de recherche internationaux.*

Les activités de publication sur la période ont résulté en 12 articles dans des journaux dont 8 internationaux (6 dans des journaux classés Q1/Q2 sur SJR), 51 articles dans des conférences dont 28 internationales. Malgré quelques tentatives, nous n'avons pas pu pérenniser nos relations industrielles sous forme de labcom. Cependant, nous avons des relations durables avec plusieurs entreprises, par le biais de projets ou de conventions CIFRE. Nous avons sur la période obtenu deux projets internationaux : Erasmus+ PEAPL (2020-2023) et FNS DocTA2LE-FR (2023-2027).

- *Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'équipe : La bonne organisation de la vie de l'équipe TWEAK et son animation scientifique actuelles devraient être maintenues. Des séminaires annuels d'équipe pourraient améliorer encore l'organisation.*

La vie de l'équipe est toujours ponctuée de séminaires scientifiques en moyenne tous les 2 mois, principalement pour des présentations de membres de l'équipe, permanents ou non. Un séminaire annuel d'une demi-journée assortie d'un pique-nique est généralement organisé (hors covid). Les permanents ont également une réunion hebdomadaire courte en visioconférence pour traiter des questions organisationnelles ou des demandes venant de notre direction ; des réunions plus longues sont fixées selon les besoins (définition d'un profil de poste par exemple).

- *Recommandations concernant le projet et la stratégie à cinq ans de l'équipe : L'équipe devrait être attentive à la cohésion des trois axes principaux affichés, avec des résultats de l'équipe TWEAK qui puissent émerger à la fois dans les axes Web et EIAH (environnements informatiques pour l'apprentissage humain). Une autre approche est de revoir l'affichage de l'activité de l'équipe selon d'autres axes. Il s'agit là d'une remarque d'affichage et non de cohérence du projet. Avec l'implication de plusieurs de ses membres dans l'organisation de The Web Conference 2022 voire peut-être de façon récurrente, l'équipe TWEAK doit veiller à préserver son activité scientifique.*

Les activités de l'équipe sont bien équilibrées entre Web et EIAH. Le ciment de ces deux axes constitué de la gestion des connaissances dans tout leur cycle de vie est une réalité. Dans ce rapport, nous avons donc choisi de présenter nos activités selon le cycle de vie des connaissances.

Par ailleurs, la récurrence de l'organisation de The Web Conférence n'est plus d'actualité, les membres de l'équipe restent en lien avec ACM SIGWEB qui a repris la gestion de la conférence, et participent à plusieurs titres aux éditions qui suivent celle de 2022, mais avec un investissement sans comparaison. La grosse charge d'organisation de cette conférence a eu un impact sur les résultats en publications des membres impliqués, comme toutes les autres activités complémentaires que les enseignants-chercheurs mènent dans leurs établissements.

## 2- Introduction du portfolio

- Réalisation 1 : Julian Bruyat, Pierre-Antoine Champin, Lionel Médini & Frédérique Laforest (2024). « PRSC : from PG to RDF and back, using schemas ». Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability [Bru+24]

Dans cet article, nous présentons PRSC, un convertisseur permettant de transformer un graphe de propriétés en un graphe RDF. Les algorithmes correspondants sont fournis. Cet article est le cœur de la thèse de Julian Bruyat [Bru24], et son prototype est disponible pour la communauté <https://github.com/bruju/PREC>.

- Réalisation 2 : les outils COMPER

Dans le cadre du projet ANR COMPER, nous avons développé un ensemble d'outils et de services à proposer aux équipes pédagogiques souhaitant mettre en œuvre une approche par compétences pour proposer à leurs apprenants des services d'adaptive learning. Ces outils sont actuellement utilisés par 50 utilisateurs enseignants, et entre 1000 et 2000 utilisateurs apprenants chaque année.

- Réalisation 3 : Alexandre Bento, Lionel Médini, Kamal Singh & Frederique Laforest (2022). « Do Arduinos dream of efficient reasoners ? ». European Semantic Web Conference, 2 juin 2022, Hersonissos (Grèce), pp. 289-304 [Ben+22c]

Dans cet article, nous présentons LiRoT, un raisonneur incrémental léger qui peut être embarqué dans des objets contraints. L'objectif principal de ce travail est de réduire drastiquement l'empreinte mémoire

tout en faisant attention au temps d'exécution ; les techniques d'optimisation habituelles ne sont donc pas adéquates. LiRoT est le prototype de la thèse d'Alexandre Bento [Ben+24c]. Ce travail a eu lieu dans le cadre du projet ANR CoSWoT <https://coswot.gitlab.io/>.

- Réalisation 4 : RDF 1.2 Concepts and Abstract Syntax W3C Working Draft 10 February 2025  
<https://www.w3.org/TR/rdf12-concepts/>

Cette réalisation illustre la participation de Pierre-Antoine Champin à l'édition du standard RDF 1.2 au sein du W3C. La première édition publique de ce document date de mai 2023. Le draft étant disponible en ligne, il n'est pas recopié dans le portfolio lui-même.

### 3- Auto-évaluation du bilan

#### Autoévaluation de l'équipe

##### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

**Objectifs scientifiques** Les travaux de recherche de l'équipe TWEAK concernent la connaissance dans tout son cycle de vie : modélisation, acquisition, traitement, exploitation.

En termes de modélisation des connaissances, l'équipe mène des travaux sur la modélisation standardisée des données provenant de capteurs ou d'environnements pour l'apprentissage humain, sur la définition d'ontologies de compétences d'un domaine, d'ontologies de compétences acquises par un individu, ou encore de méta-modèles de connaissances.

En ce qui concerne le volet acquisition de connaissances, les approches proposées peuvent être manuelles, automatiques, ou semi-automatiques. Nos travaux sur l'acquisition de connaissances englobent ces trois possibilités en s'attaquant tant à l'extraction de connaissances dans des textes avec du traitement de la langue, à l'acquisition de données de capteurs dans le Web des Objets qu'aux traces d'usage dans les EIAH ou encore à la définition de modèles de connaissances par des experts.

Le traitement des connaissances repose dans notre équipe sur la transformation de graphes, le raisonnement à base de règles ou la définition d'algorithmes de recommandation explicables.

L'exploitation des connaissances passe par la mise en situation des méthodes proposées pour traiter les connaissances dans le cadre de situations concrètes, comme la recommandation aux utilisateurs, une visualisation adaptée, la prise de décision ou encore l'activation d'actionneurs dans le monde physique.

Toutes ces étapes du cycle de vie de la connaissance sont au coeur des activités de l'équipe. Ces recherches sont mises en oeuvre dans le cadre de projets collaboratifs financés, permettant de les ancrer dans des usages et des problématiques de société réels.

Ainsi, nos activités se situent principalement dans les domaines du Web sémantique et du Web des Objets et des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH).

De plus, deux préoccupations transverses colorent les thématiques de l'équipe : il s'agit de l'explicabilité des résultats pour les utilisateurs, et de la frugalité des architectures implémentant l'ensemble du cycle de vie de la connaissance.

**Intégration dans la politique des tutelles** Les travaux scientifiques de l'équipe TWEAK, comme décrits ci-avant, s'insèrent dans la politique de développement durable et de responsabilité sociétale de ses tutelles. En particulier, l'INSA Lyon affiche cinq enjeux sociétaux<sup>54</sup> qui guident ses activités de recherche. En termes de responsabilité sociétale, l'explicabilité des recommandations et des décisions prises par nos logiciels sont au coeur de nos préoccupations. Aussi, la frugalité des architectures et des algorithmes supportant nos propositions dans le Web sémantique participent aux objectifs de développement durable. Par exemple, par le biais de

---

54. <https://www.insa-lyon.fr/fr/5-grands-enjeux-societaux>

projets transversaux soutenus par la Fédération Informatique de Lyon, nous tissons des liens avec des équipes de recherche du site Lyon Saint-Etienne, principalement dans le domaine de l'informatique frugale. Des financements de diverses provenances (LabEx Aslan, IXXI<sup>55</sup>, Albatross Foundation<sup>56</sup>, programme Atypie Friendly<sup>57</sup>, programme Emergence de Paris Seine Initiative, AAP IXXI – MSH Lyon St-Etienne) nous permettent aussi de travailler de manière transversale au niveau du site lyonnais et au-delà, sur des sujets de responsabilité sociétale comme l'amélioration de l'apprentissage de la lecture pour les enfants en difficulté, l'étude des comportements de consommation et d'investissement du point de vue de leur impact environnemental, l'éducation au développement durable, ou encore l'inclusion des personnes porteuses de handicaps ou de troubles du neuro-développement.

**Organisation de l'équipe** Comme indiqué dans la réponse aux remarques du précédent rapport, la vie de l'équipe est toujours ponctuée de séminaires scientifiques en moyenne tous les 2 mois, principalement pour des présentations de membres de l'équipe, permanents ou non. Un séminaire annuel d'une demi-journée assortie d'un pique-nique est généralement organisé (hors covid). Les permanents ont également une réunion hebdomadaire courte en visioconférence pour traiter des questions organisationnelles ou des demandes venant de notre direction ; des réunions plus longues sont fixées selon les besoins (par exemple : échanges sur les montages de projets, définition d'un profil de poste, rédaction de rapports annuels).

Un espace en ligne partagé permet de partager divers documents ; il inclut notamment un fil de suivi des réunions permanents, un autre document regroupe les prises de notes sur les réunions scientifiques.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	13 k€	3 k€	2 k€	0 k€	0.8 %
France	1047 k€	299 k€	174 k€	49 k€	68.3 %
PIA	69 k€	19 k€	11 k€	3 k€	4.5 %
Industrie	91 k€	26 k€	15 k€	4 k€	5.9 %
Europe	102 k€	29 k€	17 k€	4 k€	6.7 %
International	208 k€	59 k€	34 k€	9 k€	13.6 %
Total	1530 k€	437 k€	255 k€	72 k€	100%

TABLE 2.31 – Contrats : quelques indicateurs clés pour Tweak. Effectif au 31/12/2024 : 8 permanents ; 4 ETP.

L'équipe TWEAK a une activité partenariale soutenue totalisant plus de 1,5M€ sur la période (voir tableau 2.31), tant dans le cadre de projets collaboratifs financés par les agences locales, nationales ou internationales, que dans le cadre de collaborations avec des entreprises.

L'équipe TWEAK a aussi eu quelques projets collaboratifs dont les financements sont gérés par un partenaire. C'est notamment le cas du projet AMUL géré par l'université de Cergy (Prévenir et Remédier aux difficultés à lire et à écrire) en 2020-2022 et ATIRE (Analyse de traces, information et réflexivité pour la transition écologique) géré par l'Université Lyon 3 en 2023-2025 puisque l'un de nos membres est de cet établissement.

Pour chaque projet, plusieurs permanents participent, permettant de cimenter les liens entre les membres de l'équipe. Aussi, nos doctorants sont financés très majoritairement par des projets collaboratifs ou des contrats avec des entreprises, totalisant 13 financements sur les 17 obtenus sur la période. Ils sont recrutés à la fois par le biais de publication d'annonces sur les listes de diffusion nationales et internationales de nos domaines, et via les formations master et ingénieur dans lesquels nos membres interviennent. Aussi, nos doctorants ont souvent fait leur stage de master dans notre équipe, ou ont effectué un CDD d'ingénieur d'études au LIRIS avant leur thèse.

Les membres de l'équipe participent à l'enseignement et à la gestion du parcours IA du master mention informatique de l'Université Claude Bernard Lyon 1, et gèrent les UE de cette formation dans les domaines de l'équipe (Bases de l'IA (M1), Artificial Intelligence and Cognition, Dynamique des connaissances, EIAH). Une membre de l'équipe enseigne dans la formation ingénieur en informatique de l'INSA Lyon et propose des projets orientés recherche à ses élèves dans le cadre des projets de recherche de l'équipe.

**Référence 3. L'équipe dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

L'équipe TWEAK a son centre de gravité situé dans le bâtiment Nautibus de l'Université Claude Bernard. Deux de ses membres permanents sont enseignants-chercheurs dans d'autres établissements, et ont un "point de chute" dans ce bâtiment. Leurs doctorants sont installés soit dans ce bâtiment, soit proches de leurs bureaux

55. <https://www.ixxi.fr/>

56. <https://albatrossglobal.org/>

57. <https://atypie-friendly.fr/>

d'enseignement. L'équipe est donc quelque peu éclatée, même si un lieu de regroupement existe.

**Référence 4. Les pratiques de l'équipe sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

En termes de protection des données, un plan de gestion des données est défini pour chaque projet collaboratif. Notre pratique principale pour la protection des logiciels passe par les licences CeCill.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

Depuis de nombreuses années, l'équipe s'intéresse à l'acquisition de connaissances à partir de traces en s'appuyant sur un système à base de traces (la plateforme kTBS). Les traces numériques sont collectées à partir de dispositifs numériques où des utilisateurs réalisent une activité médiée par un système informatique. L'approche DisKit met en oeuvre un processus interactif d'exploration de traces où l'expert du domaine d'application joue un rôle central afin de sélectionner et interpréter les résultats obtenus et construire un modèle du phénomène étudié. Ce modèle est explicable car il est possible de naviguer vers les éléments de la trace dont il est issu.

En complément, KATIE est une approche d'acquisition de connaissances qui vise à assister, en interaction avec l'expert du domaine, le processus de modélisation et d'intégration des traces dans un système à base de traces, en détectant et corrigeant les erreurs résiduelles dans les données (données bruitées ou manquantes). À partir d'une trace fournie sous la forme d'un jeu de données brutes, un modèle de trace est construit à l'aide de l'analyse de concepts formels et proposé à l'utilisateur. Lorsque le modèle proposé ne correspond pas aux connaissances que l'utilisateur possède sur les données, ce dernier peut introduire des contraintes afin d'identifier les données discordantes. L'utilisateur décide des actions à mener pour corriger les éventuelles erreurs : suppression de données bruitées ou ajout de données manquantes. Lorsqu'un consensus est trouvé, le modèle de traces est créé dans le système à base de traces et la trace y est ensuite enregistrée conformément à ce modèle.

Ces approches donnent à l'utilisateur un rôle central dans la construction de connaissances et l'explicabilité y est une caractéristique recherchée. Les modèles obtenus après interprétation sont explicitement reliés aux données et informations dont ils sont issus.

Un exemple concret d'exploitation de nos activités de modélisation et exploitation de traces a démarré dans le cadre d'une collaboration avec une équipe en économie et gestion de l'université Lyon 3. Le projet Climics (2023-25) a pour objectif de mieux comprendre les comportements de consommation et d'investissement du point de vue de leur impact environnemental grâce au développement d'un jeu sérieux. Il a pour objectif d'étudier la réflexivité dans un jeu sérieux et d'exploiter les traces des joueurs pour étudier leurs arbitrages entre différents paramètres influençant leurs choix : objectifs écologique, de santé, de satisfaction des consommateurs et budgétaire. Il s'agit également d'expérimenter les effets d'apports d'informations suscitant la réflexivité chez l'utilisateur, ainsi que des mécanismes d'incitation spécifiques sur l'impact environnemental des choix des consommateurs.

Dans nos travaux en EIAH sur la période, nous avons travaillé dans plusieurs directions : modélisation de compétences, adaptive learning, outils pédagogiques et d'assistance.

Les travaux menés sur la modélisation des compétences et l'adaptive learning ont été conduits essentiellement au sein du projet ANR COMPER [Gui24]. Nous avons défini un méta-modèle de référentiel de compétences, ainsi qu'un éditeur de référentiels, qui a été utilisé par de nombreuses équipes pédagogiques dans des domaines variés et pour des niveaux d'enseignement différents (ANR COMPER : informatique en licence et à l'IUT, physique-chimie au lycée ; Erasmus+ PEAPL : enseignement des langues - Tchèque, Polonais, Italien ; FNS DocTA2LE-FR : lecture-compréhension en Français à l'école primaire). Les connaissances sont donc ici modélisées par des ontologies et acquises auprès d'experts. Les équipes pédagogiques complètent ces référentiels de compétences en y associant les activités pédagogiques définies dans diverses plateformes d'enseignement en ligne, afin d'explicitier les compétences mobilisées par ces activités pédagogiques. Ces connaissances sont utilisées par deux processus de traitement. Le premier analyse les traces d'activités des apprenants sur les plateformes d'enseignement en ligne pour déterminer quelle est leur maîtrise de chaque compétence représentée dans le référentiel, et construit ainsi un profil de compétences de chaque apprenant. Le second identifie quelles sont les activités à recommander à l'apprenant en fonction de son profil de compétences et d'objectifs d'apprentissage choisis par l'enseignant ou par l'apprenant [Sab+21 ; Sab+22]. Ces processus de traitement sont exploités en fournissant des services

d'adaptive learning qui peuvent être branchés sur une plateforme d'enseignement en ligne, pour proposer des visualisations de profils de compétences et des recommandations personnalisées. Les outils développés dans le cadre du projet ANR COMPER sont utilisés en situation réelle pour des enseignements en IUT, en licence, et au lycée, les expérimentations menées dans le cadre du projet ayant été pérennisées [Pie+21a ; Pie+21b ; Pie+22b ; Pie+22a]. Ils ont également été utilisés par les partenaires du projet Erasmus+ PEAPL pour l'enseignement des langues et par la HEP de Fribourg pour l'enseignement de la lecture-compréhension à l'école primaire, dans le cadre du projet FNS DocTA2LE-FR.

Afin de faciliter l'appropriation de l'adaptive learning par les enseignants, nous avons à coeur de proposer des modèles et des outils transparents sur lesquels les enseignants ont la main. Les équipes pédagogiques définissent en effet leurs modèles de connaissances (les référentiels de compétences) et peuvent ensuite paramétrer les processus de traitement que sont le calcul des profils de compétences et le service de recommandation. Nous menons actuellement des travaux destinés à générer des explications sur le fonctionnement de ces processus de recommandation, d'une part pour les apprenants, et d'autre part pour les enseignants. Ces explications visent d'une part à renforcer la confiance des utilisateurs dans ces systèmes d'IA et d'autre part à faciliter le paramétrage de ces systèmes par les enseignants. Sur ce thème, nous avons, en collaboration avec l'équipe SyCoSMA, encadré la thèse CIFRE d'Anaëlle Badier sur l'adaptive learning en contexte parascolaire [BLL23c ; BLL23b ; BLL23a ; BLL21 ; Bad+24]. Dans ce travail, l'acquisition des connaissances permettant la recommandation combine une définition par les experts et un apprentissage automatique à partir de l'analyse des traces de l'application, selon un processus d'amélioration continue dans le cadre d'un déploiement industriel.

En ce qui concerne les outils pédagogiques, dans le cadre d'un partenariat avec Albatross Foundation, nous avons développé SAPHIR, une application support à l'éducation au développement durable multilingue. Cette application est couplée à un outil auteur permettant, sans recourir à la programmation, à des pédagogues de créer de nouveaux contenus pour l'application et à des contributeurs de travailler sur les contenus dans les différentes langues de diffusion de l'application. Un module de pré-traduction automatique des contenus exploite une API Deepl. Nous avons défini un modèle de contenus pour l'application SAPHIR et proposé un cycle de création et de traduction des contenus impliquant les différents acteurs concernés. L'outil auteur a été utilisé à plusieurs reprises par des enfants dans le cadre d'ateliers de médiation scientifique, ils ont pu créer collaborativement de nouveaux modules pour l'application, faisant de SAPHIR « une application pour les enfants faite par les enfants ». Les modules créés sont exploités en situation réelle en France, en Chine, au Québec et au Brésil [Jea23].

En ce qui concerne nos outils d'assistance à l'utilisateur, nous avons développé OPALE, une application destinée aux usagers des campus de l'Université Lyon 1 qui rassemble tous les outils liés aux études et à la vie sur les campus. L'application mobile, interconnectée avec le système d'information de l'Université, associe services pratiques à une découverte de nombreuses ressources scientifiques et culturelles géolocalisées. Nous nous intéressons ainsi à la question de l'orientation des usagers, en particulier porteurs de handicaps, dans les bâtiments complexes et à travers le campus. Nous avons proposé un algorithme du plus court chemin mixte extérieur-intérieur adapté aux contraintes du bâtiments et aux contraintes de déplacement des utilisateurs, dans une approche inclusive, définie en collaboration avec le programme national Atypie Friendly. Les itinéraires proposés s'appuient sur une cartographie libre issue d'OpenStreetMap à laquelle nous contribuons, ainsi que sur les paramètres définis par les usagers. Ces paramètres permettant de personnaliser les propositions et d'expliquer le choix des itinéraires. L'application est déployée en situation réelle sur les campus de l'Université Lyon 1 (plus de 30000 téléchargements) [JEA24 ; Jea24].

Dans le domaine éducatif, nous collaborons également avec une équipe de psychologues de l'université de Cergy à la définition d'un outil pour l'aide à l'apprentissage de la lecture pour les enfants en difficultés d'apprentissage. Cet outil, qui prend la forme d'un jeu sérieux sur tablette, permet aux enfants de tracer des lettres et de les associer à des sons contextualisés dans des mots. Les traces d'écriture sont ensuite analysées pour en extraire des indicateurs de qualité sur les tracés, en comparaison avec des tracés de référence.

Une autre partie importante des activités de l'équipe concerne la thématique du Web à travers plusieurs de ses facettes. D'un point de vue méthodologique, nous proposons des approches - implémentées et évaluées - autour du traitement de graphes de connaissances s'appuyant sur les standards du Web Sémantique. Ces approches répondent à des problématiques telles que l'interopérabilité des différents formats de graphes de connaissances (via les algorithmes PREC [Bru+21a] et PRSC [Bru+24]), l'explicitation de la sémantique des données ouvertes territoriales (projet sETL avec la Métropole de Lyon) [OCG24 ; Oue+23], la performance des outils de traitement d'IA symbolique côté client (avec WASMTree) [Bru+21b] ou le raisonnement sémantique embarqué (avec LiRoT) [Ben+22c], toujours dans le contexte d'environnements Web distribués et hétérogènes, et notamment pour des architectures frugales.

En particulier, nous nous intéressons au domaine du Web des objets (WoT), dans lequel le caractère potentiellement embarqué et limité en ressources des environnements d'exécution rend difficile l'utilisation des solutions

existantes et conduit à optimiser de façon drastique l’usage des ressources. Dans le projet ANR CoSWoT<sup>58</sup>, en plus de spécifier et de mettre en place conjointement les standards du WoT et du Web sémantique, nous rajoutons la prise en charge des objets contraints : nous avons par exemple développé le moteur d’inférences incrémental LiRoT [Ben+24c] (thèse d’Alexandre Bento), à la fois frugal et donc capable d’être embarqué dans des microcontrôleurs limités en ressources, et plus performant que ses concurrents sur les jeux de données de tailles restreintes [Ben+22c], ainsi qu’une approche permettant de distribuer des tâches de raisonnement complexes sur différents composants matériels d’une infrastructure IoT edge [Nac+24]. Le projet CoSWoT a mis en place une plateforme frugale qui prend en charge toutes les phases du traitement des connaissances, comprenant : leur modélisation dans des ontologies modulaires afin de limiter autant que possible la taille des graphes de connaissances embarqués dans les objets contraints ; l’acquisition de connaissances via des capteurs ou des sources de données externes à l’aide d’un format de données sémantique et compressé permettant de les échanger efficacement entre les éléments d’une infrastructure distribuée et contrainte ; leur traitement à l’aide d’algorithmes dédiés à ces environnements avec le moteur d’inférences LiRoT ; enfin, leur exploitation dans le cadre d’applications découplées des implémentations fournies par les fabricants des matériels, en accord avec les principes fondateurs du WoT.

TWEAK s’est également intéressé au passage de données existantes à des connaissances exprimées selon les standards du Web sémantique, à travers plusieurs projets. PRSC (thèse de Julian Bruyat) propose la notion de *contexte* pour modéliser la sémantique implicite des graphes de propriétés, un paradigme de modélisation populaire mais non standardisé. Ces contextes permettent une transformation bidirectionnelle entre graphes de propriétés et graphes RDF, permettant de choisir, selon le cas, l’outil le plus approprié pour traiter ces connaissances [Bru+24; Bru24]. sETL, un projet avec la métropole de Lyon, modélise les données avec une extension du modèle UML (UML annoté), qui permet l’acquisition de connaissances « enfouies » dans les open-data territoriales et leur schémas (thèse de Sarra Ouelhadj)[xxx].

Toutes ces avancées se font en s’appuyant sur les standards du Web existants (RDF<sup>59</sup>, RDF-S<sup>60</sup>, OWL<sup>61</sup>, WebAssembly<sup>62</sup>, WoT Architecture<sup>63</sup>) ou en devenir (RDF-star<sup>64</sup>, CBOR-LD<sup>65</sup>), et en lien étroit avec la communauté : à la suite des éditions de 2012 et 2018, nous avons notamment organisé la conférence mondiale du Web TheWebConference / WWW, en 2022 à Lyon. Autre exemple, le projet SpOTy, financé par le LabEx ASLAN, explore l’intérêt pour la science ouverte de l’architecture Solid (<https://solidproject.org>). Aussi, un de nos membres est actuellement en détachement à l’INRIA pour spécifiquement travailler sur la mise au point de JSON-LD au sein du W3C.

L’ensemble de nos travaux de recherche sont supportés par des projets collaboratifs au niveau local, national ou international, ou par des collaborations industrielles. Localement, l’équipe étant membre du LabEx Aslan, plusieurs de nos travaux sont soutenus par ce LabEx. La Fédération Informatique de Lyon nous a permis de financer plusieurs stages de master en collaboration avec d’autres laboratoires du site. L’équipe TWEAK a une activité partenariale soutenue totalisant plus de 1,5M€ sur la période, tant dans le cadre de projets collaboratifs financés par les agences locales, nationales ou internationales, que dans le cadre de collaborations avec des entreprises.

## Référence 2. Les activités de recherche de l’unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.

Les publications de l’équipe TWEAK servent deux objectifs : diffuser nos résultats au niveau international dans des conférences et journaux de qualité d’une part, et participer à l’animation de la communauté scientifique française d’autre part.

La diffusion de nos résultats au niveau international se fait dans des conférences et journaux de rang A/B ou de classement Q1/Q2 principalement : 6 sur nos 8 journaux internationaux sont classés Q1 ou Q2 sur SJR).

Pour l’animation de la communauté scientifique française, nous présentons par exemple des résultats inter-

---

58. <https://coswot.gitlab.io/>

59. <https://www.w3.org/TR/rdf11-primer/>

60. <https://www.w3.org/TR/rdf12-schema/>

61. <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>

62. <https://www.w3.org/TR/wasm-core-1/>

63. <https://www.w3.org/TR/wot-architecture11/>

64. <https://www.w3.org/TR/rdf12-concepts/>

65. <https://json-ld.github.io/cbor-ld-spec/>

médias de projets ou faisons état des objectifs d'un projet collaboratif de recherche [Ben+21c].

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	1	1	1	2	1	2	8	1.3
#Revue int. / ETP	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0.6	2.4	0.4
#Conf. int.	2	2	10	6	8	2	30	5.0
#Conf. int. / ETP	0.6	0.6	2.9	1.7	2.3	0.6	8.7	1.4
#Logiciel HAL	0	0	0	0	0	3	3	0.5
#Thèses soutenues	1	0	1	0	1	1	4	0.7

TABLE 2.32 – Production : quelques indicateurs clés pour Tweak. Effectif au 31/12/2024 : 8 permanents ; 4 ETP.

L'équipe produit et diffuse également de nombreux logiciels et démonstrateurs à la communauté, principalement avec des licences Cecill permettant le libre accès au code ou au prototype, notamment :

- COMPER : un ensemble d'outils et de services à proposer aux équipes pédagogiques souhaitant mettre en œuvre une approche par compétences pour proposer à leurs apprenants des services d'adaptive learning (50 utilisateurs enseignants, entre 1000 et 2000 utilisateurs apprenants chaque année) (voir portfolio). Ces outils incluent :
  - Framework Editor : un éditeur de référentiel de compétences
  - Platform2Ref : un outil permettant à l'équipe pédagogique d'associer aux éléments du référentiel des activités d'apprentissage et d'évaluation
  - ProfileEngine : un service de calcul de profils de compétences
  - OLM (Open Learner Model) : un outil de visualisation d'un profil de compétences
  - un service recommandant à l'apprenant des activités adaptées à son profil de compétences et à ses objectifs d'apprentissage.
- LiRoT : un raisonneur léger en mémoire, adapté à l'Internet des Objets et aux environnements contraints (edge computing, architectures à base de micro-contrôleurs) [Ben+24c] (voir portfolio)
- PRSC : un outil configurable de conversion permettant de transformer des graphes de propriétés en graphes RDF. Cette conversion repose sur les schémas des graphes de propriétés et sur des alignements définis par l'utilisateur. <https://github.com/bruju/PREC> (voir portfolio)
- KTBS Kernel for Trace-Based Systems : système à base de connaissances offrant des services d'analyse des traces
- Diskit : outil pour l'extraction d'épisodes séquentiels à partir de traces (sur KTBS et d'autres SBK).
- Katie : outil d'acquisition de connaissances à partir de traces avec nettoyage des données et détection des valeurs manquantes. Génération d'un schéma de trace et importation automatique dans un système à base de traces (KTBS).

L'accompagnement des chercheurs débutants se fait principalement dans le cadre des doctorats. Notre équipe privilégie des réunions programmées hebdomadaires entre le doctorant et ses encadrants, qui sont souvent augmentées de points d'avancement et échanges informels plus fréquents. Les articles rédigés par les doctorants le sont sous la supervision de leurs encadrants, avec une autonomie qui augmente avec l'expérience.

L'intégration d'un nouveau membre permanent dans l'équipe passe par le soutien au dépôt de projets dans des appels réservés aux nouveaux venus dans les établissements ou au CNRS, par l'aide au suivi de stagiaires, l'intégration dans les projets collaboratifs en cours, et la mise en avant du nouveau membre dans le montage des futurs projets.

### Référence 3. L'équipe participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.

L'équipe TWEAK est très active dans ses communautés. Ses membres participent à des working groups du W3C (RDF-Star, CBOR-LD), au GDR Madics, au RT CNRS "Recherches autour des questions d'éducation" (représentant pour le LIRIS au sein du Comité de Pilotage Scientifique). Ils sont membres actifs de l'Association des Technologies de l'Information pour l'Éducation et la Formation - ATIEF (présidence, vice-présidence, secrétariat) et de la Structure Fédérative de Recherche "Recherches en Education Lyon - St Etienne" (direction),

Plusieurs membres de l'équipe ont participé activement à l'organisation de plusieurs éditions de la conférence de premier rang TheWebConference (ex-WWW), notamment en l'organisant à Lyon en 2022 (scientific organization chair, local organization board, proceedings chair...), mais aussi en participant à d'autres éditions (comité de programme, track chair, proceedings chair) [Laf+22b ; Laf+22a]. Ils ont aussi été membres de l'organisme de

gestion de cette conférence durant plusieurs années (IW3C2<sup>66</sup> puis ACM SIGWEB<sup>67</sup>).

Ils sont régulièrement sollicités pour participer à des comités de programmes et de rédaction internationaux (ISWC, ESWC, TheWebConference, EC-TEL, AIED, EDM, ITS, CSEDU) et nationaux (IC, CNIA, BDA, EGC, EIAH, RJC-EIAH), à l'édition de numéros spéciaux de journaux (Future Generation Computer Systems, STICEF) dans leurs domaines d'expertise.

Certains de ses membres sont également impliqués dans les Comités d'évaluation scientifique de l'ANR (CE38), ou rédigent des évaluations de projets de divers CE (CE23, CE33, CE38).

Ils participent à de nombreux comités de sélection pour des emplois d'enseignants-chercheurs sur toute la France, à des jurys d'habilitations à diriger des recherches, à des jurys de thèses en tant que rapporteur, président ou examinateur, ainsi qu'à des comités de suivi de thèses.

L'équipe a également reçu des invités internationaux dans la période :

- Awa Diattara, Assistant professor de l'Université Gaston Berger Saint Louis au Sénégal en septembre 2022, pour travailler sur les outils auteurs dans les EIAH,
- Biljana Rakić et Lidija Trifunovic, Université de Belgrade, Serbie en octobre-novembre 2023. Bourse du gouvernement français pour les lauréats du concours « IT make S(ci)ENSE » pour un projet intitulé "Mesurer l'état émotionnel du joueur à travers le jeu".

Aussi, Alice Brenon, dont la thèse est co-encadrée avec le laboratoire ICAR et l'équipe DM2L du LIRIS, a passé le mois de septembre 2024 en séjour doctoral dans l'équipe de Katherine McDonough à l'université de Lancaster.

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

L'équipe met à disposition de la communauté la très grande majorité de ses prototypes et démonstrateurs, par exemple sur les plateformes github et gitlab. Elle respecte le RGPD et les directives en termes de plans de gestion des données.

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social**

L'équipe a de nombreuses collaborations industrielles, dans le cadre de thèses CIFRE, de projets collaboratifs notamment ANR PRCE ou de conventions avec des entreprises (voir le tableau 2.31).

Elle participe sur des sujets comme les défis environnementaux avec des partenaires comme dans l'ANR CosWoT avec l'INRAE, le projet Climics ou le projet SAPHIR avec Albatross Foundation.

Elle traite aussi des défis sociétaux et d'inclusion dans le projet AMul pour l'écriture des enfants en difficultés d'apprentissage, le projet OPALÉ pour l'inclusion de personnes présentant un profil atypique, et les EIAH de manière générale. Les recherches en EIAH de l'équipe sont menées en collaboration avec des enseignants en poste dans des établissements scolaires, en France et en Suisse, et les outils issus des recherches sont utilisés en situation réelle dans des écoles primaires, des lycées, des universités ou auprès du grand public.

La grande majorité de nos travaux se font en relation étroite avec des praticiens et autres acteurs de terrain. Cela explique certainement pourquoi l'explicabilité et la frugalité sont deux fils directeurs dans nos recherches.

Par ailleurs, les membres de l'équipe sont impliqués dans des groupes de standardisation, notamment au W3C, y compris en qualité d'éditeur (RDF 1.2, JSON-LD). L'un d'eux a rejoint, depuis 2021, le W3C en tant que *fellow*, et participe aux orientations stratégiques du consortium concernant la thématique *Data and Knowledge on the Web*.

**Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

L'expertise des membres de l'équipe sur l'approche par compétences et l'évaluation des compétences a permis de concevoir et développer des outils de gestion de compétences pour l'Université Lyon 1, dans le cadre du

---

66. <https://iw3c2.org/>

67. <https://www.sigweb.org/>

projet DEMO-ES INCLUDE.

Notre équipe travaille à la diffusion libre des connaissances en offrant la plus grande part de ses prototypes et démonstrateurs sous licence Cecill, et le plus souvent possible en open source.

### Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

L'équipe a des activités grand public dans le cadre d'animations lors de la fête de la science (notamment s'appuyant sur l'outil auteur de l'application SAPHIR dans un atelier intitulé "Je participe à la création d'un logiciel sans coder"), d'interventions à l'Université Ouverte de L'université Claude Bernard Lyon 1 (cycles de conférences "Les buzzwords de l'IA : les mots à la mode de l'intelligence artificielle décodés").

Des membres de l'équipe présentent régulièrement leur métier en collèges et lycées et participent à l'accueil de stagiaires lycéens et collégiens dans l'unité, notamment lors d'ateliers "filles et informatique". Dans ce cadre, ils présentent leurs activités d'enseignement et de recherche, par exemple sous forme d'ateliers.

## Synthèse de l'autoévaluation

Le SWOT de l'équipe est présenté en figure 2.35.

## 4- Trajectoire de l'équipe

**Thèmes scientifiques** Le coeur de métier de l'équipe sur l'ingénierie de la connaissance est bien ancré et reconnu à tous les niveaux (unité, national, international). Ces thèmes resteront les nôtres dans les années à venir : EIAH, outils d'assistance, Web sémantique et Web des objets. Nous allons également maintenir nos objectifs sur la frugalité et l'explicabilité.

La dominance forte des travaux internationaux dans les domaines du machine learning et autres approches d'IA statistique ont apporté des avancées notables dans ces domaines. Des travaux émergent également sur la dualité IA symbolique - IA statistique, et nous avons commencé à contribuer en ce sens.

À la suite de nos travaux sur le Web sémantique sur objets contraints, une des questions de recherche que nous voulons adresser est l'étude d'une version frugale des LLM, permettant de les intégrer dans des plateformes embarquées contraintes en mémoire et en capacités de calcul. Plusieurs challenges doivent être relevés : réduire les besoins en ressources des LLM, les intégrer dans une architecture embarquée communicante, identifier les limites d'une telle architecture selon les objets physiques concernés et les impacts sur le potentiel des applications cibles. Un stage de master au printemps 2025 permettra de défricher une première étude.

À la suite de nos travaux sur l'assistance à l'utilisateur, nous étudions l'agrégation de sources de données spatio-temporelles hétérogènes pour la recommandation d'itinéraires extérieurs/intérieurs inclusifs, sous l'angle de la modélisation sémantique.

Dans nos travaux en EIAH, nous menons actuellement des travaux destinés à générer des explications sur le fonctionnement de nos systèmes d'IA, d'une part pour les apprenants, et d'autre part pour les enseignants. Ces explications visent d'une part à renforcer la confiance des utilisateurs dans ces systèmes d'IA et d'autre part à faciliter le paramétrage de ces systèmes par les enseignants. Nous envisageons également de nous appuyer sur notre expertise en analyse de traces pour mettre en place des mécanismes de diagnostic du fonctionnement de nos systèmes d'IA, avec comme objectif une réingénierie des connaissances de ces systèmes d'IA via un dialogue entre les systèmes et les équipes pédagogiques.

**Interactions passées et à venir avec les autres équipes ou personnes du liris** Au sein de l'unité, l'équipe TWEAK a des collaborations avec les équipes Sical, Sycosma et DM2L, principalement via le co-encadrement de thèses de doctorat, mais aussi dans le cadre de projets collaboratifs (deux projets ANR avec l'équipe SICAL, un projet du LabEx Aslan avec l'équipe DM2L).

En apportant nos compétences sur l'IA symbolique et la modélisation de connaissances, la collaboration avec DM2L concerne l'analyse de la langue et du discours géographique dans divers documents anciens et récents, et se concrétise dans le co-encadrement des thèses d'Alice Brenon (soutenance juin 2025) et Antoine Taroni (démarrée en octobre 2024), ou dans le co-encadrement de stages de master (Bin Yang, printemps 2025).

Les travaux en cours en collaboration avec l'équipe SICAL portent sur la modélisation de l'apprentissage humain et la conception d'outils personnalisés pour l'apprentissage de l'anatomie. D'autre part, un projet en cours de montage porte sur l'étude de la réflexivité dans l'apprentissage humain à l'aide des traces.

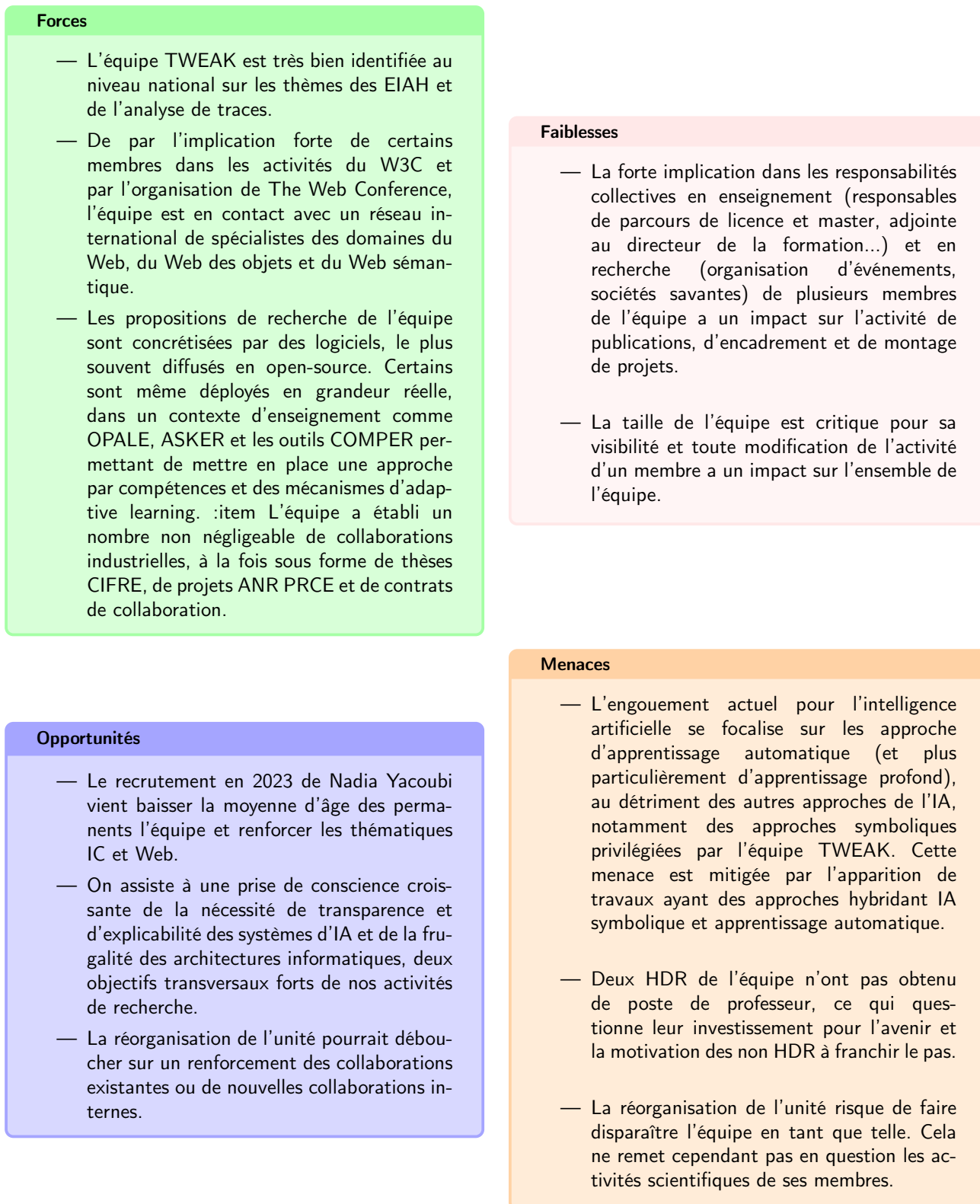


FIGURE 2.35 – SWOT de l'équipe TWEAK

Les collaborations avec l'équipe SyCoSMA concernent l'articulation entre des méthodes d'IA relevant de l'ingénierie des connaissances et de celles relevant de l'apprentissage automatique pour la co-construction de modèles de connaissances.

Les collaborations récentes avec l'équipe BD concernent l'agrégation et l'exploitation de données spatio-temporelles hétérogènes pour la recommandation d'itinéraires extérieurs/intérieurs inclusifs (thèse de Salomon van Ginneken démarrée en octobre 2024).

**Positionnement vis-à-vis de la trajectoire du LIRIS** Le LIRIS travaille actuellement à la réorganisation de ses équipes en pôles de dimension plus importante, dans l'objectif d'une meilleure visibilité au niveau national et international.

Dans cette optique, des thèmes qui aujourd'hui sont transverses à plusieurs équipes pourraient faire émerger des rapprochements avec d'autres équipes du laboratoire. Les membres de l'équipe TWEAK pourraient ainsi s'intégrer à d'autres regroupements d'équipes. Comme indiqué par l'unité, les mois à venir permettront d'éclaircir les possibilités et de faire des choix.

## 11- Saara

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe SAARA (Simulation, Analyse et Animation pour la Réalité Augmentée) a été créée en 2006 à la suite d'une restructuration du LIRIS. Elle se compose uniquement d'enseignants-chercheurs, tous basés dans le bâtiment Nautibus de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Jusqu'en septembre 2023, l'équipe était constituée de deux professeurs et de cinq maîtres de conférences. Suite au départ en retraite de l'un des professeurs, elle compte désormais un professeur et cinq maîtres de conférences. Ses thématiques scientifiques se divisent en deux axes de recherche : **modélisation et simulation physique** des mouvements humains, incluant à la fois le corps et les organes internes, et **analyse et animation** des mouvements humains. Récemment, l'équipe a amorcé un tournant significatif en intégrant davantage de méthodes **d'apprentissage automatique** dans ses recherches. Ces approches sont appliquées aussi bien à l'analyse des maillages et des mouvements basés sur des squelettes qu'à leur synthèse. Cette orientation conduit l'équipe à proposer des méthodologies innovantes, combinant réseaux de neurones profonds et données spécifiques aux mouvements humains.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	2	7	3	1	1	1	15	2.5
#Revue int. / ETP	0.7	2.3	1.0	0.3	0.3	0.3	4.9	0.8
#Conf. int.	2	1	5	1	2	4	15	2.5
#Conf. int. / ETP	0.7	0.3	1.7	0.3	0.7	1.3	5.0	0.8
#Logiciel HAL	0	0	0	0	1	2	3	0.5
#Soutenances HDR	0	0	0	0	3	0	3	0.5

TABLE 2.33 – Production : quelques indicateurs clés pour SAARA. Effectif au 31/12/2024 : 6 permanents ; 3 ETP.

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
France	160 k€	53 k€	26 k€	8 k€	36.3 %
Industrie	92 k€	30 k€	15 k€	5 k€	20.9 %
International	188 k€	62 k€	31 k€	10 k€	42.6 %
Total	440 k€	146 k€	73 k€	24 k€	100%

TABLE 2.34 – Contrats : quelques indicateurs clés pour SAARA. Effectif au 31/12/2024 : 6 permanents ; 3 ETP.

#### Environnement de recherche

Les activités de recherche de l'équipe s'inscrivent en synergie avec l'environnement socio-économique, en s'investissant activement dans des projets à l'échelle régionale, nationale et internationale, tout en renforçant ses collaborations avec des partenaires industriels. Au sein de l'unité, l'équipe fait partie du pôle "Simulation, Virtualité et Sciences Computationnelles". Elle a également établi des partenariats avec d'autres équipes du laboratoire, telles que SYCOSMA, TWEAK et DM2L, par le biais du co-encadrement de stages de Master et de thèses, et de projets transversaux financés par l'unité. L'équipe participe également au Labex PRIMES en tant que membre du comité de pilotage et a obtenu plusieurs projets financés en partenariat avec des chercheurs d'autres UMR du site, notamment avec l'Institut de Physique Nucléaire (IPNL), avec lequel elle entretient une collaboration étroite et suivie depuis plusieurs années. Ces collaborations ont donné lieu à un projet interdisciplinaire CNRS (MITI 2022 - 2023), un projet Physique Cancer (PICTURE 2021-2024) et une réponse à l'appel d'un projet européen H2020 en 2021. Des collaborations avec le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC) se sont traduites par un co-encadrement de thèse financée par l'IFSTTAR, soutenue en décembre 2022. Au sein de l'Université de Lyon, l'équipe entretient une collaboration suivie avec des chercheurs du laboratoire Hubert Curien à Saint-Étienne, concrétisée par une deuxième thèse soutenue en 2020. L'équipe bénéficie également d'un financement de thèse via le projet ANR JUNE. Ce projet est mené en partenariat avec le laboratoire CREATIS et des chirurgiens ORL et cervico-faciaux du service d'ORL de Bordeaux.

#### Prise en compte des recommandations du précédent rapport

*Recommandation 1 : le comité recommande de continuer à publier de préférence dans des revues et conférences sélectives pour augmenter la visibilité des résultats scientifiques de l'équipe.*

- L'équipe poursuit une stratégie sélective, privilégiant les revues et conférences classées dans des référentiels internationaux reconnus, notamment IEEE Transactions on Biomedical Engineering (TBME 2021), IEEE Transactions on Affective Computing (TAC 2023), et IEEE International Symposium on Biomedical

Imaging (ISBI 2024, 2025).

*Recommandation 2 : le comité recommande des réunions plus fréquentes pour renforcer la cohésion et impliquer les doctorants*

- Afin de répondre aux recommandations du dernier comité d'évaluation, les permanents se réunissent toutes les deux à trois semaines. Ces réunions permettent d'aborder à la fois des questions stratégiques, telles que le positionnement de notre recherche face aux évolutions du domaine et les appels à projets, ainsi que des aspects pratiques de la vie de l'équipe, comme la répartition des tâches. Les doctorants participent à toutes les réunions. Par ailleurs, le fait que tous les membres de l'équipe soient regroupés dans un même bâtiment favorise les échanges et facilite la communication au quotidien. Ces réunions se déroulent souvent en deux parties : la première partie est consacrée aux questions générales ou analyse des nouvelles opportunités de financement, la seconde partie est dédiée à l'aspect scientifique : présentations des travaux en cours ou d'articles en lien avec les thématiques de l'équipe, ou encore des séminaires formels. Les doctorants sont systématiquement conviés, ce qui leur permet de s'impliquer pleinement dans les décisions collectives et favorise leur intégration. Des réunions hebdomadaires rassemblent les doctorants et leurs encadrant, ouvertes aux autres membres selon leurs centres d'intérêt et disponibilités. Ces rencontres informelles permettent un suivi rapproché de l'avancement des travaux des doctorants, et favorisent l'échange d'idées, assurant une synergie entre les membres de l'équipe. *Recommandation 3 : L'équipe doit réfléchir à une stratégie de long terme : quelle évolution dans 5 ans, compte tenu des départs passés et prévisibles de plusieurs de ses permanents, quelle articulation avec les autres équipes du laboratoire ?*
- Compte tenu des départs récents et prévisibles, une réflexion a été menée sur la stratégie d'évolution de l'équipe. Dans le contexte de la nouvelle structuration du LIRIS et des échanges avec les autres équipes, SAARA pourrait, tout en conservant sa cohésion, intégrer l'un des deux pôles suivants : Pôle 1 – Informatique graphique et interaction, ou Pôle 2 – Algorithmique, vision, langage et cognition. Soulignant à ce niveau que le poste de professeur vacant a été reconduit par l'établissement avec un profil en adéquation avec l'activité de l'équipe, et nous nous attachons à y attirer des candidatures pour préserver notre activité et relancer notre dynamisme. Ces points seront discutés avec les équipes des pôles concernés et la direction du LIRIS.

*Recommandation 4 : le comité recommande de travailler les applications en coopération avec les médecins et ergothérapeutes*

- L'équipe a continué à développer ses collaborations avec le monde de la santé et le secteur hospitalier. Elle a renforcé ses partenariats avec des radiothérapeutes et des radiologues pour la thérapie du cancer du poumon. Un protocole pré clinique de validation a été mis en place en 2022, et est actuellement en cours de développement avec le service d'oncologie et de radiothérapie à l'hôpital européen Georges Pompidou. Par ailleurs, dans le cadre du projet ANR JUNE 2023, de nouvelles collaborations ont été initiées avec le service ORL et les radiologues, ciblant les problématiques liées aux obstructions nasales, la compréhension physiopathologie et le diagnostic des troubles respiratoires fonctionnels. Enfin, dans le cadre d'un projet avec ATOS, l'équipe a initié des partenariats avec les Hospices Civils de Lyon, en collaboration avec le service de médecine interne et les radiologues. Dans le cadre de ce projet, une thèse a d'ores et déjà commencé, d'autres études sont en perspective.

## 2- Introduction du portfolio

Au cours de ce quinquennal, nous mettons en avant quatre faits marquants illustrant la reconnaissance de l'équipe au niveau international au travers de publications dans des revues de haut niveau, ainsi que l'obtention de différents prix dans des conférences, et la coordination d'un consortium international dans le cadre du projet ANR PRCI OMEGA. De plus, ces points sont complémentaire à la soutenance de 3 HDR dans l'équipe au cours de la période.

- Le papier "Towards Non-invasive Lung Tumor Tracking Based on Patient Specific Model of Respiratory System" [Lad+21], publié à IEEE Transactions on Biomedical Engineering TBME 2021, a été sélectionné parmi les articles vedettes pour le mois du septembre 2021 (<https://www.embs.org/tbme/featured-articles/> et <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03113681>). Dans cet article, nous avons proposé et développé une approche biomécanique patient-spécifique du système respiratoire afin de prédire et quantifier avec précision le mouvement et les déformations des organes thoraciques ainsi que le suivi de la position des tumeurs pulmonaires à partir des données fournies par des capteurs extéroceptifs (voir Figure 2.36(a)). Nous avons évalué la précision de notre modèle sur une base de donnée publique, et à travers toutes les phases de la respiration. Les résultats montrent l'efficacité de notre approche biomécanique avec une précision de l'ordre du millimètre. Ce modèle pourrait potentiellement être utilisé comme système non invasif de suivi des tumeurs pulmonaires pendant le traitement à l'aide de capteurs externes, capteurs 3D, ou spiromètre.

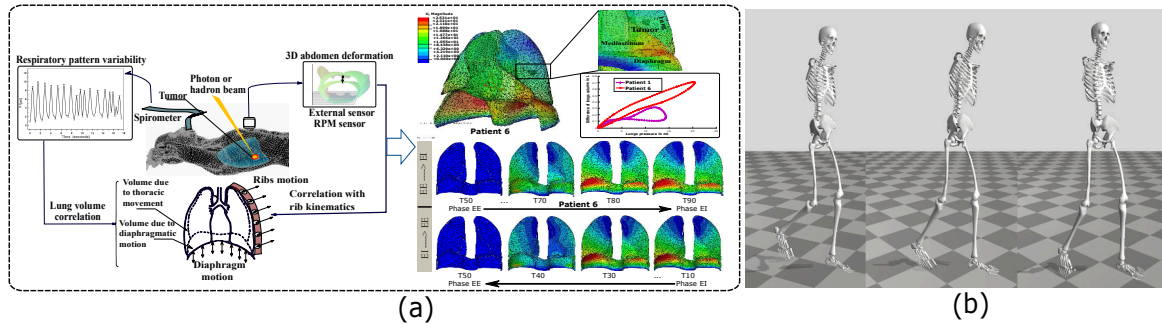


FIGURE 2.36 – (a) : Suivi non invasif des tumeurs pulmonaires basé sur une modélisation biomécanique patient-spécifique du système respiratoire. (b) : Illustration du simulateur prédictif basé sur des réseaux de neurones.

- Entre 2017 et 2021, nous avons porté le projet ANR PRCI OMEGA "Simulation musculo-squelettique directe de marche pathologique basée optimisation" (<https://anr.fr/Projet-ANR-16-CE92-0042>). Ce projet, en collaboration avec le Laboratoire de Biomécanique et Biomatériaux (LBB) du CHU de Hanovre en Allemagne, s'est intéressé à la conception d'un simulateur capable de prédire des mouvements de marche pour des patients présentant des pathologies (limitations articulaires, pathologie du pied tombant, amputation). Deux simulateurs ont été développés pour répondre au problème de prédiction. Un simulateur basé sur le principe de rétroaction a été conçu permettant de suivre un mouvement de référence, de maintenir l'équilibre et de contrôler l'orientation du patient et dont les paramètres ont été trouvés grâce à un processus d'optimisation [San+21]. Un deuxième simulateur basé sur des réseaux de neurones et des processus d'optimisation a également été conçu où notre approche consistait à appliquer des déformations au mouvement de référence pour obtenir des simulations nouvelles et stables sans nécessiter un nouvel entraînement des réseaux de neurones [Bon22] (voir Figure 2.36(b)).
- Différents travaux autour de la reconnaissance et de la synthèse d'expressions dans les mouvement humains ont donné lieu à deux faits marquant : un article publié dans la très sélective revue IEEE Transaction On Affective Computing [Mah+23] et le prix du meilleur papier à CASA [VMB21]. Durant le quadriennal précédent, nous avons initié des travaux sur la reconnaissance d'expressions et de style à partir des mouvements et postures du corps. Nous avons enrichi ces approches de reconnaissances, tout en élargissant nos travaux à des approches visant à synthétiser des éléments expressifs dans une animation. L'objectif de ce type d'approches est de donner aux personnages virtuels plus de réalisme avec des comportements plus proches de la réalité que quand tous les personnages effectuent les mêmes gestes sans émotion. Nous avons abordé le problème avec deux paradigmes différents, comportant chacun leurs avantages respectifs et leurs complémentarités (voir la Figure 2.40). D'une part, nous avons étudié les approches basées sur l'apprentissage profond, qui exploitent des données de mouvements, et d'autre part, les approches procédurales, qui définissent de manière experte comment modifier une animation. Les approches par apprentissage ont l'avantage de pouvoir extraire des postures subtiles des données de manière automatique [VMB21 ; VM20]. La construction d'un espace latent parfaitement "démêlé" reste toutefois un défi [VMB23]. Les approches procédurales, qualifiées d'expertes, ont l'avantage d'être explicables, compréhensibles par un animateur et rapides à calculer.
- Les interactions en réalité virtuelle reposent souvent sur des contrôleurs, mais l'utilisation des mains, grâce à la capture de mouvements intégrée aux casque, gagne en popularité malgré une qualité variable. Nous avons développé une approche physique basée sur la loi de Hooke, conservant le réalisme même lors de la préhension d'objets, évitant ainsi le mode cinématique jugé moins naturel. Un retour visuel a été ajouté pour compenser l'absence de toucher, améliorant l'immersion. Testée avec succès, y compris auprès de novices, cette méthode a remporté le prix du meilleur poster à VISIGRAPH 2024 [Mah+24a].

### 3- Activité scientifique de l'équipe

#### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1.** L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.

Les activités de recherche de l'équipe SAARA se concentrent sur la simulation, l'analyse et l'animation de

scènes complexes mettant en scène des personnages virtuels en mouvement, comme illustré dans la Figure 2.37. L'équipe vise principalement des applications liées au domaine médical et au divertissement numérique, incluant les jeux vidéo, le cinéma et la réalité augmentée. Sa principale force réside dans l'adoption d'une approche pluridisciplinaire qui constitue un atout majeur dans de nombreux projets. Nos activités de recherche s'articulent autour d'un projet fédérateur, structuré sur deux axes principaux :

- La modélisation et la simulation des mouvements internes et externes, des interactions et des comportements biomécaniques et physiologiques des organes humains déformables en s'appuyant sur des modèles physiques, et leurs implications dans de nombreux problèmes liés au médical ;
- De l'interprétation du mouvement à l'animation : analyse, transfert et synthèse des données géométriques et cinématiques d'un humain en mouvement en se basant sur des capteurs d'images (vidéos, photos), avec pour objectif la démocratisation des outils de capture et d'animation pour faciliter la création de nouvelles animations réalistes.

L'équipe SAARA s'intéresse également à l'exploitation des approches innovantes en intelligence artificielle (IA), notamment l'apprentissage machine et l'apprentissage profond. Ces progrès offrent de nouvelles perspectives de développement dans les domaines de la simulation, des interactions, de l'étude du mouvement, de la génération d'animations et de la prédiction de mouvement.

#### DE L'INTERPRÉTATION DU MOUVEMENT À L'ANIMATION

- Reconnaissance et interprétation des expressions
- Animation: transfert d'expressions, de styles
- Contrôleurs de mouvement

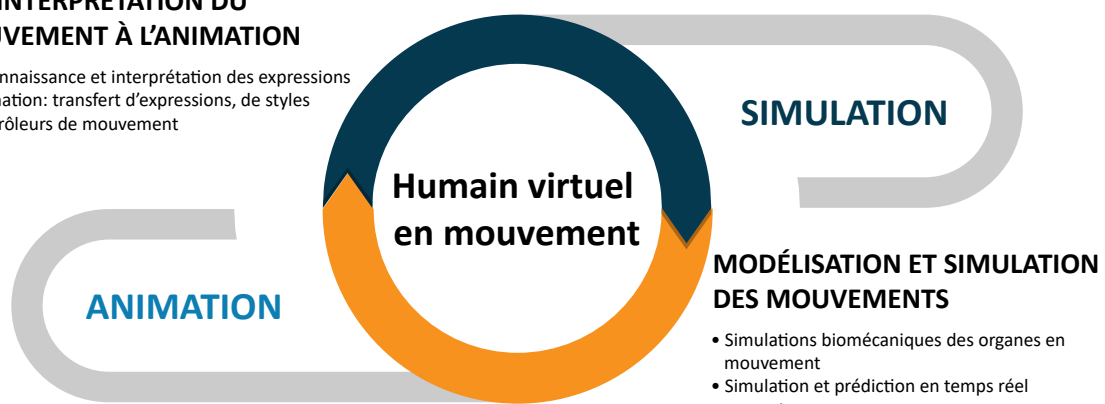


FIGURE 2.37 – Projet fédérateur de l'équipe SAARA autour de la simulation et de l'animation.

### Simulations physiques

Dans cet axe de recherche, l'équipe se concentre sur les simulations des organes thoraciques en mouvement, appliquées à la thérapie du cancer des poumons et à l'étude de la marche pathologique. Ces travaux ont pour objectif de reproduire, comprendre et prédire les interactions complexes entre les structures anatomiques et les forces mécaniques qui les affectent. Ils reposent sur des modèles biomécaniques et mathématiques avancés, des algorithmes sophistiqués, notamment les méthodes d'apprentissage automatique, ainsi que sur des données issues de plusieurs modalités, en particulier l'imagerie médicale.

### Simulations biomécaniques patient-spécifique : organes en mouvements

Ces travaux de recherche s'inscrivent dans le contexte de la radio/hadron thérapie du cancer pulmonaire, qui consiste à déposer une dose létale de rayonnement dans la tumeur tout en réduisant l'impact de cette dose sur les tissus sains. Les mouvements internes, en particulier ceux engendrés par la respiration, modifient la forme, la position et la densité des organes, source d'erreurs et d'incertitudes sur la position du dépôt de dose. Dans le cas de l'hadron thérapie, le traitement de tumeurs mobiles, telles que les tumeurs pulmonaires, reste beaucoup plus problématique que la radiothérapie classique. Le mouvement respiratoire est malheureusement chaotique et non reproductible. Ces mouvements impactent la qualité de la dosimétrie et de la reconstruction de l'imagerie de contrôle en ligne. Dans ce contexte, les travaux de recherche de l'équipe concernent la modélisation et la simulation biomécaniques des organes thoraciques regroupant différents tissus ayant des caractéristiques physiques et des mouvements propres. Le but est de quantifier, avec précision, la grandeur des mouvements internes des tissus ainsi que le changement de leurs densités en partant des données fournies par des capteurs extéroceptifs. L'une des particularités de ces travaux est qu'ils intègrent toute la chaîne de traitement, depuis l'acquisition jusqu'à la simulation, en passant par la segmentation et la modélisation. Dans notre approche, l'ensemble des organes du système respiratoire (poumons, cage thoracique, diaphragme, plèvre, médiastin et



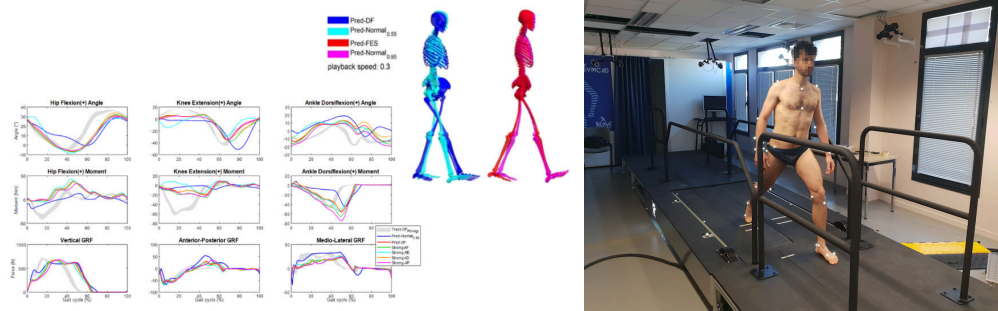


FIGURE 2.39 – (gauche) Simulations en contrôle optimal de marches pathologiques (droite). Expérimentations sur l'équilibre lors de la montée et descente d'un tapis roulant.

production d'animations avec un focus particulier sur les gestes porteurs d'une expression ou d'un style. Après plusieurs travaux sur le visage, nous nous concentrons actuellement majoritairement sur les expressions induites par la posture du corps.

## Mouvements expressifs

Nos travaux récents ont pour objectifs d'analyser, reconnaître et synthétiser des gestes, des mouvements, des animations du corps produisant une expression ou un style. Nous avons abordé les différentes problématiques sous différents angles : par des approches expertes se basant sur une connaissance a priori, en allant jusqu'aux approches utilisant l'apprentissage profond explorant des données pour trouver un moyen de reconnaître ou de synthétiser.

La reconnaissance des expressions à partir des mouvements du corps est centrale dans nos travaux (voir Figure 2.40(a)). Nous avons dépassé nos premiers travaux basés sur des descripteurs géométriques et fréquentiels, en proposant une formalisation qualitative et quantitative des descripteurs experts [Mah+23]. Ces valeurs numériques, validées sur des données de captures, sont efficaces pour la reconnaissance et utiles en synthèse d'animations car elles sont explicables. Pour améliorer les taux de reconnaissance, nous avons exploré deux pistes : transformer un mouvement expressif en mouvement neutre pour extraire le résidu à classifier [Cre+20], et utiliser un auto-encodeur couplé à la matrice de Gram [Mey23]. Nos travaux visent à améliorer la reconnaissance tout en proposant des approches explicables, afin de les utiliser en synthèse d'animation.

En complément de la reconnaissance, nous avons cherché à introduire des éléments expressifs dans une animation pour donner aux personnages virtuels plus de réalisme. Nous avons exploré deux familles d'approches : l'apprentissage profond exploitant des données de mouvements, et les approches procédurales visant à modifier une animation de manière experte (voir la Figure 2.40(b)).

Pour l'édition d'expression à partir de données, nous avons proposé une approche innovante qui se base sur deux niveaux de réseaux de neurones. Un autoencodeur construit un espace latent de pose, puis un deuxième réseau apprend à éditer la pose dans cet espace latent en respectant certaines contraintes comme la position (cinématique inverse) [VMB21 ; VM20], ou des descripteurs caractérisant une expression [VMB23]. L'approche procédurale [Mah+23] consiste à concevoir pour chaque descripteur expressif une manière de modifier la posture du corps. Cette approche se base sur l'édition géométrique du corps en injectant dans les algorithmes nos connaissances des mouvements humains. Ces approches pouvant être qualifiées d'expertes, ont l'avantage d'être parfaitement explicables, compréhensible par un animateur et sont très rapides à calculer.

## Interaction et capture

Dans le domaine des interactions, nous avons travaillé sur différentes approches, soit pour la réalité virtuelle en nous basant sur la capture de mouvements, soit pour améliorer les interactions entre un personnage virtuel et son environnement. Les interactions en réalité virtuelle se font encore généralement avec des contrôleurs physiques. Dans l'objectif d'interagir de manière plus naturelle, notamment en utilisant nos mains, la capture des mouvements des mains évolue. Cependant, elle reste parfois instable, nécessitant souvent des approches cinématiques pour compenser les erreurs de détection. Dans nos travaux, nous proposons une méthode physique exploitant des interactions basées sur des contacts élastiques, permettant une manipulation des objets plus naturelle et intuitive sans recourir aux calculs cinématiques. Nous intégrons également des retours visuels pour compenser l'absence du sens du toucher, permettant de soulever, lancer, empiler et interagir avec les objets de façon plus intuitive. Des tests ont été réalisés pour valider cette approche, même auprès de personnes sans expérience préalable en VR. L'objectif des travaux futurs sur ce thème est d'améliorer la robustesse de la capture

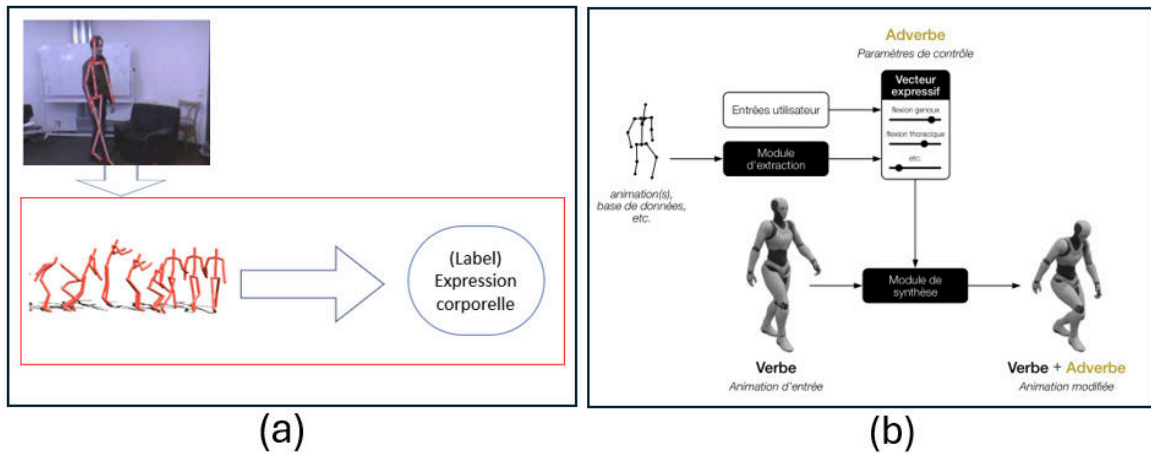


FIGURE 2.40 – (a) : Reconnaissance automatique d’une expression à partir des mouvements du corps en se basant sur des descripteurs experts et des approches d’apprentissage profond.(b) Approche d’édition basée sur les réseaux de neurones et une approche basée sur l’édition procédurale.

des mouvements de la main en développant une approche innovante de capture basée sur l’optimisation d’une fonction de substitution, permettant une utilisation plus flexible du GPU afin d’accélérer la capture.

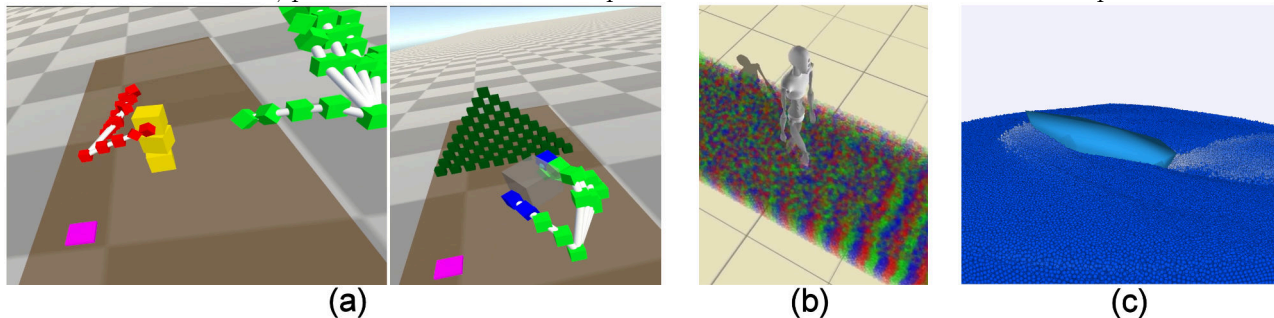


FIGURE 2.41 – (a) Notre système d’interaction physique ne bascule jamais dans un mode cinématique, ce qui permet de lancer des objets ou de construire des piles sans avoir besoin d’une heuristique complexe à définir. (b) Animation d’un personnage virtuel en interaction avec un volume de liquide. (c) Fenêtre déplaçable de simulation de fluide.

De plus, à la suite de nos travaux sur le contrôle temps-réel de personnages en interaction avec un environnement virtuel complexe que sont les fluides [CPB22], nous avons travaillé sur l’amélioration de la qualité de la simulation. Le travail de conception d’un contrôleur basse fréquence a été réalisé dans le but d’économiser du temps de calcul pour être capable de simuler le comportement de fluide. Nous proposons une solution pour réduire les instabilités numériques introduites par la réduction de la fréquence sans nécessairement modifier l’implémentation de l’algorithme de fluide [CPB22], ce qui nous permet de contrôler en temps-réel un personnage virtuel en interaction avec le fluide (voir Figure 2.41(b)). Nous avons ensuite continué à améliorer la simulation en permettant au personnage de se mouvoir dans un volume virtuellement infini de liquide. Nous avons développé pour cela une nouvelle approche pour initialiser rapidement un fluide dans un état de repos dans des simulations avec n’importe quelle forme 3D et être capable de préserver tout fluide déjà existant [CPB24 ; CP24]. Nous proposons une méthode pour créer une fenêtre de simulation dynamique permettant de restreindre la simulation du fluide uniquement autour d’objets en mouvement comme des personnages virtuels ou des bateaux (voir Figure 2.41(c)).

**Référence 2. L’unité dispose de ressources adaptées à son profil d’activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

- Les membres de l’équipe SAARA jouent un rôle actif, avec des référents responsables du système d’information, des relations internationales et du budget, assurant une bonne coordination. Ils s’investissent aussi dans la vie du laboratoire et de l’établissement, en participant à divers conseils et dans la vie du laboratoire et de l’établissement à différents niveaux. Des réunions régulières permettent de suivre l’avancement des projets de recherche et d’aligner les objectifs de l’équipe. Le budget annuel est principalement destiné aux doctorants pour leur participation à des congrès scientifiques, avec une répartition décidée collégialement. Des séances hebdomadaires et des réunions supplémentaires sont organisées pour les doctorants, qui sont

aussi encouragés à présenter leurs travaux lors des séminaires de l'équipe.

- Tous les membres de l'équipe sont regroupés dans un même bâtiment (Nautibus), créant ainsi un environnement d'échanges réguliers. Cette proximité facilite les interactions informelles, et favorise les échanges avec les doctorants et facilite la communication au quotidien.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

### Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.

Les membres de l'équipe sont régulièrement présents dans les congrès nationaux et internationaux pour des présentations ou séminaires. Un des membres a présenté un séminaire sur invitation au [workshop IN2P3-CNAO](#), au centre d'hadronthérapie oncologique, à Pavie en Italie, le 26 novembre 2021. Un autre membre a été "Invited Speaker" lors de la conférence internationale Computer Graphics International (CGI) en 2021. L'équipe a également reçu le prix du meilleur article lors de la conférence internationale CASA en 2021 [VMB21] et celui du meilleur poster à la conférence internationale VISIGRAPP en 2024.

### Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique

Bien que le nombre de publications demeure insuffisant, l'équipe poursuit une stratégie sélective, privilégiant les revues et conférences classées dans des référentiels internationaux reconnus, comme IEEE Transactions on Biomedical Engineering (TBME 2021), IEEE Transactions on Affective Computing (TAC 2023), IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics (2025) et IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2024, 2025).

### Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté

L'équipe participe activement au fonctionnement des conférences et des journaux, en étant invitée à la relecture d'articles scientifiques, mais surtout en participant aux comités de programme. Il ont participé aux comités de programme de conférences internationales : CGI 2019 à 2024 ; CASA 2019 à 2024 ; ISVC 2019 à 2024 ; ICVR 2023, 2024 ; ICCGV 2024 ; Pacific Graphics 2023, 2024 ; VISIGRAPP 2024, 2025, ROBOVIS 2024,2025. L'équipe compte des membres dans les comités d'édition des journaux internationaux comme *The Visual Computer* ou *Computer Animation and Virtual World*. Les membres de l'équipe sont sollicités dans l'expertise de projets nationaux et internationaux (pour l'agence de recherche Canada Foundation for Innovation en 2022 ; pour l'ANR CE19 - Technologies pour la santé en 2021 et 2022 ; ANR CE33 2023 ; ANR CE38 2024 ; ANR-PRCE 2023, 2024 ; ANR-JCJC 2025 ; pour différentes régions ; etc.). Ils ont également été invités à intervenir en tant que rapporteurs dans 18 jurys de thèse/HDR. Les membres de l'équipe participent également aux divers comités et conseils, que ce soit au sein du laboratoire ou de l'université. Membre du comité de pilotage de LABEX PRIMES depuis 2016 et membre du comité scientifique et pilotage de l'école deep learning for medical imaging school pour 2025.

### Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine

Conformément à la politique et aux valeurs du laboratoire et nos tutelles, notre production scientifique respecte pleinement les principes d'intégrité scientifique, d'éthique et de science ouverte. Nous nous attachons à citer toutes les références ayant inspiré nos travaux, en garantissant une totale transparence. Le plagiat et la falsification des résultats sont strictement interdits. Nous suivons les directives nationales et internationales en vigueur, assurant ainsi la rigueur et l'accessibilité des résultats scientifiques ainsi que leur reproductibilité, via un dépôt sur un GitHub assurant l'honnêteté et l'accessibilité des connaissances.

## Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

### Référence 1. L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social

- L'équipe a un bon équilibre entre recherche partenariale et académique, avec différents financements provenant d'appels à projets (ANR, LABEX, région et ANR international) et des financements industriels de type CIFRE. L'équipe a une coloration pluridisciplinaire forte entre la médecine, la physique, la biomécanique et l'ingénierie qui se retrouve dans les projets et les partenariats. L'équipe collabore également avec plusieurs autres équipes du LIRIS.
- Les travaux de la thèse de Mehdi-Antoine Mahfoudi ont été transférés et valorisés sous forme de code, qui est actuellement utilisé et fonctionnel dans l'entreprise SPIROPS.

- Les membres de l'équipe contribuent régulièrement à des initiatives éducatives et événementielles sur les sciences et technologies. E. Guillou a participé à des ateliers de vulgarisation scientifique et à des démonstrations de réalité virtuelle lors d'événements comme la fête de la science et les journées du numérique à Chaponost. E. Desserrée a animé en 2021 des ateliers d'initiation à la robotique pour des élèves de CM1 et CM2. L'équipe accueille également des collégiens de 3ème en stage d'observation pour leur faire découvrir les métiers du numérique, et participe chaque année au salon des étudiants et aux journées portes ouvertes de l'université.

## Synthèse de l'auto-évaluation

En s'appuyant sur les retours de l'évaluation HCERES du précédent quinquennal, l'équipe a recentré ses travaux de recherche autour de deux axes principaux : l'animation et la simulation. Cette démarche lui a permis de se concentrer sur un ensemble restreint de thématiques communes, clairement définies, afin de les développer jusqu'à maturité.

**Forces :** L'équipe maintient un bon équilibre entre recherche académique et partenariale, avec divers financements provenant de projets collaboratifs (ANR, LABEX, CNRS, région, ANR international) ainsi que de contrats industriels et de thèses CIFRE. Elle se distingue par sa forte pluridisciplinarité, mêlant informatique, physique, médecine, biomécanique et ingénierie, grâce à des collaborations étroites avec plusieurs équipes du LIRIS et différents laboratoires.

**Faiblesses :** L'équipe SAARA est une petite équipe, a opté pour une approche de recherche plus ciblée et une structure plus compacte, axée sur des domaines applicatifs spécifiques. Cependant, les résultats dans les appels européens restent modestes, avec un faible taux de succès. Afin de renforcer sa visibilité, l'équipe prévoit d'intensifier ses efforts pour augmenter sa participation dans les comités de programme, en visant un rôle actif lors des grandes conférences, tant au niveau national qu'international.

**Menaces :** Tous les membres de l'équipe sont enseignants-chercheurs et assurent des responsabilités significatives au sein de l'université, que ce soit dans les formations ou dans des enseignements impliquant un grand nombre d'étudiants. Conscients de cette réalité, nous veillons à maintenir un équilibre afin que l'investissement dans la formation ne se fasse pas au détriment des activités de recherche.

**Opportunités :** Le regroupement des thématiques de l'équipe autour d'un projet fédérateur vise à renforcer ses activités et à accroître sa visibilité. Grâce à l'implication des membres dans deux LabEx de l'Université de Lyon 1, l'équipe travaille à proposer des projets dans des PePR (comme par exemple ICCARE ou ENSEMBLE) en s'appuyant sur des thématiques en phase avec les enjeux du numérique et de l'IA, ayant un impact dans des domaines clés comme la santé, la formation et la culture. De plus, l'accès privilégié aux étudiants du Master, notamment ceux du parcours 'Image, Développement et Technologie 3D' (ID3D) et 'Intelligence artificielle', assure un vivier d'étudiants formés à la recherche dans ces domaines.

## 4- Trajectoire de l'équipe

Au cours de ce quadriennal, l'activité de recherche de l'équipe s'est articulée autour de l'humain virtuel en mouvement en mettant l'accent sur l'animation et la simulation, et les interactions entre les différentes thématiques. L'ensemble de ses travaux s'articulent autour d'un projet fédérateur commun, favorisant les synergies et l'enrichissement mutuel entre ses membres. Cette dynamique a également permis de développer un réseau solide de partenaires académiques et socio-économiques. Pour le prochain quinquennal, les objectifs de l'équipe ont été définis collectivement par l'ensemble de ses membres. Sur les aspects organisationnels, suite au départ à la retraite du professeur Behzad Shariat en septembre 2024, l'équipe est constituée de 5 maîtres de conférences avec 3 HDR et une professeure des Universités qui partira probablement à la retraite dans deux à trois ans. Compte tenu des départs récents et prévisibles, une réflexion a été menée sur la stratégie d'évolution de l'équipe dans le cadre de la nouvelle structuration du LIRIS. Après des échanges avec les autres équipes, il est envisagé que l'équipe, tout en restant groupée, intègre le pôle "Informatique Graphique". Il convient de souligner également, que le poste vacant de professeur a été reconduit par l'établissement, avec un profil parfaitement adapté à l'activité de l'équipe. Nous mettons tout en œuvre pour attirer des candidatures de qualité afin de préserver les activités de l'équipe SAARA. Dans le cadre de partenariats nationaux industriels ou académiques (FUI, ANR, CIFRE, etc.) et à l'échelle européenne, en réponse aux enjeux sociétaux (santé/bien-être, loisirs numériques, etc.), l'équipe continuera de déployer ses efforts dans la conception et la coordination de projets. Un autre axe stratégique sur lequel l'équipe s'engagera au cours du prochain quadriennal concerne le développement des plateformes logicielles et des démonstrateurs. Ces plateformes serviront de vitrine pour valoriser nos savoirs-faire et permettront ainsi de renforcer la visibilité de l'équipe et d'attirer de nouvelles collaborations. Sur les aspects recherche et dans la continuité de nos thématiques, nous souhaitons renforcer nos travaux actuels tout en explorant de nouvelles pistes prometteuses, notamment les avancées de l'apprentissage automatique, articulées autour des trois thématiques complémentaires suivantes.

## De l'interprétation du mouvement à l'animation

Notre recherche à l'intersection entre la capture de mouvement (*Computer Vision*) et la synthèse de gestes (*Computer Graphics*) profite des avancées majeures induites par l'apprentissage automatique. Jusqu'à récemment, nos travaux visaient l'étude des gestes d'une seule personne : visage, main, corps, en ciblant souvent une caractéristique, soit la dynamique physique, soit le style du geste. Les problématiques que nous souhaitons aborder visent maintenant à élargir ces études pour traiter tous ces éléments en même temps : capturer ou synthétiser un groupe de plusieurs personnes interagissant ensemble, en traitant les communications non verbales (visage, corps, mains) et les styles de chacun dans un environnement physiquement exigeant (sport, spectacle, travaux collaboratifs, etc.). Ceci sera possible en travaillant sur les techniques de capture, afin de constituer des bases de gestes multi-personnes, multi-styles, comportant des interactions complexes sur le plan physique ou émotionnel (sport, travail collaboratif, personnes souffrant de pathologies, etc.). Nous chercherons à améliorer les systèmes de capture pour les rendre plus précis et rapides dans des contextes de vidéo monoculaires, capturées sans aucun contrôle (*into the wild*). Côté synthèse, l'apprentissage automatique ouvre des pistes intéressantes que nous avons commencé à suivre pour recréer des comportements humains complexes, mais le verrou majeur se trouve dans la possibilité d'offrir des moyens de contrôle pour les animations produites. Le couplage avec les LLM et les prompts est un début, mais ce paradigme manque de précision. En effet, pour de nombreuses applications, les utilisateurs, tels qu'un animateur dans le cas des loisirs numériques ou un médecin dans le cas d'étude de pathologies, souhaitent des outils de contrôle fins sur chaque détail du corps. Par exemple, dans les applications médicales de simulation, un médecin voudrait comprendre les effets physiques d'une chirurgie. Il faudra compléter l'apprentissage par des approches de renforcement explorant une simulation physique. Dans le cas des loisirs numériques, un animateur voudra par exemple contrôler l'orientation du regard d'un personnage virtuel, ainsi que l'expression de son visage et le style du geste (par exemple plus ou moins nerveux), tout en garantissant les effets physiques. Le verrou se trouve dans la capacité à concevoir des espaces latents séparant les caractéristiques (desentangling). Ceci est une problématique majeure des travaux actuels autour des modèles génératifs.

## Simulation et prédiction de mouvement

De nombreuses pistes de recherche restent à explorer afin d'améliorer les simulateurs de mouvement notamment prédictifs. L'équipe va poursuivre ses travaux sur l'utilisation de l'apprentissage par renforcement pour prédire des mouvements optimaux sur des modèles patients-spécifiques incluant ou non des pathologies. Ces approches peuvent également être utilisées pour l'amélioration voire l'optimisation du geste sportif. L'architecture du système d'apprentissage, la conception plus générale du simulateur intégrant ce système, les entrées et sorties, la définition de l'optimalité et la validité clinique sont les éléments sur lesquels le plus de travaux de recherche sont encore nécessaires, et nous souhaitons maintenant nous y atteler. L'objectif est de concevoir des simulateurs permettant d'estimer les états internes d'une personne, dans toutes leurs diversités, et de prédire les états futurs (cinématique, forces et couples articulaires, douleur, fatigue musculaire, charge cognitive etc.) avec plus de précision que les méthodes actuelles. Les résultats de ces simulations permettront de mieux comprendre les phénomènes impliqués dans le mouvement simulé, typiquement en mesurant les capacités motrices de la personne, en les restituant directement ou à destination d'un praticien, et en prédisant leurs évolutions.

## Imagerie médicale et simulation multi-physique des mouvements

L'équipe poursuivra ses travaux sur la modélisation multi-physique des organes thoraciques en mouvement, dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire impliquant des physiciens, radiothérapeutes et informaticiens, soutenu par France Hadron. Ces travaux visent à améliorer les traitements cliniques en prenant en compte la variabilité du mouvement respiratoire dans les différentes étapes de la radio/hadron thérapie (planification, traitement et vérification). L'équipe continuera à développer ses compétences en apprentissage automatique, avec un accent particulier sur l'apprentissage profond. Le principal défi réside dans l'automatisation et l'intégration de ces approches avec les simulations biomécaniques, dans le but de les rendre pleinement opérationnelles et utilisables en milieu clinique. Récemment, nous avons initié et proposé une nouvelle approche basée sur les techniques d'apprentissage profond combinées avec les simulations biomécaniques patient-spécifique du système respiratoire, afin de prédire la position de la tumeur en temps réel. Les premiers résultats sont très encourageants et illustrent que l'approche peut prédire la position de la tumeur avec une grande précision  $< 3/4\text{mm}$  et en temps réel. En ce qui concerne le transfert vers la clinique, il est essentiel d'établir un protocole de validation rigoureux, reposant sur des mesures réelles et des tests cliniques. Afin d'y parvenir, des discussions approfondies ont été engagées avec nos partenaires radiothérapeutes, dans le but de déterminer les critères de validation les plus appropriés. Par ailleurs, afin d'assurer la fiabilité et la cohérence de nos résultats en dosimétrie et imagerie de vérification en 4D, il est indispensable d'utiliser un fantôme physique thoracique anthropomorphique, tel que

LUCAS (Lung Cancer). Ce jumeau physique permettra de simuler de manière réaliste les conditions cliniques et d'évaluer les performances des systèmes de dosimétrie et d'imagerie dans un environnement contrôlé. Ces essais sont cruciaux pour valider les simulations dans des conditions proches de la réalité clinique. Ces infrastructures et ressources nécessaires à la validation devront bénéficier du soutien de France Hadron et Labex PRIMES, qui jouera un rôle clé dans l'accompagnement technique et financier de cette phase de transition vers l'application clinique. Dans la même perspective de transfert vers la clinique, et dans le cadre d'une thèse financée par le projet « ANR JUNE » retenu en 2023, l'équipe met à profit son expertise en segmentation, modélisation et simulation appliquée à l'Obstruction Nasale Chronique (ONC), un trouble complexe à mesurer et quantifier en milieu clinique. La simulation physique du flux d'air nasal, basée sur des images scanner 3D, pourrait offrir un outil de diagnostic précis, permettant d'évaluer l'obstruction nasale et d'optimiser l'évaluation du confort respiratoire.

## 12- Beagle

### 1- Informations générales pour le contrat en cours

#### Présentation de l'équipe

L'équipe Beagle est une équipe de recherche pluridisciplinaire du LIRIS. Créée en 2011, elle est associée à l'Équipe Projet Commune (EPC) INRIA/INSA Lyon éponyme<sup>68</sup>. Au 31 décembre 2024, l'équipe compte 4 permanents : 1 CR INRIA, 1 PR et 2 MCU (dont un à 50%), totalisant donc 2.25 ETP. L'équipe Beagle se positionne sur des thématiques de biologie computationnelle et d'évolution artificielle, en combinant des compétences en biologie théorique, modélisation des systèmes biologiques, neurosciences computationnelles et vie artificielle.

**Objectifs scientifiques** Les travaux de l'équipe Beagle visent à développer des modèles et des simulations pour étudier les processus biologiques complexes, tels que la transcription, la signalisation, et l'évolution des systèmes biologiques. Ces modèles aident à comprendre comment les systèmes biologiques évoluent et fonctionnent à différents niveaux, avec un focus spécifique sur les échelles moléculaires et cellulaires. L'équipe développe et exploite des outils computationnels pour produire de nouvelles connaissances en biologie cellulaire, neurosciences et biologie évolutive. L'équipe Beagle développe en particulier des modèles de l'évolution génomique des micro-organismes autour du simulateur "Aevol", plate-forme de simulation de l'évolution qui permet d'étudier les dynamiques évolutives multi-échelles des génomes bactériens. Aevol permet d'aborder des questions cruciales pour la biologie évolutive, notamment la manière dont les mutations, les duplications de gènes ou les réarrangements chromosomiques affectent l'évolution des génomes et des organismes.

Dans le champs des neurosciences computationnelles, l'équipe a développé une compétence spécifique reconnue sur la modélisation du "cerveau glial". Les cellules gliales (comprenant en particulier les astrocytes) sont des cellules du système nerveux qui assurent le soutien, la protection et la nutrition des neurones. Elles jouent un rôle clé dans le maintien de l'homéostasie cérébrale, la transmission des signaux nerveux mais aussi dans le développement de plusieurs maladies neurodégénératives. Nos travaux incluent des recherches sur la modélisation de la plasticité synaptique et l'influence des astrocytes dans les réseaux neuronaux, en collaboration avec des chercheurs en neurosciences.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Moyenne
#Revue int.	6	7	2	6	1	7	29	4.8
#Revue int. / ETP	2.7	3.1	0.9	2.7	0.4	3.1	12.9	2.1
#Conf. int.	3	1	3	0	1	6	14	2.3
#Conf. int. / ETP	1.3	0.4	1.3	0.0	0.4	3.1	6.2	1
#Logiciels BIL	2	0	0	0	1	0	3	0.5
#Thèses soutenues	1	1	0	1	3	0	6	1

TABLE 2.35 – Production : quelques indicateurs clés pour Beagle. Effectif au 31/12/2024 : 4 permanents ; 2.25 ETP. Le nombre de logiciels indiqué est extrait de la Base d'Information sur les Logiciels d'Inria (<http://bil.inria.fr>).

	Montant	Montant/ETP	Montant/an	Montant/an/ETP	Pourcentage
Regional	10	4.5	2	0.9	1%
France	1046	465	209	93	87%
Industrie	0	0	0	0	0
International	150	66.5	30	13	12%
Total	1206	536	241	107	

TABLE 2.36 – Contrats : quelques indicateurs clés pour Beagle. Effectif au 31/12/2024 : 4 permanents ; 2.25 ETP. Compte-tenu des spécificités de gestion de l'équipe, les contrats correspondants ne sont pas gérés par le LIRIS et n'apparaissent donc pas dans le budget du laboratoire. Ils sont mentionnés ici à titre indicatif. Les contrats propres à l'EPC mais gérés par des chercheurs hors-LIRIS ne sont pas comptabilisés ici.

#### Environnement de recherche

Du fait de son positionnement interdisciplinaire, l'équipe Beagle se situe à la croisée de plusieurs écosystèmes locaux et nationaux, en particulier en sciences de l'information et sciences du vivant mais aussi, quoique plus marginalement, en biomathématiques ou en biophysique. En outre, ce positionnement conduit l'équipe à privilégier des interactions les plus directes possible, donc à rechercher des collaborations locales stables. Cette volonté de collaboration locale est par ailleurs cohérente avec nos préoccupations sociétales : soucieux de minimiser l'impact carbone de l'équipe, les membres de Beagle limitent autant que possible l'usage des transports aériens.

68. L'équipe Beagle du LIRIS regroupe les membres LIRIS impliqués dans les activités de l'EPC.

Localement l'équipe a été naturellement impliquée dans la création du centre Inria de Lyon (créé au 1er janvier 2022) et participe depuis aux activités du centre. La présence, sur le site de Lyon, de plusieurs équipes-projet Inria relevant des thèmes "biologie numérique" et "Modélisation et commande pour le vivant" constitue un réseau informel de collaborations et d'échanges en lien avec les équipes Musics, AIStroSight, Mosaic, Erable ou Casting. En dehors de ce réseau thématique informel, l'équipe participe aux activités de la Fédération Informatique de Lyon (FIL), de la Fédération de Biologie des Systèmes de Lyon (BioSyL) et de l'Institut Rhône-Alpin des Systèmes Complexes (IXXI).

En dehors de ces structures fédératives, l'équipe entretient des collaborations naturelles avec plusieurs laboratoires de sciences du vivant sur les sites de Lyon (en particulier les laboratoires CarMeN, LBBE, LBMC, IGFL, BF2I, MAP, LEHNA, INL et Creatis ainsi que le Centre International de Recherche sur le Cancer de Lyon) et Grenoble (TIMC-IMAG).

Nationalement, l'équipe participe aux activités des GDR AIEM (Approche Interdisciplinaires en Evolution Moléculaire), BIMMM (Bioinformatique Moléculaire : Modélisation et Méthodologie) et ADN (Architecture et Dynamique Nucléaire). Nous avons ainsi accueilli les journées nationales du GDR BIMMM en novembre 2021 et les journées nationale du GDR AIEM en février 2025. Enfin, l'équipe est impliquée dans les PEPR Médecine Numérique et NumPEX (Numérique pour l'Exascale).

## Prise en compte des recommandations du précédent rapport

- La production d'articles est excellente, le comité ne peut que recommander à l'équipe de continuer dans sa stratégie de présence au niveau international dans les conférences du domaine.

Dans le domaine de la biologie computationnelle, les articles publiés dans des journaux internationaux restent le moyen de diffusion le plus classique et c'est donc celui que nous privilégions pour nos travaux. S'agissant des conférences internationales, sauf exception légitime, nous privilégions les conférences organisées en Europe de façon à minimiser l'impact carbone de l'équipe.

- Pour les aspects de développement logiciel, l'abandon de la maintenance du logiciel FluoBacTracker et la non-garantie d'une pérennité de moyens pour maintenir 'Aevol' montrent la fragilité des outils destinés à la transdisciplinarité et leur difficulté à trouver un public. Une recherche de moyens financiers et humains (CNRS, unité, etc.) pourrait aider à assurer la pérennité des outils développés.

S'agissant des outils destinés à la transdisciplinarité, il est important de faire la distinction entre les outils destinés à un usage ponctuel — et ne nécessitant donc pas de maintenance à long terme — et ceux destinés à être diffusés largement et pour lesquels la pérennité est effectivement un point crucial. Concernant la plate-forme Aevol, sur la période 2019-2024, celle-ci a fait l'objet de deux projets ANR (Evoluthon – ANR-19-CE45-0010 et NeGA – ANR-20-CE02-0008), garantissant ainsi le maintien de l'activité scientifique. En outre, un ingénieur Inria (David Parsons) travaille désormais à plein temps sur la maintenance de la plate-forme. Enfin, Aevol est considéré comme un cas d'usage dans le PEPR NumPEX, ce qui nous assure une excellente intégration dans l'écosystème français de calcul scientifique.

- La poursuite d'un management collaboratif est tout à fait souhaitable et correspond bien à la taille de l'équipe. Une présence plus soutenue dans les activités de l'unité pourrait lui permettre une meilleure intégration.

Il est clair que la localisation spécifique de l'équipe ne facilite pas son intégration dans l'unité. Néanmoins, qu'il s'agisse des permanents ou non-permanents, les membres de l'équipe participent régulièrement aux activités de l'unité (journées d'accueil, journées des doctorants, afterworks...). Depuis 2023, les difficultés administratives et politiques inhérentes à la création de l'Équipe-Projet Commune BioTiC au LIRIS ont cependant fortement impacté le sentiment d'appartenance des membres de Beagle à l'unité.

- Les thématiques choisies (modélisation de l'évolution et biologie théorique) restent des niches dans le paysage de la bio-informatique et reçoivent peu de soutien des institutions. L'étude sur les neurones pourrait inciter l'équipe à se rapprocher du domaine des neurosciences computationnelles, par exemple, qui semble porteur pour les prochaines années.

Cette thématique s'est de fait renforcée dans l'équipe, conduisant à plusieurs recrutements et, in fine, à un essaimage puisque Hugues Berry a créé une nouvelle équipe-projet Inria dédiée à cette thématique en février 2023<sup>69</sup>, quittant donc de fait l'équipe Beagle et le LIRIS.

- Les efforts importants d'attraction de nouveaux chercheurs et/ou enseignants chercheurs doivent être maintenus.

---

69. l'équipe AIStroSight a pour objectif de développer des méthodes numériques innovantes, notamment en intelligence artificielle et simulation numérique, pour accélérer la recherche de nouveaux médicaments destinés au traitement des maladies neurologiques rares. Cette initiative est le fruit d'une collaboration entre la société Theranexus, Inria, l'Université Claude Bernard Lyon 1 et les Hospices Civils de Lyon

Sur la période 2019-2024, l'équipe a recruté plusieurs chargés de recherche Inria (Anton Crombach, Audrey Denizot, Thomas Guyet et Sandro Colizzi), illustrant la bonne attractivité de l'équipe<sup>70</sup>, d'autant qu'une arrivée supplémentaire est prévue avec la mutation de Clément Moulin-Frier (CRCN Inria/HdR) qui devrait rejoindre l'équipe à l'été 2025. En outre, Nelle Varoqueau, recrutée CRCN au CNRS en 2019, avait ciblé une affectation au LIRIS dans l'équipe Beagle, illustrant là encore l'attractivité de l'équipe. Cependant, lors de son recrutement, l'INS2I a choisi de l'affecter au TIMC-IMAG.

## 2- Introduction du portfolio

- Réalisation 1 : L'équipe collabore depuis plusieurs années avec Brown University (US) sur l'analyse de la dynamique de différenciation des cellules neuronales dans le cortex cérébral de la souris. Ce travail a donné lieu à plusieurs publications dans des revues spécialisées au cours de la période dont, en 2021, l'article [Zep+21] publié dans la prestigieuse revue *eLife*. Nous y proposons une nouvelle méthode d'intégration de données qui nous a permis de mieux caractériser les mécanismes de différenciation des neurones du bulbe olfactif. Suite à cette publication, nous avons approfondi l'interaction avec Brown University via l'obtention d'un financement NIH (National Institute of Health, US). Nos travaux les plus récents sont acceptés pour publication dans la revue *Nature Neurosciences* (in press).
- Réalisation 2 : La plate-forme de simulation d'évolution Aevol permet l'étude de l'évolution de l'architecture des génomes bactériens sous la pression des réarrangements chromosomiques. Ces événements mutationnels génèrent des "variants structurels" dont l'impact évolutif est encore très mal compris et pour lesquels la biologie moléculaire manque d'outils. Nous avons spécifiquement étudié l'impact des réarrangements chromosomiques à l'aide de la plate-forme et montré qu'ils ont des effets majeurs sur la dynamique évolutive mais aussi sur la régulation de la taille des génomes. Les résultats ont fait l'objet d'une publication dans *Molecular Ecology* en 2023 [Ban+23]. Il nous semble important de signaler que cette publication n'est signée que par des membres de l'équipe Beagle, illustrant ainsi notre capacité à maîtriser totalement les aspects interdisciplinaires de nos recherches.
- Réalisation 3 : Nous collaborons depuis plusieurs années avec l'équipe du Prof. Santiago Elena (CSIC, Valencia, Spain) sur la dynamique d'innovation dans les séquences virales. Dans le cadre de cette étude, nous avons montré que la combinatoire des événements mutationnels pouvait représenter un paramètre majeur pour la compréhension des dynamiques évolutives, transférant ainsi un concept classique de l'informatique vers le champ de la biologie évolutive. Ce travail a été publié dans la revue *Virus Evolution* [BEB24]. Dans cet article, nous montrons que la combinatoire des duplications chromosomiques dépasse largement celle des mutations "classiques". En conséquence, les temps caractéristiques d'exploration des voisinages mutationnels sont très différents, entraînant mécaniquement des phénomènes de bursts évolutifs similaires à ceux observés chez les virus.

## 3- Auto-évaluation du bilan

### Autoévaluation de l'équipe

#### Domaine 1. Objectifs scientifiques, organisation et ressources de l'unité

**Référence 1. L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.**

De par sa petite taille et le caractère interdisciplinaire de ses travaux, l'équipe ne peut être efficace qu'à la condition de circonscrire son périmètre scientifique. De fait, nos travaux s'organisent autour de trois thèmes :

**Thème 1 : Dynamique des réseaux moléculaires** Les cellules biologiques sont le siège d'interactions moléculaires (transcriptionnelles et métaboliques) qui sont souvent décrits sous la forme de réseaux. Nous nous intéressons aux propriétés dynamiques de ces réseaux via la modélisation ou l'analyse de données [PC19 ; Wor+20 ; Zep+21]. Dans ce dernier cas, nous recherchons tout particulièrement des approches explicatives en analyse de données transcriptomique sur cellule unique [Cha+24b ; Cha+24a ; Pen+24].

**Thème 2 : Evolutionary Systems Biology** L'évolution biologique est classiquement étudiée à l'échelle des gènes ou des séquences. Cependant, les systèmes biologiques évoluent aussi à l'échelle globale, ce qui pose

---

70. Du fait de l'essaimage de l'équipe AISTroSight en février 2023, Audrey Denizot et Thomas Guyet ont quitté l'équipe Beagle. Leur présence au LIRIS n'a donc été que transitoire.

des questions spécifiques telles que l'évolution de la structure des réseaux moléculaires ou de l'architecture des génomes [RHB19 ; Lia+20 ; Lui+24 ; Dau+24 ; Kal+24 ; Ban+23 ; TBB22].

**Thème 3 : Neurosciences computationnelles** Les cellules cérébrales (neurons et cellules gliales) forment des réseaux de communication cellulaires médiés par des interactions moléculaires et ioniques. La spécificité de ces échanges a progressivement conduit à l'émergence d'une thématique spécifique distincte de celle des réseaux moléculaires "classiques". L'équipe a en particulier développé une forte compétence en modélisation des astrocytes [Den+19 ; Len+20 ; BB22 ; Den+22].

Ces trois thèmes sont complémentaires puisque les systèmes considérés sont classiquement décrits sous la forme de réseaux que les trois thèmes correspondent donc à des échelles de temps différentes (respectivement le temps cellulaire, évolutif et moléculaire). Le caractère très ciblé de nos thèmes de recherche nous permet d'assurer la pertinence de nos travaux et d'éviter la sur-sollicitation par nos collègues biologistes, souvent en recherche de partenaires modélisateurs. En effet, ces thèmes ciblés nous permettent d'être identifiés par rapport à des questionnements scientifiques précis.

Au cours du quinquennal, la thématique "neurosciences computationnelles" s'est développée et a vu son objectif scientifique s'infléchir, passant d'un objectif biologique ("comprendre le système") à un objectif médical ("agir sur le système"). C'est cette évolution qui a conduit Beagle à se scinder en deux équipes, les thèmes 1 et 2 maintenant leur activité au sein de l'équipe Beagle du LIRIS quant le thème 3 a quitté l'unité pour créer une nouvelle équipe — AISTroSight — en lien avec les Hospices Civils de Lyon et la société d'innovation thérapeutique ThéraneXus. Nous tenons à préciser ici que cette scission s'est déroulée en parfaite intelligence et qu'elle n'a en aucun cas été liée à des conflits internes à l'équipe Beagle. De fait, Beagle et AISTroSight entretiennent encore des liens forts, par exemple via le co-encadrement de thèses.

**Référence 2. L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.**

Du fait du caractère théorique de nos travaux, nos besoins en ressources concernent essentiellement le financement de doctorants, post-doctorants, mais aussi d'ingénieurs pour le développement et la maintenance de nos plate-formes de simulation. Dans ce cadre, sur la période 2019-2024, nos ressources ont été principalement issues de trois sources de financement :

**Les projets ANR.** Sur la période, l'équipe a participé à 6 projets ANR et à un projet du National Institute of Health (NIH) américain, soit comme coordinateur (2 projets) soit comme partenaire (5 projets). On notera que, en accord avec la direction du LIRIS, ces projets ont été gérés par la tutelle Inria de l'équipe et n'apparaissent donc pas dans le budget du LIRIS <sup>71</sup>.

**Les PEPR et les projets Exploratoires.** L'équipe est impliquée dans la PEPR "médecine numérique" ce qui nous a permis de financer deux thèses sur la période. Par ailleurs, le projet exploratoire Inria ExODE (visant à utiliser la précision mixte dans les grands modèles de biologie computationnelle) nous a permis de développer une nouvelle thématique via le recrutement d'une thèse et d'un ingénieur de recherche.

**Les Contrats Doctoraux Spécifiques Normaliens (CDSN).** Au niveau national l'équipe Beagle est bien identifiée comme un des acteurs de l'interdisciplinarité en sciences du vivant et sciences de l'information. Cela nous permet d'attirer des étudiants issus des ENS de Paris, Rennes ou Lyon et de bénéficier indirectement des financements CDSN attribués à ces étudiants. Sur la période 2019-2024, nous avons ainsi accueilli 4 étudiants normaliens, représentant, à l'échelle de l'équipe, une ressource non négligeable.

**Référence 3. L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.**

Depuis sa création, l'équipe Beagle a toujours fait le choix d'une unité de lieu. Tous les membres de l'équipe sont donc localisés sur un même site (au centre Inria de Lyon, Bât. CEI-2, sur le campus de la Doua). Cette unité de lieu nous permet de garantir des échanges fluides et réguliers. L'équipe se réunit de façon hebdomadaire les mardis de 10h à 12h pour des réunions comportant systématiquement un temps d'échange informel (30 mn), un temps administratif (30 mn) et un temps scientifique (1h). À cette réunion hebdomadaire s'ajoutent des réunions de groupes de projets et des événements sociaux informels réguliers (sportifs ou festifs). En outre, conformément à la politique de gestion d'Inria, l'équipe dispose d'une assistante d'équipe (attribuée à 50%) ainsi que d'un support en ingénierie logiciel via le Service Expérimentation et Développement (SED).

La biologie computationnelle nécessite souvent de gros moyens de calculs, soit pour simuler de très grands systèmes d'équations (EDO/EDP, modèles à compartiments), soit pour simuler la dynamique de modèles agents (tels que la plate-forme Aevol). Pour ce faire, l'équipe dispose d'une hiérarchie de ressources incluant des

---

71. La gestion Inria des projets est directement liée à la composition de l'équipe (tous les CR/DR de l'équipe étant Inria) et à sa localisation qui nous donne un accès direct aux outils de gestion Inria via le services des assistantes d'équipe-projet (SAER).

machines multicœurs et un cluster de calcul propres (150 cœurs). Lorsque les besoins de calcul dépassent nos capacités propres, nous disposons d'accès sur des clusters de calcul nationaux (Slices-FR, Inria et Genci).

**Référence 4. Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.**

En dehors des règles et directives liées soit aux spécificités de l'unité, soit aux règles propres à notre hébergeur (le centre Inria de Lyon), l'équipe veille à assurer à ses membres un cadre de travail serein et sécurisant. Dans ce cadre, plusieurs des membres de l'équipe (permanents et non-permanents) ont suivi la formation PPSM (Premiers Secours en Santé Mentale) en plus de formations plus classiques (SST, PSC1, Chargé d'évacuation...). Cette attention au cadre de travail s'est en particulier manifestée lors des confinements liés à la crise du Covid-19 : pendant toute la durée de la crise, l'équipe a mis en place des systèmes de communication propres (serveur Jitsi et RocketChat) et s'est réunie deux fois par semaine en visioconférence, avec des points de rendez-vous quotidiens pour celles et ceux qui en ressentaient la nécessité. Enfin, suite à l'estimation du bilan carbone de l'équipe réalisée en 2017, les membres de l'équipe ont réorganisé leurs pratiques de façon à limiter leur impact (usage de transports à bas carbone pour les trajets pendulaires, limitation de l'usage des transports aériens...). Cette réorganisation s'est faite de façon non-coercitive et sur la base du volontariat. Elle est cependant partagée par l'ensemble des membres de l'équipe, permanents et non-permanents.

## Domaine 2. Les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

**Référence 1. L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.**

A l'échelle nationale, l'équipe est reconnue comme un des acteurs de l'interdisciplinarité en biologie computationnelle. Cette reconnaissance se traduit par la participation à des consortiums de recherche, par des invitations à donner des conférences et séminaires ou par la participation à des jurys de thèse ou d'HdR. En particulier, il est notable que les membres de l'équipe soient régulièrement invités à évaluer des travaux doctoraux aussi bien dans des unités relevant des sciences du vivant que dans des unités relevant des sciences de l'information.

Au niveau international, on peut noter différents indices de reconnaissance, qu'il s'agisse de l'attractivité de l'équipe auprès des chercheurs internationaux, de notre participation à des projets éditoriaux (Ainsi, Hugues Berry est éditeur de la revue *PLoS Computational Biology* et Anton Crombach a édité le deuxième volume de l'ouvrage *Evolutionary Systems Biology* chez Springer), ou de notre capacité à publier avec des chercheurs internationaux. Même si cette candidature s'est in fine révélée infructueuse, on mentionnera ici la candidature de G. Beslon à l'ERC Advanced Synergy en 2019 (projet Prime, en partenariat avec D. Schneider, TIMC-IMAG) qui a été sélectionnée lors de la première phase et classée sur liste d'attente à l'issue de l'audition.

**Référence 2. Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.**

L'équipe Beagle a fait le choix de publier ses résultats quasiment exclusivement dans des revues de rang A (Q1 JCR) et, sauf exception, d'utiliser les autres supports de diffusion (conférences, workshops...) pour maintenir un réseau de collaboration et d'échange. Cette stratégie se traduit par une liste de publication que nous considérons comme excellente, aussi bien dans des revues de biologie computationnelle (*PLoS Computational Biology*, *Journal of Theoretical Biology*, *Artificial Life*...) que dans des revues de biologie (*eLife*, *Molecular Ecology*, *Virus Evolution*, *Genome Biology and Evolution*...). Sur ce dernier point, il est important de souligner que les membres de l'équipe sont en mesure de publier de façon autonome dans des journaux de référence du domaine, illustrant la portée interdisciplinaire de nos résultats.

**Référence 3. L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.**

Les membres de l'équipe sont particulièrement impliqués dans l'administration et dans l'évaluation de la recherche au niveau local et au niveau national. Sur la période 2019-2024, les implications les plus notables sont la responsabilité d'Adjoint au Directeur Scientifique d'Inria en charge du thème "santé, biologie et planète numériques" (Hugues Berry, 2015-2023), la participation à la Commission Scientifique Sectorielle 5 de l'IRD (Guillaume Beslon, 2016-2020), la participation à la Commission Scientifique Sectorielle 7 de l'INSERM (Hugues Berry, depuis 2022), la participation à la commission des moyens incitatifs du centre Inria de Lyon (Guillaume Beslon, 2022-), la présidence du Comité des Utilisateurs des Moyens Informatiques et des moyens de calcul du centre Inria de Lyon (Jonathan Rouzaud-Cornabas, 2023-), la participation au comité de centre du centre

Inria de Lyon (Juliette Luiselli, Lisa Chabrier et Guillaume Beslon, 2022-), la participation au comité d'action sociale d'Inria (AGOS ; Romain Gallé, Arsène Marzoratti, 2023-), la présidence du comité de visite HCERES du LITIS (Guillaume Beslon, 2022), etc. Par ailleurs, comme mentionné ci-dessus, l'équipe participe régulièrement à l'organisation d'événements scientifiques nationaux (organisation de workshops ou de journées nationales pour les GdR BIMMM ou AIEM) et internationaux (conférences SFE2 2024, MMEE 2019, BDA 2019...) même si, suite à la crise du Covid-19, le rythme d'organisation de ces événements a naturellement décliné.

Enfin, il est important de mentionner que, durant la crise du Covid-19, l'équipe s'est mobilisée spécifiquement pour mettre son expertise en biologie computationnelle au service de la gestion de crise. En particulier, Hugues Berry a assuré le rôle de coordinateur de la "task-force" Inria dédiée. Plus spécifiquement, David Parsons (IR Inria) et Théotime Grohens (alors doctorant dans l'équipe) ont participé à un projet de gestion de données visant à anticiper la charge dans les services d'urgence [Gau+20] et Christophe Rigotti a participé à des projets de modélisation de l'épidémie [Pag+21].

**Référence 4. La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.**

Sauf exception, la production scientifique de l'équipe est publiée dans des revues en open-access et la production scientifique de l'équipe est systématiquement mise à disposition sur HAL (ainsi, généralement, que sur bioRxiv). Nous suivons avec attention le développement des EpiJournaux (*PCI Evolutionary Biology* ; *PCI Computational and Mathematical Biology*...). Cependant, notre expérience récente dans ce domaine ([GMB24]) tend à montrer que ces supports de publication ne sont pas encore matures, du moins dans notre domaine. En ce qui concerne les développements logiciels et en particulier la plate-forme Aevol, tous nos développements sont mis à la disposition de la communauté via un dépôt GitLab sous licence GNU General Public License v3.0. L'équipe est particulièrement attentive à la formation des plus jeunes quant aux bonnes pratiques de publication et aux risques liés aux "predatory publishers" et aux "fake-conferences".

### Domaine 3. Inscription des activités de recherche dans la société

**Référence 2. L'unité développe des produits et des services à destination du monde culturel, économique et social.**

L'équipe Beagle développe un projet interdisciplinaire à l'interface des sciences de l'information et des sciences du vivant. À ce titre, l'équipe considère que son impact scientifique doit se faire majoritairement via la diffusion de concepts, méthodes et outils issus des sciences de l'information vers nos partenaires biologistes. Cet impact s'accompagne naturellement de perspectives médicales, en particulier en infectiologie (évolution des micro-organismes et antibiorésistance), en cancérologie (étude du dérèglement des réseaux moléculaires et cellulaires) et en neurosciences (développement des maladies neurodégénératives). Néanmoins, les recherches de l'équipe sont des recherches amont et sont donc généralement trop théoriques pour envisager des développements médicaux à court terme.

**Référence 3. L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.**

Plusieurs des membres permanents et non-permanents de l'équipe sont régulièrement impliqués dans des activités de vulgarisation scientifique (participation à la cellule médiation du LIRIS, implication dans la Fête la science, dans le réseau Femmes&Science, dans l'Université Ouverte de Lyon...). Certaines de nos actions sont plus spécifiques et méritent d'être mentionnées ici :

- Nous avons développé un protocole d'accueil spécifique pour accueillir les collégien-ne-s et lycéen-ne-s souhaitant découvrir le monde de la recherche. Pendant leur stage, ils réalisent leur propre projet de recherche en utilisant nos plateformes de simulation. La réalisation de ce projet sous notre supervision leur permet de pratiquer et de découvrir la méthode scientifique. Ce protocole a fait l'objet d'une communication internationale en 2019 [Car+19]. Depuis 2019, nous avons accueillis 4 élèves de 3<sup>ème</sup> et 3 élèves de 2<sup>nde</sup> pour des séjours d'une ou deux semaines.
- Les modèles informatiques peuvent souvent être utilisés à des fins pédagogiques (par exemple dans le cadre de cours à l'Université Ouverte de Lyon<sup>72</sup>). Nous développons parfois des modèles dédiés à cet usage. Ainsi, dans le cadre de l'exposition scientifique "Comme par hasard", nous avons développé *GreenMice*, un jeu éducatif visant à enseigner les mécanismes de l'évolution aux enfants.

72. <https://uo.univ-lyon1.fr/activites/cycles-de-conferences/mathematiques/>

- La moitié des membres de l'équipe enseignent en école d'ingénieurs à l'INSA Lyon. Dans ce contexte, nous sommes fortement impliqués dans la promotion de l'interdisciplinarité auprès des étudiants, en particulier dans les départements informatique et biosciences.

## Synthèse de l'autoévaluation

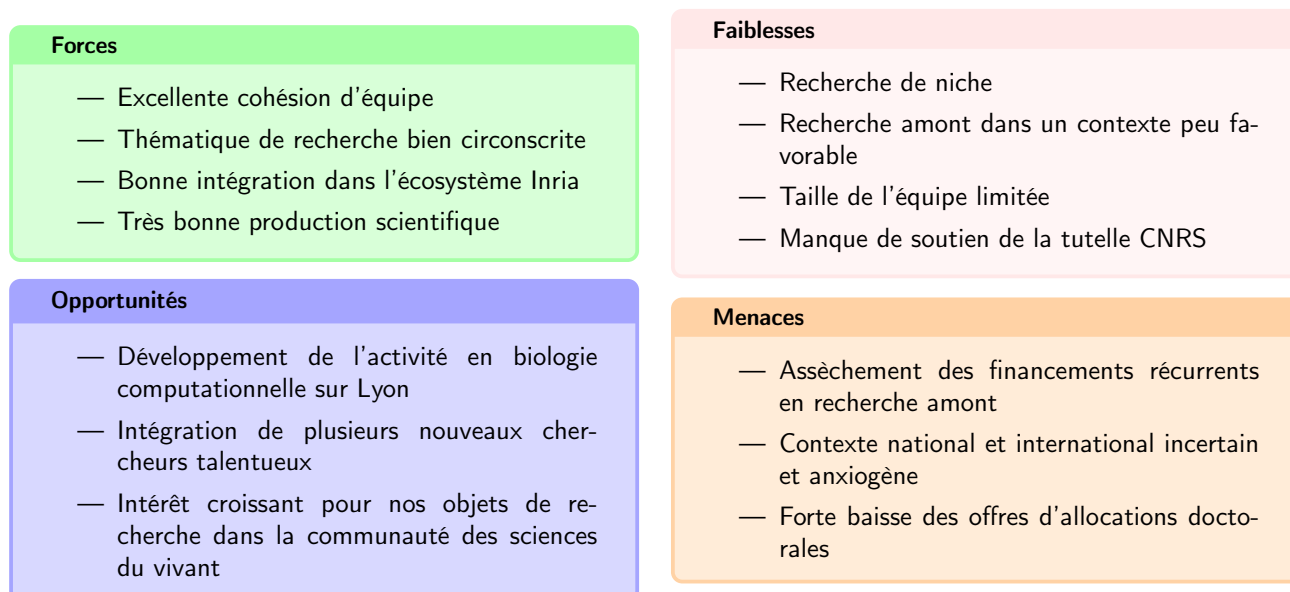


FIGURE 2.42 – SWOT de l'équipe Beagle

## 4- Trajectoire de l'équipe

En tant qu'Équipe-Projet Commune Inria/INSA Lyon, l'équipe Beagle a atteint sa durée de vie maximale. Les membres de l'équipe ont proposé à Inria la création de l'EPC BioTiC (Biologie Théorique et Computationnelle), toujours en partenariat avec l'INSA Lyon. Il n'a malheureusement pas été possible de parvenir à un consensus entre Inria et le CNRS quant aux contours de cette EPC. Dans la mesure où l'équipe est composée pour moitié de personnels Inria, la seule solution viable pour maintenir notre activité scientifique a été de quitter l'UMR. En conséquence, Guillaume Beslon, Anton Crombach et Jonathan Rouzaud-Cornabas ont quitté le LIRIS au 1er janvier 2025 pour rejoindre le CITI et y créer l'EPC BioTiC.

## Annexe

### 1- Arrivées, promotions et départs des personnels permanents de l'unité sur la période

#### 1- Arrivées

Laforest	Frédérique	2019	INSA Lyon	tweak	Pr	Externe
Poiny	Sandra	2019	U. Lyon 1	svadmin	Tech	Externe
Tkachenko	Iuliia	2019	U. Lyon 2	imagine	MCF	Externe
Bousquet	Nicolas	2020	CNRS	goal	CR	Externe
Cavret	Djemilia	2020	CNRS	svadmin	IR	Externe
Feuilloley	Laurent	2020	CNRS	goal	CR	Externe
Loiseau	Mathieu	2020	INSA Lyon	sical	MCF	Externe
Nitu	Vlad	2020	CNRS	drim	CR	Externe
Nurbakova	Diana	2020	INSA Lyon	drim	MCF	Externe
Pierron	Théo	2020	U. Lyon 1	goal	MCF	Externe
Vargas-Solar	Genoveva	2020	CNRS	bd	CR	Externe
Coutrot	Antoine	2021	CNRS	sical	CR	Externe
Delanoy	Johanna	2021	INSA Lyon	origami	MCF	Externe
Mbarek	Olivier	2021	CNRS	svinfo	IE	Externe
Niat	Gwenaële	2021	INSA Lyon	svadmin	Tech	Externe
Tommasini	Riccardo	2021	INSA Lyon	bd	MCF	Externe
Jouglaud	Nathalie	2022	CNRS	svadmin	AI	Externe
Mauri	Andrea	2022	U. Lyon 1	bd	CPJ	Externe
Mougel	Pierre-Nicolas	2022	CNRS	svinfo	IT (CDD 3 ans)	Externe
Parashar	Shaifali	2022	CNRS	imagine	CR	Externe
Raimbaud	Pierre	2022	ECL (Enise)	origami	MCF	Externe
Davoine	Franck	2023	CNRS	imagine	DR	Externe
Gelas	Jean-Patrick	2023	U. Lyon 1	soc	MCF	Intégration
Khanouche	Essaid	2023	U. Lyon 1	soc	MCF	Externe
Yacoubi	Nadia	2023	U. Lyon 1	tweak	MCF	Externe
Yun	Bruno	2023	U. Lyon 1	sycosma	MCF	Externe
Arman	Cindy	2024	CNRS	svadmin	AI	Externe
Barrere	Killian	2024	INSA Lyon	imagine	MCF	Externe
Morge	Maxime	2024	U. Lyon 1	sycosma	Pr	Externe

TABLE A.1 – Arrivées (29)

#### 2- Promotions

Lavoue	Guillaume	2019	ECL (Enise)	origami	MCF vers Pr	Interne (INSA vers ECL)
Scuturici	Marian	2022	INSA Lyon	bd	MCF vers Pr	Interne (fléché)
Cavret	Djemilia	2022	CNRS	svadmin	IE vers IR	Interne
Duchene	Eric	2022	U. Lyon 1	goal	MCF vers Pr	Interne (re-pyramidage)
Baboli	Armand	2023	INSA Lyon	bd	MCF vers Pr	Interne (fléché)
Bonneel	Nicolas	2023	CNRS	origami	DR	Interne
Digne	Julie	2023	CNRS	origami	DR	Interne
Lavoue	Elise	2023	U. Lyon 3	sical	MCF vers Pr	Interne (re-pyramidage)
Duffner	Stefan	2024	INSA Lyon	imagine	MCF vers Pr	Interne
Ferri	Caroline	2024	INSA Lyon	svadmin	A Tech vers Tech	Interne
Seba	Hamida	2024	U. Lyon 1	goal	MCF vers Pr	Interne (re-pyramidage)

TABLE A.2 – Promotions (11)

### 3- Départs

Badr	Youakim	2019	INSA Lyon	soc	MCF	détachement
Christine Michel	Christine	2019	INSA Lyon	sical	MCF	mobilité
Fenet	Serge	2019	U. Lyon 1	dm2l	MCF	délégation
Gandoin	Pierre-Marie	2019	U. Lyon 2	geomod	MCF	mobilité
Guyader	Brigitte	2019	U. Lyon 1	svadmin	Adj. adm	retraite
Solnon	Christine	2020	INSA Lyon	m2disco	Pr	mobilité
Barrière	Dominique	2020	INSA Lyon	svadmin	Adj. adm	détachement
Lombardi	Catherine	2020	CNRS	svadmin	IE	détachement
Champin	Pierre-Antoine	2020	U. Lyon 1	tweak	MCF	délégation
Benatallah	Boualem	2021	U. Lyon 1	bd	Pr (IDEX)	mobilité
Villeseche	Catherine	2021	U. Lyon 2	svadmin	Adj. adm	détachement
Ferreira Da Silva	Catarina	2021	U. Lyon 1	soc	MCF	mobilité
Gertosio	Christine	2021	U. Lyon 1	sycosma	MCF	retraite
Gheraissa	Mabrouka	2021	INSA Lyon	svadmin	Tech	mobilité
Laporte	Lea	2021	INSA Lyon	drim	MCF	disponibilité
Miquel	Maryvonne	2021	INSA Lyon	bd	MCF	retraite
Nitu	Vlad	2022	CNRS	drim	CR	disponibilité
Wolf	Christian	2022	INSA Lyon	imagine	MCF	détachement
Barhmagi	Mahmoud	2022	U. Lyon 1	soc	MCF	disponibilité
Berry	Hugues	2022	INRIA	beagle	DR	mobilité
Plantevit	Marc	2022	U. Lyon 1	dm2l	MCF	disponibilité
Selbonne	Betty	2022	INSA Lyon	svadmin	Adj. adm	mobilité
Hassas	Salima	2023	U. Lyon 1	sycosma	Pr	décès
Amghar	Youssef	2023	INSA Lyon	soc	Pr	retraite
Boullicaut	Jean-Francois	2023	INSA Lyon	dm2l	Pr	retraite
Jolion	Jean-Michel	2023	INSA Lyon	imagine	Pr	retraite
Leschi	Claire	2023	INSA Lyon	dm2l	MCF	délégation
Marty	Jean-Charles	2023	Autre	sical	MCF	retraite
Ou-Halima	Mohamed	2023	INSA Lyon	bd	MCF	retraite
Baert	Patrick	2024	ECL	svinfo	IR	détachement
Bousquet	Nicolas	2024	CNRS	goal	CR	détachement
Buisson	Isabelle	2024	U. Lyon 1	svadmin	Adj. adm	détachement
Espinosa Oviedo	Javier Alfonso	2024	Autre	bd	MCF	mobilité
Jouglard	Nathalie	2024	CNRS	svadmin	AI	mobilité
Portier	Pierre-Edouard	2024	INSA Lyon	drim	MCF	disponibilité
Saladin	Hervé	2024	U. Lyon 1	svinfo	IE	détachement
Thion	Romulad	2022 et 2024	U. Lyon 1	bd	MCF	détachement
Sehaba	Karim	2022 et 2024	U. Lyon 2	sical	MCF	disponibilité

TABLE A.3 – Départs (38)

## Bibliographie

- [AL05] Glen ALLMENDINGER et Ralph LOMBREGLIA. « Four strategies for the age of smart services ». In : *Harvard business review* 83 (nov. 2005), 131-4, 136, 138 passim.
- [Enn+15] Fatima Zohra ENNAJI et al. « Social intelligence framework : Extracting and analyzing opinions for social CRM ». In : *2015 IEEE/ACS 12th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*. Marrakech, Morocco : IEEE, nov. 2015, p. 1-7. DOI : [10.1109/AICCSA.2015.7507229](https://doi.org/10.1109/AICCSA.2015.7507229). URL : <https://inria.hal.science/hal-01857560>.
- [Aza+16] Lobna AZAZA et al. « A Credibility and Classification-Based Approach for Opinion Analysis in Social Networks ». In : *Model and Data Engineering*. Sous la dir. de L BELLATRECHE et al. T. 9893. Lecture Notes in Computer Science. Almeria, Spain : SPRINGER INT PUBLISHING AG, GEWERBESTRASSE 11, CHAM, CH-6330, SWITZERLAND, sept. 2016, p. 303-316. DOI : [10.1007/978-3-319-45547-1\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45547-1_24). URL : <https://ube.hal.science/hal-01442692>.
- [GJ16] Dimitrios GEORGAKOPOULOS et Prem Prakash JAYARAMAN. « Internet of things : from internet scale sensing to smart services ». In : *Computing* 98 (oct. 2016). DOI : [10.1007/s00607-016-0510-0](https://doi.org/10.1007/s00607-016-0510-0).
- [EOB17] Hajlaoui Jalel EDDINE, Mohamed Nazih OMRI et Djamal BENSLIMANE. « Performance and Scalability Appraisal of Four Directed Weighted Graph Matching Algorithms : A Survey ». In : *2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*. Hammamet, Tunisia : IEEE, oct. 2017, p. 392-398. DOI : [10.1109/AICCSA.2017.50](https://doi.org/10.1109/AICCSA.2017.50). URL : <https://inria.hal.science/hal-01857539>.
- [HMB17] Jalel Eddine HAJLAOUI, Omri MOHAMED-NAZIH et Djamal BENSLIMANE. « A QoS-aware approach for discovering and selecting configurable IaaS Cloud services ». In : *Computer Systems : Science and Engineering* 32.4 (2017), p. 1-24. URL : <https://inria.hal.science/hal-01857475>.
- [HOB17] Jalel Eddine HAJLAOUI, Mohamed Nazih OMRI et Djamal BENSLIMANE. « Multi-tenancy Aware Configurable Service Discovery Approach in Cloud Computing ». In : *2017 IEEE 26th International Conference on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)*. Poznan, Poland : IEEE, juin 2017, p. 232-237. DOI : [10.1109/WETICE.2017.50](https://doi.org/10.1109/WETICE.2017.50). URL : <https://inria.hal.science/hal-01857551>.
- [Enn+18] Fatima Zohra ENNAJI et al. « Impact of Credibility on Opinion Analysis in Social Media ». In : *Fundamenta Informaticae. Model and Data Engineering, MEDI 2016 Special Issue* 162.4 (2018), p. 259-281. DOI : [10.3233/FI-2018-1725](https://doi.org/10.3233/FI-2018-1725). URL : <https://ube.hal.science/hal-01931357>.
- [AA19] Jean-Baptiste AUJOGUE et Alex AUSSEM. « Hierarchical Recurrent Attention Networks for Context-Aware Education Chatbots ». In : *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. Budapest, France : IEEE, juill. 2019, p. 1-8. DOI : [10.1109/IJCNN.2019.8852445](https://doi.org/10.1109/IJCNN.2019.8852445). URL : <https://hal.science/hal-05006037>.
- [Aww+19] Tarek AWWAD et al. « CrowdED and CREX : Towards Easy Crowdsourcing Quality Control Evaluation ». In : *Advances in Databases and Information Systems*. Août 2019, p. 285-301. DOI : [10.1007/978-3-030-28730-6\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28730-6_18). URL : <https://hal.science/hal-02279815>.
- [Ben+19] Anes BENDIMERAD et al. « Contrastive antichains in hierarchies ». In : *SIGKDD 2019*. Anchorage, Alaska, United States : ACM Press, août 2019, 294 :304. DOI : [10.1145/3292500.3330954](https://doi.org/10.1145/3292500.3330954). URL : <https://hal.science/hal-02114775>.
- [Bir+19] Robert BIRKE et al. « Chisel : Reshaping Queries to Trim Latency in Key-Value Stores ». In : *2019 IEEE International Conference on Autonomic Computing (ICAC)*. Umea, France : IEEE, juin 2019, p. 42-51. DOI : [10.1109/ICAC.2019.00016](https://doi.org/10.1109/ICAC.2019.00016). URL : <https://hal.science/hal-03752232>.

- [BMT19] Angela BONIFATI, Wim MARTENS et Thomas TIMM. « Navigating the Maze of Wikidata Query Logs ». In : *WWW 2019 - The World Wide Web Conference*. San Francisco, United States : ACM, mai 2019, p. 127-138. DOI : [10.1145/3308558.3313472](https://doi.org/10.1145/3308558.3313472). URL : <https://inria.hal.science/hal-02096714>.
- [Bon+19] Angela BONIFATI et al. « Interactive Mapping Specification with Exemplar Tuples ». In : *ACM Transactions on Database Systems* 44.3 (juin 2019), p. 44. DOI : [10.1145/3321485](https://doi.org/10.1145/3321485). URL : <https://inria.hal.science/hal-02096764>.
- [Car+19] Quentin CARDE et al. « How to reduce a genome ? ALife as a tool to teach the scientific method to school pupils ». In : *ALIFE 2019 - Conference on Artificial Life*. Newcastle, United Kingdom : MIT Press, juill. 2019, p. 497-504. DOI : [10.1162/isal\\_a\\_00211](https://doi.org/10.1162/isal_a_00211). URL : <https://inria.hal.science/hal-02285718>.
- [Com+19a] Paul COMPAGNON et al. « Personalized Posture and Fall Classification with Shallow Gated Recurrent Units ». In : *32nd IEEE CBMS International Symposium on Computer-Based Medical Systems*. Link to final publication : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8787455>. Cordoue, Spain, juin 2019. DOI : [10.1109/CBMS.2019.00034](https://doi.org/10.1109/CBMS.2019.00034). URL : <https://hal.science/hal-02095355>.
- [Com+19b] Paul COMPAGNON et al. « Routine Modeling with Time Series Metric Learning ». In : *28th International Conference on Artificial Neural Networks*. version éditeur : [https://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30484-3\\_47](https://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30484-3_47). Munich, Germany, sept. 2019. DOI : [10.1007/978-3-030-30484-3\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30484-3_47). URL : <https://hal.science/hal-02165265>.
- [DMP19] Antoine DAILLY, Julien MONCEL et Aline PARREAU. « Connected Subtraction Games on Subdivided Stars ». In : *Integers : Electronic Journal of Combinatorial Number Theory* 19 (2019), G3. URL : <https://hal.science/hal-01849181>.
- [Den+19] Audrey DENIZOT et al. « Simulation of calcium signaling in fine astrocytic processes : effect of spatial properties on spontaneous activity ». In : *PLoS Computational Biology* 15.8, e1006795 (août 2019), p. 1-33. DOI : [10.1371/journal.pcbi.1006795](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006795). URL : <https://inria.hal.science/hal-02184344>.
- [Egl+19] Véronique EGLIN et al. « KeyWord Spotting using Siamese Triplet Deep Neural Networks ». In : *International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*. Sydney, Australia, sept. 2019. DOI : [10.1109/ICDAR.2019.00187](https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00187). URL : <https://hal.science/hal-02155381>.
- [Enn+19] Fatima Zohra ENNAJI et al. « A product reputation framework based on social multimedia content ». In : *International Journal of Web Information Systems* 16.1 (sept. 2019), p. 95-113. DOI : [10.1108/IJWIS-04-2019-0016](https://doi.org/10.1108/IJWIS-04-2019-0016). URL : <https://hal.science/hal-02899633>.
- [ENK19] Philippe EVEN, Phuc NGO et Bertrand KERAUTRET. « Thick Line Segment Detection with Fast Directional Tracking ». In : *Image Analysis and Processing – ICIAP 2019 (Part II)*. Sous la dir. d'E. Ricci et al. LNCS 11752. Trento, Italy : Springer, sept. 2019, p. 159-170. DOI : [10.1007/978-3-030-30645-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30645-8_15). URL : <https://hal.science/hal-02189916>.
- [GP19] Valentin GLEDEL et Aline PARREAU. « Identification of points using disks ». In : *Discrete Mathematics* 342.1 (2019), p. 256-269. DOI : [10.1016/j.disc.2018.10.002](https://doi.org/10.1016/j.disc.2018.10.002). URL : <https://hal.science/hal-01531101>.
- [HEK19] Abdelmalek HABI, Brice EFFANTIN et Hamamache KHEDDOUCI. « Diversified top-k search with relaxed graph simulation ». In : *Social Network Analysis and Mining* (déc. 2019). DOI : [10.1007/s13278-019-0599-1](https://doi.org/10.1007/s13278-019-0599-1). URL : <https://hal.science/hal-03118374>.
- [Hal+19a] Stuart HALLIFAX et al. « Adaptive gamification in education : A literature review of current trends and developments ». In : *European Conference on Technology Enhanced Learning (ECTEL)*. Delft, Netherlands, sept. 2019, p. 294-307. DOI : [10.1007/978-3-030-29736-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_22). URL : <https://hal.science/hal-02185634>.
- [Hal+19b] Stuart HALLIFAX et al. « Factors to Consider for Tailored Gamification ». In : *CHI Play*. Barcelona, Spain, oct. 2019, p. 559-572. DOI : [10.1145/3311350.3347167](https://doi.org/10.1145/3311350.3347167). URL : <https://hal.science/hal-02185647>.
- [KL19] Bertrand KERAUTRET et Jacques-Olivier LACHAUD. « Geometric Total Variation for Image Vectorization, Zooming and Pixel Art Depixelizing ». In : *Asian Conference on Pattern Recognition*. Auckland (Nouvelle Zelande), New Zealand, nov. 2019. DOI : [10.1007/978-3-030-41404-7\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41404-7_28). URL : <https://hal.science/hal-02895108>.

- [Kha+19] Besma KHALFOUN et al. « MooD : MObility Data Privacy as Orphan Disease -Experimentation and Deployment Paper ». In : *ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference*. California, United States, déc. 2019. DOI : [10.1145/3361525.3361542](https://doi.org/10.1145/3361525.3361542). URL : <https://hal.science/hal-02355325>.
- [LMT19] Valentin LACHAND, Christine MICHEL et Aurélien TABARD. « Toccata : Supporting Classroom Orchestration with Activity Based Computing ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* (2019). DOI : [10.1145/3328924](https://doi.org/10.1145/3328924). URL : <https://hal.science/hal-02136481>.
- [LK19] Mohammed LALOU et Hamamache KHEDDOUCI. « A polynomial-time algorithm for finding critical nodes in bipartite permutation graphs ». In : *Optimization Letters* (2019). DOI : [10.1007/s11590-018-1371-6](https://doi.org/10.1007/s11590-018-1371-6). URL : <https://hal.science/hal-02020187>.
- [Lav+19] Elise LAVOUÉ et al. « Adaptive Gamification for Learning Environments ». In : *IEEE Transactions on Learning Technologies* 12.1 (2019). (Scimago Q1, ATIEF A+), p. 16-28. DOI : [10.1109/TLT.2018.2823710](https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2823710). URL : <https://hal.science/hal-01784233>.
- [Le +19] Marie LE GUILLY et al. « ExpliQuE : Interactive Databases Exploration with SQL ». In : *CIKM '19 : The 28th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*. Beijing, France : ACM, nov. 2019, p. 2877-2880. DOI : [10.1145/3357384.3357847](https://doi.org/10.1145/3357384.3357847). URL : <https://hal.science/hal-04118337>.
- [Len+19] Guido LENA COTA et al. « RACOON++ : A Semi-Automatic Framework for the Selfishness-Aware Design of Cooperative Systems ». In : *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing* 16.4 (juill. 2019), p. 635-650. DOI : [10.1109/TDSC.2017.2706286](https://doi.org/10.1109/TDSC.2017.2706286). URL : <https://hal.science/hal-02196805>.
- [LDP19] Haoyu LI, Stéphane DERRODE et Wojciech PIECZYNSKI. « An adaptive and on-line IMU-based locomotion activity classification method using a triplet Markov model ». In : *Neurocomputing* 362 (oct. 2019), p. 94-105. DOI : [10.1016/j.neucom.2019.06.081](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.06.081). URL : <https://hal.science/hal-02270579>.
- [Lic+19] Carmen LICÓN et al. « Chemical features mining provides new descriptive structure-odor relationships ». In : *PLoS Computational Biology* 15.4 (2019), e1006945. DOI : [10.1371/journal.pcbi.1006945](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006945). URL : <https://hal.science/hal-02343686>.
- [Loo+19] Vincent LOOTEN et al. « What can millions of laboratory test results tell us about the temporal aspect of data quality? Study of data spanning 17 years in a clinical data warehouse ». In : *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 181 (nov. 2019). <https://github.com/equipe22>, p. 1-20. DOI : [10.1016/j.cmpb.2018.12.030](https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.12.030). URL : <https://hal.science/hal-01978796>.
- [Lou19] Faiza LOUKIL. « Towards a new data privacy-based approach for IoT ». Theses. Université Jean Moulin Lyon 3, oct. 2019. URL : <https://hal.science/tel-02496151>.
- [MPK19] Kamel MADI, Éric PAQUET et Hamamache KHEDDOUCI. « New Graph Distance for Deformable 3D Objects Recognition based on Triangle-Stars Decomposition ». In : *Pattern Recognition* (jan. 2019). DOI : [10.1016/j.patcog.2019.01.040](https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.01.040). URL : <https://hal.science/hal-02005169>.
- [MMC19] Katherine MCDONOUGH, Ludovic MONCLA et Matje van de CAMP. « Named entity recognition goes to old regime France : geographic text analysis for early modern French corpora ». In : *International Journal of Geographical Information Science* (mai 2019), p. 1-25. DOI : [10.1080/13658816.2019.1620235](https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1620235). URL : <https://hal.science/hal-02141257>.
- [Még+19] Nicolas MÉGER et al. « Ranking evolution maps for Satellite Image Time Series exploration : application to crustal deformation and environmental monitoring ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* 33.1 (jan. 2019), p. 131-167. DOI : [10.1007/s10618-018-0591-9](https://doi.org/10.1007/s10618-018-0591-9). URL : <https://hal.science/hal-01898015>.
- [Mon+19] Ludovic MONCLA et al. « Mapping urban fingerprints of odonyms automatically extracted from French novels ». In : *International Journal of Geographical Information Science* 33.12 (2019), p. 2477-2497. DOI : [10.1080/13658816.2019.1584804](https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1584804). URL : <https://hal.science/hal-02070456>.
- [Ngu+19] Tuan NGUYEN et al. « A pattern-based mining system for exploring Displacement Field Time Series ». In : *Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Demo*. Proceedings of the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Demo. Beijing, China : IEEE, nov. 2019, p. 1110-1113. DOI : [10.1109/ICDMW.2019.00165](https://doi.org/10.1109/ICDMW.2019.00165). URL : <https://hal.science/hal-02361793>.

- [Pai+19] Anshul PAIGWAR et al. « Attentional PointNet for 3D-Object Detection in Point Clouds ». In : *CVPR 2019 - Workshop on Autonomous driving*. Long Beach, California, United States, juin 2019, p. 1-10. DOI : [10.1109/CVPRW.2019.00169](https://doi.org/10.1109/CVPRW.2019.00169). URL : <https://inria.hal.science/hal-02156555>.
- [PC19] Elise PAREY et Anton CROMBACH. « Evolution of the *Drosophila melanogaster* Chromatin Landscape and Its Associated Proteins ». In : *Genome Biology and Evolution* 11.3 (jan. 2019), p. 660-677. DOI : [10.1093/gbe/evz019](https://doi.org/10.1093/gbe/evz019). URL : <https://inria.hal.science/hal-02064719>.
- [Pri+19] Vincent PRIMAULT et al. « The Long Road to Computational Location Privacy : A Survey ». In : *Communications Surveys and Tutorials, IEEE Communications Society* 21.3 (2019), p. 2772-2793. DOI : [10.1109/COMST.2018.2873950](https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2873950). URL : <https://hal.science/hal-01890014>.
- [Rat+19] Rémi RATAJCZAK et al. « Automatic Land Cover Reconstruction From Historical Aerial Images : An Evaluation of Features Extraction and Classification Algorithms ». In : *IEEE Transactions on Image Processing* (2019). DOI : [10.1109/TIP.2019.2896492](https://doi.org/10.1109/TIP.2019.2896492). URL : <https://hal.science/hal-02003932>.
- [RMC19] Giulio ROSSETTI, Letizia MILLI et Rémy CAZABET. « CDLIB : a python library to extract, compare and evaluate communities from complex networks ». In : *Applied Network Science* 4 (déc. 2019), p. 52. DOI : [10.1007/s41109-019-0165-9](https://doi.org/10.1007/s41109-019-0165-9). URL : <https://hal.science/hal-02197272>.
- [RHB19] Jacob Pieter RUTTEN, Paulien HOGEWEG et Guillaume BESLON. « Adapting the engine to the fuel : mutator populations can reduce the mutational load by reorganizing their genome structure ». In : *BMC Evolutionary Biology* 19.1 (2019), p. 1-17. DOI : [10.1186/s12862-019-1507-z](https://doi.org/10.1186/s12862-019-1507-z). URL : <https://hal.science/hal-02350040>.
- [Sag+19] Clément SAGE et al. « Recurrent Neural Network Approach for Table Field Extraction in Business Documents ». In : *15th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2019)*. 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). Sydney, Australia : IEEE, sept. 2019. DOI : [10.1109/ICDAR.2019.00211](https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00211). URL : <https://hal.science/hal-02156269>.
- [Sch+19] Maximilian SCHIEDERMEIER et al. « A Transparent Referendum Protocol with Immutable Proceedings and Verifiable Outcome for Trustless Networks ». In : *The 8th International Conference on Complex Networks and their Applications (COMPLEX NETWORKS 2019)*. Lisbon, Portugal, déc. 2019. DOI : [10.1007/978-3-030-36687-2\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36687-2_54). URL : <https://hal.science/hal-02451370>.
- [Sil+19] Simon da SILVA et al. « PrivaTube : Privacy-Preserving Edge-Assisted Video Streaming ». In : *the 20th ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference*. Davis, France : ACM Press, déc. 2019, p. 189-201. DOI : [10.1145/3361525.3361546](https://doi.org/10.1145/3361525.3361546). URL : <https://hal.science/hal-02408184>.
- [Sun+19a] Jia SUN et al. « Expression Robust 3D Facial Landmarking via Progressive Coarse-to-Fine Tuning ». In : *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications* 15.1 (fév. 2019), p. 1-23. DOI : [10.1145/3282833](https://doi.org/10.1145/3282833). URL : <https://hal.science/hal-04910529>.
- [Sun+19b] Na SUN et al. « Using and Perceiving Emoji in Design Peer Feedback ». In : *Combining Embodied, Enactive, Extended, and Embedded Learning in Collaborative Settings - 13th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning, CSCL 2019 - Conference Proceedings*. Lyon, France, juin 2019, p. 296-303. URL : <https://hal.science/hal-02053173>.
- [Tou19] Yazid TOULEB. « Four-dimensional dose calculation using deformable tetrahedral geometries for hadron therapy ». Theses. Université lyon 1, sept. 2019. URL : <https://hal.science/tel-03019256>.
- [Yan+19] Yongzhe YAN et al. « Human Hair Segmentation In The Wild Using Deep Shape Prior ». In : *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPR Workshop)*. Long Beach, United States, juin 2019. URL : <https://hal.science/hal-02891974>.
- [Zha+19a] Zilong ZHAO et al. « Active Learning from Unreliable Data ». In : *Proceedings of the Fourteenth EuroSys Conference 2019*. Proceedings of the Fourteenth EuroSys Conference 2019. Dresde, Germany, mars 2019. URL : <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-02045455>.
- [Zha+19b] Zilong ZHAO et al. « Robust Anomaly Detection on Unreliable Data ». In : *2019 49th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)*. Portland, Oregon, United States, juin 2019. DOI : [10.1109/DSN.2019.00068](https://doi.org/10.1109/DSN.2019.00068). URL : <https://hal.science/hal-02056558>.
- [ZDP19] Fei ZHENG, Stéphane DERRODE et Wojciech PIECZYNSKI. « Parameter estimation in switching Markov systems and unsupervised smoothing ». In : *IEEE Transactions on Automatic Control* 64.4 (avr. 2019), p. 1761-1767. DOI : [10.1109/TAC.2018.2863651](https://doi.org/10.1109/TAC.2018.2863651). URL : <https://hal.science/hal-01885193>.

- [Zhu+19] Kangkang ZHU et al. « Discriminative Attention-based Convolutional Neural Network for 3D Facial Expression Recognition ». In : *2019 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2019)*. Lille, France : IEEE, mai 2019, p. 1-8. DOI : [10.1109/FG.2019.8756524](https://doi.org/10.1109/FG.2019.8756524). URL : <https://hal.science/hal-04911149>.
- [AMH20] Arthur AUBRET, Laëticia MATIGNON et Salima HASSAS. « ELSIM : End-to-end learning of reusable skills through intrinsic motivation ». In : *European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML-PKDD)*. Accepted at ECML 2020. Ghent, Belgium, sept. 2020. DOI : [10.1007/978-3-030-67661-2\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67661-2_32). URL : <https://hal.science/hal-02902573>.
- [Bar+20] Fabien BARADEL et al. « COPHY : Counterfactual Learning of Physical Dynamics ». In : *International Conference on Learning Representations*. 10 pages. Addis-Abeba, Ethiopia, avr. 2020. URL : <https://univ-angers.hal.science/hal-02428585>.
- [Bee+20a] Edward BEECHING et al. « EgoMap : Projective mapping and structured egocentric memory for Deep RL ». In : *ECML-PKDD 2020 - European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*. ghent, Belgium, sept. 2020, p. 1-12. DOI : [10.1007/978-3-030-67661-2\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67661-2_31). URL : <https://hal.science/hal-02864146>.
- [Bee+20b] Edward BEECHING et al. « Learning to plan with uncertain topological maps ». In : *ECCV 2020 - 16th European Conference on Computer Vision*. Glasgow, United Kingdom, août 2020, p. 1-24. DOI : [10.1007/978-3-030-58580-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58580-8_28). URL : <https://inria.hal.science/hal-02933641>.
- [Bel+20] Adnene BELFODIL et al. « Identifying exceptional (dis)agreement between groups ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* 34.2 (mars 2020), p. 394-442. DOI : [10.1007/s10618-019-00665-9](https://doi.org/10.1007/s10618-019-00665-9). URL : <https://hal.science/hal-02383776>.
- [Ben+20] Anes BENDIMERAD et al. « SIAS-miner : mining subjectively interesting attributed subgraphs ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* 34.2 (mars 2020), p. 355-393. DOI : [10.1007/s10618-019-00664-w](https://doi.org/10.1007/s10618-019-00664-w). URL : <https://hal.science/hal-02378174>.
- [BMT20] Angela BONIFATI, Wim MARTENS et Thomas TIMM. « An Analytical Study of Large SPARQL Query Logs ». In : *The VLDB Journal* 29.2-3 (juin 2020), p. 655-679. DOI : [10.1007/s00778-019-00558-9](https://doi.org/10.1007/s00778-019-00558-9). URL : <https://hal.science/hal-03118422>.
- [Bon+20] Nicolas BONNEEL et al. « Code Replicability in Computer Graphics ». In : *ACM Transactions on Graphics* 39.4 (juill. 2020). DOI : [10.1145/3386569.3392413](https://doi.org/10.1145/3386569.3392413). URL : <https://hal.science/hal-02563203>.
- [BDP20] Zied BOUYAHIA, Stéphane DERRODE et Wojciech PIECZYNSKI. « Filtering in Gaussian linear systems with fuzzy switches ». In : *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 28.8 (août 2020), p. 1760-1770. DOI : [10.1109/TFUZZ.2019.2921944](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2019.2921944). URL : <https://hal.science/hal-02912919>.
- [Cha+20a] W. CHAI et al. « Comparison of uncertainty quantification process using statistical and data mining algorithms ». In : *Structural and Multidisciplinary Optimization* 61.2 (2020), p. 587-598. DOI : [10.1007/s00158-019-02381-w](https://doi.org/10.1007/s00158-019-02381-w). URL : <https://hal.science/hal-02712320>.
- [Cha+20b] Narayan CHANGDER et al. « ODSS : Efficient Hybridization for Optimal Coalition Structure Generation ». In : *AAAI, accepted paper*. NY, United States, fév. 2020. URL : <https://hal.science/hal-02357971>.
- [Com+20] Paul COMPAGNON et al. « Learning Personalized ADL Recognition Models from Few Raw Data ». In : *Artificial Intelligence in Medicine* (juin 2020), p. 101916. DOI : [10.1016/j.artmed.2020.101916](https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101916). URL : <https://hal.science/hal-02882684>.
- [Cre+20] Arthur CRENN et al. « Generic Body Expression Recognition Based on Synthesis of Realistic Neutral Motion ». In : *IEEE Access* 8 (2020), p. 207758-207767. DOI : [10.1109/ACCESS.2020.3038473](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038473). URL : <https://hal.science/hal-03027661>.
- [Dou+20] Clément DOUARRE et al. « On the value of CTIS imagery for neural-network-based classification : a simulation perspective ». In : *Applied optics* 59.28 (2020), p. 8697. DOI : [10.1364/AO.394868](https://doi.org/10.1364/AO.394868). URL : <https://hal.science/hal-02975030>.
- [Duc+20] Eric DUCHENE et al. « Maker-Breaker domination game ». In : *Discrete Mathematics* 343.9 (sept. 2020). DOI : [10.1016/j.disc.2020.111955](https://doi.org/10.1016/j.disc.2020.111955). URL : <https://hal.science/hal-01848805>.
- [FHP20] Florent FOUCAUD, Shahrzad HEYDARSHAHI et Aline PARREAU. « Domination and location in twin-free digraphs ». In : *Discrete Applied Mathematics* 284 (sept. 2020), p. 42-52. DOI : [10.1016/j.dam.2020.03.025](https://doi.org/10.1016/j.dam.2020.03.025). URL : <https://hal.science/hal-03041356>.

- [Gan+20] Lu GAN et al. « Enhancing Recommendation Diversity using Determinantal Point Processes on Knowledge Graphs ». In : *43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*. Virtual, China : ACM, juill. 2020, p. 2001-2004. DOI : [10.1145/3397271.3401213](https://doi.org/10.1145/3397271.3401213). URL : <https://hal.science/hal-02935150>.
- [GAS20] Rim GASMI, Makhlof ALIOUAT et Hamida SEBA. « A Stable Link Based Zone Routing Protocol (SL-ZRP) for Internet of Vehicles Environment ». In : *Wireless Personal Communications* (mars 2020). DOI : [10.1007/s11277-020-07090-y](https://doi.org/10.1007/s11277-020-07090-y). URL : <https://hal.science/hal-02509703>.
- [Gau+20] Stéphane GAUBERT et al. « Understanding and monitoring the evolution of the Covid-19 epidemic from medical emergency calls : the example of the Paris area ». In : *Comptes Rendus. Mathématique* 358.7 (nov. 2020), p. 843-875. DOI : [10.5802/crmath.99](https://doi.org/10.5802/crmath.99). URL : <https://inria.hal.science/hal-02648075>.
- [Gol+20] K. GOLEC et al. « Hybrid 3D mass-spring system for simulation of isotropic materials with any Poisson's ratio ». In : *The Visual Computer* 36.4 (avr. 2020), p. 809-825. DOI : [10.1007/s00371-019-01663-0](https://doi.org/10.1007/s00371-019-01663-0). URL : <https://hal.science/hal-02124471>.
- [GDC20] Matthieu GRARD, Emmanuel DELLANDRÉA et Liming CHEN. « Deep Multicameral Decoding for Localizing Unoccluded Object Instances from a Single RGB Image ». In : *International Journal of Computer Vision*. Special Issue on Deep Learning for Robotic Vision (mars 2020). Published in International Journal of Computer Vision, 2020. DOI : [10.1007/s11263-020-01323-0](https://doi.org/10.1007/s11263-020-01323-0). URL : <https://hal.science/hal-02151828>.
- [HBV20] François HOMPS, Yohan BEUGIN et Romain VUILLEMOT. « ReViVD : Exploration and Filtering of Trajectories in an Immersive Environment using 3D Shapes ». In : *IEEE VR*. Atlanta, United States, mars 2020. DOI : [10.1109/VR46266.2020.1581269207852](https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.1581269207852). URL : <https://hal.science/hal-02482695>.
- [IBT20] Ousmane ISSA, Angela BONIFATI et Farouk TOUMANI. « Evaluating Top-k Queries with Inconsistency Degrees ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 13.12 (juin 2020), p. 2146-2158. DOI : [10.14778/3407790.3407815](https://doi.org/10.14778/3407790.3407815). URL : <https://hal.science/hal-02898931>.
- [JBR20] Vikas JAIMAN, Sonia BEN MOKHTAR et Etienne RIVIÈRE. « TailX : Scheduling Heterogeneous Multiget Queries to Improve Tail Latencies in Key-Value Stores ». In : *20th International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems*. Valletta, Malta, juin 2020, p. 73-92. DOI : [10.1007/978-3-030-50323-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50323-9_5). URL : <https://hal.science/hal-02917566>.
- [JVW20] Theo JAUNET, Romain VUILLEMOT et Christian WOLF. « DRLViz : Understanding Decisions and Memory in Deep Reinforcement Learning ». In : *Computer graphics Forum (Proc. Eurovis)* (mai 2020). DOI : [10.1111/cgf.13962](https://doi.org/10.1111/cgf.13962). URL : <https://hal.science/hal-02864138>.
- [KBK20] Mohamad KANAAN, Khalid BENABDESLEM et Hamamache KHEDDOUCI. « A Generative Time Series Clustering Framework Based on an Ensemble Mixture of HMMs ». In : *ICTAI : International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. Online, France, nov. 2020. DOI : [10.1109/ICTAI50040.2020.00126](https://doi.org/10.1109/ICTAI50040.2020.00126). URL : <https://hal.science/hal-02942474>.
- [Kou+20] Christos KOUTRAS et al. « Valentine : Evaluating Matching Techniques for Dataset Discovery ». working paper or preprint. Oct. 2020. URL : <https://inria.hal.science/hal-03128590>.
- [Lac+20] Jacques-Olivier LACHAUD et al. « Interpolated corrected curvature measures for polygonal surfaces ». In : *Computer Graphics Forum* 39.5 (août 2020), p. 41-54. DOI : [10.1111/cgf.14067](https://doi.org/10.1111/cgf.14067). URL : <https://hal.science/hal-02891465>.
- [Lam+20] Jonas LAMY et al. « Vesselness filters : A survey with benchmarks applied to liver imaging ». In : *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*. Milan, Italy, 2020, p. 3528-3535. DOI : [10.1109/ICPR48806.2021.9412362](https://doi.org/10.1109/ICPR48806.2021.9412362). URL : <https://hal.science/hal-02544493>.
- [Len+20] Kerstin LENK et al. « A Computational Model of Interactions Between Neuronal and Astrocytic Networks : The Role of Astrocytes in the Stability of the Neuronal Firing Rate ». In : *Frontiers in Computational Neuroscience* 13 (jan. 2020), p. 1-19. DOI : [10.3389/fncom.2019.00092](https://doi.org/10.3389/fncom.2019.00092). URL : <https://hal.science/hal-02453587>.
- [Lia+20] Vincent F LIARD et al. « The complexity ratchet : Stronger than selection, stronger than evolvability, weaker than robustness ». In : *Artificial Life* 26.1 (avr. 2020), p. 38-57. DOI : [10.1162/artl\\_a\\_00312](https://doi.org/10.1162/artl_a_00312). URL : <https://hal.science/hal-03136077>.
- [Lu+20] Ying LU et al. « Knowledge Transfer in Vision Recognition ». In : *ACM Computing Surveys* 53.2 (avr. 2020), p. 1-35. DOI : [10.1145/3379344](https://doi.org/10.1145/3379344). URL : <https://hal.science/hal-04910410>.

- [Luc+20] Yvan LUCAS et al. « Towards automated feature engineering for credit card fraud detection using multi-perspective HMMs ». In : *Future Generation Computer Systems* 102 (jan. 2020), p. 393-402. DOI : [10.1016/j.future.2019.08.029](https://doi.org/10.1016/j.future.2019.08.029). URL : <https://hal.science/hal-02278223>.
- [Luo+20] Lingkun LUO et al. « Discriminative and Geometry-Aware Unsupervised Domain Adaptation ». In : *IEEE Transactions on Cybernetics* 50.9 (sept. 2020), p. 3914-3927. DOI : [10.1109/TCYB.2019.2962000](https://doi.org/10.1109/TCYB.2019.2962000). URL : <https://hal.science/hal-04910338>.
- [Lyu20] Minhu LYU. « Towards Control as a Service models and architecture for the Industry 4.0 ». Theses. Université de Lyon, juill. 2020. URL : <https://theses.hal.science/tel-03127288>.
- [MRC20] Richard MARRIOTT, Sami ROMDHANI et Liming CHEN. « Taking Control of Intra-class Variation in Conditional GANs Under Weak Supervision ». In : *2020 15th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2020)*. Buenos Aires, Argentina : IEEE, nov. 2020, p. 257-264. DOI : [10.1109/FG47880.2020.00042](https://doi.org/10.1109/FG47880.2020.00042). URL : <https://hal.science/hal-04910840>.
- [Mar+20] Richard MARRIOTT et al. « An Assessment of GANs for Identity-related Applications ». In : *2020 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)*. Houston, United States : IEEE, sept. 2020, p. 1-10. DOI : [10.1109/IJCB48548.2020.9304879](https://doi.org/10.1109/IJCB48548.2020.9304879). URL : <https://hal.science/hal-04910888>.
- [Mat+20] Romain MATHONAT et al. « Anytime mining of sequential discriminative patterns in labeled sequences ». In : *Knowledge and Information Systems (KAIS)* (nov. 2020), pp. 439-476. DOI : [10.1007/s10115-020-01523-7](https://doi.org/10.1007/s10115-020-01523-7). URL : <https://hal.science/hal-03000696>.
- [Mey+20] Gabriel MEYNET et al. « PCQM : A Full-Reference Quality Metric for Colored 3D Point Clouds ». In : *12th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX 2020)*. 2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX). Athlone, Ireland, mai 2020. DOI : [10.1109/QoMEX48832.2020.9123147](https://doi.org/10.1109/QoMEX48832.2020.9123147). URL : <https://hal.science/hal-02529668>.
- [MCB20] Alexandre MILLOT, Rémy CAZABET et Jean-François BOULICAUT. « Découverte d'un sous-groupe optimal dans des données purement numériques ». In : *Extraction et Gestion des Connaissances (EGC)*. T. vol. RNTI-E-36. Bruxelles, Belgium, jan. 2020, pp.25-36. URL : <https://hal.science/hal-02483329>.
- [MCT20] Debaleena MISRA, Carlos F CRISPIM-JUNIOR et Laure TOUGNE. « Patch-based CNN evaluation for bark classification ». In : *Workshop on Computer Vision Problems in Plant Phenotyping*. Glasgow ( Virtual ), United Kingdom, août 2020. URL : <https://hal.science/hal-02969811>.
- [Ngu+20] Van-Tho NGUYEN et al. « A Machine-Learning Approach for Classifying Defects on Tree Trunks using Terrestrial LiDAR ». In : *Computers and Electronics in Agriculture* 171 (avr. 2020), p. 1-12. DOI : [10.1016/j.compag.2020.105332](https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105332). URL : <https://hal.science/hal-02931277>.
- [PBÖ20] Anil PACACI, Angela BONIFATI et Tamer M. ÖZSU. « Regular Path Query Evaluation on Streaming Graphs ». In : *SIGMOD '20*. Sous la dir. d'Association for COMPUTING MACHINERY. SIGMOD '20. A shorter version of this paper has been accepted for publication in 2020 International Conference on Management of Data (SIGMOD 2020). Portland, United States : ACM, juin 2020, p. 1415-1430. DOI : [10.1145/3318464.3389733](https://doi.org/10.1145/3318464.3389733). URL : <https://hal.science/hal-03118350>.
- [Par+20] Axel PARIS et al. « Modeling Rocky Scenery using Implicit Blocks ». In : *The Visual Computer* 36.10 (2020), p. 2251-2261. DOI : [10.1007/s00371-020-01905-6](https://doi.org/10.1007/s00371-020-01905-6). URL : <https://hal.science/hal-02926218>.
- [Pau+20] Lois PAULIN et al. « Sliced Optimal Transport Sampling ». In : *ACM Transactions on Graphics* 39 (2020). DOI : [10.1145/3386569.3392395](https://doi.org/10.1145/3386569.3392395). URL : <https://hal.science/hal-02565352>.
- [Rej+20] Juan Gregorio REJAS et al. « Studying Evolution of Hydrothermal Alteration Materials in the Turrialba Volcano through Multispectral and Hyperspectral Images ». In : *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress*. T. 39. International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Nice, France, 2020, 6 pages. DOI : [10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1259-2020](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1259-2020). URL : <https://hal.science/hal-03091306>.
- [Sad+20] Madjid SADALLAH et al. « Towards fine-grained reading dashboards for online course revision ». In : *Educational Technology Research and Development* 68.6 (août 2020), p. 3165-3186. DOI : [10.1007/s11423-020-09814-0](https://doi.org/10.1007/s11423-020-09814-0). URL : <https://hal.science/hal-02911561>.

- [Sag+20] Clément SAGE et al. « End-to-End Extraction of Structured Information from Business Documents with Pointer-Generator Networks ». In : *EMNLP 2020 Workshop on Structured Prediction for NLP*. Punta Cana (online), Dominican Republic, nov. 2020. URL : <https://hal.science/hal-02958913>.
- [VM20] Léon VICTOR et Alexandre MEYER. « Character Pose Design in Latent Space For Animation Edition ». In : *Journées Françaises de l'Informatique Graphique 2020*. Nancy, France, nov. 2020. URL : <https://hal.science/hal-03338910>.
- [Vid+20] Vincent VIDAL et al. « MEPP2 : a generic platform for processing 3D meshes and point clouds ». In : *EUROGRAPHICS 2020 (Short Paper)*. Norrköping, Sweden, mai 2020. URL : <https://hal.science/hal-02611582>.
- [Wor+20] Maxime WORINGER et al. « Anomalous Subdiffusion in Living Cells : Bridging the Gap Between Experiments and Realistic Models Through Collaborative Challenges ». In : *Frontiers in Physics* 8 (2020), p. 134. DOI : [10.3389/fphy.2020.00134](https://doi.org/10.3389/fphy.2020.00134). URL : <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02871984>.
- [Yan+20a] Yongzhe YAN et al. « Fine-grained facial landmark detection exploiting intermediate feature representations ». In : *Computer Vision and Image Understanding* 200 (2020), p. 1-14. DOI : [10.1016/j.cviu.2020.103036](https://doi.org/10.1016/j.cviu.2020.103036). URL : <https://hal.science/hal-02890931>.
- [Yan+20b] Yongzhe YAN et al. « Two-stage human hair segmentation in the wild using deep shape prior ». In : *Pattern Recognition Letters* 136 (2020), p. 293-300. DOI : [10.1016/j.patrec.2020.06.014](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.06.014). URL : <https://hal.science/hal-02890593>.
- [Yin+20] Xiangnan YIN et al. « Pixel Sampling for Style Preserving Face Pose Editing ». In : *2020 IEEE International Joint Conference on Biometrics (IJCB)*. Houston, United States : IEEE, sept. 2020, p. 1-10. DOI : [10.1109/IJCB48548.2020.9304867](https://doi.org/10.1109/IJCB48548.2020.9304867). URL : <https://hal.science/hal-03381113>.
- [Yoo+20a] Daisy YOO et al. « Computational Alternatives Vignettes for Place- and Activity-Centered Digital Services in Public Libraries ». In : *CHI '20 : CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Honolulu (virtual), United States : ACM, mai 2020, p. 1-12. DOI : [10.1145/3313831.3376597](https://doi.org/10.1145/3313831.3376597). URL : <https://hal.science/hal-03178569>.
- [Yoo+20b] Daisy YOO et al. « Putting Down Roots : Exploring the Placeness of Virtual Collections in Public Libraries ». In : *Designing Interactive Systems*. Eindhoven, Netherlands, juill. 2020. DOI : [10.1145/3357236.3395587](https://doi.org/10.1145/3357236.3395587). URL : <https://hal.science/hal-02869225>.
- [ETL20] Mohamed EZ-ZAOUIA, Aurélien TABARD et Elise LAVOUÉ. « EMODASH : A dashboard supporting retrospective awareness of emotions in online learning ». In : *International Journal of Human-Computer Studies* 139 (2020), p. 102411. DOI : [10.1016/j.ijhcs.2020.102411](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102411). URL : <https://hal.science/hal-02490259>.
- [ZDP20] Fei ZHENG, Stéphane DERRODE et Wojciech PIECZYNSKI. « Semi-supervised optimal recursive filtering and smoothing in non-Gaussian Markov switching models ». In : *Signal Processing* 171 (juin 2020), p. 1-10. DOI : [10.1016/j.sigpro.2020.107511](https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2020.107511). URL : <https://hal.science/hal-02486210>.
- [Zhu+20] Kangkang ZHU et al. « Intensity Enhancement Via Gan for Multimodal Facial Expression Recognition ». In : *2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Abu Dhabi, United Arab Emirates : IEEE, oct. 2020, p. 1346-1350. DOI : [10.1109/ICIP40778.2020.9190705](https://doi.org/10.1109/ICIP40778.2020.9190705). URL : <https://hal.science/hal-04911100>.
- [ABM21] Abdelouahid ALALGA, Khalid BENABDESLEM et Dou El Kefel MANSOURI. « 3-3FS : ensemble method for semi-supervised multi-label feature selection ». In : *Knowledge and Information Systems (KAIS)* 63.11 (oct. 2021), p. 2969-2999. DOI : [10.1007/s10115-021-01616-x](https://doi.org/10.1007/s10115-021-01616-x). URL : <https://hal.science/hal-04451721>.
- [ASK21] Saadia ALBANE, Hachem SLIMANI et Hamamache KHEDDOUCI. « A graph grammar and

$K_4$

-type tournament-based approach to detect conflicts of interest in a social network ». In : *Knowledge and Information Systems (KAIS)* 63.2 (fév. 2021), p. 497-539. DOI : [10.1007/s10115-020-01525-5](https://doi.org/10.1007/s10115-020-01525-5). URL : <https://hal.science/hal-04107521>.

- [Ang+21] Renzo ANGLES et al. « PG-Keys : keys for property graphs ». In : *SIGMOD '21 : Proceedings of the 2021 International Conference on Management of Data*. Xi'an, China : ACM, juin 2021. DOI : [10.1145/3448016.3457561](https://doi.org/10.1145/3448016.3457561). URL : <https://inria.hal.science/hal-03189192>.

- [Aww+21] Tarek AWWAD et al. *Worker Selection Impact On Aggregation Techniques In Crowdsourcing : An Experimental Study*. Research Report. INSA LYON ; LIRIS UMR 5205, mai 2021. URL : <https://hal.science/hal-03240676>.
- [BLL21] Anaëlle BADIER, Mathieu LEFORT et Marie LEFEVRE. « Système de recommandation de ressources pédagogiques pour un apprentissage sur application mobile parascolaire ». In : *10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Transformations dans le domaine des EIAH : innovations technologiques et d'usage(s). Marie Lefevre, Christine Michel. Fribourg, Switzerland, juin 2021, p. 294-299. URL : <https://hal.science/hal-03287742>.
- [BJK21] Guillaume BAGAN, Alice JOFFARD et Hamamache KHEDDOUCI. « Eternal dominating sets on digraphs and orientations of graphs ». In : *Discrete Applied Mathematics* 291 (mars 2021), p. 99-115. DOI : [10.1016/j.dam.2020.10.024](https://doi.org/10.1016/j.dam.2020.10.024). URL : <https://hal.science/hal-02168424>.
- [Bal+21] Thibaut BALABONSKI et al. « Computer Aided Formal Design of Swarm Robotics Algorithms ». In : *Lecture Notes in Computer Science*. T. 13046. Lecture Notes in Computer Science. Online, Sweden : Springer International Publishing, nov. 2021, p. 469-473. DOI : [10.1007/978-3-030-91081-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91081-5_31). URL : <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03425768>.
- [Ben+21a] Sonia BEN MOKHTAR et al. « Taming Tail Latency in Key-Value Stores : a Scheduling Perspective (extended version) ». working paper or preprint. Mars 2021. DOI : [10.6084/m9.figshare.13114196](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13114196). URL : <https://inria.hal.science/hal-03144818>.
- [Ben+21b] Anes BENDIMERAD et al. « User-driven geolocated event detection in social media ». In : *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 33.2 (fév. 2021), p. 796-809. DOI : [10.1109/TKDE.2019.2931340](https://doi.org/10.1109/TKDE.2019.2931340). URL : <https://hal.science/hal-02272082>.
- [Ben+21c] Alexandre BENTO et al. « Raisonnement embarqué et distribué pour le Web des Objets : un état de l'art ». In : *Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC) Plate-Forme Intelligence Artificielle (PFIA'21)*. Sous la dir. de Maxime LEFRANÇOIS. Bordeaux, France, juin 2021, p. 48-55. URL : <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-03260470>.
- [Ber+21a] Auday BERRO et al. « An extensible and reusable pipeline for automated utterance paraphrases ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 14.12 (oct. 2021), p. 2839-2842. DOI : [10.14778/3476311.3476358](https://doi.org/10.14778/3476311.3476358). URL : <https://hal.science/hal-04451718>.
- [Ber+21b] Auday BERRO et al. « Automated Paraphrase Generation with Over-generation and Pruning Services ». In : *Service-Oriented Computing - 19th International Conference*. T. 13121. Service-Oriented Computing 19th International Conference, ICSOC 2021, Virtual Event, November 22–25, 2021, Proceedings. Virtuel, France : Springer International Publishing, nov. 2021, p. 400-414. DOI : [10.1007/978-3-030-91431-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91431-8_25). URL : <https://hal.science/hal-03626684>.
- [Bes21] Léo BESANÇON. « Interopérabilité des Systèmes Blockchains ». Theses. Université de Lyon, déc. 2021. URL : <https://theses.hal.science/tel-03789639>.
- [Bon+21] Angela BONIFATI et al. « Graph Generators : State of the Art and Open Challenges ». In : *ACM Computing Surveys* 53.2 (avr. 2021). DOI : [10.1145/3379445](https://doi.org/10.1145/3379445). URL : <https://inria.hal.science/hal-02435371>.
- [Bou+21a] Sara BOUGUELIA et al. « Reusable Abstractions and Patterns for Recognising compositional conversational flows ». In : *Advanced Information Systems Engineering - 33rd International Conference, CAiSE 2021*. Melbourne (on line), Australia, juin 2021. DOI : [10.1007/978-3-030-79382-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79382-1_10). URL : <https://hal.science/hal-03295582>.
- [Bou21] Sarra BOUHENNI. « Parallel and distributed algorithms for pattern matching in big graphs ». Theses. Université de Lyon ; Ecole Nationale Supérieure d'Informatique (ESI) - Alger, déc. 2021. URL : <https://theses.hal.science/tel-03686469>.
- [Bou+21b] Sarra BOUHENNI et al. « A Survey on Distributed Graph Pattern Matching in Massive Graphs ». In : *ACM Computing Surveys* 54.2 (2021), p. 36. DOI : [10.1145/3439724](https://doi.org/10.1145/3439724). URL : <https://hal.science/hal-03141901>.
- [Bou+21c] Sarra BOUHENNI et al. « Efficient parallel edge-centric approach for relaxed graph pattern matching ». In : *Journal of Supercomputing* (2021). DOI : [10.1007/s11227-021-03938-7](https://doi.org/10.1007/s11227-021-03938-7). URL : <https://hal.science/hal-03261659>.
- [Bou+21d] Nicolas BOUSQUET et al. « Distributed Recoloring of Interval and Chordal Graphs ». In : *25th International Conference on Principles of Distributed Systems, OPODIS 2021*. Strasbourg, France, déc. 2021. DOI : [10.4230/LIPIcs.OPODIS.2021.19](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.OPODIS.2021.19). URL : <https://hal.science/hal-03610449>.

- [Bou+21e] Nicolas BOUSQUET et al. « On the Cycle Rank Conjecture About Metric Dimension and Zero Forcing Number in Graphs ». In : *Extended Abstracts EuroComb 2021*. T. 14. Trends in Mathematics. Springer International Publishing, août 2021, p. 515-520. DOI : [10.1007/978-3-030-83823-2\\_3](https://hal.science/hal-03874262). URL : <https://hal.science/hal-03874262>.
- [BB21] Antoine BOUTET et Sonia BEN MOKHTAR. « Uniqueness Assessment of Human Mobility on Multi-Sensor Datasets ». In : *ARES 2021 : The 16th International Conference on Availability, Reliability and Security*. Vienna Austria, France : ACM, août 2021, p. 1-10. DOI : [10.1145/3465481.3470474](https://hal.science/hal-03752303). URL : <https://hal.science/hal-03752303>.
- [Bou+21f] Zied BOUYAHIA et al. « Toward a cost-effective motorway traffic state estimation from sparse speed and GPS data ». In : *IEEE Access* 9 (2021), p. 44631-44646. DOI : [10.1109/access.2021.3066422](https://hal.science/hal-03181894). URL : <https://hal.science/hal-03181894>.
- [Bru+21a] Julian BRUYAT et al. « PREC : semantic translation of property graphs ». In : *1st workshop on Squaring the Circles on Graphs, SEMANTiCS*. Amsterdam, Netherlands, sept. 2021. URL : <https://hal.science/hal-03407785>.
- [Bru+21b] Julian BRUYAT et al. « WasmTree : Web Assembly for the Semantic Web ». In : *The Semantic Web, 18th International Conference, ESWC 2021*. Hersonissos (virtual), Greece, juin 2021, p. 582-597. DOI : [10.1007/978-3-030-77385-4\\_35](https://hal.science/hal-03262817). URL : <https://hal.science/hal-03262817>.
- [Coh+21] Julia COHEN et al. « Training An Embedded Object Detector For Industrial Settings Without Real Images ». In : *2021 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Anchorage, France : IEEE, sept. 2021, p. 714-718. DOI : [10.1109/ICIP42928.2021.9506574](https://hal.science/hal-03531483). URL : <https://hal.science/hal-03531483>.
- [Com+21] Paul COMPAGNON et al. « Sequence Metric Learning as Synchronization of Recurrent Neural Networks ». In : *International Joint Conference on Neural Networks*. Glasgow (virtuelle), United Kingdom, juill. 2021. DOI : [10.1109/IJCNN52387.2021.9533627](https://hal.science/hal-03264242). URL : <https://hal.science/hal-03264242>.
- [Dai+21a] Ruiqi DAI et al. « Novelty detection for unsupervised continual learning in image sequences ». In : *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*. Washington DC (virtual), United States, nov. 2021. DOI : [10.1109/ICTAI52525.2021.00080](https://hal.science/hal-03465146). URL : <https://hal.science/hal-03465146>.
- [Dai+21b] Ruiqi DAI et al. « Self-supervised continual learning for object recognition in image sequences ». In : *International Conference on Neural Information Processing (ICONIP)*. Bali, Indonesia, déc. 2021. URL : <https://hal.science/hal-03465149>.
- [Dao21] Mohamed Taoufik DAOUD. « Vers une approche d'identification automatique de microservices pour les besoins de migration de systèmes d'information ». Theses. Université de Lyon, nov. 2021. URL : <https://theses.hal.science/tel-03663589>.
- [DDC21] Amaury DEPIERRE, Emmanuel DELLANDRÉA et Liming CHEN. « Scoring Graspability based on Grasp Regression for Better Grasp Prediction ». In : *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. Accepted at IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2021. Xi'an (China), China, mai 2021. DOI : [10.1109/ICRA48506.2021.9561198](https://hal.science/hal-02456956). URL : <https://hal.science/hal-02456956>.
- [Dou+21] Clément DOUARRE et al. « CTIS-Net : A Neural Network Architecture for Compressed Learning Based on Computed Tomography Imaging Spectrometers ». In : *IEEE Transactions on Computational Imaging* (juin 2021). DOI : [10.1109/TCI.2021.3083215](https://hal.science/hal-03248567). URL : <https://hal.science/hal-03248567>.
- [Duc+21] Eric DUCHENE et al. « influence : a partizan scoring game on graphs ». In : *Theoretical Computer Science* 878-879 (juill. 2021), p. 26-46. DOI : [10.1016/j.tcs.2021.05.028](https://hal.science/hal-03064908). URL : <https://hal.science/hal-03064908>.
- [Duk+21] Brendan DUKE et al. « SSTVOS : Sparse Spatiotemporal Transformers for Video Object Segmentation ». In : *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. CVPR 2021 (Oral). Virtual, France, juin 2021. URL : <https://hal.science/hal-04090617>.
- [Egl+21] Véronique EGLIN et al. « Playful interactive environment for learning to spell at elementary school ». In : *ICDAR 2021 Workshop on Industrial Applications of Document Analysis and Recognition*. Lausanne, Switzerland, sept. 2021. DOI : [10.1007/978-3-030-86159-9\\_19](https://hal.science/hal-03318379). URL : <https://hal.science/hal-03318379>.

- [Erm+21] Liana ERMAKOVA et al. « Text Simplification for Scientific Information Access : CLEF 2021 Simple-Text Workshop ». In : *43rd edition of the annual BCS-IRSG European Conference on Information Retrieval : Advances in Information Retrieval (ECIR 2021)*. Sous la dir. de Raffaele PEREGO et al. CLEF Papers. Lucca (virtual), Italy : ECIR, mars 2021. URL : <https://hal.science/hal-03121986>.
- [FEB21] Yannick FAULA, Véronique EGLIN et Stéphane BRES. « One-Class Detection and Classification of Defects on Concrete Surfaces ». In : *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. Melbourne, Australia, oct. 2021. DOI : [10.1109/SMC52423.2021.9659221](https://doi.org/10.1109/SMC52423.2021.9659221). URL : <https://hal.science/hal-03318554>.
- [Feu+21] Laurent FEUILLOLEY et al. « Compact Distributed Certification of Planar Graphs ». In : *Algorithmica* 83.7 (juill. 2021), p. 2215-2244. DOI : [10.1007/s00453-021-00823-w](https://doi.org/10.1007/s00453-021-00823-w). URL : <https://hal.science/hal-03540582>.
- [Fig21] Nicolas FIGAY. « Continuous Operational Interoperability ». Accreditation to supervise research. Université Claude Bernard Lyon 1 ; LIRIS UMR 5205 CNRS/INSA de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1/Université Lumière Lyon 2/École Centrale de Lyon, juill. 2021. URL : <https://hal.science/tel-04413469>.
- [FMM21] Jacques FIZE, Ludovic MONCLA et Bruno MARTINS. « Deep Learning for Toponym Resolution : Geocoding Based on Pairs of Toponyms ». In : *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Deep Learning Meets GIR : Recent Advances in Geographic Information Retrieval 10.12 (2021), p. 818. DOI : [10.3390/ijgi10120818](https://doi.org/10.3390/ijgi10120818). URL : <https://hal.science/hal-03464000>.
- [Gha+21] Hossein GHAFFARIAN et al. « Automated quantification of floating wood pieces in rivers from video monitoring : a new software tool and validation ». In : *Earth Surface Dynamics* 9.3 (2021), p. 519-537. DOI : [10.5194/esurf-9-519-2021](https://doi.org/10.5194/esurf-9-519-2021). URL : <https://hal.science/hal-03377042>.
- [GCT21] Romain GUESDON, Carlos F CRISPIM-JUNIOR et Laure TOUGNE. « DriPE : A Dataset for Human Pose Estimation in Real-World Driving Settings ». In : *2nd Autonomous Vehicle Vision (AV-Vision) - International Conference on Computer Vision (ICCV) Workshop*. Virtual Conference, France, oct. 2021. DOI : [10.1109/ICCVW54120.2021.00321](https://doi.org/10.1109/ICCVW54120.2021.00321). URL : <https://hal.science/hal-03380579>.
- [JVD21] Nicolas JACQUELIN, Romain VUILLEMOT et Stefan DUFFNER. « Detecting Swimmers in Unconstrained Videos with Few Training Data ». In : *Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics*. Ghand, Belgium, sept. 2021. URL : <https://hal.science/hal-03358375>.
- [Jau+21] Theo JAUNET et al. « VisQA : X-raying Vision and Language Reasoning in Transformers ». In : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (août 2021). DOI : [10.1109/TVCG.2021.3114683](https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3114683). URL : <https://hal.science/hal-03293079>.
- [Jin21] Yuan JINGYA. « Data centered Usage based Protection in a SMACIT context ». Theses. Université de Lyon, juill. 2021. URL : <https://theses.hal.science/tel-03406822>.
- [Ker+21a] Corentin KERVADEC et al. « How Transferable are Reasoning Patterns in VQA ? » In : *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Nashville, Tennessee, United States, juin 2021. DOI : [10.1109/CVPR46437.2021.00419](https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.00419). URL : <https://hal.science/hal-03192949>.
- [Ker+21b] Corentin KERVADEC et al. « Roses Are Red, Violets Are Blue... but Should Vqa Expect Them To ? » In : *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Sous la dir. d'IEEE. IEEE. Virtual, France, juin 2021. URL : <https://hal.science/hal-02860823>.
- [Ker+21c] Corentin KERVADEC et al. « Supervising the Transfer of Reasoning Patterns in VQA ». In : *NeurIPS*. Virtual, France, déc. 2021. URL : <https://hal.science/hal-04090622>.
- [Kha+21] Bisma KHALFOUN et al. « EDEN : Enforcing Location Privacy through Re-identification Risk Assessment : A Federated Learning Approach ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 5.2 (juin 2021), p. 68. DOI : [10.1145/3463502](https://doi.org/10.1145/3463502). URL : <https://hal.science/hal-03274635>.
- [Kho+21] Margarita KHOKHLOVA et al. « Learning embeddings for cross-time geographic areas represented as graphs ». In : *Knowledge Extraction from Geographical Data (KEGeoD)*. Knowledge Extraction from Geographical Data (KEGeoD). Virtual Event Republic of Korea, South Korea : ACM, mars 2021, p. 559-568. DOI : [10.1145/3412841.3441936](https://doi.org/10.1145/3412841.3441936). URL : <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-03548148>.

- [KSA21] Abd Errahmane KIOUCHE, Hamida SEBA et Karima AMROUCHE. « A maximum diversity-based path sparsification for geometric graph matching ». In : *Pattern Recognition Letters* 152 (déc. 2021), p. 107-114. DOI : [10.1016/j.patrec.2021.09.019](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2021.09.019). URL : <https://hal.science/hal-03411969>.
- [KKW21] Abdel-Rahmen KORICHI, Hamamache KHEDDOUCI et Daniel J WEST. « Predicting employee attrition with a more effective use of historical events ». In : *29th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning*. Bruges (on line), Belgium : Ciaco - i6doc.com, oct. 2021, p. 53-58. DOI : [10.14428/esann/2021.ES2021-110](https://doi.org/10.14428/esann/2021.ES2021-110). URL : <https://hal.science/hal-03697870>.
- [Lab21] Mouna LABIADH. « Methodology for construction of adaptive models for the simulation of energy consumption in buildings ». Theses. Université de Lyon, sept. 2021. URL : <https://theses.hal.science/tel-03662903>.
- [Lad+21] Hamid LADJAL et al. « Towards Non-invasive Lung Tumor Tracking Based on Patient-Specific Model of Respiratory System ». In : *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 68.9 (2021), p. 2730-2740. DOI : [10.1109/TBME.2021.3053321](https://doi.org/10.1109/TBME.2021.3053321). URL : <https://hal.science/hal-03113681>.
- [Lan+21] Maxime LANGLADE et al. « InterFolia : an embedded, educational application to identify plant species in the wild ». In : *7th workshop on Computer Vision in Plant Phenotyping and Agriculture - ICCV Workshop 2021*. Virtual conference, France, oct. 2021. URL : <https://hal.science/hal-03380533>.
- [Lav+21a] Elise LAVOUÉ et al. « Analyzing the relationships between learners' motivation and observable engaged behaviors in a gamified learning environment ». In : *International Journal of Human-Computer Studies* 154 (2021), p. 102670. DOI : [10.1016/j.ijhcs.2021.102670](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102670). URL : <https://hal.science/hal-03221038>.
- [Lav+21b] Elise LAVOUÉ et al. *When Gamification meets Learning Analytics*. GamLA 2021 workshop, in conjunction with the LAK 2021 conference. Introduction to the GamLA 2021 workshop. 2021. URL : <https://hal.science/hal-03219016>.
- [Lav+21c] Guillaume LAVOUÉ et al. « Perceptual quality of BRDF approximations : dataset and metrics ». In : *Computer Graphics Forum*. Eurographics 2021 40.2 (mai 2021), p. 327-338. DOI : [10.1111/cgf.142636](https://doi.org/10.1111/cgf.142636). URL : <https://inria.hal.science/hal-03128383>.
- [Li+21] Yuhang LI et al. « Assistive Systems for Mobility in Smart City : Humans and Goods ». In : *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems*. T. 12791. Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, juill. 2021, p. 89-104. DOI : [10.1007/978-3-030-78358-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78358-7_6). URL : <https://hal.science/hal-03363347>.
- [Liu+21] Zeyu LIU et al. « Crack damage identification of a thick composite sandwich structure based on Gaussian Processes classification ». In : *Composite Structures* 255 (jan. 2021), p. 112825. DOI : [10.1016/j.compstruct.2020.112825](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112825). URL : <https://hal.science/hal-03136015>.
- [Lon+21] Corentin LONJARRET et al. « Sequential recommendation with metric models based on frequent sequences ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* (mars 2021). DOI : [10.1007/s10618-021-00744-w](https://doi.org/10.1007/s10618-021-00744-w). URL : <https://hal.science/hal-03191177>.
- [Man+21] Dou El Kefel MANSOURI et al. « The Mode-Fisher pooling for time complexity optimization in deep convolutional neural networks ». In : *Neural Computing and Applications* 33.12 (juin 2021), p. 6443-6465. DOI : [10.1007/s00521-020-05406-4](https://doi.org/10.1007/s00521-020-05406-4). URL : <https://hal.science/hal-03937288>.
- [MRC21] Richard T MARRIOTT, Sami ROMDHANI et Liming CHEN. « A 3D GAN for Improved Large-Pose Facial Recognition ». In : *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Ecully (online), France, juin 2021. URL : <https://hal.science/hal-04910517>.
- [Mes+21] Aghiles Ait MESSAOUD et al. « GradSec : a TEE-based Scheme Against Federated Learning Inference Attacks ». In : *SOSP '21 : ACM SIGOPS 28th Symposium on Operating Systems Principles. Workshop on Resilient FL*. Virtual Event, France : ACM, oct. 2021, p. 10-12. DOI : [10.1145/3477114.3488763](https://doi.org/10.1145/3477114.3488763). URL : <https://hal.science/hal-03752260>.
- [MCB21] Alexandre MILLOT, Rémy CAZABET et Jean-François BOULICAUT. « Exceptional Model Mining meets Multi-objective Optimization ». In : *2021 SIAM International Conference on Data Mining (SDM)*. Alexandria ( virtual event ), United States : Society for Industrial and Applied Mathematics, avr. 2021, p. 378-386. DOI : [10.1137/1.9781611976700.43](https://doi.org/10.1137/1.9781611976700.43). URL : <https://hal.science/hal-03220671>.

- [Mok+21] Sonia Ben MOKHTAR et al. « Taming Tail Latency in Key-Value Stores : a Scheduling Perspective ». In : *Euro-Par 2021 : Parallel Processing*. T. 12820. Lecture Notes in Computer Science. Lisbon (virtual), Portugal : Springer International Publishing, août 2021, p. 136-150. DOI : [10.1007/978-3-030-85665-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85665-6_9). URL : <https://inria.hal.science/hal-03424040>.
- [Mor+21] M. MORANGES et al. « Explicit and implicit measures of emotions : Data-science might help to account for data complexity and heterogeneity ». In : *Food Quality and Preference* 92 (jan. 2021), p. 104181. DOI : [10.1016/j.foodqual.2021.104181](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104181). URL : <https://hal.science/hal-03658160>.
- [MVC21] Hugues MOREAU, Andrea VASSILEV et Liming CHEN. « The Devil Is in the Details : An Efficient Convolutional Neural Network for Transport Mode Detection ». In : *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (2021). DOI : [10.1109/tits.2021.3110949](https://doi.org/10.1109/tits.2021.3110949). URL : <https://hal.science/hal-03346165>.
- [Neh+21] Yana NEHMÉ et al. « Visual Quality of 3D Meshes with Diffuse Colors in Virtual Reality : Subjective and Objective Evaluation ». In : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (2021). DOI : [10.1109/TVCG.2020.3036153](https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3036153). URL : <https://hal.science/hal-03043911>.
- [Nou+21a] Nour El Houda NOUAR et al. « A Semantic virtualized network functions description and discovery model ». In : *Computer Networks* 195 (août 2021), p. 108152. DOI : [10.1016/j.comnet.2021.108152](https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108152). URL : <https://laas.hal.science/hal-03275701>.
- [Nou+21b] Nour El Houda NOUAR et al. « Agile and Dynamic Virtualized Network Functions Wiring in Network Services ». In : *2021 IEEE 14th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)*. Chicago, United States : IEEE, sept. 2021, p. 322-332. DOI : [10.1109/CLOUD53861.2021.00046](https://doi.org/10.1109/CLOUD53861.2021.00046). URL : <https://hal.science/hal-03482637>.
- [Pag+21] Simon PAGEAUD et al. « Expected Evolution of COVID-19 Epidemic in France for Several Combinations of Vaccination Strategies and Barrier Measures ». In : *Vaccines* 9.12 (2021), p. 1462. DOI : [10.3390/vaccines9121462](https://doi.org/10.3390/vaccines9121462). URL : <https://hal.science/hal-03482342>.
- [Pau+21] Lois PAULIN et al. « Cascaded Sobol' Sampling ». In : *ACM Transactions on Graphics*. Proceedings of SIGGRAPH ASIA 2021 40.6 (déc. 2021), 274 :1-274 :13. DOI : [10.1145/3478513.3480482](https://doi.org/10.1145/3478513.3480482). URL : <https://hal.science/hal-03358957>.
- [Pie+21a] Laëtitia PIERROT et al. « Combiner les leviers de l'approche par compétences et de l'auto-régulation pour accompagner le travail en autonomie à l'université. Analyse du service COMPER ». In : *Transformations dans le domaine des EIAH : innovations technologiques et d'usage(s)*. Transformations dans le domaine des EIAH : innovations technologiques et d'usage(s). Marie Lefevre, Christine Michel. Fribourg / Virtual, Switzerland, juin 2021, p. 166-177. URL : <https://hal.science/hal-03287589>.
- [Pie+21b] Laëtitia PIERROT et al. « Promoting Self-Regulated Learning Strategies For First-Year Students Through The COMPER Service ». In : *Proceedings of the 18th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2021), Oct 2021, Virtual, Portugal*. Virtual, Portugal, oct. 2021, p. 170-178. URL : <https://hal.science/hal-03377399>.
- [Ros+21] Guillaume ROSINOSKY et al. « PProx : efficient privacy for recommendation-as-a-service ». In : *Middleware '21 : Proceedings of the 22nd International Middleware Conference*. Québec, Canada : ACM, déc. 2021, p. 14-26. DOI : [10.1145/3464298.3476130](https://doi.org/10.1145/3464298.3476130). URL : <https://hal.science/hal-03752290>.
- [Sab+21] Louis SABLAYROLLES et al. « Conception et évaluation d'un processus de personnalisation fondé sur des référentiels de compétences ». In : *10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Transformations dans le domaine des EIAH : innovations technologiques et d'usage(s). 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Fribourg / Virtual, Switzerland, juin 2021, p. 226-237. URL : <https://hal.science/hal-03292896>.
- [Sag+21] Clément SAGE et al. « Data-Efficient Information Extraction from Documents with Pre-Trained Language Models ». In : *ICDAR 2021 Workshop on Document Images and Language*. Lausanne, Switzerland, sept. 2021. DOI : [10.1007/978-3-030-86159-9\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86159-9_33). URL : <https://hal.science/hal-03267497>.
- [Sak+21] Sherif SAKR et al. « The future is big graphs : a community view on graph processing systems ». In : *Communications of the ACM* 64.9 (sept. 2021). 12 pages, 3 figures, collaboration between the large-scale systems and data management communities, work started at the Dagstuhl Seminar 19491 on Big Graph Processing Systems, to be published in the Communications of the ACM, p. 62-71. DOI : [10.1145/3434642](https://doi.org/10.1145/3434642). URL : <https://inria.hal.science/hal-03128601>.

- [San+21] Gilmar SANTOS et al. « Predictive simulation of post-stroke gait with functional electrical stimulation ». In : *Scientific Reports* 11.1 (2021), p. 21351. DOI : [10.1038/s41598-021-00658-z](https://doi.org/10.1038/s41598-021-00658-z). URL : <https://hal.science/hal-03542660>.
- [Tag+21] Redha TAGUELMIMT et al. « FACS : Fast code-based Algorithm for Coalition Structure Generation, Student Abstract, Selected for presentation ». In : *AAAI. Virtual Conference, Canada*, fév. 2021. DOI : [10.1609/aaai.v35i18.17950](https://doi.org/10.1609/aaai.v35i18.17950). URL : <https://hal.science/hal-03091652>.
- [VMB21] Léon VICTOR, Alexandre MEYER et Saïda BOUAKAZ. « Learning-based pose edition for efficient and interactive design ». In : *Computer Animation and Virtual Worlds* (juin 2021). DOI : [10.1002/cav.2013](https://doi.org/10.1002/cav.2013). URL : <https://hal.science/hal-03275581>.
- [Vui+21] Romain VUILLEMOT et al. « Boundary Objects in Design Studies : Reflections on the Collaborative Creation of Isochrone Maps ». In : *Computer Graphics Forum* (juin 2021). DOI : [10.1111/cgf.14312](https://doi.org/10.1111/cgf.14312). URL : <https://hal.science/hal-03203128>.
- [Yan+21a] Yongzhe YAN et al. « 2D Wasserstein Loss for Robust Facial Landmark Detection ». In : *Pattern Recognition* (juin 2021). DOI : [10.1016/j.patcog.2021.107945](https://doi.org/10.1016/j.patcog.2021.107945). URL : <https://hal.science/hal-03162012>.
- [Yan+21b] Hongyu YANG et al. « Intensity enhancement via GAN for multimodal face expression recognition ». In : *Neurocomputing* 454 (sept. 2021), p. 124-134. DOI : [10.1016/j.neucom.2021.05.022](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.05.022). URL : <https://hal.science/hal-04910855>.
- [Zep+21] Sara ZEPPILLI et al. « Molecular characterization of projection neuron subtypes in the mouse olfactory bulb ». In : *eLife* 10 (juill. 2021). DOI : [10.7554/eLife.65445](https://doi.org/10.7554/eLife.65445). URL : <https://hal.science/hal-03473445>.
- [Zha+21] Zilong ZHAO et al. « Enhancing Robustness of On-line Learning Models on Highly Noisy Data ». In : *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing* 18.5 (oct. 2021), p. 2177-2192. DOI : [10.1109/TDSC.2021.3063947](https://doi.org/10.1109/TDSC.2021.3063947). URL : <https://hal.science/hal-03752315>.
- [Ala+22] Ma ALAMILLA et al. « A Virtual Reality and haptic simulator for ultrasound-guided needle insertion ». In : *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics* (mai 2022). DOI : [10.1109/TMRB.2022.3175095](https://doi.org/10.1109/TMRB.2022.3175095). URL : <https://hal.science/hal-03657576>.
- [Alh+22a] Alaa ALHAMZEH et al. « Empirical Study of the Model Generalization for Argument Mining in Cross-Domain and Cross-Topic Settings ». In : *Transactions on Large-Scale Data and Knowledge-Centered Systems. Lecture Notes in Computer Science* 13470 (sept. 2022), p. 103-126. DOI : [10.1007/978-3-662-66146-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-66146-8_5). URL : <https://hal.science/hal-04020245>.
- [Alh+22b] Alaa ALHAMZEH et al. « It's Time to Reason : Annotating Argumentation Structures in Financial EarningsCalls : The FinArg Dataset ». In : *In Proceedings of the Fourth Workshop on Financial Technology and Natural Language Processing (FinNLP)*. Association for Computational Linguistics. Abu Dhabi, United Arab Emirates, déc. 2022, p. 163-169. URL : <https://hal.science/hal-04020945>.
- [Alh+22c] Alaa ALHAMZEH et al. « Query Expansion, Argument Mining and Document Scoring for an Efficient Question Answering System ». In : *Experimental IR Meets Multilinguality, Multimodality, and Interaction, CLEF 2022*. T. 13390. Lecture Notes in Computer Science. Bologna, Italy : Springer International Publishing, sept. 2022, p. 162-174. DOI : [10.1007/978-3-031-13643-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13643-6_13). URL : <https://hal.science/hal-04020254>.
- [Ard+22] Virginia ARDÉVOL MARTÍNEZ et al. « A lower bound for constant-size local certification ». In : *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems, 24th International Symposium, SSS 2022, Clermont-Ferrand, France*. T. 971. Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems, 24th International Symposium, SSS 2022, Clermont-Ferrand, France, November 15–17, 2022. The full article is available on arxiv. Clermont-Ferrand, France : Elsevier, nov. 2022, p. 114068. DOI : [10.1007/978-3-031-21017-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21017-4_16). URL : <https://uca.hal.science/hal-03874784>.
- [Bag+22] Guillaume BAGAN et al. « Complexity of edge monitoring on some graph classes ». In : *Discrete Applied Mathematics* 321 (nov. 2022), p. 49-63. DOI : [10.1016/j.dam.2022.06.014](https://doi.org/10.1016/j.dam.2022.06.014). URL : <https://hal.science/hal-04106137>.
- [Bel+22] Yacine BELAL et al. « PEPPER : Empowering User-Centric Recommender Systems over Gossip Learning ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 6.3 (sept. 2022), p. 1-27. DOI : [10.1145/3550302](https://doi.org/10.1145/3550302). URL : <https://hal.science/hal-03867109>.

- [BMM22a] Khalid BENABDESLEM, Dou El Kefel MANSOURI et Raywat MAKKHONGKAEW. « sCOs : Semi-Supervised Co-Selection by a Similarity Preserving Approach ». In : *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 34.6 (juin 2022), p. 2899-2911. DOI : [10.1109/TKDE.2020.3014262](https://doi.org/10.1109/TKDE.2020.3014262). URL : <https://hal.science/hal-04451716>.
- [Ben+22a] Seif-Eddine BENKABOU et al. « Local Anomaly Detection for Multivariate Time Series by Temporal Dependency Based on Poisson Model ». In : *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 33.11 (nov. 2022), p. 6701-6711. DOI : [10.1109/TNNLS.2021.3083183](https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3083183). URL : <https://hal.science/hal-03955108>.
- [Ben+22b] Julien BENSMAIL et al. « Une version Maker-Breaker du jeu du plus grand sous-graphe connexe ». In : *AlgoTel 2022 - 24èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications*. Saint-Rémy-Lès-Chevreuse, France, mai 2022. URL : <https://hal.science/hal-03648321>.
- [Ben+22c] Alexandre BENTO et al. « Do Arduinos dream of efficient reasoners? » In : *The Semantic Web : 19th International Conference, ESWC 2022*. Sous la dir. de Paul GROTH et al. Hersionissos, Greece : Springer, mai 2022, p. 289-304. DOI : [10.1007/978-3-031-06981-9\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06981-9_17). URL : <https://hal.science/hal-03607825>.
- [Bie22a] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS + Chaise Project - Module 2 : Regulation, Legal aspects and Governance of Blockchain systems Lecture 2 : Governance and regulation background*. Rapp. tech. INSA Lyon, oct. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03852383>.
- [Bie22b] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS + Chaise Project - Module 2 : Regulation, Legal aspects and Governance of Blockchain systems Lecture 1 : Blockchain basics to set the regulation and governance context and requirements*. Rapp. tech. INSA Lyon, oct. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03852378>.
- [Bie22c] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS + Chaise Project - Module 2 : Regulation, Legal aspects and Governance of Blockchain systems Lecture 3 : Blockchain ecosystem*. Rapp. tech. INSA Lyon, oct. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03852385>.
- [Bie22d] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS + Chaise Project - Module 2 : Regulation, Legal aspects and Governance of Blockchain systems Lecture 4 : Blockchain regulation*. Rapp. tech. INSA Lyon, oct. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03852389>.
- [Bie22e] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS+ - CHAISE Project - Module 2 : Regulation, legal aspects and governance of Blockchain systems - Lecture 6 : Blockchain and GDPR*. Rapp. tech. INSA Lyon, nov. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03873969>.
- [Bie22f] Frédérique BIENNIER. *ERASMUS+ Chaise project - Module 2 : Regulation, legal aspects and governance of Blockchain systems - Lecture 5 : Blockchain governance*. Rapp. tech. INSA Lyon ; LIRIS - Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information, oct. 2022, p. 37. URL : <https://hal.science/hal-04915310>.
- [BB22] Lisa BLUM MOYSE et Hugues BERRY. « Modelling the modulation of cortical Up-Down state switching by astrocytes ». In : *PLoS Computational Biology* 18.7 (juill. 2022), e1010296. DOI : [10.1371/journal.pcbi.1010296](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010296). URL : <https://inria.hal.science/hal-03737962>.
- [Bon+22a] Marthe BONAMY et al. « Degeneracy of  $P_t - free$  and  $C_{\{t\}} - free$  graphs with no large complete bipartite subgraphs ». In : *Journal of Combinatorial Theory, Series B* 152 (jan. 2022), p. 353-378. DOI : [10.1016/j.jctb.2021.10.005](https://doi.org/10.1016/j.jctb.2021.10.005). URL : <https://hal.science/hal-03829680>.
- [Bon+22b] Angela BONIFATI et al. « Threshold queries in theory and in the Wild ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 15.5 (jan. 2022), p. 1105-1118. DOI : [10.14778/3510397.3510407](https://doi.org/10.14778/3510397.3510407). URL : <https://inria.hal.science/hal-03516360>.
- [Bon+22c] Angela BONIFATI et al. « Time2Feat : learning interpretable representations for multivariate time series clustering ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 16.2 (oct. 2022), p. 193-201. DOI : [10.14778/3565816.3565822](https://doi.org/10.14778/3565816.3565822). URL : <https://hal.science/hal-04374017>.
- [Bon22] Thomas BONIS. « Predictive forward simulation of pathological gait ». Theses. Université Claude Bernard - Lyon I, oct. 2022. URL : <https://theses.hal.science/tel-04093577>.
- [Bou+22a] Sara BOUGUELIA et al. « Context Knowledge-aware Recognition of Composite Intents in Task-oriented Human-Bot Conversations ». In : *34th International Conference, CAiSE 2022*. T. 13295. Lecture Notes in Computer Science. Leuven, Belgium : Springer International Publishing, juin 2022, p. 237-252. DOI : [10.1007/978-3-031-07472-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-07472-1_14). URL : <https://hal.science/hal-03693656>.

- [Bou+22b] Sara BOUGUELIA et al. « Process-oriented intents : a cornerstone for superimposition of natural language conversations over composite services ». In : *ICSOC 2022 : The 20th International Conference on Service-Oriented Computing*. T. 13740. Lecture Notes in Computer Science. Seville, Spain, nov. 2022, p. 575-583. DOI : [10.1007/978-3-031-20984-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20984-0_41). URL : <https://hal.science/hal-03990939>.
- [BFP22] Nicolas BOUSQUET, Laurent FEUILLOLEY et Théo PIERRON. « What Can Be Certified Compactly ? » In : *PODC '22 : ACM Symposium on Principles of Distributed Computing*. Salerno, Italy : ACM, juill. 2022, p. 131-140. DOI : [10.1145/3519270.3538416](https://doi.org/10.1145/3519270.3538416). URL : <https://hal.science/hal-03773011>.
- [Bou+22c] Nicolas BOUSQUET et al. « Improved square coloring of planar graphs ». In : *Discrete Mathematics* 346.4 (déc. 2022), p. 113288. DOI : [10.1016/j.disc.2022.113288](https://doi.org/10.1016/j.disc.2022.113288). URL : <https://hal.science/hal-03897415>.
- [Bou+22d] Nicolas BOUSQUET et al. « Square coloring planar graphs with automatic discharging ». In : *SIAM Journal on Discrete Mathematics* 38.1 (avr. 2022), p. 504-528. DOI : [10.1137/22M1492623](https://doi.org/10.1137/22M1492623). URL : <https://hal.science/hal-04960763>.
- [Bou+22e] Zied BOUYAHIA et al. « Traffic state prediction using conditionally Gaussian observed Markov fuzzy switching model ». In : *Journal of Intelligent Transportation Systems : Technology, Planning, and Operations* (2022), p. 1-20. DOI : [10.1080/15472450.2022.2069498](https://doi.org/10.1080/15472450.2022.2069498). URL : <https://hal.science/hal-03765668>.
- [BMM22b] Alice BRENON, Ludovic MONCLA et Katherine MCDONOUGH. « Classifying encyclopedia articles : Comparing machine and deep learning methods and exploring their predictions ». In : *Data and Knowledge Engineering* 142 (nov. 2022), p. 102098. DOI : [10.1016/j.datak.2022.102098](https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102098). URL : <https://hal.science/hal-03821073>.
- [CPB22] Samuel CARENSAC, Nicolas PRONOST et Saïda BOUAKAZ. « Optimizations for predictive-corrective particle-based fluid simulation on GPU ». In : *The Visual Computer* (jan. 2022). DOI : [10.1007/s00371-021-02379-w](https://doi.org/10.1007/s00371-021-02379-w). URL : <https://hal.science/hal-03542639>.
- [Cas+22] Antoine CASTILLON et al. « Quasi-Clique Mining for Graph Summarization ». In : *Database and Expert Systems Applications. DEXA 2022*. T. 13427. Lecture Notes in Computer Science. Vienne, Austria : Springer International Publishing, août 2022, p. 310-315. DOI : [10.1007/978-3-031-12426-6\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12426-6_29). URL : <https://hal.science/hal-03762142>.
- [Che+22] Liming CHEN et al. « ImFace : A Nonlinear 3D Morphable Face Model With Implicit Neural Representations ». In : *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. New Orelans, United States, juin 2022. URL : <https://hal.science/hal-04910251>.
- [Com+22] Ugo COMIGNANI et al. « Provenance-aware Discovery of Functional Dependencies on Integrated Views ». In : *ICDE 2022 - 38th IEEE International Conference on Data Engineering*. Kuala Lumpur, Malaysia : IEEE, mai 2022, p. 1-15. URL : <https://hal.science/hal-03474955>.
- [Cou+22a] Antoine COUTROT et al. « Entropy of city street networks linked to future spatial navigation ability ». In : *Nature* 604 (mars 2022), p. 104-110. DOI : [10.1038/s41586-022-04486-7](https://doi.org/10.1038/s41586-022-04486-7). URL : <https://hal.science/hal-03627470>.
- [Cou+22b] Antoine COUTROT et al. « Reported sleep duration reveals segmentation of the adult life-course into three phases ». In : *Nature Communications* 13.7697 (2022), p. 1-9. DOI : [10.1038/s41467-022-34624-8](https://doi.org/10.1038/s41467-022-34624-8). URL : <https://hal.science/hal-03896889>.
- [Dai+22] Antoine DAILLY et al. « The Neighbour Sum Distinguishing Relaxed Edge Colouring ». In : *Applied Mathematics and Computation* 419 (avr. 2022), p. 126864. DOI : [10.1016/j.amc.2021.126864](https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.126864). URL : <https://hal.science/hal-03064954>.
- [Dam+22] Georgios DAMASKINOS et al. « FLett : Online Federated Learning via Staleness Awareness and Performance Prediction ». In : *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology* 13.5 (oct. 2022), p. 1-30. DOI : [10.1145/3527621](https://doi.org/10.1145/3527621). URL : <https://inria.hal.science/hal-03906055>.
- [DN22] Guillaume DAMIAND et Vincent NIVOLIER. « Query-replace operations for topologically controlled 3D mesh editing ». In : *Computers and Graphics* 106 (août 2022), p. 187-199. DOI : [10.1016/j.cag.2022.06.008](https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.06.008). URL : <https://hal.science/hal-03717765>.
- [Den+22] Audrey DENIZOT et al. « Control of Ca<sup>2+</sup> signals by astrocyte nanoscale morphology at tripartite synapses ». In : *Glia* (sept. 2022). DOI : [10.1002/glia.24258](https://doi.org/10.1002/glia.24258). URL : <https://inria.hal.science/hal-03582629>.

- [Dev+22] Alexandre DEVILLERS et al. « The Impact of Action in Visual Representation Learning ». In : *International Conference on Development and Learning (ICDL 2022)*. London, United Kingdom, sept. 2022. DOI : [10.1109/ICDL53763.2022.9962210](https://doi.org/10.1109/ICDL53763.2022.9962210). URL : <https://hal.science/hal-03815546>.
- [DK22] Lydia DOUAÏDI et Hamamache KHEDDOUCI. « A New Approach for Employee Attrition Prediction ». In : *28th International Conference on Conceptual Structures*. T. 13403. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, France : Springer International Publishing, sept. 2022, p. 115-128. DOI : [10.1007/978-3-031-16663-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16663-1_9). URL : <https://hal.science/hal-04107562>.
- [Dou+22] Thibault DOUZON et al. « Improving Information Extraction on Business Documents with Specific Pre-Training Tasks ». In : *Document Analysis Systems 15th IAPR International Workshop, DAS 2022*. T. 13237. Lecture Notes in Computer Science. La Rochelle, France : Springer International Publishing, mai 2022, p. 111-125. DOI : [10.1007/978-3-031-06555-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06555-2_8). URL : <https://hal.science/hal-03676134>.
- [DOP22] Eric DUCHÊNE, Nacim OIJID et Aline PARREAU. « Bipartite instances of INFLUENCE ». In : *Theoretical Computer Science* 982 (juin 2022), p. 114274. DOI : [10.1016/j.tcs.2023.114274](https://doi.org/10.1016/j.tcs.2023.114274). URL : <https://hal.science/hal-03694758>.
- [Duc+22] Eric DUCHÊNE et al. « Partizan subtraction games ». In : *Combinatorial Game Theory*. De Gruyter, août 2022, p. 121-138. DOI : [10.1515/9783110755411-008](https://doi.org/10.1515/9783110755411-008). URL : <https://hal.science/hal-03864404>.
- [Dul+22] Pierre DULUARD et al. *Discovering and Visualizing Tactics in a Table Tennis Game Based on Subgroup Discovery*. Sept. 2022. DOI : [10.1007/978-3-031-27527-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27527-2_8). URL : <https://hal.science/hal-03768114>.
- [Erm+22] Liana ERMAKOVA et al. « Automatic Simplification of Scientific Texts : SimpleText Lab at CLEF-2022 ». In : *Lecture Notes in Computer Science*. T. 13186. Lecture Notes in Computer Science. Stavanger, France : Springer International Publishing, avr. 2022, p. 364-373. DOI : [10.1007/978-3-030-99739-7\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99739-7_46). URL : <https://hal.science/hal-04168659>.
- [FPS22] Pierre FAURE-GIOVAGNOLI, Jean-Marc PETIT et Vasile-Marian SCUTURICI. « Assessing the Existence of a Function in a Dataset with the g3 Indicator ». In : *IEEE International Conference on Data Engineering*. Kuala Lumpur, Malaysia, mai 2022. DOI : [10.1109/ICDE53745.2022.00050](https://doi.org/10.1109/ICDE53745.2022.00050). URL : <https://hal.science/hal-03540513>.
- [FEB22] Mathieu FRANÇOIS, Véronique EGLIN et Maxime BIOU. « Text detection and post-OCR correction in Engineering Documents ». In : *International Workshop on Document Analysis System*. La Rochelle, France, mai 2022. URL : <https://hal.science/hal-03616017>.
- [Fra+22] Quesque FRANÇOIS et al. « Does culture shape our understanding of others' thoughts and emotions? An investigation across 12 countries ». In : *Neuropsychology* 36.7 (juin 2022), p. 664-682. DOI : [10.1037/neu0000817](https://doi.org/10.1037/neu0000817). URL : <https://hal.science/hal-03695208>.
- [Fül+22] Beatrix-Emőke FÜLÖP-BALOGH et al. « Dynamic Scene Novel View Synthesis via Deferred Spatio-temporal Consistency ». In : *Computers and Graphics* 107 (oct. 2022). Accompanying video : <https://youtu.be/RXK2iv980nU>, p. 220. DOI : [10.1016/j.cag.2022.07.019](https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.07.019). URL : <https://hal.science/hal-03374431>.
- [Gac+22a] Abderaouf GACEM et al. « Guiding Random Walks by Effective Resistance for Effective Node Embedding ». In : *ICPRAI 2022 - 3rd International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. T. 13363. Lecture Notes in Computer Science. Paris, France, juin 2022, p. 665-676. DOI : [10.1007/978-3-031-09037-0\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09037-0_54). URL : <https://hal.science/hal-03701161>.
- [Gac+22b] Yacine GACI et al. « Iterative Adversarial Removal of Gender Bias in Pretrained Word Embeddings ». In : *The 37th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC '22)*. Prague (virtual), Czech Republic, avr. 2022, p. 829-836. DOI : [10.1145/3477314.3507274](https://doi.org/10.1145/3477314.3507274). URL : <https://hal.science/hal-03626768>.
- [Gen+22] Pierre-Yves GENEST et al. « French translation of a dialogue dataset and text-based emotion detection ». In : *Data and Knowledge Engineering* 142 (nov. 2022), p. 102099. DOI : [10.1016/j.datak.2022.102099](https://doi.org/10.1016/j.datak.2022.102099). URL : <https://hal.science/hal-04020396>.
- [Gho+22] Parisa GHODOUS et al. *Interopérabilité des processus métiers supportés par la blockchain*. Rapp. tech. AFNOR, Groupe stratégique Normes et Standards Blockchain, FFPB, nov. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03870074>.

- [GGC22] Dimitri GOMINSKI, Valérie GOUET-BRUNET et Liming CHEN. « Cross-dataset Learning for Generalizable Land Use Scene Classification ». In : *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). Best Paper Award. La Nouvelle Orléans, LA, United States : IEEE, juin 2022, p. 1381-1390. DOI : [10.1109/CVPRW56347.2022.00144](https://doi.org/10.1109/CVPRW56347.2022.00144). URL : <https://hal.science/hal-03685079>.
- [JVD22a] Nicolas JACQUELIN, Romain VUILLEMOT et Stefan DUFFNER. « Efficient One-Shot Sports Field Image Registration with Arbitrary Keypoint Segmentation ». In : *IEEE International Conference on Image Processing*. Bordeaux, France : IEEE, oct. 2022, p. 1771-1775. DOI : [10.1109/ICIP46576.2022.9897170](https://doi.org/10.1109/ICIP46576.2022.9897170). URL : <https://hal.science/hal-03738153>.
- [JVD22b] Nicolas JACQUELIN, Romain VUILLEMOT et Stefan DUFFNER. « Periodicity Counting in Videos with Unsupervised Learning of Cyclic Embeddings ». In : *Pattern Recognition Letters* 161 (sept. 2022), p. 59-66. DOI : [10.1016/j.patrec.2022.07.013](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2022.07.013). URL : <https://hal.science/hal-03738161>.
- [Jan+22] Steeven JANNY et al. « Filtered-CoPhy : Unsupervised Learning of Counterfactual Physics in Pixel Space ». In : *International Conference on Learning Representations*. Virtuel, United States, avr. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03630595>.
- [Kho+22] Margarita KHOKHLOVA et al. « GisGCN : A Visual Graph-Based Framework to Match Geographical Areas through Time ». In : *ISPRS International Journal of Geo-Information* 11.2 (jan. 2022), p. 97. DOI : [10.3390/ijgi11020097](https://doi.org/10.3390/ijgi11020097). URL : <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-03548089>.
- [Kor+22] Kadir KORKMAZ et al. « ALDER : Unlocking blockchain performance by multiplexing consensus protocols ». In : *2022 IEEE 21st International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*. Boston, United States : IEEE, déc. 2022, p. 9-18. DOI : [10.1109/NCA57778.2022.10013556](https://doi.org/10.1109/NCA57778.2022.10013556). URL : <https://hal.science/hal-03966159>.
- [Lac+22a] Paul LACHAT et al. « Detecting Inference Attacks Involving Raw Sensor Data : A Case Study ». In : *Sensors* 22.21 (nov. 2022), p. 8140. DOI : [10.3390/s22218140](https://doi.org/10.3390/s22218140). URL : <https://hal.science/hal-03831019>.
- [Lac+22b] Paul LACHAT et al. « Detecting inference attacks involving sensor data in a multi-database context : Issues & challenges ». In : *Internet Technology Letters* (juin 2022). DOI : [10.1002/itl2.387](https://doi.org/10.1002/itl2.387). URL : <https://hal.science/hal-03623026>.
- [Laf+22a] WWW '22 : *Companion Proceedings of the Web Conference 2022*. 2022. DOI : [10.1145/3487553](https://doi.org/10.1145/3487553). URL : <https://hal.science/hal-03902923>.
- [Laf+22b] WWW '22 : *Proceedings of the ACM Web Conference 2022*. 2022. DOI : [10.1145/3485447](https://doi.org/10.1145/3485447). URL : <https://hal.science/hal-03902907>.
- [Lam+22] Jonas LAMY et al. « A Benchmark Framework for Multiregion Analysis of Vesselness Filters ». In : *IEEE Transactions on Medical Imaging* 41.12 (2022), p. 3649-3662. DOI : [10.1109/TMI.2022.3192679](https://doi.org/10.1109/TMI.2022.3192679). URL : <https://hal.science/hal-04422096>.
- [Lem+22] Clément LEMEUNIER et al. « Representation learning of 3D meshes using an Autoencoder in the spectral domain ». In : *Computers and Graphics* 107 (oct. 2022), p. 131-143. DOI : [10.1016/j.cag.2022.07.011](https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.07.011). URL : <https://hal.science/hal-03716435>.
- [LN22] Mathieu LOISEAU et Camille NOÛS. « À la recherche de l'attitude ludique ». In : *Regards sur le jeu en didactique des langues et des cultures*. Sous la dir. d'Haydée SILVA. T. 9. Champs Didactiques Plurilingues. Chapitre 1.3. Peter Lang Verlag, fév. 2022, p. 61-83. DOI : [10.3726/b19412](https://doi.org/10.3726/b19412). URL : <https://hal.science/hal-03671585>.
- [LCH22] Lingkun LUO, Liming CHEN et Shiqiang HU. « Attention Regularized Laplace Graph for Domain Adaptation ». In : *IEEE Transactions on Image Processing* 31 (2022), p. 7322-7337. DOI : [10.1109/TIP.2022.3216781](https://doi.org/10.1109/TIP.2022.3216781). URL : <https://hal.science/hal-04910290>.
- [Mai+22] Léa MAITRE et al. « State-of-the-art methods for exposure-health studies : Results from the exposome data challenge event ». In : *Environment International* 168 (août 2022), p. 107422. DOI : [10.1016/j.envint.2022.107422](https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107422). URL : <https://hal.science/hal-03789771>.
- [Mar+22] Pierre MARZA et al. « Teaching Agents how to Map : Spatial Reasoning for Multi-Object Navigation ». In : *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) 2022*. Kyoto, Japan, oct. 2022. DOI : [10.1109/IROS47612.2022.9982216](https://doi.org/10.1109/IROS47612.2022.9982216). URL : <https://hal.science/hal-03940658>.

- [MEB22] Sofiane MEDJRAM, Véronique EGLIN et Stéphane BRES. « Challenging children handwriting recognition study exploiting synthetic, mixed and real data ». In : *International Workshop on Document Analysis Systems*. Sous la dir. de Springer COMPUTER SCIENCE (LNCS). La Rochelle, France, juin 2022. URL : <https://hal.science/hal-03614679>.
- [Mes+22a] Ines MESSADI et al. « SplitBFT : Improving Byzantine Fault Tolerance Safety Using Trusted Compartments ». In : *Middleware '22 : 23rd International Middleware Conference*. Quebec QC Canada, France : ACM, nov. 2022, p. 56-68. DOI : [10.1145/3528535.3531516](https://doi.org/10.1145/3528535.3531516). URL : <https://hal.science/hal-03752325>.
- [Mes+22b] Aghiles Ait MESSAOUD et al. « Shielding Federated Learning Systems against Inference Attacks with ARM TrustZone ». In : *Proceedings of the 23rd ACM/IFIP International Middleware Conference*. Québec City, Canada, Canada : ACM, nov. 2022, p. 335-348. DOI : [10.1145/3528535.3565255](https://doi.org/10.1145/3528535.3565255). URL : <https://hal.science/hal-03815963>.
- [Mon22] [Ver.log.] Ludovic MONCLA, *Perdido Geoparser* version 0.1.50, 2022. LIC : <https://spdx.org/licenses/BSD-2-Clause>. HAL : [hal-04916262v1](https://hal.science/hal-04916262), URL : <https://hal.science/hal-04916262>, VCS : <https://github.com/ludovicmoncla/perdido/tree/v0.1.50>, SWHID : [swh:1:dir:558d2e033c5fe166cf90a75b6f391c317829855f](https://swhid.org/urn:uuid:558d2e033c5fe166cf90a75b6f391c317829855f);origin=<https://github.com/ludovicmoncla/perdido>;visit=[swh:1:snp:0215bf498ac8e02f453e3c0e76afe63ae4542e09](https://swhid.org/urn:uuid:558d2e033c5fe166cf90a75b6f391c317829855f);anchor=[swh:1:rev:abc130b28bb8b7d6124d4724bac24896d5edb241](https://swhid.org/urn:uuid:558d2e033c5fe166cf90a75b6f391c317829855f).
- [MCB22] Ludovic MONCLA, Khaled CHABANE et Alice BRENON. « Classification automatique d'articles encyclopédiques ». In : *Extraction et Gestion des Connaissances (EGC'2022)*. Blois, France, jan. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03481219>.
- [MPB22] Maëlle MORANGES, Marc PLANTEVIT et Moustafa BENSAFI. « Using subgroup discovery to relate odor pleasantness and intensity to peripheral nervous system reactions ». In : *IEEE Transactions on Affective Computing* (mai 2022), p. 1-1. DOI : [10.1109/TAFFC.2022.3173403](https://doi.org/10.1109/TAFFC.2022.3173403). URL : <https://hal.science/hal-03787352>.
- [Naj+22a] Naji NAJARI et al. « RESIST : Robust Transformer for Unsupervised Time Series Anomaly Detection ». In : *International Workshop on Advanced Analytics and Learning on Temporal Data (AALTD), ECML-PKDD*. Sous la dir. de SPRINGER. Grenoble, France, sept. 2022. DOI : [10.1007/978-3-031-24378-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24378-3_5). URL : <https://hal.science/hal-04346819>.
- [Naj+22b] Naji NAJARI et al. « Robust Variational Autoencoders and Normalizing Flows for Unsupervised Network Anomaly Detection ». In : *The 36th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2022*. Sydney, Australia, avr. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03542451>.
- [Nou22] Nour El Houda NOUAR. « A Cost-driven Approach for Virtualized Network Services Life-cycle Management ». Theses. Université Toulouse 1 Capitole, mars 2022. URL : <https://laas.hal.science/tel-03716427>.
- [OSH22] Ikenna Victor OLUIGBO, Hamida SEBA et Mohammed HADDAD. « Improving Node Embedding by a Compact Neighborhood Representation ». In : *Neural Computing and Applications* 35.9 (déc. 2022), p. 7035-7048. DOI : [10.1007/s00521-022-08076-6](https://doi.org/10.1007/s00521-022-08076-6). URL : <https://hal.science/hal-03638206>.
- [PBO22] Anil PACACI, Angela BONIFATI et M. Tamer OZSU. « Evaluating Complex Queries on Streaming Graphs ». In : *2022 IEEE 38th International Conference on Data Engineering (ICDE)*. Kuala Lumpur, Malaysia : IEEE, mai 2022, p. 272-285. DOI : [10.1109/ICDE53745.2022.00025](https://doi.org/10.1109/ICDE53745.2022.00025). URL : <https://hal.science/hal-03907496>.
- [Pag+22] Simon PAGEAUD et al. « Predicted Impacts of Booster, Immunity Decline, Vaccination Strategies, and Non-Pharmaceutical Interventions on COVID-19 Outcomes in France ». In : *Vaccines* 10.12 (2022), p. 2033. DOI : [10.3390/vaccines10122033](https://doi.org/10.3390/vaccines10122033). URL : <https://hal.science/hal-03883673>.
- [Pau+22] Lois PAULIN et al. « MatBuilder : Mastering Sampling Uniformity Over Projections ». In : *ACM Transactions on Graphics* 41.4 (août 2022), p. 84. DOI : [10.1145/3528223.3530063](https://doi.org/10.1145/3528223.3530063). URL : <https://hal.science/hal-03664112>.
- [Per+22] Simon PERCHE et al. « StyleDEM : a Versatile Model for Authoring Terrains ». In : *Journées françaises d'informatique graphique (jFIG) 2022 à Bordeaux*. 2ème prix du meilleur papier. LaBRI. Bordeaux, France, nov. 2022. URL : <https://hal.science/hal-04358123>.

- [Pie+22a] Laëtitia PIERROT et al. « Assessing COMPER Environment to Support Self-Regulation During Autonomous Work : A Usefulness, Usability and Use Case Study ». In : *Open and Inclusive Educational Practice in the Digital World*. Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age book series (CELDA). Springer International Publishing, déc. 2022, p. 193-212. DOI : [10.1007/978-3-031-18512-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-18512-0_12). URL : <https://hal.science/hal-03908689>.
- [Pie+22b] Laëtitia PIERROT et al. « Évaluation de l'utilité et de l'utilisabilité du service COMPER pour soutenir l'autorégulation dans le travail en autonomie ». In : *STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation)* 29 : Numéro Spécial Sélection de la conférence EIAH 2021.2 (2022). 10ème Conference sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2021). DOI : [10.23709/sticef.29.2.2](https://doi.org/10.23709/sticef.29.2.2). URL : <https://hal.science/hal-03942513>.
- [Rey+22] Stéphanie REYSSIER et al. « The Impact of Game Elements on Learner Motivation : Influence of Initial Motivation and Player Profile ». In : *IEEE Transactions on Learning Technologies* 15.1 (fév. 2022), p. 42-54. DOI : [10.1109/TLT.2022.3153239](https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3153239). URL : <https://hal.univ-lyon2.fr/hal-03579428>.
- [Rom22] Senda ROMDHANI. « Trust evaluation for stream data services based on data quality and service performance ». Theses. Lyon, mai 2022. URL : <https://hal.science/tel-04893435>.
- [Saa+22] Fatma Zohra Khaoula SAADI et al. « Détection d'anomalies dans les flux de graphes et attaques d'empoisonnement ». In : *Conférence francophone sur l'Extraction et la Gestion des Connaissances (EGC)*. T. RNTI-E-38. RNTI. Blois, France, jan. 2022, p. 273-280. URL : <https://hal.science/hal-03701393>.
- [Sab+22] Louis SABLAYROLLES et al. « Design and Evaluation of a Competency-based Recommendation Process ». In : *Intelligent Tutoring Systems*. Bucharest, Romania, juill. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03642155>.
- [Sal+22] Amina Ben SALEM et al. « Quantifying fairness of federated learning LPPM models ». In : *MobiSys '22 : The 20th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*. Portland, France : ACM, juin 2022, p. 569-570. DOI : [10.1145/3498361.3538788](https://doi.org/10.1145/3498361.3538788). URL : <https://hal.science/hal-03703623>.
- [TTF22] Iuliia TKACHENKO, Alain TRÉMEAU et Thierry FOURNEL. « Authentication of rotogravure print-outs using a regular test pattern ». In : *Journal of information security and applications* 66 (mai 2022), p. 103133. DOI : [10.1016/j.jisa.2022.103133](https://doi.org/10.1016/j.jisa.2022.103133). URL : <https://hal.science/hal-03606988>.
- [TBB22] Leonardo TRUJILLO, Paul BANSE et Guillaume BESLON. « Getting higher on rugged landscapes : Inversion mutations open access to fitter adaptive peaks in NK fitness landscapes ». In : *PLoS Computational Biology* 18.10 (oct. 2022), e1010647. DOI : [10.1371/journal.pcbi.1010647](https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010647). URL : <https://inria.hal.science/hal-03866346>.
- [Tsc+22] Léonard TSCHORA et al. « Electricity price forecasting on the day-ahead market using machine learning ». In : *Applied Energy* 313 (mai 2022), p. 118752. DOI : [10.1016/j.apenergy.2022.118752](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118752). URL : <https://hal.science/hal-03621974>.
- [Var+22] Genoveva VARGAS-SOLAR et al. « Greenhome : a household energy consumption and CO2 footprint metering environment ». In : *ACM Transactions on Internet Technology* 22.3 (2022), p. 1-31. DOI : [10.1145/3505264](https://doi.org/10.1145/3505264). URL : <https://hal.science/hal-03475781>.
- [Vey+22a] Luca VEYRIN-FORRER et al. « Qu'est-ce que mon GNN capture vraiment ? Exploration des représentations internes d'un GNN ». In : *Extraction et Gestion des Connaissances (EGC 2022)*. T. RNTI-E-38. Blois, France, jan. 2022, p. 159-170. URL : <https://hal.science/hal-03921033>.
- [Vey+22b] Luca VEYRIN-FORRER et al. « What Does My GNN Really Capture ? On Exploring Internal GNN Representations ». In : *International Joint Conference on Artificial Intelligence 2022*. Vienna, Austria, juill. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03700710>.
- [YC22] Xiangnan YIN et Liming CHEN. « FaceOcc : A Diverse, High-quality Face Occlusion Dataset for Human Face Extraction ». working paper or preprint. Fév. 2022. DOI : [10.48550/arXiv.2201.08425](https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.08425). URL : <https://hal.science/hal-03540753>.
- [Yin+22] Xiangnan YIN et al. « Segmentation-Reconstruction-Guided Facial Image De-occlusion ». working paper or preprint. Jan. 2022. URL : <https://hal.science/hal-03482857>.
- [Ang+23] Renzo ANGLES et al. « PG-Schema : schemas for property graphs ». In : *SIGMOD 2023 : ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. T. 1. 2. Seattle, WA, United States : ACM, juin 2023, p. 1-25. DOI : [10.1145/3589778](https://doi.org/10.1145/3589778). URL : <https://hal.science/hal-04224583>.

- [AMH23a] Arthur AUBRET, Laëtitia MATIGNON et Salima HASSAS. « An Information-Theoretic Perspective on Intrinsic Motivation in Reinforcement Learning : A Survey ». In : *Entropy* 25.2 (fév. 2023), p. 327. DOI : [10.3390/e25020327](https://doi.org/10.3390/e25020327). URL : <https://hal.science/hal-04093961>.
- [AMH23b] Arthur AUBRET, Laëtitia MATIGNON et Salima HASSAS. « DisTop : Discovering a Topological representation to learn diverse and rewarding skills ». In : *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems* (avr. 2023). DOI : [10.1109/TCDS.2023.3265200](https://doi.org/10.1109/TCDS.2023.3265200). URL : <https://hal.science/hal-04166057>.
- [BLL23a] Anaëlle BADIER, Mathieu LEFORT et Marie LEFEVRE. « Comprendre les usages et effets d'un système de recommandations pédagogiques en contexte d'apprentissage non-formel ». In : *EIAH'23*. Brest, France, juin 2023. URL : <https://hal.science/hal-04092828>.
- [BLL23b] Anaëlle BADIER, Mathieu LEFORT et Marie LEFEVRE. « Recommendation Model for an After-School E-learning Mobile Application ». In : *CSEDU*. Prague, Czech Republic, avr. 2023. DOI : [10.5220/0011717800003470](https://doi.org/10.5220/0011717800003470). URL : <https://hal.science/hal-04092808>.
- [BLL23c] Anaëlle BADIER, Mathieu LEFORT et Marie LEFEVRE. « Understanding the Usages and Effects of a Recommendation System in a Non-formal Learning Context ». In : *Intelligent Tutoring Systems*. Corfu, Greece, juin 2023. DOI : [10.1007/978-3-031-32883-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32883-1_5). URL : <https://hal.science/hal-04092818>.
- [Bag+23] Guillaume BAGAN et al. « Incidence, a Scoring Positional Game on Graphs ». In : *Discrete Mathematics* (juin 2023), p. 113570. DOI : [10.1016/j.disc.2023.113570](https://doi.org/10.1016/j.disc.2023.113570). URL : <https://hal.science/hal-03837646>.
- [Ban+23] Paul BANSE et al. « Forward-in-time simulation of chromosomal rearrangements : The invisible backbone that sustains long-term adaptation ». In : *Molecular Ecology* (déc. 2023). DOI : [10.1111/mec.17234](https://doi.org/10.1111/mec.17234). URL : <https://hal.science/hal-04350147>.
- [BA23a] Florian BAUD et Alex AUSSEM. « Answering Student Queries with a Supervised Memory Conversational Agent ». In : *Proceedings of FLAIRS-36*. Sous la dir. de Michael FRANKLIN et Soon Ae CHUN. T. 36. 1. Clearwater Beach, United States : Florida Online Journals, mai 2023. DOI : [10.32473/flairs.36.133195](https://doi.org/10.32473/flairs.36.133195). URL : <https://hal.science/hal-04249196>.
- [BA23b] Florian BAUD et Alex AUSSEM. « Non-Parametric Memory Guidance for Multi-Document Summarization ». In : *International Conference Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP)*. Varna, Bulgaria, sept. 2023. DOI : [10.26615/978-954-452-092-2\\_017](https://doi.org/10.26615/978-954-452-092-2_017). URL : <https://hal.science/hal-04281841>.
- [Bel+23] Thomas BELLITTO et al. « Locating Dominating Sets in local tournaments ». In : *Discrete Applied Mathematics* 337 (oct. 2023), p. 14-24. DOI : [10.1016/j.dam.2023.04.010](https://doi.org/10.1016/j.dam.2023.04.010). URL : <https://hal.science/hal-03417187>.
- [BT23] Karim BENOURET et Kian-Lee TAN. « Probabilistic Majority Rule-Based Group Recommendation ». In : *International Conference on Data Engineering (ICDE)*. Anaheim, United States : IEEE, avr. 2023, p. 1489-1501. DOI : [10.1109/ICDE55515.2023.00118](https://doi.org/10.1109/ICDE55515.2023.00118). URL : <https://hal.science/hal-04198076>.
- [Ben+23] Julien BENSMAIL et al. « The Maker-Breaker Largest Connected Subgraph Game ». In : *Theoretical Computer Science* 943 (2023), p. 102-120. DOI : [10.1016/j.tcs.2022.12.014](https://doi.org/10.1016/j.tcs.2022.12.014). URL : <https://hal.science/hal-03993562>.
- [Böl+23] Felix BÖLZ et al. « HUMMUS : A Linked, Healthiness-Aware, User-centered and Argument-Enabling Recipe Data Set for Recommendation ». In : *17th ACM Conference on Recommender Systems (RECSYS'23)*. RecSys '23 : Proceedings of the 17th ACM Conference on Recommender Systems. New York, NY, United States : ACM, sept. 2023. DOI : [10.1145/3604915.3609491](https://doi.org/10.1145/3604915.3609491). URL : <https://hal.science/hal-04220182>.
- [BD23] Nicolas BONNEEL et Julie DIGNE. « A survey of Optimal Transport for Computer Graphics and Computer Vision ». In : *Computer Graphics Forum* 42.2 (2023). URL : <https://hal.science/hal-04029613>.
- [Bou+23] Nicolas BOUSQUET et al. « Locating-dominating sets : from graphs to oriented graphs ». In : *Discrete Mathematics* 346.1 (jan. 2023), p. 113124. DOI : [10.1016/j.disc.2022.113124](https://doi.org/10.1016/j.disc.2022.113124). URL : <https://hal.science/hal-03468604>.
- [Cer+23] Sophie CERF et al. « Privacy protection control for mobile apps users ». In : *Control Engineering Practice* 134.May (mai 2023), p. 105456. DOI : [10.1016/j.conengprac.2023.105456](https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2023.105456). URL : <https://hal.science/hal-03977386>.

- [Cha+23] Dipayan CHAKRABORTY et al. « On Three Domination-Based Identification Problems in Block Graphs ». In : *9th International Conference on Algorithms and Discrete Applied Mathematics (CALDAM 2023)*. T. 13947. Lecture Notes in Computer Science. Gandhinagar, India : Springer International Publishing, fév. 2023, p. 271-283. DOI : [10.1007/978-3-031-25211-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25211-2_21). URL : <https://hal.science/hal-03974121>.
- [CD23a] Mattéo CLÉMOT et Julie DIGNE. « Neural skeleton : Implicit neural representation away from the surface ». In : *Computers and Graphics* 114 (2023), p. 368-378. DOI : [10.1016/j.cag.2023.06.012](https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.06.012). URL : <https://hal.science/hal-04159959>.
- [CD23b] [Ver.log.] Mattéo CLÉMOT et Julie DIGNE, *Neural skeleton : implicit neural representation away from the surface* 2023. Cnrs; Liris. LIC : MIT License. HAL : [hal-04234645v1](https://hal.science/hal-04234645v1), URL : <https://hal.science/hal-04234645>, VCS : <https://github.com/MClemot/SkeletonLearning>, SWHID : [swh:1:dir:f2a87d2207a851b42b28e719ae3c22b9b6f09caf](https://sw.hiclipper.com/1/dir/f2a87d2207a851b42b28e719ae3c22b9b6f09caf).
- [Cor+23] Guillaume CORDONNIER et al. « Forming Terrains by Glacial Erosion ». In : *ACM Transactions on Graphics* 42.4 (juill. 2023), p. 1-14. DOI : [10.1145/3592422](https://doi.org/10.1145/3592422). URL : <https://inria.hal.science/hal-04090644>.
- [Cra+23] Rémy CRASSARD et al. « The oldest plans to scale of humanmade mega-structures ». In : *PLoS ONE* 18 (2023), e0277927. DOI : [10.1371/journal.pone.0277927](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277927). URL : <https://cnrs.hal.science/hal-04372855>.
- [Cri+23] Carlos F CRISPIM-JUNIOR et al. « AutoExp : A multidisciplinary, multi-sensor framework to evaluate human activities in self-driving cars ». In : *26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2023)*. Bilbao, France, sept. 2023. DOI : [10.1109/ITSC57777.2023.10421877](https://doi.org/10.1109/ITSC57777.2023.10421877). URL : <https://hal.science/hal-04331629>.
- [DCZ23] Bertrand DAVID, René CHALON et Xiaoheng ZHANG. « Virtual Assistants (Chatbots) as help to teachers in Collaborative Learning Environment ». In : *Learning in the Age of Digital and Green Transition (ICL2022)*. Sous la dir. de Michael E. AUER, Wolfgang PACHATZ et Tiia RÜÜTMANN. T. 633. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer International Publishing, mars 2023, p. 135-146. DOI : [10.1007/978-3-031-26876-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26876-2_13). URL : <https://hal.science/hal-03854073>.
- [Dec+23] Méghane DECROOCQ et al. « Modeling and hexahedral meshing of cerebral arterial networks from centerlines ». In : *Medical Image Analysis* 89 (oct. 2023), p. 102912. DOI : [10.1016/j.media.2023.102912](https://doi.org/10.1016/j.media.2023.102912). URL : <https://hal.science/hal-04692570>.
- [DL23] Alexandre DEVILLERS et Mathieu LEFORT. « EquiMod : An Equivariance Module to Improve Visual Instance Discrimination ». In : *International Conference on Learning Representations*. Kigali, Rwanda, mai 2023. URL : <https://hal.science/hal-04184307>.
- [Dey+23] Sombit DEY et al. « Learning whom to trust in navigation : dynamically switching between classical and neural planning ». In : *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. 8 pages including references. International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2023). Detroit, United States, oct. 2023. URL : <https://hal.science/hal-04237170>.
- [Die+23] Mohameden DIEYE et al. « A Self-Sovereign Identity Based on Zero-Knowledge Proof and Blockchain ». In : *IEEE Access* 11 (2023), p. 49445-49455. DOI : [10.1109/ACCESS.2023.3268768](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3268768). URL : <https://hal.science/hal-04291473>.
- [Dje+23] Yasmine DJEBROUNI et al. « Characterizing Distributed Machine Learning Workloads on Apache Spark ». In : *Middleware '23 : 24th International Middleware Conference*. Bologna, Italy : ACM, déc. 2023, p. 151-164. DOI : [10.1145/3590140.3629112](https://doi.org/10.1145/3590140.3629112). URL : <https://hal.science/hal-04399409>.
- [Doi+23] Bastien DOIGNIES et al. « Example-Based Sampling with Diffusion Models ». In : *Siggraph Asia*. Siggraph Asia 2023 conference proceedings. ACM Siggraph. Sydney, Australia, déc. 2023. DOI : [10.1145/3610548.3618243](https://doi.org/10.1145/3610548.3618243). URL : <https://hal.science/hal-04235704>.
- [Dou+23] Thibault DOUZON et al. « Long-Range Transformer Architectures for Document Understanding ». In : *ICDAR 2023 : Document Analysis and Recognition – ICDAR 2023 Workshops*. T. 14194. Lecture Notes in Computer Science. San José, United States : Springer Nature Switzerland, août 2023, p. 47-64. DOI : [10.1007/978-3-031-41501-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-41501-2_4). URL : <https://hal.science/hal-04191797>.
- [Duc+23] Eric DUCHÊNE et al. « The Maker-Maker domination game in forests ». In : *Discrete Applied Mathematics* 254 (mars 2023), 34 :1-34 :19. DOI : [10.1016/j.dam.2024.01.023](https://doi.org/10.1016/j.dam.2024.01.023). URL : <https://hal.science/hal-04123172>.

- [Dur+23] Guillaume DURET et al. « PickSim : A dynamically configurable Gazebo pipeline for robotic manipulation ». In : *Advancing Robot Manipulation Through Open-Source Ecosystems - 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Conference Workshop*. Adam Norton, University of Massachusetts Lowell and Holly Yanco, University of Massachusetts Lowell and Berk Calli, Worcester Polytechnic Institute and Aaron Dollar, Yale University. Londres, United Kingdom, mai 2023. URL : <https://hal.science/hal-04074800>.
- [Ein+23] Behnam EINABADI et al. « Dynamic predictive and preventive maintenance planning with failure risk and opportunistic grouping considerations : A case study in the automotive industry ». In : *Journal of Manufacturing Systems* 69 (août 2023), p. 292-310. DOI : [10.1016/j.jmsy.2023.06.012](https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.06.012). URL : <https://hal.science/hal-04978907>.
- [Elh+23] Fatima ELHATTAB et al. « Robust Federated Learning for Ubiquitous Computing through Mitigation of Edge-Case Backdoor Attacks ». In : *IMWUT 2023*. T. 6. 4. Cancun, Mexico, Mexico, oct. 2023, p. 1-27. DOI : [10.1145/3569492](https://doi.org/10.1145/3569492). URL : <https://hal.science/hal-04124471>.
- [Feu+23] Laurent FEUILLOLEY et al. « Local Certification of Graphs with Bounded Genus ». In : *Discrete Applied Mathematics* 325 (2023), p. 9-36. DOI : [10.1016/j.dam.2022.10.004](https://doi.org/10.1016/j.dam.2022.10.004). URL : <https://hal.science/hal-03663680>.
- [FE23] Mathieu FRANÇOIS et Véronique EGLIN. « Ensuring an error-free transcription on a full engineering tags dataset through unsupervised post-OCR methods ». In : *The 17th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2023)*. San Jose (CA), United States, août 2023. DOI : [10.1007/978-3-031-41734-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-41734-4_6). URL : <https://hal.science/hal-04093197>.
- [Gac+23] Yacine GACI et al. « Targeting the Source : Selective Data Curation for Debiasing NLP Models ». In : *European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*. T. 14170. Lecture Notes in Computer Science. Torino, France : Springer Nature Switzerland, 2023, p. 276-294. DOI : [10.1007/978-3-031-43415-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43415-0_17). URL : <https://hal.science/hal-04450752>.
- [GD23] Quentin GALLOUÉDEC et Emmanuel DELLANDRÉA. « Cell-Free Latent Go-Explore ». In : *International Conference on Machine Learning (ICML)*. Accepted at International Conference on Machine Learning (ICML) 2023. Honolulu (Hawaii), United States, juill. 2023. URL : <https://hal.science/hal-03769875>.
- [Gas+23] Rim GASMI et al. « Routing Protocol Based Quality of Service and Links Stability (RPQLS) for Future Internet of Vehicles ». In : *Wireless Personal Communications* 130.3 (juin 2023), p. 2013-2038. DOI : [10.1007/s11277-023-10369-5](https://doi.org/10.1007/s11277-023-10369-5). URL : <https://hal.science/hal-04239695>.
- [Gen+23] Pierre-Yves GENEST et al. « Linked-DocRED – Enhancing DocRED with Entity-Linking to Evaluate End-To-End Document-Level Information Extraction ». In : *SIGIR '23 : The 46th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*. Taipei, Taiwan : ACM, juill. 2023, p. 3064-3074. DOI : [10.1145/3539618.3591912](https://doi.org/10.1145/3539618.3591912). URL : <https://hal.science/hal-04064170>.
- [Gib+23] Vincent GIBEAUX et al. « Anterior-posterior margins of stability when stepping in/out of a moving walkway ». In : *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. T. 26. sup1. Grenoble (France), France, oct. 2023, S159-S3161. URL : <https://hal.science/hal-04292292>.
- [GCC23] Guillaume GISBERT, Raphaëlle CHAINE et David COEURJOLLY. « Inpainting holes in folded fabric meshes ». In : *Computers and Graphics*. Proceedings of SMI 2023 114 (2023), p. 201-209. DOI : [10.1016/j.cag.2023.05.025](https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.05.025). URL : <https://hal.science/hal-04140444>.
- [GO23] Valentin GLEDEL et Nacim OIJID. « Avoidance games are PSPACE-Complete. » In : *Leibniz International Proceedings in Informatics* 254.40 (mars 2023), 34 :1-34 :19. DOI : [10.4230/LIPIcs.STACS.2023.34](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.STACS.2023.34). URL : <https://hal.science/hal-03787958>.
- [Ham+23] Salma HAMECHE et al. « A Group Teaching Optimization-Based Approach for Energy and QoS-Aware Internet of Things Services Composition ». In : *Journal of Network and Systems Management* 32.4 (oct. 2023). DOI : [10.1007/s10922-023-09779-4](https://doi.org/10.1007/s10922-023-09779-4). URL : <https://hal.science/hal-04406990>.
- [Ife+23] Mouloud IFERROUDJENE et al. « Methods for explaining Top-N recommendations through subgroup discovery ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* 37.2 (2023), p. 833-872. DOI : [10.1007/s10618-022-00897-2](https://doi.org/10.1007/s10618-022-00897-2). URL : <https://hal.science/hal-03845678>.
- [Jan+23] Steeven JANNY et al. « EAGLE : Large-Scale Learning of Turbulent Fluid Dynamics with Mesh Transformers ». In : *Proceedings The Eleventh International Conference on Learning Representations (ICLR 2023)*. Kigali, Rwanda, mai 2023. URL : <https://hal.science/hal-03992436>.

- [Jea23] Stéphanie JEAN-DAUBIAS. « SAPHIR : A Pluricultural Authoring Tool to Produce Resources in Support of Education for Sustainable Development ». In : *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Supported Education*. Prague, Czech Republic, avr. 2023. DOI : [10.5220/0011981600003470](https://doi.org/10.5220/0011981600003470). URL : <https://hal.science/hal-04021767>.
- [KKT23] Abdel-Rahmen KORICHI, Hamamache KHEDDOUCI et Taha TEHSEEN. « Communication behavior analysis to understand employee attrition ». In : *9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies*. Rome, Italy : IEEE, juill. 2023, p. 792-797. DOI : [10.1109/codit58514.2023.10284121](https://doi.org/10.1109/codit58514.2023.10284121). URL : <https://hal.science/hal-04131587>.
- [Lac+23a] Valentin LACHAND et al. « Challenges and Opportunities for Multi-Device Management in Classrooms ». In : *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 29.6 (jan. 2023), p. 1073-0516. DOI : [10.1145/3519025](https://doi.org/10.1145/3519025). URL : <https://hal.science/hal-03740825>.
- [Lac+23b] Jacques-Olivier LACHAUD et al. « Lightweight Curvature Estimation on Point Clouds with Randomized Corrected Curvature Measures ». In : *Computer Graphics Forum* 42.5 (août 2023), e14910. DOI : [10.1111/cgf.14910](https://doi.org/10.1111/cgf.14910). URL : <https://hal.science/hal-04140178>.
- [Loc+23] J. LOCHNER et al. « Interactive Authoring of Terrain using Diffusion Models ». In : *Computer Graphics Forum* (nov. 2023). DOI : [10.1111/cgf.14941](https://doi.org/10.1111/cgf.14941). URL : <https://hal.science/hal-04324336>.
- [LHC23] Lingkun LUO, Shiqiang HU et Liming CHEN. « Discriminative Noise Robust Sparse Orthogonal Label Regression-Based Domain Adaptation ». In : *International Journal of Computer Vision* 132.1 (août 2023), p. 161-184. DOI : [10.1007/s11263-023-01865-z](https://doi.org/10.1007/s11263-023-01865-z). URL : <https://hal.science/hal-04909200>.
- [Mah+23] Mehdi-Antoine MAHFOUDI et al. « Emotion Expression in Human Body Posture and Movement : A Survey on Intelligible Motion Factors, Quantification and Validation ». In : *IEEE Transactions on Affective Computing* 14.4 (oct. 2023). DOI : [10.1109/TAFFC.2022.3226252](https://doi.org/10.1109/TAFFC.2022.3226252). URL : <https://hal.science/hal-03899236>.
- [Man+23a] Dou El Kefel MANSOURI et al. « CoSP : co-selection pick for a global explainability of black box machine learning models ». In : *World Wide Web* 26.6 (oct. 2023), p. 3965-3981. DOI : [10.1007/s11280-023-01213-8](https://doi.org/10.1007/s11280-023-01213-8). URL : <https://hal.science/hal-04450994>.
- [Man+23b] Dou El Kefel MANSOURI et al. « mFILS : Tri-Selection via Convex and Nonconvex Regularizations ». In : *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* (jan. 2023), p. 1-14. DOI : [10.1109/TNNLS.2023.3237170](https://doi.org/10.1109/TNNLS.2023.3237170). URL : <https://hal.science/hal-03955074>.
- [MDL23] Matthis MANTHE, Stefan DUFFNER et Carole LARTIZIEN. « Whole-brain radiomics for clustered federated personalization in brain tumor segmentation ». In : *Proceedings of Machine Learning Research*. Nashville, United States : MLR Press, juill. 2023. URL : <https://hal.science/hal-04233428>.
- [Mar+23] Pierre MARZA et al. « Multi-Object Navigation with dynamically learned neural implicit representations ». In : *ICCV 2023 - International Conference on Computer Vision*. Paris, France, oct. 2023, p. 1-21. URL : <https://hal.science/hal-04390240>.
- [Mey23] Alexandre MEYER. « Analyse, reconnaissance et synthèse d'expressions et de styles dans les mouvements ». Habilitation à diriger des recherches. Université Claude Bernard Lyon 1, mars 2023. URL : <https://hal.science/tel-04145272>.
- [MG23] Ludovic MONCLA et Mauro GAIO. « Perdido : Python library for geoparsing and geocoding French texts ». In : *First International Workshop on Geographic Information Extraction from Texts (GeoExt)*. Dublin, Ireland, avr. 2023. URL : <https://hal.science/hal-04049794>.
- [Mos+23] Léa MOSESSO et al. « Obsolescence Paths : living with aging devices ». In : *ICT4S 2023 - International Conference on Information and Communications Technology for Sustainability*. Rennes, France, juin 2023. DOI : [10.1109/ICT4S58814.2023.00011](https://doi.org/10.1109/ICT4S58814.2023.00011). URL : <https://hal.science/hal-04097867>.
- [Neh+23] Yana NEHMÉ et al. « Textured Mesh Quality Assessment : Large-scale Dataset and Deep Learning-based Quality Metric ». In : *ACM Transactions on Graphics* 42.3 (juin 2023), p. 1-20. DOI : [10.1145/3592786](https://doi.org/10.1145/3592786). URL : <https://hal.science/hal-04120575>.

- [Nur+23] Diana NURBAKOVA et al. « Adaptive and Privacy-Aware Persuasive Strategies to Promote Healthy Eating Habits : Position Paper ». In : *UMAP '23 Adjunct : Adjunct Proceedings of the 31st ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*. UMAP '23 Adjunct : Adjunct Proceedings of the 31st ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization. Limassol, Cyprus : ACM, juin 2023, p. 129-131. DOI : [10.1145/3563359.3596987](https://doi.org/10.1145/3563359.3596987). URL : <https://hal.science/hal-04142017>.
- [OSH23] Ikenna Victor OLUIGBO, Hamida SEBA et Mohammed HADDAD. « Identity2Vec : learning mesoscopic structural identity representations via Poisson probability metric ». In : *International Journal of Data Science and Analytics* (2023). DOI : [10.1007/s41060-023-00390-z](https://doi.org/10.1007/s41060-023-00390-z). URL : <https://hal.science/hal-04047450>.
- [Oue+23] Sarra OUELHADJ et al. *Méthode pour enrichir sémantiquement les données en utilisant l'UML annoté*. EGC 2023 - Extraction et Gestion des Connaissances. Poster. Catherine Faron and Sabine Loudcher, jan. 2023. URL : <https://hal.science/hal-04021565>.
- [Par+23] Axel PARIS et al. « Authoring and Simulating Meandering Rivers ». In : *ACM Transactions on Graphics* 42.6 (déc. 2023), p. 14. DOI : [10.1145/3618350](https://doi.org/10.1145/3618350). URL : <https://hal.science/hal-04227965>.
- [PSH23] François PITOIS, Hamida SEBA et Mohammed HADDAD. « A Fine-Grained Structural Partitioning Approach to Graph Compression ». In : *The 25th International Conference on Big Data Analytics and Knowledge Discovery (DAWAK 2023)*. T. 14148. Lecture Notes in Computer Science. Penang, Malaysia, Malaysia : Springer Nature Switzerland, août 2023, p. 392-397. DOI : [10.1007/978-3-031-39831-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-031-39831-5_36). URL : <https://hal.science/hal-04194761>.
- [Rey+23] Stéphanie REYSSIER et al. « How does adaptive gamification impact different types of student motivation over time ? » In : *Interactive Learning Environments* 32.10 (août 2023), p. 6043-6062. DOI : [10.1080/10494820.2023.2248220](https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2248220). URL : <https://hal.univ-lyon2.fr/hal-04191005>.
- [Sad+23] Assem SADEK et al. « Multi-Object Navigation in real environments using hybrid policies ». In : *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. London, France, mai 2023. DOI : [10.1109/ICRA48891.2023.10161030](https://doi.org/10.1109/ICRA48891.2023.10161030). URL : <https://hal.science/hal-04078465>.
- [Sch+23] Hugo SCHOTT et al. « Large-scale terrain authoring through interactive erosion simulation ». In : *ACM Transactions on Graphics* 42.5 (2023), p. 15. DOI : [10.1145/3592787](https://doi.org/10.1145/3592787). URL : <https://hal.science/hal-04049125>.
- [SCR23] Mohammed El Amine SEHABA, Carlos F CRISPIM-JUNIOR et Laure Tougne RODET. « Embedded plant recognition : a benchmark for low footprint deep neural networks ». In : *8th workshop on Computer Vision in Plant Phenotyping and Agriculture - ICCV 2023*. T. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV) Workshops. Paris, France, oct. 2023, p. 670-677. DOI : [10.1109/ICCVW60793.2023.00074](https://doi.org/10.1109/ICCVW60793.2023.00074). URL : <https://hal.science/hal-04236928>.
- [SLC23] Stéphanie SOUCHE, Florent LAROCHE et Carlos F CRISPIM-JUNIOR. « Dream and Reality for Autonomous Vehicles : Results and Lessons from an In Situ Experiment ». In : *Transportation Research Record* (2023). Projet AUTOBEHAVE (AUTOMATIC analysis of BEHAVEviors in autonomous vehicles). DOI : [10.1177/03611981231155905](https://doi.org/10.1177/03611981231155905). URL : <https://hal.science/hal-04056329>.
- [SCH23] Hugo J SPIERS, Antoine COUTROT et Michael HORNBERGER. « Explaining World-Wide Variation in Navigation Ability from Millions of People : Citizen Science Project Sea Hero Quest ». In : *Topics in cognitive science* 15 (2023), p. 120-138. DOI : [10.1111/tops.12590](https://doi.org/10.1111/tops.12590). URL : <https://hal.science/hal-03472319>.
- [Tsc+23] Léonard TSCHORA et al. « Forecasting Electricity Prices : An Optimize Then Predict-Based Approach ». In : *Intelligent Data Analysis 2023*. T. 13876. Louvain-la-Neuve, Belgium : Springer Nature Switzerland, avr. 2023, p. 446-458. DOI : [10.1007/978-3-031-30047-9\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30047-9_35). URL : <https://hal.science/hal-04114222>.
- [VMB23] Léon VICTOR, Alexandre MEYER et Saïda BOUAKAZ. « Pose Metrics : a New Paradigm for Character Motion Edition ». working paper or preprint. Fév. 2023. DOI : [10.48550/arXiv.2301.06514](https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.06514). URL : <https://hal.science/hal-03982254>.
- [Yas+23] Ali YASSIN et al. « An Evaluation Tool for Backbone Extraction Techniques in Weighted Complex Networks ». In : *Scientific Reports* 13.1 (déc. 2023), p. 17000. DOI : [10.1038/s41598-023-42076-3](https://doi.org/10.1038/s41598-023-42076-3). URL : <https://hal.science/hal-04250856>.

- [Yin+23] Xiangnan YIN et al. « Weakly-Supervised Photo-realistic Texture Generation for 3D Face Reconstruction ». In : *2023 IEEE 17th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG)*. Waikoloa Beach, United States : IEEE, jan. 2023, p. 1-8. DOI : [10.1109/FG57933.2023.10042545](https://doi.org/10.1109/FG57933.2023.10042545). URL : <https://hal.science/hal-04910544>.
- [Zar23] Florence ZARA. « Chap 15 : Numerical simulation of vaginal delivery ». In : *Biomechanics of Female Reproductive System, Breast and Pelvic floor - From Model to Patient*. Sous la dir. de Mathias BRIEU, Michel COSSON et Poul NIELSEN. Elsevier, août 2023. URL : <https://hal.science/hal-03863909>.
- [ZBÖ23] Chao ZHANG, Angela BONIFATI et M. Tamer ÖZSU. « An Overview of Reachability Indexes on Graphs ». In : *SIGMOD/PODS '23 : International Conference on Management of Data*. Seattle WA USA, United States : ACM, juin 2023. DOI : [10.1145/3555041.3589408](https://doi.org/10.1145/3555041.3589408). URL : <https://hal.science/hal-04347158>.
- [Zha+23] Chao ZHANG et al. « A Reachability Index for Recursive Label-Concatenated Graph Queries ». In : *2023 IEEE 39th International Conference on Data Engineering (ICDE)*. Anaheim, United States, avr. 2023. URL : <https://hal.science/hal-03905483>.
- [Zou23] Firas ZOUARI. « Service-Based Approach and Intelligent Agents for Recommendation and Crisis Management : Application to the Analysis and Management of Emerging Diseases ». Theses. Université Jean Moulin - Lyon III, juin 2023. URL : <https://theses.hal.science/tel-04603372>.
- [Abb+24] Chawki ABBES et al. « Online and Physical Internet of Behaviors : A literature review ». In : *28th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*. Séville, Spain, sept. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04806105>.
- [Ale+24] Tristan ALEX-GARNIER et al. « HopInAndAction : a benchmark for action recognition in the cockpit of a self-driving car driving outdoors ». In : *2024 IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*. Niagara Falls, Ontario, Canada, France : IEEE, juill. 2024, p. 1-7. DOI : [10.1109/AVSS61716.2024.10672571](https://doi.org/10.1109/AVSS61716.2024.10672571). URL : <https://hal.science/hal-04844333>.
- [Als+24] Ahmed Saeed ALSAYED et al. « StraAlgin : Automated Strategic Alignment of Services ». In : *IEEE Transactions on Services Computing* 17 (2024), p. 1212-1226. URL : <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:268389584>.
- [Bad+24] Anaëlle BADIÉ et al. « Adaptive Learning en contexte parascolaire : comprendre les usages et effets via l'analyse des traces d'un déploiement industriel ». In : *STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation)*. Numéro spécial Sélection de la conférence EIAH 2023 31.1 (oct. 2024). URL : <https://hal.science/hal-04903654>.
- [Bag+24a] Guillaume BAGAN et al. « Partition Strategies for the Maker-Breaker Domination Game ». In : *Algorithmica* (nov. 2024). DOI : [10.1007/s00453-024-01280-x](https://doi.org/10.1007/s00453-024-01280-x). URL : <https://hal.science/hal-04789236>.
- [Bag+24b] Guillaume BAGAN et al. « Poset Positional Games ». working paper or preprint. Avr. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04543617>.
- [BEB24] Paul BANSE, Santiago F ELENA et Guillaume BESLON. « Innovation in viruses : fitness valley crossing, neutral landscapes, or just duplications ? » In : *Virus Evolution* 10 (sept. 2024). DOI : [10.1093/ve/veae078](https://doi.org/10.1093/ve/veae078). URL : <https://hal.science/hal-04801559>.
- [BES24] Rémi BARBÉ, Benoît ENCELLE et Karim SEHABA. « Adaptation in Learning Analytics Dashboards : a Systematic Review ». In : *16th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2024)*. T. 2. Angers (France), France, mai 2024, p. 75-86. DOI : [10.5220/0012628600003693](https://doi.org/10.5220/0012628600003693). URL : <https://hal.science/hal-04743366>.
- [Bas+24] Julien BASTE et al. «  $\gamma$ -clustering problems : Classical and parametrized complexity ». In : *Theoretical Computer Science* 1018 (nov. 2024), p. 114784. DOI : [10.1016/j.tcs.2024.114784](https://doi.org/10.1016/j.tcs.2024.114784). URL : <https://hal.science/hal-04693347>.
- [Bel+24] Yacine BELAL et al. « Survey of Federated Learning Models for Spatial-Temporal Mobility Applications ». In : *ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems* (2024). DOI : [10.1145/3666089](https://doi.org/10.1145/3666089). URL : <https://hal.science/hal-04613220>.
- [Ben+24a] Sonia BEN MOKHTAR et al. « A scheduling framework for distributed key-value stores and its application to tail latency minimization ». In : *Journal of Scheduling* 27 (fév. 2024), p. 183-202. DOI : [10.1007/s10951-023-00803-8](https://doi.org/10.1007/s10951-023-00803-8). URL : <https://hal.science/hal-04501444>.

- [Ben+24b] Nicola BENA et al. « A Transparent Certification Scheme Based on Blockchain for Service-Based Systems ». In : *IEEE 2024 International Conference on Web Services (ICWS 2024)*. Shenzhen, China, juill. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04606117>.
- [Ben+24c] [Ver.log.] Alexandre BENTO et al., *LiRoT* version 1.0, sept. 2024. LIC : <https://spdx.org/licenses/CECILL-C>. HAL : [hal-04690549v1](https://hal.science/hal-04690549), URL : <https://hal.science/hal-04690549>, VCS : <https://gitlab.com/coswot/lirot>, SWHID : [sw.h1:dir:eea1837c14080351269524c2d98d8cf2969da560;origin=https://gitlab.com/coswot/lirot;visit=sw.h1:snp:549bf7ca8fca27fb6094577dc33a7d2f29cfcf06;anchor=sw.h1:rev:4b9820187b7f7e0099aeeb68e39a26f1a1a10f94](https://sw.h1:dir:eea1837c14080351269524c2d98d8cf2969da560;origin=https://gitlab.com/coswot/lirot;visit=sw.h1:snp:549bf7ca8fca27fb6094577dc33a7d2f29cfcf06;anchor=sw.h1:rev:4b9820187b7f7e0099aeeb68e39a26f1a1a10f94).
- [Ber+24] Auday BERRO et al. « Error Types in Transformer-Based Paraphrasing Models : A Taxonomy, Paraphrase Annotation Model and Dataset ». In : *ECML PKDD 2024, European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*. T. 14941. Lecture Notes in Computer Science. Vilnius, Lithuania : Springer Nature Switzerland, sept. 2024, p. 332-349. DOI : [10.1007/978-3-031-70341-6\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-70341-6_20). URL : <https://hal.science/hal-04794744>.
- [BMR24] Angela BONIFATI, Filip MURLAK et Yann RAMUSAT. « Transforming Property Graphs ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 17.11 (août 2024), p. 2906-2918. DOI : [10.14778/3681954.3681972](https://doi.org/10.14778/3681954.3681972). URL : <https://hal.science/hal-04777556>.
- [BT24] Angela BONIFATI et Riccardo TOMMASINI. *An Overview of Continuous Querying in (Modern) Data Systems*. Juin 2024. DOI : [10.1145/3626246.3654679](https://doi.org/10.1145/3626246.3654679). URL : <https://hal.science/hal-04798334>.
- [Bon+24] Édouard BONNET et al. « Neighbourhood complexity of graphs of bounded twin-width ». In : *European Journal of Combinatorics* 115 (2024), p. 103772. DOI : [10.1016/j.ejc.2023.103772](https://doi.org/10.1016/j.ejc.2023.103772). URL : <https://hal.science/hal-04177614>.
- [Bos+24a] Cédric BOSCHER et al. « Personalized Privacy-Preserving Federated Learning ». In : *Proceedings of the 25th International Middleware Conference*. Hong Kong, China, déc. 2024, p. 454-466. DOI : [10.1145/3652892.3700785](https://doi.org/10.1145/3652892.3700785). URL : <https://hal.science/hal-04770214>.
- [Bos+24b] Cédric BOSCHER et al. « SENSE-LM : A Synergy between a Language Model and Sensorimotor Representations for Auditory and Olfactory Information Extraction ». In : *Findings of the Association for Computational Linguistics : EACL 2024*. San Ġiljan, Malta, mars 2024, p. 1695-1711. URL : <https://hal.science/hal-04509138>.
- [BFP24a] Nicolas BOUSQUET, Laurent FEUILLOLEY et Théo PIERRON. « How local constraints influence network diameter and applications to LCL generalizations ». In : *28th International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS 2024)*. Lucca, Italy, déc. 2024. DOI : [10.4230/LIPIcs.OPODIS.2024.28](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.OPODIS.2024.28). URL : <https://hal.science/hal-04737718>.
- [BFP24b] Nicolas BOUSQUET, Laurent FEUILLOLEY et Théo PIERRON. « Local certification of graph decompositions and applications to minor-free classes ». In : *Journal of Parallel and Distributed Computing* 193 (nov. 2024). DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2024.104954>. URL : <https://hal.science/hal-03772974>.
- [BFZ24] Nicolas BOUSQUET, Laurent FEUILLOLEY et Sébastien ZEITOUN. « Local certification of local properties : tight bounds, trade-offs and new parameters ». In : *41st International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 2024)*. Accepted at STACS 2024. Clermont - Ferrand, France, mars 2024. DOI : [10.4230/LIPIcs.STACS.2024.21](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.STACS.2024.21). URL : <https://hal.science/hal-04440851>.
- [Bou+24] Taha BOUSSAID et al. « Enabling fast prediction of district heating networks transients via a physics-guided graph neural network ». In : *Applied Energy* 370 (juin 2024), p. 123634. DOI : [10.1016/j.apenergy.2024.123634](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123634). URL : <https://hal.science/hal-04644563>.
- [Bru24] Julian BRUYAT. « Des graphes de propriétés aux graphes de connaissances ». Theses. INSA de Lyon, juin 2024. URL : <https://hal.science/tel-04772451>.
- [Bru+24] Julian BRUYAT et al. « PRSC : from PG to RDF and back, using schemas ». In : *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability* (2024). <https://www.semantic-web-journal.net/content/prsc-pg-rdf-and-back-using-schemas-0>. URL : <https://hal.science/hal-04772450>.

- [CP24] [Ver.log.] Samuel CARENSAC et Nicolas PRONOST, *Fluid initialization and dynamic window for SPH simulation* jan. 2024. LIC : MIT License. HAL : [hal-04418680v1](https://hal.science/hal-04418680v1), URL : <https://hal.science/hal-04418680>, VCS : [https://gitlab.liris.cnrs.fr/npronost/sph\\_dynamic\\_window](https://gitlab.liris.cnrs.fr/npronost/sph_dynamic_window), SWHID : [swh:1:dir:5c849e2e80596c7f1b0ae78cb405c73a8135bd7e;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04418680;visit=swh:1:snp:d209ac8785c5651790bce1cb9f3a28cc6dfe487d;anchor=swh:1:rel:64ea4449b6938cb881a7f3e9e1333d62b0bf285b;path=/](https://swh:1:dir:5c849e2e80596c7f1b0ae78cb405c73a8135bd7e;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04418680;visit=swh:1:snp:d209ac8785c5651790bce1cb9f3a28cc6dfe487d;anchor=swh:1:rel:64ea4449b6938cb881a7f3e9e1333d62b0bf285b;path=/).
- [CPB24] Samuel CARENSAC, Nicolas PRONOST et Saida BOUAKAZ. « Fluid initialization and dynamic window for smoothed-particle hydrodynamics simulation ». In : *SIMULATION : Transactions of The Society for Modeling and Simulation International* (2024). DOI : [10.1177/00375497231216477](https://doi.org/10.1177/00375497231216477). URL : <https://hal.science/hal-04376757>.
- [Cec+24] Aurélien CECILLE et al. « GroCo : Ground Constraint for Metric Self-Supervised Monocular Depth ». In : *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. Milano, Italy, sept. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04704025>.
- [Cha+24a] Lisa CHABRIER et al. « Detecting gene regulatory network rewiring as changes in marker regulatory associations using only single-cell gene expression data ». In : *IEEE 12th Data Mining in Biomedical Informatics and Healthcare Workshop (DMBIH'24) at ICDM'24*. Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2024, p. 10. URL : <https://inria.hal.science/hal-04808464>.
- [Cha+24b] Lisa CHABRIER et al. « Effective pruning for top-k feature search on the basis of SHAP values ». In : *IEEE Access* 12 (2024), p. 163079-163092. DOI : [10.1109/ACCESS.2024.3489958](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3489958). URL : <https://hal.science/hal-04549416>.
- [CCP24] Ruochen CHEN, Liming CHEN et Shaifali PARASHAR. « GAPS : Geometry-Aware, Physics-Based, Self-Supervised Neural Garment Draping ». In : *3DV*. Davos (Suisse), Switzerland, mars 2024. URL : <https://hal.science/hal-04372245>.
- [Cho+24] Sachin CHOUGULE et al. « Exploring Computing Paradigms for Electric Vehicles : From Cloud to Edge Intelligence, Challenges and Future Directions ». In : *World Electric Vehicle Journal* 15 (jan. 2024), p. 39. DOI : [10.3390/wevj15020039](https://doi.org/10.3390/wevj15020039).
- [CMD24] Mathieu COCHETEUX, Julien MOREAU et Franck DAVOINE. « MULi-Ev : Maintaining Unperturbed LiDAR-Event Calibration ». In : *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2024) - Workshops*. Accepted at CVPR 2024 Workshop on Autonomous Driving. Copyright 2024 IEEE. Seattle (USA), United States, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04591956>.
- [Coe+24] [Ver.log.] David COEURJOLLY et al., *DGtal release 1.4* version 1.4, déc. 2024. LIC : GNU Lesser General Public License v3.0 or later. HAL : [hal-04992412v1](https://hal.science/hal-04992412v1), URL : <https://hal.science/hal-04992412>, VCS : <https://github.com/DGtal-team/DGtal>, SWHID : [swh:1:dir:82230b024eda5774fb54506c92d4df11e636e71d;origin=https://github.com/DGtal-team/DGtal;visit=swh:1:snp:0496cb7456a59e565ed8cb9f57a4f9ef96935;anchor=swh:1:rev:cdccf7aa53d9e651fc93db7a5f22e8bdf1313d0b](https://swh:1:dir:82230b024eda5774fb54506c92d4df11e636e71d;origin=https://github.com/DGtal-team/DGtal;visit=swh:1:snp:0496cb7456a59e565ed8cb9f57a4f9ef96935;anchor=swh:1:rev:cdccf7aa53d9e651fc93db7a5f22e8bdf1313d0b).
- [Coh+24] Julia COHEN et al. « Industrial object detection with multi-modal SSD : closing the gap between synthetic and real images ». In : *Multimedia Tools and Applications* 83.83 (jan. 2024), p. 12111-12138. DOI : [10.1007/s11042-023-15367-0](https://doi.org/10.1007/s11042-023-15367-0). URL : <https://hal.science/hal-04164691>.
- [Dao+24] Zeineb DAOUD et al. « A one stream three-dimensional convolutional neural network for fire recognition based on spatio-temporal fire analysis ». In : *Evolving Systems* (sept. 2024). DOI : [10.1007/s12530-024-09623-3](https://doi.org/10.1007/s12530-024-09623-3). URL : <https://hal.science/hal-04692970>.
- [Dau+24] Hugo DAUDEY et al. « Aevol 4b : Bridging the gap between artificial life and bioinformatics ». In : *ALIFE 2024 : Proceedings of the 2024 Artificial Life Conference*. ALIFE 2024 : Proceedings of the 2024 Artificial Life Conference. Copenhagen, Denmark : MIT Press, juill. 2024, p. 41-49. DOI : [10.1162/isal\\_a\\_00716](https://doi.org/10.1162/isal_a_00716). URL : <https://hal.science/hal-04667220>.
- [Dje+24] Yasmine DJEBROUNI et al. « Bias Mitigation in Federated Learning for Edge Computing ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 7.4 (jan. 2024), p. 1-35. DOI : [10.1145/3631455](https://doi.org/10.1145/3631455). URL : <https://hal.science/hal-04394438>.
- [Doi+24] Bastien DOIGNIES et al. « Differentiable Owen Scrambling ». In : *ACM Transactions on Graphics*. proceeding of Siggraph ASIA 2024 43.6 (déc. 2024), p. 255. DOI : [10.1145/3687764](https://doi.org/10.1145/3687764). URL : <https://hal.science/hal-04721127>.
- [DP24] Eric DUCHENE et Aline PARREAU. « Quelques pistes pour l'étude des situations d'informatique débranchée ». In : (nov. 2024). DOI : [10.46298/epidemes-11147](https://doi.org/10.46298/epidemes-11147). URL : <https://hal.science/hal-04053647>.

- [Duc+24] Éric DUCHÊNE et al. « Smash and Grab : the 0.6 Scoring Game on Graphs ». In : *Theoretical Computer Science* 990 (avr. 2024), p. 114417. DOI : [10.1016/j.tcs.2024.114417](https://hal.science/hal-03371099). URL : <https://hal.science/hal-03371099>.
- [Dur+24a] Guillaume DURET et al. « FruitBin : a tunable large-scale dataset for advancing 6D pose estimation in fruit bin-picking automation ». In : *9th International Workshop on Recovering 6D Object Pose (R6D)*. Milan (Italie), France, sept. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04683842>.
- [Dur+24b] Guillaume DURET et al. « Toward synthetic data generation for robotic tactile manipulations ». In : *Workshop on "Robot Embodiment through Visuo-Tactile Perception" - 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Conference Workshop*. Yokohama, Japan, mai 2024. URL : <https://hal.science/hal-04566202>.
- [Duv+24] Pénélope DUVAL et al. « Pollution gradients shape microbial communities associated with ae. albopictus larval habitats in urban community gardens ». In : *FEMS Microbiology Ecology* (2024). DOI : [10.1093/femsec/fiae129](https://hal.science/hal-04759892). URL : <https://hal.science/hal-04759892>.
- [EBB24] Fatima ELHATTAB, Sara BOUCHENAK et Cédric BOSCHER. « PASTEL : Privacy-Preserving Federated Learning in Edge Computing ». In : *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 7.4 (jan. 2024), p. 1-29. DOI : [10.1145/3633808](https://insa-lyon.hal.science/hal-04394133). URL : <https://insa-lyon.hal.science/hal-04394133>.
- [Era+24] Aymeric ERADES et al. « SportsVideo : A Multimedia Dataset for Sports Event and Position Detection in Table Tennis and Swimming ». In : *CEUR Workshop Proceedings*. Amsterdam, Netherlands, fév. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04490839>.
- [Erb+24] Johan ERBANI et al. « Confusion Matrices : A Unified Theory ». In : *IEEE Access* 12 (2024), p. 1-1. DOI : [10.1109/ACCESS.2024.3507199](https://hal.science/hal-04820752). URL : <https://hal.science/hal-04820752>.
- [Fai+24] Andrea FAILLA et al. « Describing group evolution in temporal data using multi-faceted events ». In : *Machine Learning* 113.10 (août 2024), p. 7591-7615. DOI : [10.1007/s10994-024-06600-4](https://hal.science/hal-04890162). URL : <https://hal.science/hal-04890162>.
- [Fau+24a] Elliot FAUGIER et al. « Assisted Debated Builder with Large Language Models ». In : *European Conference On Artificial Intelligence*. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications. Fredrik Heintz and Ulle Endriss and Francisco S. Melo. Santiago de Compostela, Spain : IOS Press, oct. 2024. DOI : [10.3233/FAIA241026](https://hal.science/hal-04742709). URL : <https://hal.science/hal-04742709>.
- [Fau+24b] [Ver.log.] Elliot Ambroise FAUGIER et al., *ADBL2 : Assisted Debate Builder with Large Language Models* version 0.2, août 2024. LIC : MIT Licence. HAL : [hal-04662012v1](https://hal.science/hal-04662012v1), URL : <https://hal.science/hal-04662012>, VCS : <https://github.com/4mbroise/ADBL2>, SWHID : [swh:1:dir:52536231ea70b62d745cea0d0740dd9177b81b65;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04662012;visit=swh:1:snp:1ea1b6ee3cacb6a6d545ffe0e9f04008111e5080;anchor=swh:1:rel:b81b5052cb52074288f4bef597df7129d5f2af4b;path=/](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04662012;visit=swh:1:snp:1ea1b6ee3cacb6a6d545ffe0e9f04008111e5080;anchor=swh:1:rel:b81b5052cb52074288f4bef597df7129d5f2af4b;path=/).
- [FFK24] Wissam FERROUDJ, Noura FACI et Hamamache KHEDDOUCI. « Geometric Features and GAT Neural Network for Protein Surface Classification ». In : *Database and Expert Systems Applications (DEXA' 2024)*. T. 14911. Lecture Notes in Computer Science. Naples (Italie), Italy : Springer Nature Switzerland, août 2024, p. 320-325. DOI : [10.1007/978-3-031-68312-1\\_24](https://hal.science/hal-04741052). URL : <https://hal.science/hal-04741052>.
- [GHS24] Abderaouf GACEM, Mohammed HADDAD et Hamida SEBA. *ESFF-GCN : Module d'échantillonnage pour l'entraînement des réseaux de neurones pour graphe*. 24ème conférence francophone sur l'Extraction et la Gestion des Connaissances (EGC 2024). Poster. ECG, jan. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04456289>.
- [Gal+24] Quentin GALLOUÉDEC et al. « Jack of All Trades, Master of Some, a Multi-Purpose Transformer Agent ». In : *ARLET 2024 - Aligning Reinforcement Learning Experimentalists and Theorists (Workshop at the International Conference on Machine Learning)*. Vienne, Austria, juill. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04681845>.
- [GCC24a] Baptiste GENEST, Nicolas COURTY et David COEURJOLLY. « Non-Euclidean Sliced Optimal Transport Sampling ». In : *Computer Graphics Forum*. Proceedings of Eurographics 43.2 (avr. 2024). URL : <https://hal.science/hal-04481548>.
- [GCC24b] Guillaume GISBERT, Raphaëlle CHAINE et David COEURJOLLY. « Neural Inpainting of Folded Fabrics with Interactive Editing ». In : *Computers and Graphics* 122 (août 2024), p. 103997. DOI : [10.1016/j.cag.2024.103997](https://hal.science/hal-04671536). URL : <https://hal.science/hal-04671536>.

- [GMB24] Théotime GROHENS, Sam MEYER et Guillaume BESLON. « Emergence of Supercoiling-Mediated Regulatory Networks through Bacterial Chromosome Organization ». working paper or preprint. Jan. 2024. DOI : [10.1101/2022.09.23.509185](https://hal.science/hal-04398893). URL : <https://hal.science/hal-04398893>.
- [Gui24] Nathalie GUIN. « Un méta-modèle pour le déploiement de l'APC : le projet COMPER ». In : *Vers l'approche par compétences : théories et pratiques pour l'enseignement supérieur*. Sous la dir. de Chrysta Pelissier ANITA MESSAOUI. Presses des Mines, mars 2024, p. 65-80. URL : <https://hal.science/hal-04608757>.
- [HKT24] Salma HAMECHE, Mohamed Essaid KHANOUCHE et Abdelkamel TARI. « Mobility and energy efficient services composition algorithm with QoS guarantee for large scale Cyber-Physical-Social Systems ». In : *Expert Systems with Applications* 249 (sept. 2024), p. 123683. DOI : [10.1016/j.eswa.2024.123683](https://hal.science/hal-04729302). URL : <https://hal.science/hal-04729302>.
- [Hic+24] *Working Notes Proceedings of the MediaEval 2023 Workshop*. CEUR workshop proceedings 3658. Fév. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04567662>.
- [Jal+24] Sana JALILVAND et al. « Solving the Car Sequencing Problem with Cross-Ratio Constraints Using Constraint Programming Approach ». In : *International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA-EU 2024)*. T. 507. Lecture Notes in Business Information Processing. Nice, France : Springer Nature Switzerland, 2024, p. 121-132. DOI : [10.1007/978-3-031-58113-7\\_11](https://hal.science/hal-04978938). URL : <https://hal.science/hal-04978938>.
- [Jan+24] Steeven JANNY et al. « Space and time continuous physics simulation from partial observations ». In : *Proceedings The Twelfth International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)*. Vienna, Austria, mai 2024. URL : <https://hal.science/hal-04464153>.
- [Jav+24a] Charles JAVERLIAT et al. « Demonstrating PLUME, a toolbox to Record, Replay, Analyze and Share 6DoF XR Experimental Data ». In : *2024 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. Orlando, France : IEEE, mars 2024, p. 1176-1177. DOI : [10.1109/VRW62533.2024.00382](https://hal.science/hal-04597845). URL : <https://hal.science/hal-04597845>.
- [Jav+24b] Charles JAVERLIAT et al. « PLUME : Record, Replay, Analyze and Share User Behavior in 6DoF XR Experiences ». In : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (2024), p. 1-11. DOI : [10.1109/TVCG.2024.3372107](https://hal.science/hal-04488824). URL : <https://hal.science/hal-04488824>.
- [Jea24] Stéphanie JEAN-DAUBIAS. « Utilisation d'OSM pour l'appli campus OPALE ». In : *SOTM : State Of The Map 2024*. OpenStreetMap France. Lyon, France, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04629489>.
- [JEA24] Stéphanie JEAN-DAUBIAS, Thierry EXCOFFIER et Otman AZZIZ. « Des itinéraires vers un bâtiment ou une salle adaptés aux spécificités des usagers ». In : *Handicap 2024*. Sous la dir. de Bousefsaf F., Thomann G. et Morère Y. IFRATH. Aubervilliers campus Condorcet, France, juin 2024, p. 101-106. URL : <https://hal.science/hal-04618419>.
- [JCL24] Janine JONGBLOED, Rawad CHAKER et Elise LAVOUÉ. « Immersive procedural training in virtual reality : A systematic literature review ». In : *Computers and Education* 221 (2024), p. 105124. DOI : [10.1016/j.compedu.2024.105124](https://hal.science/hal-04674148). URL : <https://hal.science/hal-04674148>.
- [Kal+24] Reza KALHOR et al. « A Rigorous Framework to Classify the Post-Duplication Fate of Paralogous Genes (extended version) ». In : *Journal of Computational Biology* (2024). URL : <https://hal.science/hal-04608855>.
- [Khe+24] Issam KHEDHER et al. « RGB2LST : Enhancing Deep Learning-Based Land Surface Temperature Estimation with Multi-Modality and Artifacts Removal ». In : *32nd European signal processing conference*. 2024 32nd European Signal Processing Conference (EUSIPCO). European Association For Signal Processing. Lyon, France, août 2024. DOI : [10.23919/EUSIPCO63174.2024.10715154](https://hal.science/hal-04622620). URL : <https://hal.science/hal-04622620>.
- [Kio+24] Abd Errahmane KIOUCHE et al. « Neighborhood-Preserving Graph Sparsification ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 17.13 (2024). URL : <https://hal.science/hal-04705442>.
- [LLS24] Hamid LADJAL, Antoine LENOIR et B. SHARIAT. « Lung tumor tracking based on biomechanical modeling and deep learning of the respiratory movement for radiation therapy ». In : *Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2024)*. Barcelona, Spain, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04445281>.
- [Lai+24] Yassir LAIRGI et al. « Knowledge Graph Construction Using Large Language Models ». In : *Journée nationale sur la fouille de textes*. Lyon, France, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04607294>.

- [Lav+24] Elise LAVOUÉ et al. « Influence of Scenarios and Player Traits on Flow in Virtual Reality ». In : *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 30.9 (2024), p. 6208-6221. DOI : [10.1109/TVCG.2023.3332261](https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3332261). URL : <https://hal.science/hal-04281030>.
- [LDG24] C LE BIHAN GAUTIER, J. DELANOY et G GESQUIÈRE. « Evolutive 3D Urban Data Representation through Timeline Design Space ». In : *Computer Graphics Forum* (oct. 2024). DOI : [10.1111/cgf.15237](https://doi.org/10.1111/cgf.15237). URL : <https://hal.science/hal-04726327>.
- [Lec+24] Julian LECOCQ MAGE et al. « Vers une cartographie des Situations d’Informatique débranchée ». In : *Actes du colloque Didapro 10 sur la Didactique de l’informatique et des STIC. Volume 1*. Sous la dir. de Kim MENS et Olivier GOLETTI. Louvain-La-Neuve, Belgium, 2024, p. 99-107. URL : <https://hal.science/hal-04482116>.
- [Len+24] Antoine LENOIR et al. « Real time lung tumor tracking based on biomechanical modeling and LSTM network models of the respiratory movement for radiation therapy ». In : *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*. Athens, Greece, mai 2024. URL : <https://hal.science/hal-04441736>.
- [Li+24] Jialong LI et al. « Generative AI for Self-Adaptive Systems : State of the Art and Research Roadmap ». In : 19.3 (2024). ISSN : 1556-4665. DOI : [10.1145/3686803](https://doi.org/10.1145/3686803). URL : <https://doi.org/10.1145/3686803>.
- [Liu+24] Liquan LIU et al. « Generalizing OD-Maps to Explore Multi-Dimensional Geospatial Datasets ». In : *The Cartographic Journal* (fév. 2024), p. 20. DOI : <https://doi.org/10.1080/00087041.2024.2325191>. URL : <https://hal.science/hal-04471211>.
- [Lui+24] Juliette LUISELLI et al. « Genome Streamlining : Effect of Mutation Rate and Population Size on Genome Size Reduction ». In : *Genome Biology and Evolution* 16 (nov. 2024). DOI : [10.1093/gbe/evae250](https://doi.org/10.1093/gbe/evae250). URL : <https://hal.science/hal-04905734>.
- [Mag+24] Émilie MAGNAT et al. « Enhancing Vocabulary Learning in University Classes through a Gamified Application ». In : *Calico 2024*. Carnegie Mellon University. Pittsburgh (PA), United States, mai 2024. URL : <https://hal.science/hal-04606557>.
- [Mah+24a] Mohammed-Bashir MAHDI et al. « Pure Physics-Based Hand Interaction in VR ». In : *19th International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2024)*. Sous la dir. de Thomas BASHFORD-ROGERS et al. T. 1. Rome, Italy : SCITEPRESS, fév. 2024, p. 228-235. DOI : [10.5220/0012320400003660](https://doi.org/10.5220/0012320400003660). URL : <https://hal.science/hal-04509013>.
- [Mah+24b] Mehdi MAHMOODJANLOO et al. « Augmented multi-agent algorithm utilizing intelligent search range detection heuristic to solve assembly line sequencing problem : A case study in the truck industry ». In : *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 137 (nov. 2024), p. 109111. DOI : [10.1016/j.engappai.2024.109111](https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109111). URL : <https://hal.science/hal-04978908>.
- [MDL24] Matthias MANTHE, Stefan DUFFNER et Carole LARTIZIEN. « Federated brain tumor segmentation : an extensive benchmark ». In : *Medical Image Analysis* 97 (oct. 2024), p. 103270. DOI : [10.1016/j.media.2024.103270](https://doi.org/10.1016/j.media.2024.103270). URL : <https://hal.science/hal-04719581>.
- [Mar+24] Pierre MARZA et al. « Task-conditioned adaptation of visual features in multi-task policy learning ». In : *CVPR 2024 - IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Seattle, United States : IEEE, juin 2024, p. 1-16. URL : <https://inria.hal.science/hal-04569375>.
- [MEB24] Sofiane MEDJRAM, Véronique EGLIN et Stéphane BRES. « Study’s System : A Three-Stage System for Children Handwriting Recognition and Spelling Error Detection ». In : *Multimedia Tools and Applications* (mars 2024). URL : <https://hal.science/hal-04519952>.
- [MHS24] Walid MEGHERBI, Mohammed HADDAD et Hamida SEBA. « Deepdense : Enabling Node Embedding to Dense Subgraph Mining ». In : *Expert Systems with Applications* 28 (mars 2024). DOI : [10.1016/j.eswa.2023.121816](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121816). URL : <https://hal.science/hal-04011770>.
- [Meg+24] Walid MEGHERBI et al. « Detection of advanced persistent threats using hashing and graph-based learning on streaming data ». In : *Applied Intelligence* 54.7 (mai 2024), p. 5879-5890. DOI : [10.1007/S10489-024-05475-1](https://doi.org/10.1007/S10489-024-05475-1). URL : <https://hal.science/hal-04588294>.
- [MBS24] Aghiles Ait MESSAOUD, Sonia BEN MOKHTAR et Anthony SIMONET-BOULOGNE. « Tee-based key-value stores : a survey ». In : *The VLDB Journal* 34.1 (déc. 2024), p. 10. DOI : [10.1007/s00778-024-00877-6](https://doi.org/10.1007/s00778-024-00877-6). URL : <https://hal.science/hal-04846840>.

- [Mig+24] Thomas MIGNOT et al. « An automatic inspection system for the detection of tire surface defects and their severity classification through a two-stage multimodal deep learning approach ». In : *Journal of Intelligent Manufacturing* (mai 2024). DOI : [10.1007/s10845-024-02378-3](https://doi.org/10.1007/s10845-024-02378-3). URL : <https://hal.science/hal-04870071>.
- [MJV24] Ludovic MONCLA, Thierry JOLIVEAU et Denis VIGIER. « Propositions pour une étude interdisciplinaire de la géographie dans un dictionnaire universel et une encyclopédie du XVIIIe siècle ». In : *1er colloque du réseau METALEX : “ Lexicographie, Métalexicographie, nouveaux défis ”*. Cergy, France, juin 2024. URL : <https://hal.science/hal-04604333>.
- [Nac+24] Lina NACHABE et al. « Distributing reasoning on WoT edge architectures ». In : *3rd International workshop on IoT interoperability and the web of things (IIWOT’24)*. Las Vegas, United States, jan. 2024. URL : <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-04312153>.
- [Ost+24] Victor OSTROMOUKHOV et al. « Quad-Optimized Low-Discrepancy Sequences ». In : *ACM SIGGRAPH Conference 2024*. ACM Siggraph Conference. Denver, United States, juill. 2024. DOI : [10.1145/3641519.3657431](https://doi.org/10.1145/3641519.3657431). URL : <https://hal.science/hal-04570513>.
- [OCG24] Sarra OUELHADJ, Pierre-Antoine CHAMPIN et Jérémy GAILLARD. « sETL : Outils ETL pour la construction de graphes de connaissances en exploitant la sémantique implicite des schémas de données ». In : *IC20 2024 - 35èmes journées francophones d’Ingénierie des Connaissances. Événement affilié à PFIA 2024 - Plate-Forme Intelligence Artificielle*. IC2024 : 35es Journées francophones d’Ingénierie des Connaissances. La Rochelle, France, juill. 2024. URL : <https://inria.hal.science/hal-04635968>.
- [PBM24] Amedeo PACHERA, Angela BONIFATI et Andrea MAURI. « Towards User-Centric Graph Repairs ». In : *2024 IEEE 40th International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW)*. Utrecht, Netherlands : IEEE, mai 2024, p. 375-376. DOI : [10.1109/ICDEW61823.2024.00057](https://doi.org/10.1109/ICDEW61823.2024.00057). URL : <https://hal.science/hal-04738426>.
- [Pau+24] Loïs PAULIN et al. « Generator Matrices by Solving Integer Linear Programs ». In : *Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods*. T. 460. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. 16 pages. Springer International Publishing, juill. 2024, p. 525-541. DOI : [10.1007/978-3-031-59762-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-031-59762-6_26). URL : <https://hal.science/hal-04009160>.
- [Pen+24] Ruggero G. PENSA et al. « Combining SHAP-driven Co-clustering and Shallow Decision Trees to Explain XGBoost ». In : *LNAI Springer*. Pise, Italy, 2024, p. 1-16. URL : <https://hal.science/hal-04809871>.
- [Pey+24] Adrien PEYTAVIE et al. « Deadwood ». In : *ACM Transactions on Graphics* (2024). DOI : [10.1145/3641816](https://doi.org/10.1145/3641816). URL : <https://hal.science/hal-04430062>.
- [Pit+24] François PITOIS et al. « Hypergraphs with Polynomial Representation : Introducing r-splits ». In : *Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science*. special issue ICGT’22 25 :3 (jan. 2024). DOI : [10.46298/dmtcs.10751](https://doi.org/10.46298/dmtcs.10751). URL : <https://hal.science/hal-04240302>.
- [Ple+24] Pierluigi PLEBANI et al. « Service-Oriented Computing : A Trajectory for Research to 2030 ». In : *IEEE Internet Comput.* 28.3 (2024), p. 59-63. DOI : [10.1109/MIC.2023.3338908](https://doi.org/10.1109/MIC.2023.3338908). URL : <https://doi.org/10.1109/MIC.2023.3338908>.
- [Sai+24] Bastien SAILLANT et al. « High-Order Elements in Position Based Dynamics ». In : *The Visual Computer* 40 (juin 2024), p. 4737-4749. DOI : [10.1007/s00371-024-03467-3](https://doi.org/10.1007/s00371-024-03467-3). URL : <https://hal.science/hal-04569181>.
- [Saj24] Fatemeh SAJADI ANSARI. « Vers une approche à base d’apprentissage automatique pour l’identification de cas de cyber harcèlement sur les réseaux sociaux ». Theses. Université clude Bernard Lyon 1, fév. 2024. URL : <https://hal.science/tel-04918676>.
- [SYF24] Dia Jean Cédric SANOU, Sami YANGUI et Noura FACI. « A Running Prototype for Dynamic QoS Management in the Cloud Continuum (Best demo paper Award) ». In : *International Conference on Service-Oriented Computing*. Tunis, Tunisia, déc. 2024, 5pages. URL : <https://hal.science/hal-04824904>.
- [Sch+24] Maximilian SCHIEDERMEIER et al. « Anonymous voting using distributed ledger-assisted secure multi-party computation ». In : *Applied Network Science* 9.1 (août 2024), p. 51. DOI : [10.1007/s41109-024-00650-2](https://doi.org/10.1007/s41109-024-00650-2). URL : <https://hal.science/hal-04681755>.
- [Tag+24] Redha TAGUELMIMT et al. « Faster Optimal Coalition Structure Generation via Offline Coalition Selection and Graph-Based Search, Accepted paper ». In : *IJCAI*. Jeju, South Korea, 2024. URL : <https://hal.science/hal-04549409>.

- [Tak24] Hela TAKTAK. « Approche orientée services sémantiques pour l'intégration de données massives et multi-sources pour la détection des catastrophes naturelles ». Theses. Université Jean Moulin - Lyon III ; Université de Sfax (Tunisie), jan. 2024. URL : <https://hal.science/tel-04892525>.
- [Vey+24] Luca VEYRIN-FORRER et al. « On GNN explainability with activation patterns ». In : *Data Mining and Knowledge Discovery* 38.5 (oct. 2024), p. 3227-3261. DOI : [10.1007/S10618-022-00870-Z](https://hal.science/hal-03367714). URL : <https://hal.science/hal-03367714>.
- [Yan+24] Rui YANG et al. « Imbalanced data robust online continual learning based on evolving class aware memory selection and built-in contrastive representation learning ». In : *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. Abou Dabi, United Arab Emirates, 2024. URL : <https://hal.science/hal-04228888>.
- [Yav+24] Emre YAVUZ et al. « Shorter self-reported sleep duration is associated with worse virtual spatial navigation performance in men ». In : *Scientific Reports* 14 (2024), p. 4093. DOI : [10.1038/s41598-024-52662-8](https://hal.science/hal-04584821). URL : <https://hal.science/hal-04584821>.
- [Yem+24] Tetiana YEMELIANENKO et al. « An approach for dataset extension for object detection in artworks using open-vocabulary models ». In : *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) Workshops*. ECCV. Milan (Italie), Italy, sept. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04820558>.
- [ZBÖ24] Chao ZHANG, Angela BONIFATI et M Tamer ÖZSU. « Incremental Sliding Window Connectivity over Streaming Graphs ». In : *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)* 17 (juin 2024), p. 2473-2486. DOI : [10.14778/3675034.3675040](https://hal.science/hal-04775447). URL : <https://hal.science/hal-04775447>.
- [Zia+24] Laldja ZIANI et al. « A Transformer and LSTM Model for Electricity Consumption Forecasting and User's Behavior Influence ». In : *25th International Web Information Systems Engineering conference*. Doha, Qatar, déc. 2024. URL : <https://hal.science/hal-04800089>.
- [BLS25] Anthony BASILLE, Élise LAVOUÉ et Audrey SERNA. « Impact of communication modalities on social presence and regulation processes in a collaborative game ». In : *Journal on Multimodal User Interfaces* (fév. 2025). DOI : [10.1007/s12193-024-00450-z](https://hal.science/hal-04939639). URL : <https://hal.science/hal-04939639>.
- [Duc+25] Eric DUCHÊNE et al. « Complexity of Maker-Breaker Games on Edge Sets of Graphs ». In : *Discrete Applied Mathematics* 361 (jan. 2025), p. 502-522. DOI : [10.1016/j.dam.2024.11.012](https://hal.science/hal-03993275). URL : <https://hal.science/hal-03993275>.
- [MK25] Abderrahim MECHACHE et Hamamache KHEDDOUCI. « Enhancing Protein Classification with Graph Convolutional Neural Networks ». In : *Pattern Recognition*. T. 15324. Lecture Notes in Computer Science. Springer Nature Switzerland, déc. 2025, p. 109-124. DOI : [10.1007/978-3-031-78383-8\\_8](https://hal.science/hal-04813849). URL : <https://hal.science/hal-04813849>.
- [Mic+25] Bruno MICHELOT et al. « A modular machine learning tool for holistic and fine-grained behavioral analysis ». In : *Behavior Research Methods* 57.1 (2025), p. 24. DOI : [10.3758/s13428-024-02511-3](https://hal.science/hal-04870165). URL : <https://hal.science/hal-04870165>.
- [PBM25] Amedeo PACHERA, Angela BONIFATI et Andrea MAURI. « User-Centric Property Graph Repairs ». In : *SIGMOD/PODS '25 : International Conference on Management of Data*. Berlin, Germany, juin 2025. URL : <https://hal.science/hal-04774464>.