



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

# Bulletin N° 119

---

*Association française pour l'Intelligence Artificielle*

---

AfIA



---

## PRÉSENTATION DU BULLETIN

Le [Bulletin](#) de l'AfIA vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein des communautés académique et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés.

Le Bulletin contient également chaque trimestre un dossier plus substantiel qui porte : soit sur un thème lié à l'IA (2 numéros par an), soit sur des équipes de recherche en IA (1 fois par an), soit sur la Plate-forme Intelligence Artificielle PfIA (1 fois par an).

Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

---

### ■ Édito

En cette nouvelle année 2023, le Conseil d'Administration (CA) de l'AfIA a été renouvelé pour un tiers, mais l'équipe de rédaction n'a pas été modifiée. (Retrouvez la composition du CA et du comité de rédaction en dernière page de chaque Bulletin.)

À noter la sortie du CA de Yves DEMAZEAU, membre de longue date de l'AfIA et de son CA, qui a profondément et durablement marqué notre association au cours de dix années de mandat en tant que Président de l'AfIA. Qu'il soit remercié pour son travail de structuration de l'AfIA, la définition rigoureuse et pérenne de ses différentes actions et de la logistique associée, ainsi que pour l'effort d'ouverture constant envers le monde des entreprises.

Autre petit changement : le dossier ce trimestre n'est pas un dossier thématique, mais concerne les équipes académiques en IA. Nous avons reçu à ce sujet onze contributions. Ce sont pour la plupart des équipes associées à des laboratoires ou des organismes de recherche, mais il y a aussi une équipe projet (STARLIGHT) réunissant plusieurs équipes d'un même laboratoire, une équipe pluridisciplinaire (autour de l'équipe projet AMPLIFIER) et une équipe projet autour du textile (DiTeX). Toutes ces équipes sont réparties sur le territoire, et ce dossier montre non seulement la richesse mais également la diversité des objets d'étude, des méthodes utilisées, et des thématiques d'application.

Exceptionnellement, il n'y a pas de compte rendu de journée car celles-ci ont été annulées pour diverses raisons. En revanche, vous pouvez retrouver la rubrique des thèses et HDR soutenues lors du dernier trimestre 2022.

J'ai eu l'honneur de diriger à la fois ce Bulletin et le dossier qu'il contient. Je tenais à remercier Grégory BONNET pour sa relecture attentive de ce numéro.

**Bonne lecture à tous !**

*Dominique LONGIN*  
*Rédacteur en chef*



---

## SOMMAIRE

### DU BULLETIN DE L'AfIA

---

3	Dossier « Équipes académiques en IA »	
	Quelques mots d'introduction . . . . .	4
	CIAD : Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées . . . . .	6
	GREYC/MAD : Modèles, Agents, Décision . . . . .	14
	INRIA/COATI : Combinatorics, Optimization, and Algorithms for Telecommunications . . . . .	17
	IRIT/STARLIGHT : Sustainable Autonomy and Resilience for LEAs using AI against High priority Threats . . . . .	19
	LIMOS/SIC : Systèmes d'Information et de Communication . . . . .	21
	LIRIS/AMPLIFIER : Active Multisensory Perception and Learning For Interactive Robots . . . . .	24
	LIRIS/TWEAK : Traces, Web, Education, Adaptation, Knowledge . . . . .	25
	LIS/QARMA : équipe d'Apprentissage automatique de MArseille . . . . .	30
	DiTeX : Data-innovation pour le TeXtile et l'habillement . . . . .	36
	LITIS/APP : Apprentissage . . . . .	37
	LTCI/S <sup>2</sup> A : Statistique, Signal et Apprentissage . . . . .	40
51	Comptes rendus de journées, événements et conférences	
	Défi AfIA pour la Nuit de l'info 2022 . . . . .	52
55	Publications du trimestre	
	Thèses de Doctorat . . . . .	56
	Habilitations à Diriger les Recherches . . . . .	58
	Parution d'ouvrages . . . . .	59



**Afia**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

---

## Dossier

# « Équipes académiques en IA »

---

Dossier réalisé par

**Dominique LONGIN**

*IRIT / LILaC*

*Université de Toulouse, CNRS, Toulouse INP, UT3*

*[Dominique.Longin@irit.fr](mailto:Dominique.Longin@irit.fr)*



## ■ Quelques mots d'introduction

Ce dossier, le premier de l'année, résulte d'un appel à contribution auprès d'équipes académiques de recherche en IA en France.

Nous avons reçu 11 contributions. Afin de faciliter leur identification par le lecteur, le titre de chaque contribution commence par le nom du laboratoire concerné / le nom de l'équipe au sein de ce laboratoire. Elles ont été classées par ordre alphabétique sur le nom de laboratoire.

Le **CIAD** (Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées) est un laboratoire de la région Bourgogne-Franche-Comté dont l'objectif est de « concevoir une intelligence artificielle hybride, distribuée et explicable pour la société ».

L'équipe **MAD** (Modèles, Agents, Décision) du laboratoire GREYC (laboratoire de recherche en sciences du numérique) en région Normandie, s'intéresse plus particulièrement au raisonnement et à la représentation de connaissances, la planification sous incertitude et les systèmes multi-agents.

L'équipe **COATI** (*Combinatorics, Optimization, and Algorithms for Telecommunications*) de l'INRIA Côte d'Azur (en partenariat avec le CNRS), implantée en région PACA, décrit ses travaux autour du projet Bralnside dont le but est d'appliquer « des principes théoriques issus de la théorie des algorithmes distribués et aléatoires » en vue d'étudier les fondements de l'apprentissage automatique.

L'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse), implanté en région Occitanie, présente ensuite un projet H2020 auquel participent des membres des trois équipes de son département IA. Ce projet, intitulé **STARLIGHT** (*Sustainable Autonomy and Resilience for LEAs using AI against High priority Threats*) s'intéresse à différents aspects de la sécurité des biens et des personnes.

L'équipe **SIC** (systèmes d'information et de

communication) du LIMOS (Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes situé en région Auvergne-Rhône-Alpes) s'intéresse quant à elle à des travaux « en interaction avec l'acquisition, la gestion et le traitement de données ».

Le projet transdisciplinaire **AMPLIFIER** (*Active Multisensory Perception and Learning For InteractivE Robots*) est ensuite présenté au travers d'un de ses partenaire, le LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information), lui aussi situé en région Auvergne-Rhône-Alpes. Ce projet étudie l'intégration multi-sensorielle, une fonction de notre cerveau améliorant notre perception et nous aidant à former une représentation cohérente de notre environnement.

Le LIRIS est également présent au travers de l'équipe **TWEAK** (*Traces, Web, Education, Adaptation, Knowledge*) qui croise intelligence artificielle et ingénierie des connaissances en s'intéressant plus particulièrement aux EIAH et au web.

Nous retournerons ensuite en région PACA avec **QARMA** (Quipe d'AppRentissage automatique de MARseille) du LIS (Laboratoire d'Informatique et Systèmes) qui s'intéresse à tous les aspects de l'apprentissage automatique (tant théoriques que pratiques et applicatifs).

L'équipe-projet **DiTeX** (Data-innovation pour le TeXtile et l'habillement) de la région Grand-Est s'intéresse au développement d'outils et de techniques d'IA dans le domaine du textile et de l'habillement.

L'équipe **APP** (Apprentissage) du LITIS (Laboratoire d'informatique, du traitement de l'information et des systèmes) s'intéresse elle-aussi à l'apprentissage, mais est davantage focalisée sur l'apprentissage profond. Le LITIS est lui-aussi implanté en région Normandie.

Enfin, la région parisienne est elle-aussi à



l'honneur au travers du LTCl (Laboratoire de Traitement et Communication de l'Information) et de son équipe **S2A** (Signal, Statistique et Apprentissage) dont l'un des centres d'intérêt est l'apprentissage statistique.

Nous voyons, au travers de ces présentations, la diversité thématique des recherches

menées, et dans les deux grands domaines de l'IA que sont l'IA symbolique et l'IA connexionniste. Les travaux présentés sont parfois théoriques, parfois guidés par des domaines d'application plus concrets, mais tous concourent à rendre le paysage de l'IA très dynamique en France aujourd'hui.<sup>1</sup>

---

1. On peut à ce titre signaler les chiffres venant d'être émis par la CNU 27 concernant les dossiers qualifiés MCF en 2022 : l'intelligence artificielle arrive en tête, avec 67 dossiers qualifiés (sur un total de 306 dossiers qualifiés) !



## ■ CIAD : Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées

CIAD

Université de Bourgogne

[www.ciad-lab.fr/christophe\\_nicolle](http://www.ciad-lab.fr/christophe_nicolle)

**Christophe NICOLLE**

[christophe.nicolle@u-bourgogne.fr](mailto:christophe.nicolle@u-bourgogne.fr)

CIAD

Université de Technologie de Belfort  
Montbéliard

**Stéphane GALLAND**

[stephane.galland@utbm.fr](mailto:stephane.galland@utbm.fr)

[www.ciad-lab.fr/stephane\\_galland](http://www.ciad-lab.fr/stephane_galland)

### Membres

- Abdeljalil ABBAS-TURKI, PR
- Aurélie BERTAUX, MCF
- Cindy CAPPELLE, MCF
- Nathan CROMBEZ, MCF
- Jean-Charles CRÉPUT, MCF
- Mahjoub DRIDI, MCF
- Cheikh Brahim EL VAIGH, MCF
- Nicolas GAUD, MCF
- Franck GECHTER, PR
- Vincent HILAIRE, PR
- Abderrafiaa KOUKAM, PR
- Fabrice LAURI, MCF
- Alexandre LOMBARD, MCF
- Yazan MUALLA, MCF
- Ouassila NARSIS LABBANI, MCF
- Yassine RUICHEK, PR
- Zhi YAN, MCF

### Thématique générale de l'équipe

Le CIAD a pour objectif de concevoir une intelligence artificielle hybride, distribuée et explicable pour la société. Il a aussi pour objectif d'adresser les défis et verrous scientifiques liés au domaine de l'interopérabilité des connaissances hétérogènes, ainsi que de la modélisation, du contrôle et de la simulation de systèmes complexes, et notamment de systèmes cyber-physiques (CPS). Les différents verrous adressés par l'unité sont regroupés en trois catégories, décrites ci-dessous.

### Perception, qualification de la véracité et de la valeur de la connaissance dans un environnement intelligent massif.

Tout d'abord, il s'agit de répondre aux verrous liés à l'extraction des connaissances issues de savoir-faire métier ou par l'analyse de scènes à partir de données multi-capteurs/multi-sources. L'approche d'extraction des connaissances permet d'identifier et de formaliser numériquement les relations causales implicites contenues dans la connaissance, selon un contexte d'usage. L'analyse des scènes est fondée sur de la segmentation (structurelle ou sémantique) d'une scène dans l'espace (détection, classification, reconnaissance) et dans le temps (suivi). Cette analyse concerne la représentation des objets (couleur, texture, forme, profondeur, etc.), le filtrage, l'apprentissage (notamment l'apprentissage profond) et l'analyse ontologique. Ensuite, les données brutes sont étudiées par des algorithmes de fouille de données adaptés aux types de données, de modélisation probabiliste et par fonctions de croyance, combinés à une analyse ontologique, voire une analyse multi-agents. L'objectif est d'identifier les relations implicites de corrélations entre les données et d'interpréter les composants d'un système en analysant leurs interactions. Cette interaction doit prendre en compte les différentes contraintes contextuelles et environnementales.

**Raisonnement distribué sur une interopérabilité de systèmes d'information hétérogènes et les systèmes cyber-physiques.**

L'objectif est de définir des méthodologies, des modèles et des architectures de systèmes, s'appuyant notamment sur les principes théoriques des systèmes multi-agents et sur les systèmes formels de raisonnement, simulant le savoir-faire métier sur la classification et l'interprétation de données issues de sources hétérogènes interopérables. Nous nous intéressons particulièrement aux systèmes complexes et distribués dans lesquels le comportement global d'un système émerge des interactions entre les composants de ce système. Ces travaux peuvent être répartis en quatre thématiques : l'étude du rôle de l'environnement dans un système et notamment dans un système cyber-physique pour aider à la prise de décision ou à l'optimisation du système, la conception d'architectures de systèmes basée sur des modèles spécifiques de comportements et d'interaction, l'évaluation des phénomènes émergents, la construction de systèmes de raisonnement ontologique distribués.

**Recommandation et simulation prescriptives pour des systèmes complexes et distribués.**

Cette catégorie de verrous scientifiques a pour but de définir des modèles permettant la simulation de systèmes complexes, notamment cyber-physiques et multi-niveaux. De tels systèmes peuvent être considérés comme constitués d'un grand nombre d'entités en interaction. Dans le cadre d'un système multi-niveaux, les mécanismes d'interactions peuvent alors impliquer des entités d'un même niveau, mais également des entités de niveaux différents. Nous nous plaçons alors dans le cadre de l'émergence forte. De plus, parmi ces entités, certaines peuvent être décrites selon plusieurs niveaux d'abstraction en fonction du point de vue adopté. Dans les CPS par

exemple, cette description multiple est souvent liée au caractère multi-physique du système. Dans ce contexte, l'utilisation du paradigme agent pour la modélisation et la simulation de ces relations, liant des aspects microscopiques, d'une part, et des aspects macroscopiques, d'autre part, est particulièrement pertinente ainsi que la modélisation formelle d'ontologie pour construire un cadre de raisonnement maîtrisé d'un système prescriptif.

**Description des travaux****Systèmes multi-agents : génie logiciel, architecture d'agents et simulation.**

Cette activité vise à proposer un ensemble d'outils pour la modélisation de systèmes complexes en utilisant les paradigmes de modélisation organisationnelle, holonique et des systèmes multi-agents. Nous avons proposé une méthodologie, appelée ASPECS [6], pour la spécification, l'analyse et la conception de systèmes multi-agents (SMA) qui peuvent intégrer des holons afin de représenter différents niveaux de granularité. Les SMA sont alors qualifiés Holoniques (SMAH). Cette méthodologie repose sur un ensemble de concepts organisationnels exprimés sous une forme semi-formelle. Cette méthodologie s'inspire de l'architecture MDA et comporte trois niveaux (analyse, conception, implémentation), chacun est décrit par un métamodèle. Dans la continuité de ces travaux, nous avons proposé une évolution des métamodèles de conception et d'implantation d'ASPECS pour la définition du langage de programmation orienté agent SARL [9] et de sa plateforme d'exécution (ou machine virtuelle) Janus [10].

Notre contribution aborde trois types d'architectures d'agents. Le premier type concerne les agents réactifs [11, 22] et s'inspire de la physique [29]. Avec ce type d'architectures, nous avons abordé le problème de positionnement de facilité mono- et multi-niveaux [26,



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

8] dans le cadre d'applications de transport dans les villes intelligentes. D'autre part, nous nous sommes intéressés aux agents de type cognitifs, notamment fondés sur l'architecture « Belief-Desire-Intension » afin, d'une part, de modéliser les comportements de mobilité et de prise de décisions dans des flottes de robots distants, et, d'autre part, de construire une explication relative aux décisions prises par les agents sur la base d'un modèle d'Intelligence Artificielle Explicable (XAI) qui est fondée sur les principes de parcimonie des explications [21]. Enfin, nous proposons des architectures d'agents apprenants, essentiellement basés sur de l'apprentissage par renforcement non supervisé [16], afin de permettre aux agents de s'auto-organiser, notamment dans le cadre de la gestion de trafic intelligent incluant des véhicules autonomes et communicants, et également d'adapter leurs comportements face aux interactions qu'ils peuvent avoir avec les usagers humains du système, tels que des piétons [28]. Nos contributions relative à la simulation multi-agent correspondent à un effort global pour fournir une méthodologie complète et concernant la conception et le développement de simulations utilisant des SMAH. Pour cela, nous nous appuyons sur des travaux liés à ASPECS et nous avons réalisé un ensemble de bibliothèques logicielles étendant SARL et Janus permettant d'exécuter, afficher et analyser des agents, leurs organisations, le tout évoluant dans des environnements sémantiquement enrichis. Afin de disposer de modèles de simulation précis, un effort tout particulier a été consacré à la conception du modèle de ces entités et de leur environnement, et plus particulièrement le modèle de perception visuelle et de navigation autonome afin de conférer davantage de réalisme et de précision aux simulations [22].

**Modélisation des connaissances et sémantique.** Une ontologie permet de représenter

de manière explicite une conceptualisation d'un domaine. Elle définit un ensemble de termes dont la sémantique est acceptée par une communauté d'utilisateurs. En plus de la définition des termes, elle spécifie les relations entre les termes et/ou les règles qui permettent de déduire un terme à partir d'autres. Le but de nos travaux est d'utiliser la notion d'ontologie afin de fournir une base formelle à l'interopérabilité et à la modélisation de systèmes complexes. Dans cette optique, nous avons étudié les processus d'extraction, de structuration et de modélisation des connaissances et du savoir-faire métier pour la construction de modèles ontologiques compréhensibles par la machine. Sur cette base, nous avons défini et mis en place un processus de raisonnement guidé par la résolution de contraintes permettant d'assurer une cohérence entre les modèles ontologiques et la réalité du domaine. Cette activité est principalement en lien avec les besoins scientifiques et industriels pour la construction d'applications d'intelligence artificielle cohérentes, explicables et centrées sur le savoir-faire des experts. Dans ce domaine, nous participons activement au développement des deux premiers verrous scientifiques, ainsi qu'au pilotage et la réalisation de plusieurs projets en collaboration avec des partenaires académiques et industriels à l'échelle nationale et internationale. Nous avons proposé une nouvelle approche d'ingénierie hybride permettant d'assister la conception de modèles ontologiques, de vérifier la véracité des connaissances et de faciliter les processus de raisonnement en utilisant la modélisation UML et la vérification de contraintes OCL [19, 4, 3]. Une autre contribution concerne les modèles et méthodologies issus de l'activité Génie Logiciel Orienté Agents, et notamment, les modèles organisationnels afin de modéliser différents processus humains [2, 14]. Ces modèles représentent pour les agents en charge de la gestion des connaissances une cartographie des



connaissances et une ontologie qui conceptualise les concepts relatifs aux processus collaboratifs et coopératifs de conception ou d'apprentissage. Les agents utilisent ces modèles comme base de leurs mécanismes de raisonnement.

### **Perception de l'environnement et navigation autonome.**

La perception est la faculté pour un agent (robot, véhicule, etc.) d'extraire certains indices de son environnement lui permettant d'accomplir certaines tâches (détection/évitement d'obstacles, localisation, navigation, etc.). La perception de l'environnement d'un agent est un problème qui se pose dans de nombreux domaines tels que la robotique, les systèmes de transport intelligents, la vidéosurveillance, etc. Ce problème peut être considéré à plusieurs niveaux d'analyse. Le premier niveau consiste à extraire des informations relatives à la différenciation des données brutes de perception en mettant en évidence un ensemble d'objets présents dans la scène observée (segmentation d'une image et classification de ses régions par exemple). Le niveau intermédiaire a pour objectif de trouver une ou plusieurs représentations des informations de localisation spatio-temporelle des objets présents dans l'environnement de l'agent. Au niveau supérieur, ces représentations doivent conduire le processus d'analyse à réaliser, avec ou sans connaissances a priori, des fonctions de reconnaissance et d'interprétation d'événements produits dans l'environnement perçu.

Dans le premier niveau, nous nous intéressons à l'extraction de caractéristiques/descripteurs (« handcrafted » et « learned ») en exploitant les informations de couleur, texture et forme. De nombreux résultats ont été obtenus [17, 20, 18, 27, 25], notamment pour la segmentation, le suivi d'objets, la reconnaissance et la classification d'images (visage, émotion, scripts, somnolence, etc.) Dans

le même cadre, nous avons développé des travaux sur l'analyse d'images multi-spectrales pour la segmentation fond-forme [15], en utilisant une approche à base de la technique *CodeBook* puis une approche à base de modèles profonds. Nous avons conduit également des travaux sur l'attention visuelle utilisant un modèle contradictoire génératif (GAN) et la saillance visuelle [13]. Contrairement aux approches à base de « eye tracking », l'objectif était de détecter les objets auxquels nous devons prêter attention, notamment dans le cadre de développement de systèmes d'aide à la conduite ou conduite automatisée. Un *framework* de l'estimation de l'attention visuelle à base de la segmentation sémantique a été proposé ainsi qu'une base de données mise à disposition à la communauté. Sur le volet segmentation sémantique de scènes, nous avons porté l'accent sur comment pouvoir améliorer les résultats des modèles profonds existants, quel que soit le modèle. Nous avons ainsi proposé un modèle contradictoire génératif multi-stream [12], prenant en entrée l'image segmentée par le modèle en question et l'image d'origine. Des travaux exploitant la notion d'ontologie ont récemment débuté pour pouvoir prendre en compte des connaissances sur l'environnement dans l'objectif d'améliorer encore les résultats de la segmentation sémantique ou panoptique, mais aussi d'autres tâches visuelles telles que l'estimation de la profondeur [20].

Au niveau intermédiaire, nous avons développé des travaux sur l'analyse et la compréhension du mouvement dans une scène, en présence d'éléments extérieurs perturbateurs tels que des occultations du champ de vision ou des conditions climatiques difficiles. Dans ce cadre, nous nous intéressons à l'apprentissage en ligne pour pouvoir mettre à jour continuellement les connaissances et le comportement de véhicule autonome ou de robot face aux



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

changements environnementaux dans le temps, et ainsi permettre une amélioration considérable de la sécurité de fonctionnement, notamment en termes de prise de décision [5]. Une approche d'apprentissage a été proposée, elle permet à un capteur d'apprendre un nouveau modèle d'objet à partir de données provenant d'un autre capteur afin de faire face à l'échec de ce dernier dans certaines conditions météorologiques. Nous nous sommes également intéressés au développement de nouveaux modèles profonds (modèles contradictoires génératifs conditionnels multi-stream, etc.) et de nouvelles stratégies d'apprentissage (apprentissage par compétition, etc.) Nous nous intéressons aussi à considérer l'espace des données au lieu des données elles-mêmes dans la phase d'apprentissage afin de s'affranchir des dégradations liées aux conditions de prise de vues [5].

Enfin, nous avons proposé plusieurs modèles et approches permettant de contrôler le processus de prise de décision des robots [23]. Notamment, nous avons développé un modèle de négociation inter-robot permettant à ceux-ci de négocier de manière dynamique des droits de passage. Cela a été appliqué dans le cadre du problème d'intersection coopérative dans lequel des véhicules autonomes et communiquant négocient le passage à des intersections sans utiliser d'infrastructure de régulation de trafic (feux tricolores, etc.)

**Apprentissage automatique.** Notre unité contribue sur différents aspects. Tout d'abord, nous proposons de nouveaux modèles basés sur l'apprentissage profond (DRL) afin de localiser des utilisateurs dans un espace en utilisant soit des données issues de systèmes de télécommunication (mobile, wifi), ou de capteurs tels que des caméras [18]. Dans le premier cas, nous proposons un réseau de neurones récurrent à densité de mélange convolutif et un

modèle d'apprentissage semi-supervisé basé sur l'auto-encodeur, afin de prédire la prochaine localisation à partir de sa trace dans le réseau wifi. Une autre de nos contributions concerne l'analyse de la mobilité humaine avec des données de géolocalisation collectées à partir de *smartphones*. Nous avons proposé deux modèles d'extraction de comportements de mobilité à partir de données individuelles. Le premier modèle permet d'analyser les traces de *smartphones* 3G afin de construire des matrices origine-destination à l'échelle de la région Rhône-Alpes [7]. Le second modèle permet de découvrir des schémas de mobilité quotidienne à l'aide de données GPS en définissant un modèle « Infinite Gaussian Mixture » (IGMM) et la divergence de Kullback-Leibler (KL) comme métrique pour mesurer la similarité des différentes distributions de probabilité [24]. En relation avec la thématique des systèmes multi-agents, nous proposons une approche méthodologique pour l'ingénierie des systèmes multi-agents utilisant les boucles de rétroaction comme concept de première classe afin d'identifier les organisations. Ces boucles de rétroaction sont un moyen de modéliser des systèmes complexes qui exposent un comportement émergent au moyen d'une boucle de cause à effet entre deux niveaux appelés niveaux micro et macro du système. Les principes de l'approche proposée consistent à définir un modèle de boucle de rétroaction et à fournir des activités et des lignes directrices afin d'identifier et d'affiner les candidats possibles pour les boucles de rétroaction lors de la phase d'analyse de la méthodologie ASPECS [1]. L'unité propose également d'utiliser des techniques d'apprentissage machine pour la gestion du trafic routier, exploitant l'automatisation des véhicules et leur capacité de communication [23]. En distribuant « intelligemment » le droit de passage des véhicules, ou en contrôlant leurs profils de vitesse, il est



possible de mieux exploiter l'espace et réduire localement et globalement la congestion. Mais l'optimisation du trafic représente un défi du fait de l'aspect continu du système et de la nécessité de prendre des décisions en temps réel. Dans ce cadre particulier, nos travaux visent à faire face à cette complexité en mobilisant et adaptant des techniques d'apprentissage machine profond et d'apprentissage par renforcement. Nous avons ainsi pu montrer que l'utilisation de DQN permet de définir des séquences de passage de véhicules aux intersections plus efficacement que les stratégies usuelles (feux de signalisation, « first-come first-serve », etc.) Nous avons également pu montrer que l'utilisation de techniques de DRL à espace d'action continue (*Deep Deterministic Policy Gradient* et *Proximal Policy Optimization*) permettait de piloter le profil de vitesse des véhicules pour sécuriser et optimiser la gestion des traversées piétonnes.

## Références

- [1] Gillian Basso, Massimo Cossentino, Vincent Hilaire, Fabrice Lauri, Sebastian Rodriguez, and Valeria Seidita. Engineering multi-agent systems using feedback loops and holarchies. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 55, June 2016.
- [2] Florian Béhé, Stéphane Galland, Nicolas Gaud, Christophe Nicolle, and Abderrafiaa Koukam. An ontology-based metamodel for multiagent-based simulations. *Journal on Simulation Modelling Practice and Theory*, 40 :64–85, January 2014.
- [3] Rami Belkaroui, Aurélie Bertaux, Ouassila Narsis Labbani, Clémentine Hugol-Gential, and Christophe Nicolle. Towards events ontology based on data sensors network for viticulture domain. In *8th International Conference on the Internet of Things*, pages 44 :1–44 :7, 2018.
- [4] Rami Belkaroui, Amira Mouakher, Aurélie Bertaux, Ouassila Narsis Labbani, Clémentine Hugol-Gential, and Christophe Nicolle. Winecloud : Une ontologie d'évènements pour la modélisation sémantique des données de capteurs hétérogènes. *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, RNTI-E-35 :379–380, January 2019.
- [5] George Broughton, Jiří Janota, Jan Blaha, Tomas Roucek, Maxim Simon, Tomas Vintř, Tao Yang, Zhi Yan, and Tomas Krajník. Embedding weather simulation in auto-labelling pipelines improves vehicle detection in adverse conditions. *Journal of Sensors*, 22(22) :8855, 2022.
- [6] Massimo Cossentino, Nicolas Gaud, Vincent Hilaire, Stéphane Galland, and Abderrafiaa Koukam. Aspects : an agent-oriented software process for engineering complex systems - how to design agent societies under a holonic perspective. *Int. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2(2) :260–304, March 2010.
- [7] Mariem Fekih, Loic Bonnetain, Angelo Furno, Patrick Bonnel, Zbigniew Smoreda, Stéphane Galland, and Tom Bellemans. Potential of cellular signalling data for time-of-day estimation and spatial classification of travel demand : a large-scale comparative study with travel survey and land use data. *Transportation Letters*, July 2021.
- [8] Stéphane Galland, Flavien Balbo, Gauthier Picard, Olivier Boissier, Nicolas Gaud, and Sebastian Rodriguez. Environnement multidimensionnel pour contextualiser les interactions des agents. application à la simulation du trafic routier urbain. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 30(1-2) :81–108, February 2016.



- [9] Stéphane Galland, Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Hui Zhao, Sebastian Rodriguez, Amro Najjar, and Nicolas Gaud. Model transformations from the sarl agent-oriented programming language to an object-oriented programming language. *Int. Journal on Agent-Oriented Software Engineering*, 7(1) :37–75, December 2019.
- [10] Stéphane Galland, Sebastian Rodriguez, and Nicolas Gaud. Run-time environment for the sarl agent-programming language : the example of the janus platform. *Future Generation Computer Systems*, 107 :1105–1115, June 2020.
- [11] Hana Gharrad, Nafaa Jabeur, Ansar-Ul-Haque Yasar, Stéphane Galland, and Mohammed Mbarki. A five-step drone collaborative planning approach for the management of distributed spatial events and vehicle notification using multi-agent systems and firefly algorithms. *Journal on Computer Networks*, July 2021.
- [12] Mohamed Kas and Yassine Ruichek. Multi streams with dynamic balancing-based conditional generative adversarial network for paired image generation. *Knowledge-based Systems*, 251 :109252, September 2022.
- [13] Fahad Lateef, Mohamed Kas, and Yassine Ruichek. Saliency heat-map as visual attention for autonomous driving using generative adversarial network (gan). *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021.
- [14] Yishuai Lin, Vincent Hilaire, Nicolas Gaud, and Abderrafiaa Koukam. Scrum conceptualization using k-crio ontology. In Karl Aberer, Ernesto Damiani, and Tharam Dillon, editors, *1st International Symposium on Data-Driven Process Discovery and Analysis*, volume 116 of *Lecture Notes in Business Information Processing series*, pages 1–19, Campione d'Italia, Italy, July 2012.
- [15] Rongrong Liu, Yassine Ruichek, and Mohammed El Bagdouri. Multispectral background subtraction with deep learning. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 80, October 2021.
- [16] Alexandre Lombard, Jocelyn Buisson, Abdeljalil Abbas-Turki, Stéphane Galland, and Abderrafiaa Koukam. Curvature-based geometric approach for the lateral control of autonomous cars. *Journal of the Franklin Institute*, July 2020.
- [17] Abdelkhalek Mansouri, Jean-Charles Créput, and Wenbao Qiao. Generic parallel data structures and algorithms to gpu superpixel image segmentation. *Displays*, 74 :1–15, 2022.
- [18] Roberto Marroquin Cortez, Julien Dubois, and Christophe Nicolle. Wisenet : An indoor multi-camera multi-space dataset with contextual information and annotations for people detection and tracking. *Data in Brief*, 27, December 2019.
- [19] Meriem Mejhed Mkhini, Ouassila Narsis Labbani, and Christophe Nicolle. Combining uml and ontology : An exploratory survey. *Computer Science Review*, 35(100223), 2020.
- [20] Abdelmalik Moujahid, Fadi Dornaika, Yassine Ruichek, and Karim Hammoudi. Towards semantic segmentation of orthophoto images using graph-based community identification. *Neural Computing and Applications*, June 2017.
- [21] Yazan Mualla, Igor Tchappi Haman, Timotheus Kampik, Amro Najjar, Davide Calvaresi, Abdeljalil Abbas-Turki, Stéphane Galland, and Christophe Nicolle. The quest of parsimonious xai : a human-agent architecture for explanation formu-



- lation. *Journal of Artificial Intelligence*, 302(103573), January 2022.
- [22] Fatma Outay, Stéphane Galland, Nicolas Gaud, and Abdeljalil Abbas-Turki. Simulation of connected driving in hazardous weather conditions : General and extensible multiagent architecture and models. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 104 :104412, August 2021.
- [23] Florent Perronnet, Jocelyn Buisson, Alexandre Lombard, Abdeljalil Abbas-Turki, Mourad Ahmane, and Abdellah El Moudni. Deadlock prevention of self-driving vehicles in a network of intersections. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(11) :4219–4233, November 2019.
- [24] Weizhu Qian, Fabrice Lauri, and Franck Gechter. Supervised and semi-supervised deep probabilistic models for indoor positioning problems. *Neurocomputing*, 435, 2021.
- [25] Smail Sellah and Vincent Hilaire. Label clustering for a novel problem transformation in multi-label classification. *Journal of Universal Computer Science*, 71-88(26) :1, March 2020.
- [26] Igor Tchappi Haman, Yazan Mualla, Stéphane Galland, André Bottaro, Vivien Corneille Kamla, and Jean-Claude Kamgang. Multilevel and holonic model for dynamic holarchy management : Application to large-scale road traffic. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 109 :104622, February 2022.
- [27] Tao Yang, Cindy Cappelle, Yassine Rouchek, and Mohammed El Bagdouri. Multi-object tracking with discriminant correlation filter based deep learning tracker. *Journal on Integrated Computer-Aided Engineering*, 26(3) :273–284, April 2019.
- [28] Meng Zhang, Abdeljalil Abbas-Turki, Alexandre Lombard, and Abderrafiaa Koukam. Connected and autonomous vehicles cooperate with the pedestrian in industrial sites based on trajectory optimization and vehicle signalization system. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pages 188–194, 2020.
- [29] Xue Zheng, Stéphane Galland, Xiaowei Tu, Qinghua Yang, Alexandre Lombard, and Nicolas Gaud. Obstacle avoidance model for uavs with joint target based on multi-strategies and follow-up vector field. In *11th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies*, pages 257–264, April 2020.



## ■ GREYC/MAD : Modèles, Agents, Décision

GREYC  
Université de Caen Normandie  
<https://www.greyc.fr/equipes/mad/>

**Grégory BONNET**  
[gregory.bonnet@unicaen.fr](mailto:gregory.bonnet@unicaen.fr)

### Membres

- Grégory BONNET, MCF
- Nadjat BOURDACHE, MCF
- Maroua BOUZID, PR
- Laurent JEANPIERRE, MCF
- Bruno MERMET, MCF
- Abdel-Ilah MOUADDIB, PR
- Alexandre NIVEAU, MCF
- Gaële SIMON, MCF
- Bruno ZANUTTINI, PR

### Thématique générale de l'équipe

Les travaux de l'équipe MAD du laboratoire GREYC (Normandie Univ., UNICAEN, ENSICAEN, CNRS UMR 6072) s'ancrent dans l'intelligence artificielle selon trois axes : « Modèles », dans lequel nous nous intéressons au raisonnement, essentiellement qualitatif, « Agents », dans lequel nous nous intéressons à la fiabilité, à la confiance et à l'éthique dans les systèmes multi-agents, et « Décision », dans lequel nous nous intéressons à la planification multi-agent sous incertitude. Par ailleurs, dans tous ces domaines, un accent particulier est mis sur l'interaction avec l'humain.

L'équipe travaille sur ces aspects sous l'angle de la modélisation, de l'algorithmique et de la complexité : il s'agit d'appréhender les applications et les problématiques scientifiques en proposant si besoin de nouveaux modèles formels, en caractérisant la complexité des problèmes, et en développant de nouveaux algorithmes. L'équipe s'intéresse également aux applications, en particulier à la robotique en interaction avec l'être humain.

### Description des travaux

**Planification sous incertitude** Dans l'axe « Décision », l'équipe s'intéresse principalement à la planification sous incertitude, comme celle capturée par les processus décisionnels de Markov, ou *MDP*. Il s'agit là de planifier pour des environnements dans lesquels le résultat des actions est stochastique. L'équipe a une expertise particulière sur les *MDP partiellement observables et décentralisés* (DEC-POMDP) dans lesquels plusieurs agents doivent collaborer, sans communication explicite et sans connaître de façon certaine l'état courant du monde.

Notons que l'équipe ne se restreint pas uniquement aux modèles markoviens, et traite aussi de l'incertitude et du risque avec d'autres modèles. Par exemple, l'équipe a récemment étudié la planification adversariale avec alpha-beta mais sous contrainte d'information incomplète [10] ou les problématiques de décision séquentielle en théorie des jeux coopératifs [6]. L'équipe a également mis un accent particulier sur l'utilisation de modèles d'incertitude pour traiter des problématiques de sécurité. Par exemple, elle a proposé une approche pour résoudre des *jeux de sécurité stochastiques* avec des MDP [4] ainsi qu'un modèle automatisé de propagation de menace dans des environnements dynamiques [15].

L'interaction avec l'humain est particulièrement importante dans cet axe. Le projet européen **COACHES** a notamment impulsé une forte dynamique sur cette thématique avec l'étude du problème de maintien d'intention jointe, c'est-à-dire la problématique consistant



à détecter l'intention de l'être humain, et à s'y adapter, pour un robot de service. L'équipe a par la suite proposé des méthodes de planification prenant en compte des modèles venus des sciences sociales pour faciliter l'interaction, comme par exemple de la navigation utilisant la proxémique [1, 16] ou la prise en compte de l'anxiété humaine [14].

Un autre aspect important dans l'interaction humain robot est la notion d'*autonomie ajustable*. En particulier, l'équipe a proposé un modèle permettant de décider quand et quel niveau de support le robot doit demander en fonction du niveau de disponibilité de son opérateur humain [13].

**Raisonnement qualitatif et logique** Dans l'axe « Modèles », l'équipe s'intéresse principalement au raisonnement avec des formalismes essentiellement qualitatifs, à la combinaison de ces formalismes ou à leur apprentissage. L'équipe a une expertise particulière dans la représentation du *temps*, de l'*espace*, des *préférences* et des *connaissances*. Au-delà des questions de modélisation, il s'agit également d'étudier les propriétés des langages de représentation pour la *compilation de connaissances*, une problématique au cœur du projet ANR [PING/ACK](#) auquel l'équipe participe.

Récemment, la problématique de la planification, telle qu'étudiée dans l'axe « Décision », a suscité un intérêt pour l'utilisation de formalismes logiques pour la planification et la représentation de plans d'actions. Par exemple, l'équipe a développé une méthode visant à rendre les calculs en logique épistémique dynamique probabiliste plus efficaces à l'aide d'une représentation symbolique de structures de Kripke probabilistes [5].

L'équipe a aussi étudié la complexité et la compacité de différents langages de représentation d'actions non déterministes [12]. Enfin, l'équipe a développé une représentation épisté-

mique de plans d'actions pour les POMDP [17] qui est plus compacte et plus lisible (au sens de l'intelligence artificielle « explicable ») que les représentations classiques.

**Fiabilité, confiance et éthique** Dans l'axe « Agents », l'équipe MAD développe depuis de nombreuses années un cadre théorique et une plateforme logicielle, appelés *GDT4MAS*, dédié à la spécification formelle, la preuve (vérification formelle) et l'implémentation de systèmes multi-agents. Cela permet ainsi la génération de systèmes multi-agents dont l'exécution se déroule selon les spécifications initiales, de façon garantie par la preuve. Cette approche ouvre par ailleurs de nouveaux horizons, en particulier l'utilisation des *échecs de preuve* pour l'aide au débogage de systèmes multi-agents [11].

Pour ce qui est de la *confiance*, l'équipe a une expertise sur les *systèmes de réputation* et s'est récemment intéressé au développement d'approches de raisonnement logique. Il s'agit de fournir des logiques permettant de parler du fait qu'un agent puisse *influencer* et *persuader* [2] ou encore *manipuler* un autre agent [9, 7]. Ces logiques complètent d'autres approches de la littérature, qui considèrent essentiellement la confiance envers les capacités ou les intentions.

Enfin, MAD a développé une expertise importante sur la question de la mécanisation de l'*éthique* pour les agents. Cette dynamique a été impulsée en particulier par le projet ANR [ETHICAA](#). Dans ce projet pluridisciplinaire, ont notamment été développées des approches pour raisonner automatiquement sur des valeurs et des vertus, de façon contextuelle. En utilisant par exemple de l'argumentation formelle [8], ces approches visent à construire des systèmes capables de raisonner lors de conflits éthiques, et d'*expliquer* à des utilisateurs humains les décisions qu'ils peuvent prendre. De manière intéressante, cette problématique de



l'éthique a conduit à des travaux interdisciplinaires comme une analyse des conditions de possibilité du droit à l'explicabilité [3].

## Références

- [1] Abir Bellarbi, Abdel-Allah Mouaddib, Nouara Achour, and Noureddine Ouadah. A new approach for social navigation and interaction using a dynamic proxemia modeling. *Evol. Intell.*, 15(3), 2022.
- [2] Grégory Bonnet, Christopher Leturc, Emiliano Lorini, and Giovanni Sartor. Influencing choices by changing beliefs : a logical theory of influence, persuasion, and deception. In *DeceptAI*, pages 125–141, 2021.
- [3] Maja Brkan and Grégory Bonnet. Legal and technical feasibility of the GDPR's quest for explanation of algorithmic decisions : of white boxes and fata morgana. *European Journal of Risk Regulation*, 11(1) :18–50, 2020.
- [4] Romain Châtel and Abdel-Allah Mouaddib. An augmented MDP approach for solving stochastic security games. In *IROS*, pages 6405–6410, 2021.
- [5] Sébastien Gamblin, Alexandre Niveau, and Maroua Bouzid. A symbolic representation for probabilistic dynamic epistemic logic. In *AAMAS*, pages 445–453, 2022.
- [6] Josselin Guéron and Grégory Bonnet. Are exploration-based strategies of interest for repeated stochastic coalitional games? In *PAAMS*, pages 89–100, 2020.
- [7] Christopher Leturc and Grégory Bonnet. A deliberate BIAT logic for modeling manipulations. In *AAMAS*, pages 699–707, 2020.
- [8] Christopher Leturc and Grégory Bonnet. Raisonner sur l'éthique avec un cadre d'argumentation fondé sur une logique modale normale. In *JIAF*, pages 77–87, 2022.
- [9] Christopher Leturc and Grégory Bonnet. Reasoning about manipulation in multi-agent systems. *Journal of Applied Non-Classical Logics*, pages 1–67, 2022.
- [10] Junkang Li, Bruno Zanuttini, Tristan Cazenave, and Véronique Ventos. Generalisation of alpha-beta search for AND-OR graphs with partially ordered values. In *IJCAI*, pages 4769–4775, 2022.
- [11] Bruno Mermet and Gaële Simon. Using proof failures to help debugging MAS. In *ICAART*, 2019.
- [12] Sergej Scheck, Alexandre Niveau, and Bruno Zanuttini. Knowledge compilation for nondeterministic action languages. In *ICAPS*, pages 308–316, 2020.
- [13] Loïs Vanhée, Laurent Jeanpierre, and Abdel-Allah Mouaddib. Optimizing requests for support in context-restricted autonomy. In *IROS*, pages 6434–6440, 2021.
- [14] Loïs Vanhée, Laurent Jeanpierre, and Abdel-Allah Mouaddib. Anxiety-sensitive planning : from formal foundations to algorithms and applications. In *ICAPS*, pages 730–740, 2022.
- [15] Kilian Vasnier, Abdel-Allah Mouaddib, Sylvain Gatepaille, and Stéphan Brunessaux. An automated system of threat propagation using a horizon of events model. In *IntelliSys*, pages 114–131, 2020.
- [16] Kilian Vasnier, Abdel-Allah Mouaddib, Sylvain Gatepaille, and Stéphan Brunessaux. Dynamic proxemia modeling formal framework for social navigation and interaction. In *IntelliSys*, pages 303–321, 2020.
- [17] Bruno Zanuttini, Jérôme Lang, Abdallah Saffidine, and François Schwarzentruber. Knowledge-based programs as succinct policies for partially observable domains. *Artificial Intelligence*, 288(103365), 2020.



## ■ INRIA/COATI : Combinatorics, Optimization, and Algorithms for Telecommunications

Centre Inria d'Université Côte d'Azur / COATI  
[www.inria.fr](http://www.inria.fr)

**Damien RIVET**  
[damien.rivet@inria.fr](mailto:damien.rivet@inria.fr)

**Emanuele NATALE**  
[emanuele.natale@inria.fr](mailto:emanuele.natale@inria.fr)

### Membres impliqués<sup>2</sup>

- Laurent VIENNOT, DR INRIA
- Emanuele NATALE, CR CNRS
- Arthur DA CUNHA, Doctorat
- Damien RIVET, PostDoc
- Paulo Bruno SERAFIM, Membre invité

### Thématique générale de l'équipe

Le projet Bralnside au sein de l'équipe COATI vise à appliquer des principes théoriques issus de la théorie des algorithmes distribués et aléatoires afin d'étudier des questions fondamentales en apprentissage automatique, en particulier le rôle de la *sparsité* dans les réseaux de neurones artificiels.

### Description des travaux

#### Introduction

Au cours de son histoire la biologie a régulièrement motivé l'introduction de nouvelles idées en informatique et ce notamment au travers du concept de réseaux de neurones, inspiré dès l'origine par notre compréhension du cerveau. Les avancées dans ce domaine ont été souvent enrichies par des observations biologiques. Réciproquement des progrès dans la compréhension des réseaux de neurones ont conduit à plusieurs reprises à des avancées neuroscientifiques.

Récemment, les auteurs de [1, 2] ont mis en lumière des ressemblances frappantes entre

le traitement des signaux sensoriels par le système olfactif d'une drosophile et des algorithmes déjà bien connus, notamment de *Locality Sensitive Hashing* (LSH). On a ainsi commencé à comprendre la façon dont ces organismes évaluent la similarité entre des odeurs et sont capables de les classifier. Les auteurs de [3] ont converti ces observations en un algorithme, baptisé *FlyNN*, et dont l'utilisation s'est révélée particulièrement adaptée à l'apprentissage fédéré, permettant dans ce cadre de réaliser une approximation de l'algorithme bien connu des plus proches voisins (kNN). Pour rappel, l'apprentissage fédéré est une approche de l'apprentissage automatique où les données ne sont pas centralisées mais sont réparties entre plusieurs utilisateurs et ne doivent ou ne peuvent pas être rendues publiques. Les enjeux de cette discipline récente sont nombreux, notamment vis-à-vis des questions liées à la protection des données personnelles. Il est remarquable qu'un algorithme à l'origine étudié sous l'angle biologique ait conduit à une idée novatrice dans ce domaine.

#### CapNN : un modèle plus interprétable

Le modèle *FlyNN*, bien que performant, a été principalement conçu à partir d'observations biologiques et reste jusqu'ici difficile à interpréter. Il manque à l'heure actuelle des garanties théoriques solides permettant d'assurer sa fiabilité et ses possibles champs d'applica-

2. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Réseaux de Neurones.



tions. En étudiant de près son fonctionnement, nous avons pu en extraire les idées importantes et concevoir à partir de cela un nouveau modèle, *CapNN*. Cet algorithme peut être interprété comme un réseau de neurones à deux couches (de façon similaire à *FlyNN*) où :

1. La première couche implémente un algorithme de LSH. La différence avec *FlyNN* est principalement qu'ici, la méthode de *hashing* utilisée repose sur une interprétation géométrique intuitive (le terme « Cap » provient d'ailleurs de notre utilisation de la notion de « calotte sphérique », *spherical cap* en anglais).
2. La seconde couche implémente une classification de type *bayésienne naïve*. Nous avons remarqué qu'une légère modification de la méthode suggérée par *FlyNN* mettait en évidence que le rôle de cette seconde couche est de calculer une approximation d'un terme de *vraisemblance*.

C'est grâce à l'interprétation géométrique mentionnée que nous avons pu donner un socle théorique à notre algorithme et rendre clair sa ressemblance avec kNN.

### CapNN comme modèle biologique

En plus de fournir un modèle performant, plus robuste que *FlyNN* et reposant sur des fondations mathématiques claires, nous travaillons désormais à prouver que notre algorithme est également un bon modèle pour améliorer la compréhension des structures biologiques observées initialement. En particulier, en démontrant que notre algorithme a un fonctionnement très proche de celui de *FlyNN*, qui de son côté est une traduction directe de l'algorithme biologique, nous avons d'ores et déjà commencé à fournir des outils pour l'étude mathématique de ce dernier.

### Le rôle de la sparsité

L'une des caractéristiques remarquables du modèle *FlyNN* est son utilisation d'un algorithme de LSH qui génère des sorties (outputs) *sparse*, c'est-à-dire des vecteurs contenant seulement un petit nombre d'entrées non nulles. On parle dans ce contexte de *Sparse Locality Sensitive Hashing*. Cette notion de *sparsité* est également un élément central dans notre approche.

Nous avons réalisé qu'en plus d'améliorer significativement les performances, la *sparsité* joue un rôle décisif dans le fonctionnement et la compréhension théorique de l'algorithme biologique. D'une certaine façon, *CapNN* se présente comme une « approximation » du dit algorithme biologique. Il se trouve de plus que plus la *sparsité* est élevée, plus les deux modèles ont tendance à se ressembler. En conséquence, notre objectif est de mettre en évidence que la *sparsité* est une « astuce » biologique, permettant aux structures naturelles d'approcher des algorithmes mathématiquement bien connus.

### Références

- [1] Sanjoy Dasgupta, Timothy Sheehan, Charles Stevens, and Saket Navlakha. A neural data structure for novelty detection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115 :201814448, 12 2018.
- [2] Sanjoy Dasgupta, Charles F. Stevens, and Saket Navlakha. A neural algorithm for a fundamental computing problem. *Science*, 358(6364) :793–796, 2017.
- [3] Parikshit Ram and Kaushik Sinha. Federated nearest neighbor classification with a colony of fruit-flies. In *36th AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pages 8036–8044. AAAI Press, 2022.



## ■ IRIT/STARLIGHT : Sustainable Autonomy and Resilience for LEAs using AI against High priority Threats

IRIT / MELODI  
Université Toulouse 3 Paul Sabatier  
[www.irit.fr/  
departementintelligence-artificielle/  
equipe-melodi](http://www.irit.fr/departementintelligence-artificielle/equipe-melodi)

IRIT / ADRIA  
Université Toulouse 1 Capitole  
[www.irit.fr/departement/  
intelligence-artificielle/adria](http://www.irit.fr/departement/intelligence-artificielle/adria)

**Nathalie AUSSENAC-GILLES**  
[aussenac@irit.fr](mailto:aussenac@irit.fr)

**Pascale ZARATÉ**  
[zarate@irit.fr](mailto:zarate@irit.fr)

### Membres impliqués<sup>3</sup>

- Pascale ZARATÉ, PR
- Nathalie AUSSENAC-GILLES, DR CNRS
- Yannick CHEVALIER, MCF
- Pierre-Yves GICQUEL, Post-doctorat
- Bouche-Pillon JÉRÉMY, Doctorat

### Le projet H2020 STARLIGHT

**Financement et partenaires.** Ce projet européen<sup>4</sup>, financé dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020, a pour objectif d'accroître la sensibilisation, la capacité, l'adoption et l'impact à long terme de l'IA en Europe pour les forces de l'ordre. Le consortium est composé de 52 partenaires de 18 pays européens, dont 15 organismes chargés de l'application de la loi (LEA), des organismes du monde académique et des industriels<sup>5</sup>.

**Périmètre applicatif de STARLIGHT.** Le projet et les LEA impliquées ciblent 6 domaines clés : la lutte contre l'exploitation sexuelle des enfants, la protection des espaces publics, la lutte contre le crime organisé, la défense des frontières et la sécurité extérieure, la lutte

contre les actes de cyber-criminalité, la lutte contre le terrorisme.

Au sein de l'équipe STARLIGHT-IRIT, nous nous focalisons sur deux problématiques : le support à l'investigation et la surveillance des communautés en ligne d'extrême droite radicale d'une part et l'aide à la décision pour le respect du cadre juridique européen lors d'échange d'information entre LEA d'autre part.

**Objectifs de STARLIGHT.** Le projet vise 5 objectifs. Améliorer la **compréhension** de l'IA au sein des LEA afin d'augmenter leur capacité d'enquête, la cybersécurité et le respect des valeurs juridiques, éthiques et sociétales. Offrir aux LEA des **outils et solutions d'IA exploitables** dans leur travail opérationnel, qui soient fiables et transparents. Veiller à ce que les LEA puissent **protéger leurs propres systèmes d'IA** grâce à des approches de confidentialité et de sécurité dès la conception, ainsi qu'à l'aide de meilleurs outils et connaissances en matière de cybersécurité. Accroître l'expertise et la capacité des LEA à **combattre** l'utilisation de l'IA à des fins criminelles ou terro-

3. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Intelligence Artificielle.

4. <https://www.starlight-h2020.eu>

5. <https://www.starlight-h2020.eu/partners>



ristes. **Soutenir durablement l'utilisation de l'IA par les LEA** européens à travers la création d'un *AI Hub* impliquant des acteurs industriels et contribuant à l'autonomie des LEA européens en matière d'IA.

## Description des travaux

### Support pour l'investigation des communautés en ligne d'extrême droite radicale.

Les actions terroristes commises au nom d'une idéologie d'extrême droite sont une préoccupation majeure pour les gouvernements, comme le souligne le rapport annuel 2022 d'Europol [3]. Le rapport pointe également le rôle des communautés en ligne dans la diffusion des idéologies liées au terrorisme.

Afin de fournir des outils aux enquêteurs, nous travaillons sur la génération de bases de connaissances interrogeables à partir de points d'entrée ou à l'aide d'API. Pour ce faire, nous collectons des textes sur les plateformes sociales du web utilisées par ces communautés. Des informations sont extraites de ces textes à l'aide de techniques de traitement automatique des langues (TAL). Ces informations permettent d'enrichir des graphes de connaissances au format RDF structurés grâce à des ontologies. Ce type d'approche, combinant ingénierie sémantique et TAL, a été utilisé avec succès dans des problèmes similaires [1].

### Aide à la décision pour les échanges entre LEA.

Les échanges entre LEA européens sont l'objet d'une importante réglementation législative : la Directive Police Justice [2]. Lorsqu'un LEA reçoit une demande d'information de la part d'un autre LEA, il doit s'assurer de la légalité de la transmission de ces informations en se fondant entre autres sur cette directive afin de protéger les droits fondamen-

taux des citoyens de l'UE. Elle est cependant complexe et le traitement des requêtes d'information s'avère difficile.

Afin d'assister les LEA dans le traitement des requêtes d'information, nous travaillons sur un système d'aide à la décision s'appuyant d'une part sur une modélisation sémantique d'une partie de la directive et d'autre part sur les pratiques usuelles de partage d'information au sein de chaque LEA. En effet, les règlements ayant cours au sein d'un LEA peuvent être plus contraignants que ceux de la directive. Ce travail nécessite de définir un processus d'extraction des règles pertinentes et de modélisation de l'information légale, et d'intégrer ces règles dans un système d'aide à la décision qui puisse apprendre à partir de l'expérience de ses utilisateurs [4]. .

## Références

- [1] Óscar Araque, J Fernando Sánchez-Rada, Álvaro Carrera, Carlos Á Iglesias, Jorge Tardío, Guillermo García-Grao, Santina Musolino, and Francesco Antonelli. Making sense of language signals for monitoring radicalization. *Applied Sciences*, 12(17) :8413, 2022.
- [2] Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne. Directive (UE) 2016/680, 2016.
- [3] EUROPOL. *European Union Terrorism Situation and Trend Report*, 2022.
- [4] Pierre-Yves Gicquel, Jérémy Bouché-Pillon, Pascale Zaraté, Nathalie Aussenac-Gilles, and Yannick Chevalier. Ontologies and Rules for Access Control : a Feature Oriented Survey. In *1st Workshop on Collaboration in Knowledge Discovery and Decision Making : Applications to Sustainable Agriculture*, pages 1–12, 2022.



## ■ LIMOS/SIC : Systèmes d'Information et de Communication

LIMOS/Axe SIC | **Violaine ANTOINE**  
Université Clairemont Auvergne | [violaine.antoine@uca.fr](mailto:violaine.antoine@uca.fr)

### Membres

- Violaine ANTOINE, MCF
- Vincent BARRA, PR
- Olivier BOISSIER, PR
- Marinette BOUET, MCF
- Gérard CHALOUB, MCF
- Victor CHARPENAY, MCF
- François DELOBEL, MCF
- Issam FALIH, MCF
- Oussama HABACHI, PR
- Pascal LAFOURCADE, MCF
- Maxime LEFRANÇOIS, MCF
- Engelbert Mephu NGUIFO, PR
- Christophe REY, MCF
- Sébastien SALVA, PR
- Farouk TOUMANI, PR
- Philippe VASLIN, MCF
- Antoine ZIMMERMANN, MCF

### Thématique générale de l'équipe

L'axe Système d'Information et de Communication (SIC) du Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LIMOS) regroupe les travaux en interaction avec l'acquisition, la gestion et le traitement des données. L'axe SIC s'organise principalement autour de deux thèmes de recherche : « Réseaux et Sécurité » ; « Données, Services et Intelligence ».

### Réseaux et Sécurité

Le thème « Réseaux et Sécurité » focalise sur les protocoles de réseaux et de la cybersécurité. En réseaux, le thème traite les problématiques liées à l'amélioration des performances des réseaux sans fil tels que Wi-Fi, ZigBee,

LoRaWAN, ITS-G5, 5G/6G, etc. En ce qui concerne la cybersécurité, cette activité couvre les problématiques de validation des protocoles et algorithmes, ainsi que la conception de nouveaux systèmes de gestion d'authentification, de distribution et gestion de clés, ainsi que la protection de la vie privée.

Depuis quelques années, les chercheurs du thème, notamment Gérard CHALHOUB et Oussama HABACHI, s'intéressent à l'usage des techniques d'*apprentissage automatique* pour l'optimisation des performances des réseaux sans fil [6]. La méthodologie adoptée se base sur l'usage de techniques d'*apprentissage par renforcement* (RL) et d'*apprentissage profond par renforcement* (DRL) couplé à un simulateur de réseau. Le simulateur réseau permet d'effectuer la phase de l'entraînement dans un environnement contrôlé et de couvrir un espace de situations très important. Les modules RL et DRL sont ensuite testés et validés par simulation mais dans de nouveaux scénarios, différents de ceux utilisés pendant l'entraînement [7]. L'expertise du thème en simulation des protocoles sans fil permet de se doter de modèles de simulation très proches de la réalité permettant de fiabiliser la phase d'entraînement et gagner du temps lors de la phase d'expérimentation réelle.

Sur la problématique de la sécurité, nous analysons la sécurité des chiffrements symétriques. L'objectif est d'utiliser des méthodes d'intelligence artificielle (IA) comme la programmation par contraintes pour cryptanalyser automatiquement ces chiffrements [8, 9]. Dans le contexte de l'apprentissage artificiel fédéré, les techniques cryptographiques sont utilisées pour développer un cadre sécurisé pour l'ap-



prentissage sur des données distribuées [10].

## Données, Services et Intelligence

Le thème « Données, Services et Intelligence » (DSI) concentre ses questions sur trois grandes problématiques : gestion de masses de données, apprentissage artificiel, représentation de connaissances.

Concernant la *gestion de masses de données*, devant l'accroissement rapide des bases de données collectées, il est nécessaire de repenser l'adéquation et l'adaptabilité de nombreuses solutions de gestion de données, aussi bien sur le point de vue des techniques d'exploration, que sur les processus de mise en œuvre et l'usage de ces solutions. Nous avons notamment abordé le problème de la recherche de sous-graphes fréquents [13, 14], du *clustering* de grands graphes [17], de l'optimisation des temps de communication [15] ou du temps de calcul des agrégats [16].

La seconde problématique est liée à la *découverte de caractéristiques et l'apprentissage artificiel* [24] en présence de données complexes (images [11], graphes [11, 13, 14, 17], séries temporelles [18, 23], etc.) Un sujet phare ici est l'évaluation de la qualité des données par la prise en compte d'information sémantique [14, 19], la gestion de cette qualité par le biais de modélisation mathématique de l'incertitude [1, 23] et l'extraction de connaissances certaines et incertaines permettant à un expert de mieux appréhender des informations récupérées [2, 3]. Nous nous intéressons également à l'apprentissage par transfert et à l'adaptation de domaine non supervisée pour le transport optimal [12].

La troisième problématique porte sur la *représentation de connaissances et les services*. L'une des activités consiste à collecter des données de processus sous forme de logs, à inférer des modèles formels (*model learning*), à partir desquels des analyses sont effectuées ou des

tests sont générés. Un exemple concerne l'analyse de sécurité de systèmes d'objets connectés grâce à ce procédé [4, 5]. En représentation de connaissances, nous étudions le problème du raisonnement dans les logiques de description avec variables [20], à l'intégration de données basée sur des ontologies un contexte distribué [21], et aussi à la conception d'outils de raisonnement automatisé pour systèmes cyber-physiques [22].

Les applications que nous traitons sont généralement reliées aux problématiques mentionnées ci-dessus.

## Références

- [1] N. Wagner, V. Antoine, J. Koko, R. Lardy. Fuzzy k-NN based classifiers for time series with soft labels. *Communications in Computer and Information Science* 1239, Springer, 2020, ISBN 978-3-030-50152-5
- [2] V. Antoine, J. Guerrero, G. Romero. Possibilistic fuzzy c-means with partial supervision. *Fuzzy Sets and Systems*, 449 :162–186, 2022.
- [3] V. Antoine, J. Guerrero, J. Xie. Fast semi-supervised evidential clustering. *International Journal of Approximate Reasoning*, 133 :116–132, 2021.
- [4] S. Salva, E. Blot. Learning of Behavioural Models and Dependency Graphs for Communicating Systems with CkTailv2. *Software Tools for Technology Transfer Journal*, 24(4) :529–548, 2022.
- [5] S. Salva, J. Sue. Test Case Backward Generation for Communicating Systems from Event Logs. *iN ICISOFT*, 2022.
- [6] M. Kortas, O. Habachi, A. Bouallegue, V. Meghdadi, T. Ezzedine, J.-P. Cances. Robust Data Recovery in Wireless Sensor Network : A Learning-Based Matrix Completion Framework. *Sensors*, 21(3) :1016, 2021. doi : 10.3390/s21031016.



- [7] I. Sammour, G. Chalhoub. Application-Level Data Rate Adaptation in Wi-Fi Networks Using Deep Reinforcement Learning, in IEEE VTC, 2022.
- [8] L. Libralesso, F. Delobel, P. Lafourcade, C. Solnon. Automatic Generation of Declarative Models for Differential Cryptanalysis. In 27th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming, 2021.
- [9] D. Gerault, P. Lafourcade, M. Minier, C. Solnon. Computing AES related-key differential characteristics with constraint programming. *Artificial intelligence*, 278, 103183, 2020.
- [10] R. Ciucanu, P. Lafourcade, G. Marcadet, M. Soare. SAMBA : A Generic Framework for Secure Federated Multi-Armed Bandits. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 73, 737–765, 2022.
- [11] V. Barra, S. Biasotti. 3D shape retrieval using kernels on extended Reeb graphs. *Pattern Recognition*, 46(11) :2985–2999, 2013.
- [12] M. El Hamri, Y. Bennani, I. Falih. Hierarchical optimal transport for unsupervised domain adaptation. *Machine Learning*, 1–24, 2022.
- [13] S. Aridhi, L. d’Orazio, M. Maddouri, E. Mephu Nguifo. Density-based data partitioning strategy to approximate large-scale subgraph mining. *Information Systems*, 48 :213–223, 2015.
- [14] W. Dhifli, S. Aridhi, E. Mephu Nguifo. MR-SimLab : Scalable subgraph selection with label similarity for big data. *Information Systems*, 69 :155–163, 2017.
- [15] A. Belghoul, M. Baiou, F. Toumani. MIND : An approach to optimize communication time via middleware tuning. *Information Systems*, 82 :17–32, 2019.
- [16] C. Zhang, R. Akbarinia, F. Toumani. Efficient incremental computation of aggregations over sliding windows. In 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, 2136–2144, 2021.
- [17] W. Inoubli, S. Aridhi, H. Mezni, M. Maddouri, E. Mephu Nguifo. A distributed and incremental algorithm for large-scale graph clustering. *Future Generation Computer Systems*, 134 :334–347, 2022.
- [18] V. S. S. Fotso, E. Mephu Nguifo, P. Vaslin. Frobenius correlation based u-shapelets discovery for time series clustering. *Pattern Recognition*, 103 :107301, 2020.
- [19] O. Issa, A. Bonifati, F. Toumani. INCA : Inconsistency-Aware Data Profiling and Querying. In International Conference on Management of Data, 2745–2749, 2021.
- [20] T. Ducros, M. Bouet, F. Toumani. Weak subsumption in the EL-description logic with refreshing variables. In *Description Logics*, 2021.
- [21] K. Ennaoui, M. Faivre, S. Hassan, C. Rey, L. Dargent, H. Girod, E. Mephu Nguifo. Ontology-based data integration in a distributed context of coalition air missions. In *Extraction et Gestion des Connaissances*, 2021.
- [22] V. Charpenay, V., A. Zimmermann, M. Lefrançois, O. Boissier. Hypermedea : A Framework for Web (of Things) Agents. In *Companion Proceedings of the Web Conference*, 176–179, 2022.
- [23] M. F. Mbouopda. Uncertain Time Series Classification. In *IJCAI*, 4903–4904, 2021.
- [24] V. Barra, A. Cornuéjols ; L. Miclet. *Apprentissage artificiel : concepts et algorithmes - De Bayes et Hume au Deep Learning*, Eyrolles.



## ■ LIRIS/AMPLIFIER : Active Multisensory Perception and Learning For Interactive Robots

LIRIS/SyCoSMA  
Université Lyon 1

<https://svh.imag.fr/index.php/Projects/AMPLIFIER>

**Mathieu LEFORT**

[mathieu.lefort@liris.cnrs.fr](mailto:mathieu.lefort@liris.cnrs.fr)

### Membres impliqués<sup>6</sup>

- Jean-Charles QUINTON, MCF, LJK UGA
- Simon FOREST, MCF, LJK UGA

### Membres impliqués<sup>7</sup>

- Marie AVILLAC, MCF, CRNL Lyon 1
- Alan CHAUVIN, MCF, LPNC UGA
- Nathalie GUYADER, MCF, Gispalab UGA

### Thématique générale de l'équipe

Nous cherchons à améliorer la fusion de données pour les systèmes artificiels en adoptant une approche transdisciplinaire alliant d'une part psychophysique et mathématiques appliquées pour améliorer notre compréhension de la perception chez l'humain et, d'autre part, informatique et robotique pour l'application et le développement de ces paradigmes pour les robots [5, 2].

L'intégration multi-sensorielle est une fonction essentielle de notre cerveau pour améliorer la perception et former une représentation cohérente de l'environnement. Nous cherchons à améliorer la compréhension de ce mécanisme chez l'humain, dans le cas audio-visuel, en particulier lors de la prise d'information active via des saccades oculaires.

Pour un robot, les données issues de capteurs sont très bruitées en environnement réel. L'utilisation de plusieurs capteurs hétérogènes permet d'enrichir les informations disponibles

mais pose les problématiques de savoir quand et comment fusionner ces informations. Nous étudions l'apprentissage des structures perceptives sous-jacentes pour rendre la combinaison de différentes modalités plus riche et robuste en pondérant automatiquement l'information de chaque capteur suivant sa qualité.

### Description des travaux

Suite au développement d'un dispositif innovant permettant de contrôler finement les stimuli visuels et auditifs autour du participant [6], des expérimentations en psychophysique ont en particulier permis de quantifier l'impact des variations de précision des stimuli et de la réalisation de saccades visuelles sur la fusion multimodale [7, 1].

Ces données ont été modélisées en utilisant le paradigme des champs neuronaux dynamiques, faisant le lien avec les substrats neuronaux impliqués et ouvrant la voie à des interprétations comportementales au niveau des essais individuels au-delà de moyennes statistiques [4].

Pour un agent de type robotique, les champs neuronaux, couplés à un mécanisme d'apprentissage de topologies multimodales irrégulières, permettent de réaliser une fusion de données hétérogènes par la prise en compte de sa pertinence relative liée à la précision locale du capteur [3].

6. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Intelligence artificielle.

7. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique Psychophysique.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

## Références

- [1] Aurélien Belle, Alisa Rieger, Jean-Charles Quinton, Mathieu Lefort, Alan Chauvin, Nathalie Guyader, and Marie Avillac. Effect of sensory reliability and saccadic eye-movements on multisensory integration in the spatial ventriloquism paradigm. In *International Multisensory Research Forum*, 2022.
- [2] Simon Forest, Mathieu Lefort, and Jean-Charles Quinton. Biological constraints in neural field models of sensor fusion. In *4th International Workshop on Intrinsically Motivated Open-ended Learning*, 2019.
- [3] Simon Forest, Jean-Charles Quinton, and Mathieu Lefort. Combining manifold learning and neural field dynamics for multimodal fusion. In *International Joint Conference on Neural Networks*, pages 1–8. IEEE, 2022.
- [4] Simon Forest, Jean-Charles Quinton, and Mathieu Lefort. A dynamic neural field model of multimodal merging : application to the ventriloquist effect. *Neural Computation*, 2022.
- [5] Mathieu Lefort, Jean-Charles Quinton, Marie Avillac, and Adrien Techer. Active multisensory perception and learning for interactive robots. In *Workshop on Computational Models for Crossmodal Learning-IEEE ICDL-EPIROB*, page 2, 2017.
- [6] Mathieu Lefort, Jean-Charles Quinton, Simon Forest, Adrien Techer, Alan Chauvin, and Marie Avillac. Influence of eye-movements on multisensory stimulus localization : experiments, models and robotics applications. In *Grenoble Workshop on Models and Analysis of Eye Movements*, page 1, 2018.
- [7] Alisa Rieger, Jean-Charles Quinton, Mathieu Lefort, Nathalie Guyader, Alan Chauvin, and Marie Avillac. Unimodal weights in bimodal perception : influence of intermodal differences in stimulus reliability and task induced saccades on crossmodal bias. In *International Multisensory Research Forum*, 2022.

## ■ LIRIS/TWEAK : Traces, Web, Education, Adaptation, Knowledge

LIRIS/TWEAK  
INSA Lyon

Université Lyon 1  
<https://liris.cnrs.fr/equipe/tweak>

**Frédérique LAFOREST**

[frederique.laforest@insa-lyon.fr](mailto:frederique.laforest@insa-lyon.fr)

**Marie LEFEVRE**

[marie.lefevre@liris.univ-lyon1.fr](mailto:marie.lefevre@liris.univ-lyon1.fr)

## Membres

- Pierre-Antoine CHAMPIN, MCF
- Béatrice FUCHS, MCF
- Nathalie GUIN, MCF
- Stéphanie JEAN-DAUBIAS, PR
- Frédérique LAFOREST, PR
- Marie LEFEVRE, MCF
- Lionel MÉDINI, MCF
- Alain MILLE, PR
- Anaëlle BADIER, Doctorat
- Alexandre BENTO, Doctorat
- Alice BRENON, Doctorat
- Julian BRUYAT, Doctorat



## Thématique générale de l'équipe

Les travaux de l'équipe TWEAK s'inscrivent depuis sa création en 2015 dans les disciplines de l'**intelligence artificielle** et de l'**ingénierie des connaissances** (IC) et explorent plus spécifiquement deux dimensions : les **EIAH** (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) et le **Web**. Nous nous intéressons en particulier à l'**explicabilité** des dispositifs numériques que nous proposons.

Les recherches que nous menons sont largement dirigées par des problématiques appliquées, en lien avec des acteurs de terrain. C'est pourquoi nous nous efforçons d'opérationnaliser nos résultats de recherche et nos théories, 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. Nos résultats de recherche dans le domaine des EIAH (notamment la plateforme ASKER [6]) sont également déployés dans les formations de l'Université Lyon 1, qui nous fournissent un terrain d'expérimentation en grandeur réelle.

## Description des travaux en IC

Nos travaux en IC concernent en particulier une ingénierie de la dynamique des connaissances dans laquelle des *traces modélisées* constituent une représentation de l'expérience et une importante source de connaissances. Nous proposons la notion de système de gestion de traces modélisées, spécifiée et mise en œuvre au sein d'une plateforme ouverte : kTBS [3]. Cette plateforme, couplée à une instrumentation des systèmes informatiques tracés, place l'utilisateur dans un rôle central pour la co-construction et l'exploitation des connaissances. Nous développons pour cela le paradigme du raisonnement à partir de l'expérience tracée [11], un processus interac-

tif et dynamique où la transparence des traitements automatiques permet à l'utilisateur de les adapter à ses besoins propres. Nous étudions de plus les traces dans le cadre de la découverte interactive de connaissances qui exploite des algorithmes d'exploration des traces afin de construire une modélisation de phénomènes complexes en étroite interaction avec un utilisateur-analyste spécialiste du domaine [4]. Nous nous appuyons aussi sur les sciences humaines et sociales pour soutenir l'utilisation réflexive des traces d'activité.

Nos travaux en IC concernent également les assistants intelligents qui aident les utilisateurs à mener à bien leurs tâches. Le projet AGATE (*an Approach for Genericity in Assistance To complEx tasks*) propose des modèles génériques et des outils unifiés pour permettre la mise en place de systèmes d'assistance dans des applications existantes variées [5]. Nous proposons un processus d'adjonction d'épi-assistance en deux phases : la spécification de l'assistance par le concepteur d'assistance et l'exécution de l'assistance spécifiée sur l'application-cible pour l'utilisateur final. L'environnement SEPIA (*Specification and Execution of Personalized Intelligent Assistance*), qui met en œuvre nos propositions, peut être greffé sur des applications sans qu'il soit nécessaire d'accéder au code source de l'application ou de le modifier (approche épiphyte). SEPIA peut surveiller une application cible et suivre toutes les interactions de l'utilisateur avec cette application, par exemple un clic sur un bouton ou l'ouverture d'un menu, ce qui peut ensuite être utilisé pour fournir une assistance contextualisée à l'utilisateur.

## Description des travaux en EIAH

Nos travaux dans le domaine des EIAH visent à proposer des modèles permettant de fournir aux différents acteurs d'une situation d'apprentissage (auteurs de contenus pédago-



giques, enseignants, apprenants) des outils destinés à soutenir l'apprentissage. Pour cela, nous nous intéressons à la co-évolution des systèmes utilisateurs-machines au sein des environnements informatisés, en adoptant un point de vue orienté connaissances. Nous défendons que c'est l'acquisition de connaissances auprès de ces différents acteurs qui leur permet de contribuer à la mise en œuvre d'un environnement d'apprentissage adapté aux besoins de chacun.

Dans le cadre d'une approche par compétences, nous visons ainsi à assister l'enseignant dans la création d'activités pédagogiques [6], le suivi de ses élèves, et la mise en œuvre d'un enseignement adaptatif [8].

Nos travaux sur la génération d'exercices sont réifiés au sein de la plateforme **ASKER** (*Authoring tool for aSsessing Knowledge generating exeRcises*) [6]. Cet outil propose une génération semi-automatique d'exercices d'auto-évaluation en permettant à l'auteur (généralement un enseignant) de créer un modèle d'exercices selon ses choix pédagogiques. Ce modèle est ensuite automatiquement instancié par les générateurs pour donner lieu à un grand nombre d'exercices différents évaluant tous les mêmes compétences. Les réponses aux exercices peuvent être évaluées automatiquement et instantanément par le système, ce qui permet à l'apprenant d'avoir un retour immédiat sur son niveau de maîtrise.

Au sein du projet ANR **COMPER**, qui vise à concevoir des modèles et des outils permettant de mettre en œuvre une approche par compétences pour accompagner l'apprentissage de manière personnalisée, nous avons proposé une représentation de référentiels de compétences qui permet de lier aux compétences les activités pédagogiques proposées aux apprenants afin d'élaborer pour chacun d'eux un profil de compétences. Ces profils sont exploités pour personnaliser les activités et les parcours d'ap-

prentissage en exploitant une stratégie de personnalisation [13] décrivant quelle activité proposer à l'apprenant en fonction du contenu de son profil.

L'exploitation des traces d'interaction entre l'apprenant et un EIAH permet également de soutenir l'autorégulation de l'apprentissage, à travers la constitution de profils ouverts de compétences [9], permettant à la fois à l'apprenant de se fixer des objectifs et au système de lui recommander des activités personnalisées [12, 1].

Afin de découvrir et comprendre les phénomènes d'apprentissage et d'enseignement qui surviennent au sein des EIAH, nous travaillons sur l'analyse des traces d'interaction des différents acteurs (chercheurs, enseignants, apprenants, etc.) des environnements de *e-learning*. Dans le cadre du projet ANR **HUBBLE**, nous avons pu observer que la définition et la mise en œuvre des processus d'analyse de traces confronte les analystes à divers problèmes. Parmi ces problèmes l'on peut citer l'expression formelle du besoin, le choix des plateformes d'analyse, la représentation des traces à utiliser, ou encore la manière de représenter le processus d'analyse lui-même. Pour assister les différents acteurs, nous avons proposé des modèles et méthodes, réifiés au sein d'outils, pour capitaliser les processus d'analyse de ces traces d'interaction. Notre approche repose sur une représentation narrative, plutôt que technique, des processus d'analyse [7]. Pour cela, elle s'appuie sur un cadre ontologique permettant une représentation formelle des concepts de haut niveau mis en œuvre dans l'analyse. L'objectif est de permettre à tous les acteurs impliqués, experts ou non-experts, de décrire et partager des processus d'analyse, en s'abstrayant des spécificités techniques de la plateforme utilisée. Les processus ainsi décrits peuvent alors être réutilisés dans d'autres contextes, et modifiés ou enrichis par la communauté.



## Description des travaux sur le Web

Le Web est devenu le médium privilégié d'interaction entre utilisateurs et applications informatiques. Aussi, avec l'intégration de plus en plus forte du Web avec le monde physique via les objets connectés et la robotique, la distinction entre activités numériques et activités en général s'estompe. Nous nous inscrivons dans une vision d'un Web sémantique où les connaissances sont explicites et partageables entre utilisateurs et machines, permettant aux applications de s'adapter aux besoins et aux contextes des utilisateurs, et aux utilisateurs de devenir des acteurs avertis de l'utilisation des technologies. Cette approche nécessite des méthodes, outils et formalismes permettant de raisonner efficacement sur des connaissances partagées d'une part, et sur des données liées et ouvertes accessibles à travers le Web d'autre part. Dans un contexte où l'évolution des technologies et des usages est permanente, nous nous appuyons sur des standards établis et émergents, que nous contribuons à développer et à promouvoir.

Nos travaux portent en particulier sur le « Web des Objets » qui étend l'Internet des Objets pour permettre l'accès et la manipulation des objets connectés en utilisant les standards du Web.

Le projet ANR ASAWoO [10] a proposé le concept d'*avatar*, un composant logiciel étendant un objet connecté, et exposant une interface Web standard. ASAWoO offre ainsi une plateforme d'interopérabilité entre des objets connectés hétérogènes. Dans le cadre de ce projet, nous avons proposé une solution d'adaptation contextuelle multi-préoccupations pour les applications Web des Objets, répondant à des besoins d'utilisabilité, de flexibilité, de pertinence et de performance. D'abord, nous avons proposé un méta-modèle générique permettant de concevoir des modèles contextuels standards, interopérables et

réutilisables. Deuxièmement, nous avons présenté un cycle de vie du contexte et un *workflow* d'adaptation contextuelle permettant la sémantisation de données brutes, ainsi que la contextualisation en parallèle durant l'exécution de l'application. Ce *workflow* combine des données issues de sources hétérogènes, telles que l'expertise du domaine, les documentations techniques des objets, les données de capteurs et de services Web. Troisièmement, nous avons présenté une méthode de génération de règles d'adaptation basées sur des situations contextuelles, permettant de limiter l'effort des experts et concepteurs lors de l'élaboration d'applications adaptatives. Quatrièmement, nous avons proposé deux optimisations pour le raisonnement contextuel : la première adapte la localisation des tâches de raisonnement en fonction du contexte, la seconde améliore le processus de maintenance incrémentale d'informations contextuelles. Les contributions à la plateforme ASAWoO, ainsi que les projets annexes que nous avons développés (moteur d'inférences [HyLAR](#) et son [cadriciel](#) de raisonnement) sont publiquement disponibles sous licences Open Source. Ce travail se fonde sur un scénario pour l'agriculture numérique.

Le projet ANR [CosWoT](#) vise à permettre la spécification, le développement et l'exécution d'applications frugales, intelligentes et explicables, conformes aux standards du Web Sémantique et du Web des Objets. De telles applications sont destinées à être déployées sur des environnements de type « edge » ou « fog », c'est-à-dire décentralisé sur les différents nœuds d'une infrastructure IoT. En particulier, elles devront pouvoir être partiellement exécutées sur des objets contraints en ressources tels que des microcontrôleurs reliés à des capteurs ou à des actionneurs. Cela impose de prendre en compte et de maîtriser des paramètres comme l'empreinte mémoire des don-



nées et des traitements réalisés, leur consommation énergétique et la bande passante utilisée pour les communications entre objets. Par ailleurs, il est également nécessaire de programmer les composants logiciels qui seront déployés sur les objets contraints dans un langage « bas niveau ». À notre connaissance, cela n'a pas été fait en conformité avec les standards du Web, a fortiori en ce qui concerne les mécanismes d'interopérabilité et de raisonnement sémantique. L'usage d'ontologies pour modéliser les échanges entre les éléments de l'architecture est le point clé de l'interopérabilité, les ontologies actuelles devant être augmentées pour répondre à tous les besoins de nos cas d'usage. Il faut toutefois trouver un moyen de limiter les quantités de données échangées ainsi que l'usage mémoire de ces ontologies dans les objets contraints. De la même manière, le raisonnement sémantique permet un usage à la fois « élégant », approfondi et explicable de ces ontologies, mais il est gourmand en calcul et doit être optimisé ou distribué pour pouvoir être déployé sur ces objets. Nous fondons nos travaux sur la notion de **servient** définie par le W3C et dans la lignée de celle d'avatar du projet ASAWoO. Selon les caractéristiques des noeuds de l'architecture (capteurs, passerelles réseau, serveurs, clients, etc.), le servient installé sur chaque noeud sera en capacité d'effectuer une partie des raisonnements sur les données qu'il reçoit, permettant le traitement des données au plus près des sources. Nous travaillons donc à définir un moteur d'inférence embarqué et incrémental sur flux de graphes sémantiques, qui soit le plus léger possible, notamment en mémoire : LiRoT [2] est le résultat de ces travaux. La définition d'une méthode de raisonnement distribué est en cours pour profiter des capacités de chaque élément de l'architecture. Dans ce projet, nous étudions des cas d'usage dans les domaines de l'e-agriculture et des bâtiments intelligents.

## Références

- [1] Anaëlle Badier, Mathieu Lefort, and 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*, pages 294–299, 2021.
- [2] Alexandre Bento, Lionel Médini, Kamal Singh, and Frédérique Laforest. Do Arduinos dream of efficient reasoners? In *European Semantic Web Conference*, 2022.
- [3] Pierre-Antoine Champin, Alain Mille, and Yannick Prié. Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau. *Revue Intellectica*, (59) :171–204, 2013.
- [4] Béatrice Fuchs and Amélie Cordier. Interactive interpretation of serial episodes : experiments in musical analysis. In *Knowledge Engineering and Knowledge Management, 21<sup>st</sup> International Conference - EKAW-2018*, LNAI 11 313, pages 131–146. Springer, 2018.
- [5] Blandine Ginon, Stéphanie Jean-Daubias, Pierre-Antoine Champin, and Marie Lefevre. Langage et outils pour la spécification et l'exécution d'assistance à l'utilisateur dans des applications existantes. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 30(6) :705–733, 2016.
- [6] Nathalie Guin and Marie Lefevre. An Authoring Tool based on Semi-automatic Generators for Creating Self-assessment Exercises. In *14th International Conference on Computer Supported Education*, pages 181–188, 2022.
- [7] Alexis Lebis, Marie Lefevre, Vanda Luengo, and Nathalie Guin. Capitalisation of Analysis Processes : Enabling Reproducibility, Openness and Adaptability thanks



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- to Narration. In *8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, pages 245–254, 2018.
- [8] Marie Lefevre, Nathalie Guin, and Stéphanie Jean-Daubias. Personnaliser des activités pédagogiques de manière unifiée : une solution à la diversité des dispositifs. *STICEF*, 19 :309–351, 2012.
- [9] Sonia Mandin and Nathalie Guin. Basing learner modelling on an ontology of knowledge and skills. In *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 321–323, 2014.
- [10] Lionel Médini, Michael Mrissa, Mehdi Terdjimi, El-Mehdi Khalfi, Nicolas Le Sommer, Philippe Capdepuy, Jean-Paul Jamont, Michel Ocelllo, and Lionel Touseau. Building a Web of Things with Avatars. In Michael Sheng, Yongrui Qin, Lina Yao, and Boualem Benatallah, editors, *Managing the Web of Things : Linking the Real World to the Web*. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2017.
- [11] Alain Mille, Pierre-Antoine Champin, Amélie Cordier, Olivier Georgeon, and Marie Lefevre. Trace-Based Reasoning - Modeling interaction traces for reasoning on experiences. In *26th International FLAIRS Conference*, pages 1–15, 2013.
- [12] Laëtitia Pierrot, Christine Michel, Julien Broisin, Nathalie Guin, Marie Lefevre, and Rémi Venant. Promoting Self-Regulated Learning Strategies For First-Year Students Through The COMPER Service. In *18th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, 2021.
- [13] Louis Sablayrolles, Marie Lefevre, Nathalie Guin, and Julien Broisin. Design and Evaluation of a Competency-based Recommendation Process. In *Intelligent Tutoring Systems*, 2022.

## ■ LIS/QARMA : équipe d'Apprentissage automatique de Marseille

Laboratoire d'Informatique et  
Systèmes/ Qarma  
École Centrale de Marseille,  
Université d'Aix-Marseille  
<https://qarma.lis-lab.fr/>

**Thierry ARTIÈRES**  
[thierry.artieres@lis-lab.fr](mailto:thierry.artieres@lis-lab.fr)

**Cécile CAPPONI**  
[cecile.capponi@lis-lab.fr](mailto:cecile.capponi@lis-lab.fr)

### Membres

- Thierry ARTIÈRES, PR
- Cécile CAPPONI, PR
- Paul VILLOUTREIX, PR
- Stéphane AYACHE, MCF
- Rafika BOUTALBI, MCF
- François-Xavier DUPÉ, MCF
- Valentin EMIYA, MCF
- Hachem KADRI, MCF
- Thomas SCHATZ, MCF
- Ronan SICRE, MCF
- Farah CHERFAOUI, Post-doctorat
- Solène SONG, Post-doctorat
- Hanwei ZHANG, Post-doctorat
- Baptiste BAUVIN, Doctorat
- Hamed BENAZHA, Doctorat
- Alexandre BONOMO, Doctorat
- Léo BOUSCARRAT, Doctorat
- Balthazar CASALE, Doctorat
- Kaïs HADIZ, Doctorat
- Charly LAMOTHE, Doctorat



- Mimoun MOHAMED, Doctorat
- Swetali NIMJE, Doctorat
- Emmanuelle SALIN, Doctorat
- Malek SENOUSI, Doctorat
- Raphaël STURGIS, Doctorat
- Felipe TORRES FIGUEROA, Doctorat
- Rohit YADAV, Doctorat

## Thématique générale de l'équipe

Depuis sa création officielle en 2012 (et officieuse en 2008), le cœur des recherches de l'équipe Qarma est l'apprentissage automatique, de ses aspects les plus théoriques et fondamentaux, à des considérations plus algorithmiques, et en interdisciplinarité avec des secteurs privilégiés tels que la biologie, les neurosciences, ou encore le traitement du signal et le TAL. Ainsi, de l'apprentissage statistique à l'apprentissage de représentations et aux méthodes à noyaux, en passant par les méthodes ensemblistes et algorithmes gloutons d'apprentissage, les membres de Qarma œuvrent ensemble à mener de concert des contributions fondamentales en apprentissage et au passage à l'échelle de leurs méthodes à travers la prise en main de problématiques issues de cas réels d'usage.

## Description des travaux

Les travaux de recherche de l'équipe Qarma se déclinent selon plusieurs axes entremêlés décrits ci-après, avec quelques références bibliographiques choisies. Tous ces travaux sont menés dans le cadre de collaborations académiques locales, nationales (LITIS, LAHC, LIP6, etc.) et internationales (Aalto University, Univ. Laval à Québec/MILA, LAMSIN à l'Université de Tunis, Université de Stuttgart, etc.), mais aussi avec des entreprises (Searoutes, Euranova, etc.)

8. « independent and identically distributed »

**1. Théorie de l'apprentissage.** Il s'agit d'un axe essentiel de l'équipe qui s'intéresse aux fondements théoriques et algorithmiques de l'apprentissage automatique, se retrouve dans les autres axes dont il se nourrit, et se décline en plusieurs sous axes, les principaux étant décrits ci-après.

L'*Apprentissage quantique* est un domaine de recherche émergent à fort potentiel que Qarma investit depuis quelques années. Nous étudions des versions quantiques d'algorithmes d'apprentissage et aussi l'importation de notions fondamentales de l'informatique quantique dans l'apprentissage automatique [21, 7].

L'*Apprentissage multi-vues et éthique* : l'apprentissage multi-vues est un domaine de recherche que l'équipe étudie depuis une dizaine d'années, à travers la conception et l'étude formelle d'algorithmes ensemblistes (supervisés et non-supervisés), à base de noyaux, sur structures tenseurs, ou d'apprentissages de représentations [20, 6, 14, 18, 11, 8, 26, 5], avec le développement de composants logiciels [3]. Nous avons entrepris d'investir plus en avant et fondamentalement l'apprentissage sans biais dans le cadre multi-vues (problématiques de jeu de données non iid<sup>8</sup>, des variables sensibles et leurs corrélées à détecter dans toutes les vues, déséquilibres supervision/vues). Notre approche relie ces aspects fondamentaux et algorithmes aux problématiques d'éthique en apprentissage telles que rencontrées en neurosciences ou biologie.

Les *Machines à noyaux* : étudiées depuis plus de 30 ans, les méthodes à noyaux restent un domaine de recherche actif de l'apprentissage automatique qui a permis des avancées récentes, notamment dans la compréhension théorique de l'apprentissage profond [15, 23]. L'équipe présente des compétences bien développées dans cet axe de recherche [20, 10, 19]. Nous visons à développer, dans le cadre d'une



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

collaboration internationale avec le Japon, des nouvelles pistes de recherche sur la généralisation des noyaux reproduisant des espaces de Hilbert aux modules de Hilbert.

## 2. Signal, apprentissage et optimisation

Cet axe est l'objet d'une forte collaboration avec l'équipe Signal-Image de l'Institut de Mathématiques de Marseille (I2M) et vise à proposer des contributions principalement méthodologiques, en appui de la théorie de l'apprentissage [22, 9, 16, 17, 9, 13, 2, 21].

Nous nous spécialisons dans le *traitement de données sur graphes*. Nous explorons la combinaisons de méthodes d'apprentissage, d'optimisation et de théorie des graphes pour l'analyse de données représentées avec et par des graphes. En collaboration avec l'Institut des Neurosciences de la Timone (INT), nos travaux récents se positionnent sur l'appariement multiple de graphes pour une application sur les sillons du cortex [10, 6].

Par ailleurs, l'équipe a une expérience théorique et pratique de *la parcimonie et des modèles frugaux* : en nous appuyant sur l'expertise accumulée par l'équipe sur les modèles linéaires et non-linéaires parcimonieux, nous investissons actuellement le domaine des modèles frugaux, notamment via les factorisations parcimonieuses. En lien étroit avec les réseaux linéaires et les factorisations matricielles profondes, ces travaux se positionnent au cœur d'enjeux actuels des communautés signal/apprentissage quant à la conception de modèles à la fois expressifs et utilisant peu de paramètres. Ils nécessitent par ailleurs d'approfondir des questions d'optimisation, en particulier dans le cas non-convexe.

**3. Apprentissage profond** Les recherches dans cet axe portent à la fois sur des aspects fondamentaux et appliqués [1, 11, 28, 14, 17].

L'équipe mène ses recherches en *régularisation implicite et profondeur* : nous étudions la compression de modèles neuronaux, en lien avec la thématique frugalité de l'axe signal, notamment par l'extension des nos travaux antérieurs à des architectures basées sur l'attention, type transformeurs, pour lesquelles les taux de compression pourraient être très importants. Des premiers résultats ont été obtenus sur la régularisation implicite dans les factorisations tensorielles et sur l'effet de la profondeur dans celles-ci. L'extension de ces travaux à des modèles profonds pour la classification ou la régression est un verrou difficile et important dans la compréhension de ces modèles.

L'*interprétabilité* des architectures profondes est un enjeu majeur sur lequel nous portons un effort important. D'un point de vue fondamental, nous nous intéressons à l'interprétabilité des modèles récurrents par des mécanismes de discrétisation. D'un point de vue plus appliqué, nos travaux portent sur des problématiques d'explicabilité et d'interprétabilité de modèles opérant sur des images naturelles ou médicales.

**4. Recherches interdisciplinaires** Les recherches interdisciplinaires de l'équipe intersectent avec les trois axes fondamentaux précédents. Elles s'ancrent dans des collaborations locales au sein des instituts de convergence et d'établissement d'Aix-Marseille Université, et ont vocation à générer des collaborations au niveau national et international.

Dans le périmètre de l'ILCB (*Institute of Language Cognition and Brain*), l'objectif est d'une part d'utiliser les outils de l'apprentissage automatique pour mieux comprendre le fonctionnement du cerveau (ex. liens entre représentations computationnelles et cérébrales, étude du cerveau vocal, modélisation du développement perceptif chez l'enfant) et d'autre part de s'inspirer de l'étude de l'humain pour



développer de nouveaux outils en apprentissage automatique (ex. modèles dynamiques spécifiques au domaine combinés avec de l'apprentissage profond pour l'apprentissage frugal de représentations robustes pour les sons naturels, la parole ou le mouvement biologique, ou encore réseaux de neurones impulsionnels pour le traitement efficace de signaux massifs) [11, 12, 10].

De nombreuses autres recherches sont menées et développées dans le cadre de l'Institut Centuri (*Turing Center for Living Systems*) [25, 13, 18, 27], l'Institut Laënnec (*Intelligence Artificielle et santé*) [28], l'Institut Imaging [24], et dans le cadre de collaborations avec le LAM (Laboratoire d'Astrophysique de Marseille) en apprentissage profond et morphologie mathématique [4]. L'ensemble de ces recherches sont portées par des thèses co-supervisées, des projets en cours (ANR, Amidex) ou en cours de demandes de financement.

## Références

- [1] Stéphane Ayache, Ronan Sicre, and Thierry Artières. Transfer Learning by Weighting Convolution. In *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, Glasgow, United Kingdom, 2020.
- [2] Baptiste Bauvin, Cécile Capponi, Jean-François Roy, and François Laviolette. Fast greedy  $\mathcal{C}$ -bound minimization with guarantees. *Machine Learning*, 109(9-10) :1945–1986, September 2020.
- [3] Dominique Benielli, Baptiste Bauvin, Sokol Koço, Riikka Huusari, Cécile Capponi, Hachem Kadri, and François Laviolette. Toolbox for multimodal learn (scikit-multimodalllearn). *Journal of Machine Learning Research*, 23(51) :1–7, 2022.
- [4] Siouar Bensaid, Annie Zavagno, and François Xavier Dupé. Segmentation of the galactic ism filaments using deep learning and hi-gal catalogue. In *SciOps 2022 : Artificial Intelligence for Science and Operations in Astronomy (SCIOPS). Proceedings of the ESA/ESO SCOPS Workshop held 16-20 May*, page 15, 2022.
- [5] Rafika Boutalbi, Mira Ait-Saada, Anastasiia Iurshina, Steffen Staab, and Mohamed Nadif. Tensor-based graph modularity for text data clustering. In *Proceedings of the 45th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, SIGIR '22*, page 2227–2231, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [6] N. Buskalic, François-Xavier Dupé, S. Takerkart, and Guillaume Auzias. Labelling Sulcal Graphs Across Individuals Using Multigraph Matching. In *2021 IEEE 18th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, pages 1486–1490, Nice, France, April 2021. IEEE.
- [7] Balthazar Casalé, Giuseppe Di Molfetta, Hachem Kadri, and Liva Ralaivola. Quantum bandits. *Quantum Machine Intelligence*, 2(1), June 2020.
- [8] Mickaël Chen, Ludovic Denoyer, and Thierry Artières. Multi-View Data Generation Without View Supervision. In *6th International Conference on Learning Representations (ICLR 2018)*, Vancouver, Canada, April 2018.
- [9] Farah Cherfaoui, Valentin Emiya, Liva Ralaivola, and Sandrine Anthoine. Recovery and convergence rate of the Frank-Wolfe Algorithm for the m-EXACT-SPARSE Problem. *IEEE Transactions on Information Theory*, 65(11), November 2019.
- [10] François-Xavier Dupé, Rohit Yadav, Guillaume Auzias, and S. Takerkart. Kernelized multi-graph matching. In



- 14th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2022), Hyderabad, India, December 2022.
- [11] Badreddine Farah, Stéphane Ayache, Benoit Favre, and Emmanuelle Salin. Are Vision-Language Transformers Learning Multimodal Representations? A Probing Perspective. In *AAAI 2022*, Vancouver, Canada, February 2022.
- [12] Naomi Feldman, Sharon Goldwater, Emmanuel Dupoux, and Thomas Schatz. Do Infants Really Learn Phonetic Categories? *Open Mind*, 5 :113–131, November 2021.
- [13] Quentin Ferré, Cécile Capponi, and Denis Puthier. OLOGRAM-MODL : mining enriched n-wise combinations of genomic features with Monte Carlo and dictionary learning. *NAR Genomics and Bioinformatics*, 3(4), December 2021.
- [14] Quentin Ferré, Jeanne Chèneby, Denis Puthier, Cécile Capponi, and Benoît Ballester. Anomaly detection in genomic catalogues using unsupervised multi-view autoencoders. *BMC Bioinformatics*, 22(1) :460, September 2021.
- [15] Luc Giffon, Stéphane Ayache, Hachem Kadri, and Thierry Artières. Deepström : Émulsion de noyaux et d'apprentissage profond. In *CAP 2018 - Conférence sur l'Apprentissage Automatique*, Rouen, France, June 2018.
- [16] Luc Giffon, Valentin Emiya, Hachem Kadri, and Liva Ralaivola. QuickK-means : Acceleration of K-means by learning a fast transform. *Machine Learning*, 110 :881–905, May 2021.
- [17] Kais Hariz, Hachem Kadri, Stéphane Ayache, Maher Moakher, and Thierry Artières. Implicit Regularization with Polynomial Growth in Deep Tensor Factorization. In *International Conference on Machine Learning*, Baltimore, United States, July 2022.
- [18] Riikka Huusari, Cécile Capponi, Paul Villoutreix, and Hachem Kadri. Cross-view kernel transfer. *Pattern Recognition*, 129 :108759, 2022.
- [19] Riikka Huusari and Hachem Kadri. Entangled Kernels - Beyond Separability. *Journal of Machine Learning Research*, 22, January 2021.
- [20] Riikka Huusari, Hachem Kadri, and Cécile Capponi. Multi-view Metric Learning in Vector-valued Kernel Spaces. In *The 21st International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, Lanzarote, Spain, April 2018.
- [21] Hachem Kadri, Stéphane Ayache, Riikka Huusari, Alain Rakotomamonjy, and Liva Ralaivola. Partial Trace Regression and Low-Rank Kraus Decomposition. In *International Conference on Machine Learning*, Vienne (Online), Austria, July 2020.
- [22] Ama Marina Kreme, Valentin Emiya, Caroline Chau, and Bruno Torrèsani. Time-Frequency Fading Algorithms Based on Gabor Multipliers. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 15(1) :65–77, January 2021.
- [23] Paolo Milanese, Hachem Kadri, Stéphane Ayache, and Thierry Artières. Implicit Regularization in Deep Tensor Factorization. In *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, Online, China, July 2021.
- [24] Swetali Nimje, Thierry Artières, , and Ludovic de Rochefort. SANGRIA : one-Shot leArNinG super-Resolution with Adversarial training for accelerated Magnetic Resonance Imaging. In *Conférence Franco-phone d'Apprentissage*, Vannes, France, 2022.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- [25] Sarah Rubin, Ankit Agrawal, Johannes Stegmaier, Sharon Krief, Neta Felsenthal, Jonathan Svorai, Yoseph Addadi, Paul Villoutreix, Tomer Stern, and Elazar Zelzer. Application of 3d maps pipeline identifies the morphological sequence chondrocytes undergo and the regulatory role of *gdf5* in this process. *Nature communications*, 12(1) :1–16, 2021.
- [26] Akrem Sellami, François-Xavier Dupé, Bastien Cagna, Hachem Kadri, Stéphane Ayache, Thierry Artières, and Sylvain Takerkart. Mapping individual differences in cortical architecture using multi-view representation learning. In *IJCNN 2020 - International Joint Conference on Neural Networks*, Glasgow, United Kingdom, July 2020.
- [27] Solène Song, Malek Senoussi, Paul Escande, and Paul Villoutreix. Random walk informed community detection reveals heterogeneities in large networks. *arXiv preprint arXiv :2202.06729*, 2022.
- [28] Philipp A Tsvetkov, Rémi Eyraud, Stéphane Ayache, Anton A Bougaev, Soazig Malesinski, Hamed Benazha, Svetlana Gorokhova, Christophe Buffat, Caroline Dehais, Marc Sanson, Franck Bielle, Dominique Figarella Branger, Olivier Chinot, Emeline Tabouret, and François Devred. An AI-Powered Blood Test to Detect Cancer Using NanoDSF. *Cancers*, 13(6) :1294, March 2021.



## ■ DiTeX : Data-innovation pour le TeXtile et l'habillement

*LIST3N/M2S*

*Université de Technologie de Troyes*  
<https://recherche.utt.fr/list3n>

*IFTH*

*Institut Français Textile Habillement*  
<https://www.ifth.org/>

**Babiga BIRREGAH**

[babiga.birregah@utt.fr](mailto:babiga.birregah@utt.fr)

**Jérôme DOUCE**

[jdouce@ifth.org](mailto:jdouce@ifth.org)

### Membres

- Guy SCEMAMA, IFTH
- Audrey LAUXERROIS, IFTH
- François PEZERIL, IFTH
- Jérôme DOUCE, IFTH
- Pierre BEAUSEROY, PR UTT
- Antoine GRALL, PR UTT
- Hichem SNOUSSI, PR UTT
- Frédéric BERTRAND, PR UTT
- Edith GRALL, MCF UTT
- Myriam MAUMY, MCF UTT
- Babiga BIRREGAH, MCF UTT
- Yves LANGERON, UTT
- Philippe MEYER, Post-doctorat
- Mamadou KANOUTE, Doctorat

### Thématique générale de l'équipe

L'équipe-projet DiTeX regroupe des chercheurs du Laboratoire Informatique et Société Numérique (LIST3N) de l'Université de Technologie de Troyes (UTT) et de l'Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH). Elle travaille sur le développement d'outils et d'algorithmes d'Intelligence Artificielle (IA) pour l'innovation par la donnée dans le domaine du textile et de l'habillement.

Avec les nouvelles habitudes des consommateurs et l'accroissement constant de la vente en ligne, l'un des défis des confectionneurs et des professionnels de l'habillement est de limiter les retours dus à l'inadéquation de

certains barèmes de tailles. Cette préoccupation du « bien aller » pose la question plus générale de l'impact des retours sur toute la filière du textile. La réactualisation des barèmes de mensurations, via les bases obtenues lors des campagnes nationales de mensuration (CNM), est l'un des axes majeurs sur lesquels travaille l'IFTH depuis plusieurs années, pour une mode durable.

Les recherches au sein de DiTeX sont essentiellement centrées sur : (i) la réduction de la taille des campagnes de mensuration et (ii) la prédiction de mensurations cibles à partir d'un nombre limité de mensurations. Ces deux thématiques sont complémentaires. L'objectif à terme est de dimensionner des campagnes qui requièrent une petite taille de l'échantillon des sujets à mesurer avec peu de points de mesures à collecter. Ce double objectif aura pour but de limiter non seulement la taille mais aussi la fréquence des campagnes de mensuration nécessaires pour accroître la fiabilité des barèmes lors de leurs mises à jour.

### Description des travaux

Les travaux au sein de l'équipe-projet DiTeX tournent autour de deux principaux axes. Ces axes suivent le cycle classique de valorisation de données : exploration et préparation, modélisation et validation.



## Conception d'une plateforme d'exploration des données de l'habillement

Cet axe concerne le développement d'algorithmes d'exploration de données provenant de différentes campagnes de mensuration nationales et internationales. À terme il vise la conception d'un nouveau protocole de collecte de données, pour les futures campagnes nationales de mensuration, qui limite aussi bien le nombre de sujets à mesurer que le nombre de mensurations ciblées. Pour cela nous nous fondons sur des techniques d'augmentation/enrichissement automatiques des données en lien avec les méthodes statistiques de redressement par calage [1] et post-stratification [2].

## Construction de modèles prédictifs frugaux

Le travail dans cet axe a pour objectif d'innover en proposant des modèles prédictifs des mensurations d'intérêt moins gourmands en données d'entrée. La frugalité des modèles d'Intelligence Artificielle [3] est de nos jours l'un des défis majeurs de l'industrie qui très souvent manque de données en grande quantité et surtout de bonne qualité. C'est le cas

dans l'industrie de l'habillement qui fait face au double défi de la taille et de la fréquence des CNM pour maintenir les barèmes de mensurations à jour. L'enjeu est de prédire des mensurations clés pour une cible donnée (domaines de la mode et de la santé, vêtements techniques et de sécurité) à partir d'un très petit nombre de mensurations collectées lors de campagnes « allégées » moins lourdes et peu intrusives. Nous abordons cette problématique comme un problème d'enrichissement de données sous contrainte de taille et d'approvisionnement en sujet à mesurer.

## Références

- [1] Jean-Claude Deville and Carl-Erik Särndal. Calibration estimators in survey sampling. *Journal of the American statistical Association*, 87(418) :376–382, 1992.
- [2] Yves Tillé. Théorie des sondages. *Dunod, Paris*, 13 :23–26, 2001.
- [3] Yaqing Wang, Quanming Yao, James T Kwok, and Lionel M Ni. Generalizing from a few examples : A survey on few-shot learning. *ACM Computing Surveys*, 53(3) :1–34, 2020.

## ■ LITIS/APP : Apprentissage

LITIS/APP  
Université de Rouen et INSA Rouen  
<https://litislab.fr>

**Paul HONEINE**  
[paul.honeine@univ-rouen.fr](mailto:paul.honeine@univ-rouen.fr)

## Membres

- Sébastien ADAM, PR (Univ. Rouen)
- Maxime BERAR, MCF (Univ. Rouen)
- Simon BERNARD, MCF (Univ. Rouen)
- Stéphane CANU, PR (INSA Rouen)
- Clément CHATELAIN, MCF (INSA Rouen)
- Géraldine DEL MONDO, MCF (INSA Rouen)
- Abdel ENNAJI, MCF (Univ. Rouen)
- Gilles GASSO, PR (INSA Rouen)
- Benoît GAÜZÈRE, MCF (INSA Rouen)
- Laurent HEUTTE, PR (Univ. Rouen)
- Romain HÉRAULT, MCF (INSA Rouen)
- Pierre HÉROUX, MCF (Univ. Rouen)



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- Paul HONEINE, PR (Univ. Rouen)
- Stéphane NICOLAS, MCF (Univ. Rouen)
- Fannia PACHECO, MCF (Univ. Rouen)
- Thierry PAQUET, PR (Univ. Rouen)
- Caroline PETITJEAN, PR (Univ. Rouen)
- Youssef SAIDALI, MCF (Univ. Rouen)
- Pierrick TRANOUEZ, IR (Univ. Rouen)

### Mots-clés

- Deep learning
- Forêt aléatoire
- Graphe et analyse de graphes
- Apprentissage par transfert
- Apprentissage robuste

### Domaines d'application

- Analyse de documents anciens
- Reconnaissance de l'écriture
- Analyse de documents manuscrits
- Imagerie médicale
- Vision pour véhicule autonome
- Analyse de gestes sportifs

### Thématique générale de l'équipe

La recherche de l'équipe s'inscrit dans le champ du « Machine Learning », avec un focus important sur l'apprentissage par réseaux de neurones à architecture profonde, dit *Deep Learning*. Dans ce cadre, nous menons des travaux autour de l'analyse théorique et du développement d'outils et de méthodes génériques permettant d'interpréter des données « difficiles » (hétérogènes, multimodales, ou non euclidiennes), souvent dans des contextes exigeants nécessitant des modèles génératifs, modèles robustes aux attaques ou encore de l'adaptation de domaine. Nous décrivons dans ce qui suit des réalisations remarquables récentes.

### Description des travaux

#### Apprentissage sur graphes

Parmi les données « difficiles » manipulées au sein de l'équipe Apprentissage, les données de type graphes occupent une place importante qui s'explique par le fait que de nombreux objets peuvent être caractérisés à la fois par leurs propriétés intrinsèques mais aussi par les relations, parfois complexes, qu'ils entretiennent avec d'autres objets. Dans de tels cas, les graphes constituent un formalisme de représentation générique et puissant. On peut citer à titre d'exemples les relations entre les individus dans un réseau social, les liaisons de valence entre les atomes d'une molécule, ou encore les relations sémantiques entre concepts dans un graphe de connaissances. Prédire à partir d'exemples les propriétés de tels objets ou de graphes composés de multiples objets relève du domaine de l'apprentissage sur graphes, ou plus généralement de l'apprentissage géométrique, pour lequel les données ne reposent pas dans un espace Euclidien. Pendant longtemps, l'apprentissage sur graphes a été peu investi, en grande partie à cause de l'important coût de calcul des algorithmes opérant sur des graphes et du manque d'efficacité des métriques entre graphes, contraignant ainsi à l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage aux capacités limitées. L'équipe apprentissage du LITIS aborde ce sujet depuis longtemps, avec différents angles d'attaque. Parmi ces travaux, on retrouve la proposition de méthodes permettant de calculer des mesures de similarité entre graphes. Ces méthodes peuvent calculer des similarités explicites, telles que la distance d'édition [7], ou implicite, au travers la proposition de noyaux [6]. En s'appuyant sur ces résultats, l'équipe s'intéresse également à la problématique de pré-image [5] appliquée aux graphes. Sur cette problématique de mesure de similarité, des travaux visant à combiner les capaci-



tés du *Deep Learning* pour l'apprentissage de représentations avec les capacités de comparaison de distributions offertes par le transport optimal sont en également cours. Récemment, l'équipe s'est également intéressée à la proposition de nouvelles méthodes d'apprentissage profond dédiées aux graphes, avec des résultats théoriques importants sur le pouvoir expressif de telles méthodes [1, 2].

### Compréhension d'images de documents

La lecture et la compréhension automatique de documents numérisés sont des applications phares de l'équipe apprentissage. Nos travaux récents s'inscrivent dans le cadre de collaborations pluridisciplinaires avec les sciences sociales (projets ANR ou H2020) qui cherchent à exploiter des données historiques, en économies, démographies, histoire. Ces données ne sont disponibles que sous forme écrite, imprimée ou manuscrite. Il s'agit donc de les extraire pour constituer des bases de données qui permettent ensuite de développer des approches quantitatives en sciences humaines. Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de concevoir des systèmes de lecture qui vont au-delà la transcription image vers texte. Il devient nécessaire de détecter, transcrire et reconnaître les unités de sens. On parle de compréhension de documents visuels. Ces approches s'inspirent des modèles de langage développés récemment en *Deep Learning*, qui doivent également intégrer un étage de vision chargé de réaliser la transcription image vers texte. Les travaux les plus récents (2021-2022) intègrent les deux étages dans une architecture profonde. L'équipe apprentissage a développé très récemment des architectures profondes VAN (*Vertical Attention Network*) [4] et DAN (*Document Attention Network*) [3] qui réalisent respectivement la reconnaissance de paragraphes et la reconnaissance de documents de bout en bout. Ainsi l'architecture DAN réalise la

transformation image vers XML en produisant le document reconnu et sa structure de mise en page dans une transformation *image-to-sequence*, selon un ordre de lecture séquentiel du contenu. Cette architecture est elle-même entraînée à partir de données transcrites sans exploiter d'annotation physique. L'apprentissage est donc uniquement supervisé par les données textuelles, mais il permet d'apprendre le modèle optique caché sous-jacent. L'architecture associe un modèle optique entièrement convolutif et un modèle linguistique spatialisé intégrant des balises de mise en page basé sur un réseau *transformer*. L'apprentissage de l'architecture est réalisé selon une stratégie de *curriculum learning* initialisée sur des données synthétiques de difficulté croissante, avant de poursuivre sur les données réelles. L'architecture proposée atteint les performances de l'état de l'art des systèmes travaillant sur des lignes d'écritures isolées, mais en réalisant pour la première fois la lecture de bout en bout d'un document complet. Ainsi l'analyse de la mise en page du document est réalisée sans sacrifier les performances en reconnaissance.

### Références

- [1] Muhammet Balcilar, Pierre Héroux, Benoit Gaüzère, Pascal Vasseur, Sébastien Adam, and Paul Honeine. Breaking the limits of message passing graph neural networks. In Marina Meila and Tong Zhang, editors, *38th International Conference on Machine Learning*, volume 139 of *Proceedings of Machine Learning Research*, pages 599–608, 2021.
- [2] Muhammet Balcilar, Guillaume Renton, Pierre Héroux, Benoit Gaüzère, Sébastien Adam, and Paul Honeine. Analyzing the expressive power of graph neural networks in a spectral perspective. In *9th International Conference on Learning Representations*, 2021.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- [3] Denis Coquenot, Clément Chatelain, and Thierry Paquet. DAN : a segmentation-free document attention network for handwritten document recognition. *arXiv.2203.12273*, 2022.
- [4] Denis Coquenot, Clément Chatelain, and Thierry Paquet. End-to-end handwritten paragraph text recognition using a vertical attention network. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (in press), 2022.
- [5] Linlin Jia, Benoît Gaüzère, and Paul Honeine. A graph pre-image method based on graph edit distances. In Torsello et al., editor, *IAPR Joint International Workshops on Statistical Techniques in Pattern Recognition (SPR) and Structural and Syntactic Pattern Recognition (S+SSPR)*, Lecture Notes in Computer Science, pages 216–226, 2021.
- [6] Linlin Jia, Benoît Gaüzère, and Paul Honeine. graphkit-learn : A Python Library for Graph Kernels Based on Linear Patterns. *Pattern Recognition Letters*, 143 :113–121, March 2021.
- [7] Julien Lerouge, Zeina Abu-Aisheh, Romain Raveaux, Pierre Héroux, and Sébastien Adam. New binary linear programming formulation to compute the graph edit distance. *Pattern Recognit.*, 72 :254–265, 2017.

## ■ LTCI/S<sup>2</sup>A : Statistique, Signal et Apprentissage

LTCI/S<sup>2</sup>A  
Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris  
[www.telecom-paris.fr](http://www.telecom-paris.fr)

**Stephan CLÉMENÇON**

[stephan.clemencon@telecom-paris.fr](mailto:stephan.clemencon@telecom-paris.fr)

### Membres

- Roland BADEAU, PR
- Pascal BIANCHI, PR
- Chloé CLAVEL, PR
- Stephan CLÉMENÇON, PR
- Florence D'ALCHÉ-BUC, PR
- Slim ESSID, PR
- Olivier FERCOQ, PR
- Geoffroy PEETERS, PR
- Gaël RICHARD, PR
- Mathieu FONTAINE, MCF
- Ekhine IRUROZKI, MCF
- Yann ISSARTEL, MCF
- Hicham JANATI, MCF
- Matthieu LABEAU, MCF
- Charlotte LACLAU, MCF
- Laurence LIKFORMAN, MCF
- Pavlo MOZHAROVSKYI, MCF

### General themes of the team

Be it for prediction or interpretation purposes, the statistical analysis of data collected by means of modern technologies raises a wide variety of methodological issues, related to their great complexity (e. g. high-dimensional, structured, heterogeneous/multiscale, massive, incomplete/censored data, data streams, audio signals, text, weak signals and rare events), in order to design more "intelligent" machines/devices (artificial intelligence). An abundance of new applications such as health monitoring of complex infrastructures, recommending systems, chatbots, machine-listening and opinion-mining, together with the availability of massive data samples (Big Data) and technological constraints inherent to information acquisition and access (e. g. sen-



sor networks, IoT, distributed file systems) and to computation (e. g. infrastructures for massively parallelized/distributed computation, on-line processing) has put pressure on the scientific community to develop new methods and algorithms. The development of these new methods rests on techniques from various domains such as probabilistic modeling, statistical learning, simulation, optimization or signal processing. Rallying expertise in these fields, more complementary today than ever, the  $S^2A$  team has been committed to develop algorithms, concepts and theory for modern data analysis. The team has structured itself around four intertwined topics, according to which its recent research activities are subsequently described.

- Machine-Learning and optimization
- Probabilistic modeling and mathematical statistics
- Audio data analysis and signal processing
- Social computing

The  $S^2A$  team is dedicated to produce sound methodological research in the four domains listed above, in response to some of the challenges raised by the nature and format of modern data and to the high societal expectations for the development of efficient, reliable and ethical data-based AI solutions. This article is devoted to the review some of the research results recently obtained by the  $S^2A$  team.

**Positioning of the Research Activity** The era of big data and generalized artificial intelligence (AI) has opened. It uses technological bricks to automatically store and process in a short time a massive quantity of data of various sorts and formats. The infatuation with machine learning is spreading to nearly all fields (science, transportation, energy, medicine, security, banking, insurance, commerce, etc.) as the Internet of things (IoT) and the widespread

use of technology for analytics (e. g. mass spectrometry or the cloud) make more data available with an ever finer granularity. Expectations are high. AI is supposed to allow for the development of personalized medicine that will adapt a treatment to the patient's genetic traits. It is to be used to design systems of predictive maintenance for complex infrastructures, such as electricity grids. It will help make aircrafts with systems for the early detection of "weak" signals that announce breakdowns, and will thus serve to plan the replacement of components before their probable failure. The vehicles using AI will be safer and fully autonomous, and be in service for longer. There is no denying the opportunities, and we can rightfully hope for operational applications with big data as the input. However AI will keep its promises only if certain issues are addressed. Before becoming THE solution, machine learning raises several exciting problems, in particular for applied mathematicians. A major problem in mathematics is to find a sparse, adaptive representation of information and work out algorithms for quickly calculating it. This is the key to efficient data processing. A representation will be all the more operational insofar as it eliminates "noise" and symmetries, highlights "patterns" and augments the predictive capacity of the algorithms of statistical learning that uses the thus formatted data as input. In several cases, the many layers of deep neural networks produce representations that make it easier to adjust the rules of prediction to the right degree of generalization. As biometrics is deployed on smartphones, the operation of embedded predictive models should not compromise the autonomy of the systems where they are embedded and should take account of the constraints of (nearly) real time operations. This raises questions about compressing information and the rules for processing it. The IoT is coming. Smart sensors (for



applications such as predictive maintenance in transportation systems) connected in a network will be able to come up with the best strategy for sharing information and distributing the tasks of calculation as a function of the data collected and of the tasks to be performed. Several scientific questions crop up. In some cases, the level of “delegation” to be granted to “smart systems” will heavily depend on how research in methodology will answer questions of ethics (the processing of personal data while respecting privacy) and reliability. This brings us back to the development of statistical learning techniques that hold up even if part of the data has been “contaminated” (for example due to biases in measurements or the deliberate intention to impair the operation of the automated system). Not only must they hold up under such circumstances, but they must also yield decisions that end users (human beings) can interpret. One may highlight a few examples of crucial methodological issues that will be tackled by the team in the near future. In collaboration with some of its historical industrial partners (Safran, Valeo, Idemia, Airbus Defence and Space, Engie), Prof. Florence D’ALCHÉ-BUC is currently holding the Chair “AI and Data Science for Digitized Industry and Services” with four scientific axes: 1) Building predictive analytics on time series and data streams, 2) Exploiting Large Scale, Heterogeneous, Partially Labeled Data, 3) Machine Learning for trusted and robust decision, 4) Learning through interactions with environment. The potential of social computing topic and human-agent interaction also offers opportunities to build industry collaboration and generating new challenges: i) structured output learning for accurate user’s opinion prediction, ii) ranking prediction for user’s preferences modeling, iii) semi-supervised and transfer learning (a crucial challenge for social computing as massive consensual opinion an-

notations are difficult to obtain); iv) reinforcement learning for the development of socio-emotional interaction strategies with robots.

## Description of recent research work

**Core Machine Learning** If the  $S^2A$  team possesses a significant expertise in specific applications of machine-learning (*e. g.* audio source separation, sentiment analysis, etc.), its research activity is also situated at a general methodological level and aims at developing generic theory and algorithms, in particular for structured (input/output) data, complex objectives (*e. g.* nondifferentiable performance criteria, zero-shot learning, anomaly detection) and in order to ensure trustworthiness.

*Anomaly detection.* Being one of central topics of the team, anomaly detection [14] can be defined as a branch of machine learning which aims at identifying observations that exhibit abnormal behavior. Be it measurement errors, disease development, severe weather, production quality default(s) (items) or failed equipment, financial frauds or crisis events, their on-time identification, isolation and explanation constitute an important task in almost any branch of industry and science. The question of anomaly detection is treated by providing a robust ordering, with the notion of data depth [38] becoming a particularly useful tool, which is even more the case in the unsupervised setting enhanced by recent development of efficient algorithms [39, 24]. Modern high-rate sensors enabling the continuous observation of the behavior of complex systems further pave the way for the design of efficient unsupervised machine-learning approaches to anomaly detection for time-dependent data [55, 54, 53]. Another original line of research developed by the team to tackle anomaly detection consists in formulating tasks by means of multivariate extreme value theory and devising algorithms based on the optimization of extreme value



statistics. Theoretical grounds for the validity of such methods have been established in [15].

*Trustworthy and explainable AI.* In frequent situations, the data acquisition process is poorly controlled and may completely jeopardize the outputs of machine learning: the representative issues do not vanish simply under the effect of the size of the sets of training examples. It has been shown in [16] how to extend the Empirical Risk Minimization paradigm in presence of sampling bias and in [3, 2], when the biasing/censoring mechanism at work is (partially) unknown, it is explained how to learn it so as to correct the learning objective and produce nearly debiased solutions. Fairness of rules produced by machine learning is also a major concern now, in applications such as facial recognition for instance, and may be tackled by considering novel performance criteria as in [56] or by learning appropriate representations of the data, see [19].

*Privacy protection* is another major focus which aims at reducing the disclosure risk, i.e. the probability that an individual of a data set can be identified from a released statistics of the data set. Instead of being available in their original form, data are therefore released after the employment of privacy preserving mechanisms. A crucial challenge is then to understand the trade-off between privacy protection and statistical utility of such privatised data. A rigorous treatment of such questions requires a formal definition of privacy, and differential privacy has prevailed as one of the main formalization [22, 23]. In this formal framework, there is a particularly strong form of protection, called Local Differential Privacy (LDP), where no one has access to all sensitive data, not even a trusted curator. Unfortunately, this local differential privacy comes at the cost of slower rates in many learning problems, and our general objective is to better understand when

this loss is unavoidable and optimal over all privacy mechanisms and inference procedures. For example, we derived learning rates for non-linear functionals in [11]. Interestingly, this work revealed that interactive privacy mechanisms outperform non-interactive ones, thus inviting researchers to study the power of interactivity in private learning problems.

*Interpretability* is considered as a key component to ensure trustworthiness in predictive models which exhibit a growing complexity. Post-hoc and by-design approaches are usually opposed to address interpretability. We have proposed a novel framework for by-design interpretability that can be specialized to post-hoc interpretability, reconciling the two approaches. In the by-design setting, we jointly learn a predictive model and its associated interpretation model [41]. The interpreter provides both local and global interpretability about the predictive model by learning a dictionary of high level attribute functions defined through the the predictor's hidden representations. Learning is achieved by minimizing a penalized loss function accounting for sparsity, diversity and a double fidelity criterion (input error reconstruction and output fidelity). First developed for image recognition, the approach is also amenable to audio signal multi-label classification [42] leveraging regularized Non-negative Matrix Factorization.

*Structured and functional data.* Functions on most structured spaces do not even enjoy the definition of convexity or quantiles. This is the case of functions on ranking spaces. These functions are of interest for Recommender System, where user preferences are casted as rankings. We generalize the concept of "Depth functions" to ranking spaces in order to emulate quantile functions and perform statistical analysis [28]. Moreover, statistical depths induce a notion analogous to the convexity in real-valued data. This analogy is studied



in [31], where we also propose the first optimization algorithm with theoretical guarantees.

*Structured output prediction* Real world problem in natural language processing and bioinformatics often call for dealing with complex outputs such as multiple tasks, ranking, sequences and graphs. To solve these tasks in a principled way, we have developed a general and flexible two-step approach based on the resolution of easy-to-solve surrogate problems and computation of a pre-image, typically leveraging embeddings of the output variable in a Hilbert space. While vector-valued Reproducing Kernel Hilbert Spaces provide an elegant way to cope with infinite-dimensional outputs, the usual representer theorems do not provide an expansion easily amenable to computation except for square loss. In [32], leveraging convex losses and duality principle allows to prove a Double Representer Theorem that expresses the model in terms of training output data, allowing for practical algorithms for robust losses. Besides, to address the bottleneck of pre-image computation, we have proposed a reduced-rank method for solving least-squares regression problems with infinite dimensional output and derive learning bounds for our method [9]. Going Beyond kernel induced losses has also shown to be possible, through a novel surrogate approach for graph prediction that exploits the (fused) Gromov-Wasserstein distance as a loss. Representation of the solution then writes as a barycenter of the output training data with respect to GW distance and whose coefficients are depending on the input variable [8].

*Functional Output Regression.* Regression in output Hilbert Spaces find a natural application in functional output regression which can be seen as a generalization of multi-task learning with an infinite number of tasks. We have developed a set of methods that can rely upon a large family of functional losses among which

convoluted losses [33] and have investigated different algorithms to overcome the infinite dimension of the output space including projection on a dictionary not necessarily orthogonal [7].

*Nondifferentiable criteria.* Under the hood of artificial intelligence, numerical optimization algorithms are essential to find relevant models in decent time, through the minimization of a certain function, referred to as the objective, which depends on the data. When faced with large datasets, stochastic algorithms such as the celebrated Stochastic Gradient Descent (SGD) or variants, are generally used. Although the behavior of such algorithms is well understood when the objective is convex and differentiable, problems involving artificial neural networks lead to non-convex and non-differentiable objectives. In this context, questions as simple as the convergence of SGD towards the set of critical points of the objective are non-trivial, and can only be established if the objective has a tame geometry. In [6], we investigate this problem, in the case of constant step size SGD. Unfortunately, the set of critical points is not restricted to local minimizers, but also contains maximizers or saddle points. In a generic sense, the preprint [5] establishes that SGD converges to a local minimizer, on weakly convex functions. Yet, in the absence of weak convexity, the general question of the generic convergence of SGD toward local minimizers remains open. When solving optimization problems with complex non-differentiable terms, we can also leverage Lagrange duality to solve instead an equivalent saddle point problem where the difficulties of the problem are split and each operator is dealt with separately. Equipped with this tool, one can attack complex regularizers and machine learning models. In a convex-concave framework, we've studied conditions under which we can expect linear, *i.e.* fast, convergence [25]



as well as stochastic variants of existing algorithms [1, 4]. There are several ways to generalize deterministic algorithms and it is not clear before doing a detailed convergence analysis which solution is the most general or the most efficient. Without convexity, the underlying dynamic system may have spurious limit cycles. Yet, we showed that we can guarantee convergence provided that the step size is large enough [47].

**ADASP – Machine Listening** The **ADASP group** (Audio Data Analysis and Signal Processing, formerly known as the AAO group) conducts world-leading research in machine learning for signal processing, mainly targeting *machine listening* applications. Machine listening is defined as the general field of machine learning applied to audio analysis, understanding and synthesis by machines. As in many other domains, the general trend in machine listening has been marked by a clear paradigm shift towards data-driven methods based on machine learning, especially deep learning, which is now ubiquitous [45].

Currently, the main research directions in ADASP include:

- a) *frugal learning*: with important questions on how to learn from scarce data or small datasets with potentially underrepresented classes;
- b) *multi-view, multi-task & distributed learning*: for situations where the acoustic scene is captured by multiple and diverse sensors, *e. g.*, as in our work on distributed speech enhancement [26] or for automatic speech recognition using multiple sensors of an augmented reality headset [52];
- c) *model-based deep learning*, for instance by building hybrid deep learning methods combining parameter efficient audio signal models with deep learning, for example as done in [51] with an unsupervised hybrid model for music source separation or [26] with a hybrid deep learning

and multichannel Wiener filtering approach to speech enhancement;

- d) *semi-supervised and self-supervised learning*: with the goal to go beyond the supervised learning paradigm and to learn with unlabelled or weakly labelled data which are typical situations in audio as envisaged, for example, in our work on pretext-task selection for self-supervised speech representation learning [58];
- e) *learning of (deep) generative models*: where we investigate for instance how to generate new data from interpretable models learnt from few data with good generalisation ability. We are also interested in finding appropriate audio representations in deep learning models [37] and in improving their interpretability [43].

Beyond its focus on machine listening, the ADASP group also tackles problems in multimodal perception as well as other more general forms of signal processing (*e. g.*, electrical or physiological signals, especially electroencephalographic (EEG) signals). The application domains of ADASP are thus diverse, ranging from environmental sound analysis [46], through speech processing [58], source separation and enhancement [50, 26, 37], to music content analysis, synthesis and transformation [20, 40, 13, 10, 57], as well as audio-driven multimodal data analysis [44, 12, 48]. A significant fraction of our research is performed within national and international collaborative projects which include for instance the joint lab **LISTEN**, involving industrial and institutional partners, the ERC project **HI-Audio** on hybrid deep neural audio machines, the BPI-France funded project **Audible** on the development of the next generation of smart hearables or soon the ANR-JCJC project **SAROUMANE** on deep bayesian neural networks for speaker diarization.

**Social Computing** In the context of the Social Computing topic, we aimed at intercon-



necting complex (e. g. psychological or sociolinguistic) theories of the social sciences with the formalism underlying machine or deep learning models for socio-emotional phenomena such as sentiments, emotions, stances, cohesion, trust or self-confidence, with a focus on language modality. The envisaged applications are conversational systems and social network analysis for different domains: Education, Health or Human Resources. For example, in the ANIMATAS (Innovative Training Network) project, we have been working on the development of social robots in education, proposing neural models for the analysis of people's self-confidence [21] in an interaction. Other examples come from the recently launched ANR project REVITALISE, in which we will work on interactive systems for training students in public speaking or the research carried out on the recognition of emotions from on-line handwriting [35].

We have addressed two crucial challenges of artificial intelligence for social computing by working on the development of explainable and tractable machine/deep learning models for socio-emotional phenomena. In terms of explainability, the problem is even more acute for socio-emotional models, as the human states modelled by machine/deep learning are highly subjective. This research is still in its infancy. For example, much remains to be done before we can truly explain and "control" the information contained in the models used in natural language processing to generate responses from socio-conversational systems. We have therefore developed methods to analyse traces of stance in contextualised word representations [27, 21] or to compare the content of data-driven representations with that of knowledge representations [49]. We have also proposed novel approaches based on measures of mutual information to disentangle the sensitive information contained in sentiment mod-

els and proposed controlled language generation [18]. In-depth analysis of the rationales for the model decisions was explored through a post hoc analysis of multimodal models for job interview analysis [30]. We have also recently shown that gender cannot be predicted from handwriting signal [34]. In terms of tractability, we have developed multi-task and meta-learning strategies that allow both domain and task transfer for emotion recognition in conversations [29] or transfer learning approaches for the automatic analysis of cohesion within group members in multimodal interactions [36].

Finally, we have shown that selecting the best NLP system for a variety of given tasks is far from trivial. The main reason is the difficulty of aggregating the different metrics of the system, which could even be in different scales. To overcome this issue, which is in fact transversal in ML, we have proposed a ranking-based approach base on social-choice theory to select the best performing system [17].

## Références

- [1] Ahmet Alacaoglu, Olivier Fercoq, and Volkan Cevher. On the convergence of stochastic primal-dual hybrid gradient. *SIAM Journal on Optimization*, 32(2) :1288–1318, 2022.
- [2] Guillaume Auset, Stéphan Cléménçon, and François Portier. Empirical risk minimisation under random censorship. *JMLR*, 2022.
- [3] Patrice Bertail, Stéphan Cléménçon, Yannick Guyonvarch, and Nathan Noiry. Learning from biased data : A semi-parametric approach. In *Proceedings of ICML 2021*, 2021.
- [4] Pascal Bianchi, Walid Hachem, and Adil Salim. A fully stochastic primal-dual algorithm. *Optimization Letters*, 15(2) :701–710, 2021.



- [5] Pascal Bianchi, Walid Hachem, and Sholom Schechtman. Stochastic subgradient descent escapes active strict saddles on weakly convex functions. *arXiv preprint arXiv :2108.02072*, 2021.
- [6] Pascal Bianchi, Walid Hachem, and Sholom Schechtman. Convergence of constant step stochastic gradient descent for non-smooth non-convex functions. *Set-Valued and Variational Analysis*, pages 1–31, 2022.
- [7] Dimitri Bouche, Marianne Clausel, François Roueff, and Florence d'Alché-Buc. Nonlinear functional output regression : A dictionary approach. In *24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, volume 130 of *Proceedings of Machine Learning Research*, pages 235–243. PMLR, 2021.
- [8] Luc Brogat-Motte, Rémi Flamary, Céline Brouard, Juho Rousu, and Florence d'Alché-Buc. Learning to predict graphs with fused gromov-wasserstein barycenters. In *International Conference on Machine Learning*, volume 162 of *Proceedings of Machine Learning Research*, pages 2321–2335. PMLR, 2022.
- [9] Luc Brogat-Motte, Alessandro Rudi, Céline Brouard, Juho Rousu, and Florence d'Alché Buc. Vector-valued least-squares regression under output regularity assumptions. *Journal of Machine Learning Research*, 23(344) :1–50, 2022.
- [10] Morgan Buisson, Brian McFee, Slim Essid, and Hélène C. Crayencour. Learning multi-level representations for hierarchical music structure analysis. In *International Society for Music Information Retrieval*, 2022.
- [11] Cristina Butucea and Yann Issartel. Locally differentially private estimation of functionals of discrete distributions. In M. Ranzato, A. Beygelzimer, Y. Dauphin, P.S. Liang, and J. Wortman Vaughan, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 34, pages 24753–24764. Curran Associates, Inc., 2021.
- [12] Giorgia Cantisani, Slim Essid, and Gael Richard. Neuro-steered music source separation with eeg-based auditory attention decoding and contrastive-nmf. In *46th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2021.
- [13] giorgia Cantisani, Alexey Ozerov, Slim Essid, and Gael Richard. User-guided one-shot deep model adaptation for music source separation. In *2021 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics*, 2021. Accepted.
- [14] Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar. Anomaly detection : A survey. *ACM Computing Surveys*, 41(3) :1–58, 2009.
- [15] Stéphane Cléménçon, Hamid Jalalzai, Anne Sabourin, and Johan Segers. Concentration bounds for the empirical angular measure with statistical learning applications. *Bernoulli*, 2022.
- [16] Stéphane Cléménçon and Pierre Laforgue. Statistical learning from biased training samples. *Electronic Journal of Statistics*, 2022.
- [17] Pierre Colombo, Nathan Noiry, Ekhine Irurozki, and Stéphane Cléménçon. What are the best systems? New perspectives on NLP Benchmarking. In *Neural Information Processing System*, 2022.
- [18] Pierre Colombo, Pablo Piantanida, and Chloé Clavel. A novel estimator of mutual information for learning to disentangle textual representations. In *59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 11th Internatio-*



- nal Joint Conference on Natural Language Processing*, pages 6539–6550, 2021.
- [19] Jean-Rémy Conti, Stéphan Cléménçon, Vincent Despiegel, Stéphane Gentric, and Nathan Noiry. Mitigating gender bias in face recognition using the von mises-fisher mixture model. In *ICML 2022*, 2021.
- [20] Ondřej Cífka, Umut Şimşekli, and Gaël Richard. Groove2groove : One-shot music style transfer with supervision from synthetic data. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 28 :2638–2650, 2020.
- [21] Tanvi Dinkar, Pierre Colombo, Matthieu Labeau, and Chloé Clavel. The importance of fillers for text representations of speech transcripts. In *2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pages 7985–7993, 2020.
- [22] Irit Dinur and Kobbi Nissim. Revealing information while preserving privacy. In *22nd ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems*, PODS '03, 2003.
- [23] Cynthia Dwork. Differential privacy : A survey of results. In *Theory and Applications of Models of Computation TAMC*, volume 4978 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Verlag, 2008.
- [24] Rainer Dyckerhoff, Pavlo Mozharovskyi, and Stanislav Nagy. Approximate computation of projection depths. *Computational Statistics and Data Analysis*, 157 :107166, 2021.
- [25] Olivier Fercoq. Quadratic error bound of the smoothed gap and the restarted averaged primal-dual hybrid gradient. *arXiv preprint arXiv :2206.03041*, 2022.
- [26] Nicolas Furnon, Romain Serizel, Slim Essid, and Irina Illina. Dnn-based mask estimation for distributed speech enhancement in spatially unconstrained microphone arrays. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 29 :2310 – 2323, 2021.
- [27] Aina Garí Soler, Matthieu Labeau, and Chloé Clavel. One word, two sides : Traces of stance in contextualized word representations. In *29th International Conference on Computational Linguistics*, pages 3950–3959, 2022.
- [28] Morgane Goibert, Stéphan Cléménçon, Ekhine Irurozki, and Pavlo Mozharovskyi. Statistical depth functions for ranking distributions : Definitions, statistical learning and applications. In *International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, 2022.
- [29] Gaël Guibon, Matthieu Labeau, Hélène Flamein, Luce Lefevre, and Chloé Clavel. Few-shot emotion recognition in conversation with sequential prototypical networks. In *2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pages 6858–6870, 2021.
- [30] Leo Hemamou, Arthur Guillon, Jean-Claude Martin, and Chloe Clavel. Multimodal hierarchical attention neural network : Looking for candidates behaviour which impact recruiter's decision. *IEEE Transactions on Affective Computing*, pages 1–1, 2021.
- [31] Ekhine Irurozki and Stéphan Cléménçon. Universal aggregation for permutations. In *From Multiple-Criteria Decision Aid to Preference Learning*, 2022.
- [32] Pierre Laforgue, Alex Lambert, Luc Brogat-Motte, and Florence d'Alché-Buc. Duality in rkhs with infinite dimensional outputs : Application to robust losses. In *37th International Conference on Machine Learning*, volume 119 of *Proceedings of Machine Learning Research*, pages 1015–1024, 2022.



- dings of Machine Learning Research*, pages 5598–5607. PMLR, 2020.
- [33] Alex Lambert, Dimitri Bouche, Zoltan Szabo, and Florence d'Alché Buc. Functional output regression with infimal convolution : Exploring the huber and epsilon-insensitive losses. In *International Conference on Machine Learning*, pages 11844–11867. PMLR, 2022.
- [34] Laurence Likforman-Sulem, Gennaro Cordasco, and Anna Esposito. Is on-line handwriting gender-sensitive? what tells us a combination of statistical and machine learning approaches. In *3rd International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, pages 287–298, 2022.
- [35] Laurence Likforman-Sulem, Anna Esposito, Marcos Faúndez-Zanuy, Stéphane Cléménçon, and Gennaro Cordasco. EMOTHAW : A novel database for emotional state recognition from handwriting and drawing. *IEEE Trans. Hum. Mach. Syst.*, 47(2) :273–284, 2017.
- [36] Lucien Maman, Eleonora Ceccaldi, Nale Lehmann-Willenbrock, Laurence Likforman-Sulem, Mohamed Chetouani, Gualtiero Volpe, and Giovanna Varni. GAME-ON : A multimodal dataset for cohesion and group analysis. *IEEE Access*, 8 :124185–124203, 2020.
- [37] Félix Mathieu, Thomas Courtat, Gaël Richard, and Geoffroy Peeters. Phase shifted bedrosian filterbank : An interpretable audio front-end for time-domain audio source separation. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Singapore, Singapore, 2022.
- [38] Karl Mosler and Pavlo Mozharovskiy. Choosing among notions of multivariate depth statistics. *Statistical Science*, 37(3) :348–368, 2022.
- [39] Stanislav Nagy, Rainer Dyckerhoff, and Pavlo Mozharovskiy. Uniform convergence rates for the approximated half-space and projection depth. *Electronic Journal of Statistics*, 14(2) :3939–3975, 2020.
- [40] Javier Nistal Hurlé, Stefan Lattner, and Gael Richard. DrumGAN : Synthesis of drum sounds with timbral feature conditioning using Generative Adversarial Networks. In *21 st International Society for Music Information Retrieval Conference*, 2020.
- [41] Jayneel Parekh, Pavlo Mozharovskiy, and Florence d'Alché Buc. A framework to learn with interpretation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 34 :24273–24285, 2021.
- [42] Jayneel Parekh, Sanjeel Parekh, Pavlo Mozharovskiy, Florence d'Alché Buc, and Gaël Richard. Listen to interpret : Post-hoc interpretability for audio networks with nmf. *arXiv preprint arXiv :2202.11479, to appear in Advances in Neural Information Processing systems 2022*, 2022.
- [43] Jayneel Parekh, Sanjeel Parekh, Pavlo Mozharovskiy, Florence d'Alché Buc, and Gaël Richard. Listen to interpret : Post-hoc interpretability for audio networks with NMF, 2022.
- [44] S. Parekh, S. Essid, A. Ozerov, N. Q. K. Duong, P. Pérez, and G. Richard. Weakly supervised representation learning for audio-visual scene analysis. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 28 :416–428, 2019.
- [45] Geoffroy Peeters and Gaël Richard. *Multi-faceted Deep Learning : Models and Data*,



- chapter Deep Learning for Audio and Music. Springer, 2021.
- [46] David Perera, Slim Essid, and Gaël Richard. Latent and Adversarial Data Augmentation for Sound Event Detection and Classification. In *International workshop on Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events*, 2022.
- [47] Thomas Pethick, Panagiotis Patrinos, Olivier Fercoq, Volkan Cevher, et al. Escaping limit cycles : Global convergence for constrained nonconvex-nonconcave minimax problems. In *International Conference on Learning Representations*, 2022.
- [48] Laure Pretet, Gaël Richard, Clément Soucier, and Geoffroy Peeters. Video-to-music recommendation using temporal alignment of segments. *IEEE Transactions on Multimedia*, pages 1–1, 2022.
- [49] Yann Raphalen, Chloé Clavel, and Justine Cassell. “You might think about slightly revising the title” : Identifying hedges in peer-tutoring interactions. In *60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pages 2160–2174, 2022.
- [50] Kilian Schulze-Forster, Clément S. J. Doire, Gaël Richard, and Roland Badeau. Phoneme level lyrics alignment and text-informed singing voice separation. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 29 :2382–2395, 2021.
- [51] Kilian Schulze-Forster, Clément S. J. Doire, Gaël Richard, and Roland Badeau. Unsupervised audio source separation using differentiable parametric source models. *arxiv.2201.09592*, 2022.
- [52] Kouhei Sekiguchi, Aditya Arie Nugraha, Yicheng Du, Yoshiaki Bando, Mathieu Fontaine, and Kazuyoshi Yoshii. Direction-aware adaptive online neural speech enhancement with an augmented reality headset in real noisy conversational environments. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2022.
- [53] Guillaume Staerman, Eric Adjakossa, Pavlo Mozharovskyi, Vera Hofer, Jayant Sen Gupta, and Stephan Cléménçon. Functional anomaly detection : a benchmark study. *International Journal of Data Science and Analytics*, 2022. in press, arXiv :2201.05115.
- [54] Guillaume Staerman, Pavlo Mozharovskyi, and Stephan Cléménçon. The area of the convex hull of sampled curves : a robust functional statistical depth measure. In S. Chiappa and R. Calandra, editors, *23rd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, volume 108, pages 570–579, 2020.
- [55] Guillaume Staerman, Pavlo Mozharovskyi, Stephan Cléménçon, and Florence d’Alché Buc. Functional isolation forest. In W. S. Lee and T. Suzuki, editors, *11th Asian Conference on Machine Learning*, volume 101, pages 332–347, 2019.
- [56] Robin Vogel, , Stéphan Cléménçon, and Aurélien Bellet. Learning fair scoring functions : Bipartite ranking under roc-based fairness constraints. In *AISTATS 2021*, 2021.
- [57] Christof Weiß and Geoffroy Peeters. Comparing deep models and evaluation strategies for multi-pitch estimation in music recordings. *IEEE ACM Trans. Audio Speech Lang. Process.*, 30 :2814–2827, 2022.
- [58] Salah Zaiem, Titouan Parcollet, Slim Essid, and Abdelwahab Heba. Pretext tasks selection for multitask self-supervised audio representation learning. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 16(6) :1439–1453, 2022.



**AfIA**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

---

## Comptes rendus de journées, événements et conférences

---



## ■ Défi AFIA pour la Nuit de l'info 2022

Par

**Anne-Gwenn BOSSER**  
Lab-STICC / COMMEDIA  
École Nationale d'Ingénieurs de Brest  
[boss@enib.fr](mailto:boss@enib.fr)

**Florence BANNAY**  
IRIT / ADRIA  
Université de Toulouse  
[florence.bannay@irit.fr](mailto:florence.bannay@irit.fr)

**Maëlic NEAU**  
Lab-STICC / COMMEDIA  
École Nationale d'Ingénieurs de Brest  
[maelic.neau@enib.fr](mailto:maelic.neau@enib.fr)

La Nuit de l'Info 2022 a eu lieu de 16h35 à 8h00 dans la nuit du 1 au 2 décembre sur le thème [SexInfo La prévention par le jeu](#), il s'agissait de développer une application servant à diffuser des informations sur la sexualité au moyen d'un serious game en ligne (jeu vidéo, escape game, jeu de rôle textuel, quizz, jeu de cartes contre une IA, etc.). L'AFIA a proposé pour la 7<sup>e</sup> année un défi [Mettez de l'IA dans votre moteur](#). Pour l'édition 2022, pour mieux prendre en compte l'importance grandissante de l'IA dans la vie de tous les jours et dans la formation des jeunes informatiennes et informaticiens, et au vu des soumissions 2021, le collège CECILIA a proposé d'ajouter les considérations éthiques dans l'évaluation de la solution proposée.

Le principe de la Nuit de l'Info est très simple : *Le jeudi 1, au coucher du Soleil, en séance plénière : les organisateurs remettent un sujet (le même pour toute la France) aux participants. Les étudiants s'organisent en groupes (sur un ou plusieurs sites) : ils développent un projet (informatique, marketing, rédactionnel, ...) tout en ciblant un ou plusieurs défis. Le vendredi 2, au lever du Soleil, les développements sont figés. Le vendredi matin, pendant que les étudiants*

*dorment des jurys se réunissent (un jury par défi) et examinent les travaux réalisés par les différentes équipes durant la nuit.*

### Le défi de l'AFIA

Le défi qu'a proposé l'AFIA s'intitulait « Mettez de l'intelligence dans votre moteur », il a été proposé et organisé par le [collège Création d'Événements Collaboratifs, Inclusifs et Ludiques en IA \(CECILIA\)](#), qui défend l'apprentissage de l'IA grâce à la pratique coopérative et l'expérimentation. Le jury était constitué de : Florence BANNAY, Anne-Gwenn BOSSER, et Maëlic NEAU. Voici sa description : *Vous mettez en œuvre une ou plusieurs méthodes d'Intelligence Artificielle (IA) dans votre projet et vous indiquez en quoi ces méthodes rendent votre réalisation plus performante ou pertinente. Vous pouvez faire appel à des techniques classiques, en cours de développement ou futuristes. L'équipe qui aura mis le plus en avant les avantages de l'utilisation de l'IA dans son projet remportera ce défi.*

### Éléments attendus/critères de notation affichés :

- Une description des problématiques IA rencontrées dans le projet,
- Une explication de l'intégration de l'IA dans votre application :
  - décrivez ce que vous avez réalisé qui relève de l'IA ou de ce qui aurait pu être fait avec des outils d'IA existants ou imaginaires,
  - différenciez les bouts de codes et logiciels existants (citez vos sources), des parties spécifiées et codées en propre pour le défi
  - donnez un "use-case"/exemple illustratif



- fournissez une Annexe Technique
- Une analyse des avantages et inconvénients de cette intégration.

Cinq notes ont été données : Applicabilité/mise en oeuvre, Innovation, IA (évaluation qualitative et quantitative : richesse de la solution proposée, spectre couvert, éthique de la solution proposée), Qualité des explications.

## Résultats

Parmi les 19 équipes inscrites, le jury souhaite féliciter les 11 équipes qui ont réussi à aboutir à la remise d'un projet dans le temps imparti :

- Équipe « !Win »
- Équipe « Invincible\_ISITcom »
- Équipe « Terminator\_Genisys\_ISITcom »
- Équipe « Bruh »
- Équipe « Les Dodos Insomniaques, le retour »
- Équipe « Team Symphonie »
- Équipe « Grincheux »
- Équipe « EPI\_8 shades of brains »
- Équipe « Unchained »
- Équipe « les simploniens »
- Équipe « Codelab »

## Première place ex-aequo

La première place a été attribuée aux équipes « Codelab » et « Les Dodos Insomniaques, le retour » qui se démarquent des autres soumissions.

La solution présentée par « Codelab » est un site Web en ligne fonctionnel consistant en un quizz auquel l'utilisateur doit participer afin de tester ses connaissances sur le thème des maladies sexuellement transmissibles. Le site affiche des statistiques sur le genre et l'âge des personnes les mieux informées sur le VIH. L'utilisation de GPT-3 et Dall-E est pertinente et bien intégrée. L'ajout des requêtes faites vers

GPT-3 sur le github est un plus pour la réutilisabilité et la transparence du code. Notons cependant que la diversité entre les propositions positives et négatives au quizz n'est pas suffisante, c'est un biais assez commun de GPT-3 qui peut être amélioré en changeant les paramètres de génération. Attention à l'usage de Dall-E, certaines images ne sont pas vraiment en accord avec le propos.

L'équipe des « Dodos insomniaques, le retour » a proposé une approche ludique, même s'il ne s'agit pas d'un *serious game* à proprement parler. *Trois bibliothèques d'IA sont utilisées : Dall-E pour que les utilisateurs génèrent des images de Mèmes sur le sujet de l'information au SIDA, un classificateur pour modérer automatiquement des phrases jugées offensantes. Notons qu'il aurait peut-être été souhaitable de développer des précautions à ce sujet : puisqu'il s'agirait de Mèmes qui seraient estampillés du sceau de l'association. La curation des contenus générés est à ce jour un problème difficile à régler sans intervention humaine. Le troisième outil est un LSTM entraîné sur un jeu de données public (kaggle) pour générer une prédiction de l'espérance de vie des malades.*

*Le jury a considéré que les deux équipes méritaient un prix, chacune dans sa catégorie : « les Dodos insomniaques, le retour » proposent une solution un peu moins bien adaptée au sujet national mais touchant un large spectre de l'IA et avec des explications de qualité. L'équipe « Codelab » a fourni une solution qui répond bien au défi national avec une bonne applicabilité mais pour laquelle les explications ne sont pas aussi bien détaillées.*

## Les 9 autres équipes

*Nous avons eu beaucoup de propositions ayant soit peu de rapport avec le sujet national soit peu de rapport avec l'IA. On peut citer par exemple l'équipe « !Win » qui a mis en oeuvre*



**AfIA**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

*un jeu narratif dont vous êtes le héros permettant de mettre l'utilisateur en situation et de l'amener en fin de scénario à des liens vers de l'information sur le sujet, malgré cette bonne idée de base, aucune IA n'est utilisée ou suggérée pour rendre le jeu intéressant/efficace/« intelligent ».*

## **Bilan**

*Le jury a décidé d'attribuer la récompense de 200 euros à chacune des 2 équipes « Code-lab » et « Les Dodos Insomniaques, le retour ».*

*Merci à toutes les équipes participantes, félicitations à l'équipe victorieuse, et rendez-vous l'année prochaine !*



**Afia**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

---

## Publications du trimestre

---

Si vous êtes au courant de la programmation de soutenances de thèses ou HDR en Intelligence Artificielle cette année, vous pouvez nous les signaler en écrivant à [redaction@afia.asso.fr](mailto:redaction@afia.asso.fr).



## ■ Thèses de Doctorat

### **Emmanuelle Kelodjoue NGUEMEGNE**

« Classification de transcriptions orales dans un contexte applicatif peu doté : application du TAL pour l'analyse de verbatims destinée à l'évaluation de l'acceptabilité d'une innovation »

Supervision : *Jérôme GOULIAN*  
*Didier SCHWAB*

Le 05/10/2022, à l'Univ. Grenoble Alpes

### **Nicolas LASOLLE**

« Un système d'interrogation flexible pour le Web sémantique : application au corpus de la correspondance d'Henri Poincaré »

Supervision : *Jean LIEBER*  
*Olivier BRUNEAU*

Le 07/10/2022, à l'Université de Lorraine

### **Hans Jorg SCHURR**

« Stronger SMT Solvers for Proof Assistants: Proofs, Quantifier Simplification, Strategy Schedules »

Supervision : *Stephan MERZ*  
*Pascal FONTAINE*

Le 07/10/2022, à l'Université de Lorraine

### **Francesco D AMORE**

« Sur les comportements collectifs de systèmes distribués bio-inspirés »

Supervision : *Nicolas NISSE*

Le 17/10/2022, à l'Université Côte d'Azur

### **Arnaud BELCOUR**

« Combining knowledge-based and sequence comparison approaches to elucidate metabolic functions, from pathways to communities »

Supervision : *Anne SIEGEL*

Le 21/10/2022, à l'Université de Rennes 1

### **Francois BUET**

« Modèles neuronaux pour la simplification de parole, application au sous-titrage »

Supervision : *Francois YVON*

Le 21/10/2022, à l'Université Paris-Saclay

### **Alexis DELAFORGE**

« Visualisation pour l'interprétation et l'explicabilité des prédictions issues de modèles d'apprentissage profond en TAL »

Supervision : *Sandra BRINGAY*  
*Caroline MOLLEVI*

Le 07/11/2022, à l'Univ. de Montpellier

### **Paul Alain Kaldjob KALDJOB**

« Élicitation et interprétation des modèles d'aide multicritère à la décision incluant des interactions »

Supervision : *Denis BOUYSSOU*

Le 23/11/2022, à l'Université Paris Sciences et Lettres

### **Nicholas HALLIWELL**

« Évaluation et amélioration de la qualité d'explication de la prédiction des liens par réseau neuronal sur les graphes de connaissances »

Supervision : *Fabien GANDON*

Le 23/11/2022, à l'Université Côte d'Azur

### **Attila FEJER**

« Reconnaissance des objets à saisir et contrôle d'un bras robotique pour l'assistance aux porteurs des neuro-prothèses »

Supervision : *Jenny Benois PINEAU*  
*Peter SZOLGAY*

Le 25/11/2022, à l'Université de Bordeaux



**Valentin FOUILLARD**

« [La logique des incohérences : un modèle formel pour l'analyse de l'erreur humaine](#) »

Supervision : *Nicolas SABOURET*

Le 02/12/2022, à l'Université Paris-Saclay

**Pu ZHENG**

« [Vers des mouvements sûrs pour un bras robotique opérant à proximité d'humains](#) »

Supervision : *Olivier AYCARD*

Le 12/12/2022, à l'Univ. Grenoble Alpes

**Martin JEDWABNY**

« [Une approche basée sur les préférences pour l'éthique des machines dans le contexte de la planification automatique](#) »

Supervision : *Madalina CROITORU*

Le 02/12/2022, à l'Univ. de Montpellier

**Mohamed sami CHERIF**

« [Reasoning and inference for \(maximum\) satisfiability: new insights](#) »

Supervision : *Djamal HABET*

*Richard OSTROWSKI*

Le 13/12/2022, à l'Univ. d'Aix-Marseille

**Sarah PERIN**

« [Mise à l'échelle de l'apprentissage par renforcement multi-agent grâce aux jeux à champ moyen et vice-versa](#) »

Supervision : *Olivier PIETQUIN*

Le 08/12/2022, Université de Lille

**Josselin GUÉNERON**

« [Formation de coalitions répétée dans un contexte stochastique : protocoles et expérimentations](#) »

Supervision : *Grégory BONNET*

Le 13/12/2022, à l'Univ. Caen Normandie

**Romain GAUTRON**

« [Reinforcement learning for crop management support to smallholder farmers in countries of the South : towards risk management](#) »

Supervision : *Marc CORBEELS*

*Oldaric-Ambrym MAILLARD*

*Philippe PREUX*

Le 09/12/2022, Université de Lille

**Adrien VARET**

« [Programmation par contraintes et chimie théorique : utilisation du formalisme CSP pour résoudre des problématiques liées aux benzenoides](#) »

Supervision : *Cyril TERRIOUX*

*Yannick CARISSAN*

Le 13/12/2022, à l'Univ. d'Aix-Marseille

**Sébastien GAMBLIN**

« [Représentation symbolique pour la logique épistémique dynamique probabiliste](#) »

Supervision : *Meroua BOUZID*

Le 12/12/2022, à l'Univ. Caen Normandie

**Léonard HUSSENOT**

« [Apprenticeship Learning : transferring human motivations to artificial agents](#) »

Supervision : *Philippe PREUX*

*Olivier PIETQUIN*

Le 14/12/2022, Université de Lille

**Sergej SCHECK**

« [Knowledge Compilation for Nondeterministic Action Languages](#) »

Supervision : *Bruno ZANUTTINI*

Le 12/12/2022, à l'Univ. Caen Normandie

**Hassan SABER**

« [Structure Adaptation in Bandit Theory](#) »

Supervision : *Oldaric-Ambrym MAILLARD*

Le 19/12/2022, Université de Lille



**Afia**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

## ■ Habilitations à Diriger les Recherches

Nous n'avons malheureusement pas eu connaissance ce trimestre d'HDR dans le domaine de l'IA.

N'hésitez pas à nous envoyer les informations concernant celles dont vous avez entendu parler. ([redaction@afia.asso.fr](mailto:redaction@afia.asso.fr)).



**AfIA**  
Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

## ■ Parution d'ouvrages

Il nous paraît intéressant de signaler ce trimestre un ouvrage pouvant intéresser la communauté. Il s'agit de :

Claude Roche, Gérard Sabah (2003). *Intuition et rationalité - Leur symbiose chez l'humain et la machine*. Essai. Les Impliqués Éditeur, Paris.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

---

## À PROPOS DE L'AfIA

---

L'objet de l'AfIA, Association Loi 1901 sans but lucratif, est de promouvoir et de favoriser le développement de l'Intelligence Artificielle (IA) sous ses différentes formes, de regrouper et de faire croître la communauté française en IA et, à la hauteur des forces de ses membres, d'en assurer la visibilité.

L'AfIA anime la communauté par l'organisation de grands rendez-vous. Se tient ainsi chaque été une semaine de l'IA, la Plate-forme IA (PfIA 2022 à Saint-Étienne, PfIA 2023 à Strasbourg) au sein de laquelle se tiennent la Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle (CNIA), les Rencontres des Jeunes Chercheurs en IA (RJCIA) et la Conférence sur les Applications Pratiques de l'IA (APIA) ainsi que des conférences/journées thématiques hébergées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, PfIA 2023 héberge du 3 au 7 juillet 2023 à Strasbourg, outre la 26<sup>e</sup> CNIA, les 21<sup>es</sup> RJCIA et la 9<sup>e</sup> APIA : les 6 conférences CAp, IC, JFPC, JFSMA, JIAF-JFPDA et SFC, 4 journées thématiques (ACAI, Jeux & IA, Résilience & IA, Santé & IA), et plusieurs tutoriels hébergés.

Forte du soutien de ses 374 adhérents à jour de leur cotisation en 2022, l'AfIA assure :

- le maintien d'un site Web dédié à l'IA reproduisant également les Brèves de l'IA ;
- une *journée industrielle* « Forum Industriel en IA » (FIIA 2022) ;
- une *journée recherche* « Perspectives et Défis en IA » (PDIA 2022) ;
- une *journée enseignement* « Enseignement et Formation en IA » (EFIA 2023) ;
- une « École Saisonnière en IA » (ESIA2023) ;
- la remise annuelle d'un *prix de thèse* en IA ;
- le soutien à 8 collèges ayant leur propre activité :
  - collège *Industriel* (janvier 2016) ;
  - collège *Apprentissage Artificiel* (janvier 2020) ;
  - collège *Interaction avec l'Humain* (juillet 2020) ;

- collège *Représentation et Raisonnement* (avril 2017) ;
- collège *Science de l'Ingénierie des Connaissances* (avril 2016) ;
- collège *Systèmes Multi-Agents et Agents Autonomes* (janvier 2017) ;
- collège *Technologies du Langage Humain* (juillet 2019) ;
- collège *Création d'Événements Collaboratifs, Inclusifs et Ludiques en IA* (octobre 2021) ;
- la parution trimestrielle des *Bulletins* de l'AfIA ;
- un lien entre ses membres et sympathisants sur les réseaux sociaux *LinkedIn*, *Facebook* et *Twitter* ;
- le *parrainage* scientifique, mais aussi éventuellement financier, d'événements en IA ;
- la diffusion mensuelle de *Brèves* sur les actualités de l'IA en France (*abonnement* ou *envoi* à la liste) ;
- la réponse aux consultations officielles ou officieuses (Ministères, Missions, Organismes) ;
- la réponse aux questions de la presse, écrite ou orale, également sur internet ;
- la divulgation d'offres de *collaborations*, de *formations*, d'*emploi*, de *thèses* et de *stages*.

L'AfIA organise aussi des *journées communes* avec d'autres associations. Pour 2022 : *EIAH & IA* avec l'ATIEF; *IoT & IA* avec l'IMT; *Résilience & IA* avec la région ARA; *Réalité Virtuelle & IA* avec le GDR IG-RV; *Santé & IA* avec l'AIM; *Simulation & IA* avec le réseau DEVS/RED.

Enfin, l'AfIA encourage la participation de ses membres aux grands événements de l'IA, dont PfIA. Ainsi, les membres de l'AfIA, pour leur inscription à PfIA, bénéficient d'une réduction équivalente à deux fois le coût de leur adhésion, leur permettant d'assister à PfIA 2023 sur 5 jours au tarif de 114€ TTC !

Rejoignez-nous vous aussi et *adhérez* à l'AfIA pour contribuer au développement de l'IA en France. L'adhésion peut être individuelle ou au titre de personne morale. Merci également de susciter de telles adhésions en diffusant ce document autour de vous !



## CONSEIL D'ADMINISTRATION

Benoit LE BLANC, président  
Domitile LOURDEAUX, vice-présidente  
Isabelle SESÉ, trésorière  
Grégory BONNET, secrétaire  
Emmanuel ADAM, porte-parole  
Dominique LONGIN, rédacteur  
Catherine ROUSSEY, webmestre

### Autres membres :

Gayo DIALLO, Gaël DIAS, Bernard GEORGES,  
Thomas GUYET, Frédéric MARIS, Davy MON-  
TICOLO, Gauthier PICARD, Valérie REINER, Cé-  
line ROUVEIROL, Fatiha SAÏS, Ahmed SAMET.

## COMITÉ DE RÉDACTION

redaction@afia.asso.fr

Emmanuel ADAM  
*Rédacteur*

Grégory BONNET  
*Rédacteur en chef adjoint*  
resp-gt-redaction@afia.asso.fr

Gaël LEJEUNE  
*Rédacteur*

Dominique LONGIN  
*Rédacteur en chef*  
resp-gt-redaction@afia.asso.fr

## LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

.....  
Airbus Defense and Space SAS, Ardans, Berger-Levrault, Crédit Agricole SA, École des mines de Saint-Étienne, École nationale d'ingénieurs de Brest, École nationale supérieure de cognitive, Eurodecision, GREYC, INRAE, IMT Mines d'Alès, IRIT, ITHAKE, LAAS-CNRS, LAMSADE, LIASD, LIMICS, LIRIS, MISTEA INRAE Occitanie, Mondeca, Onera, Thales Research & Technology, Université d'Angers.

## ■ Pour contacter l'Afia

### Président

Benoit LE BLANC  
École Nationale Supérieure de Cognitive  
Bordeaux-INP  
109 avenue Roul, 33400 Talence  
Tél. : +33 (0) 5 57 00 67 00  
[president@afia.asso.fr](mailto:president@afia.asso.fr)

### Serveur WEB

<http://www.afia.asso.fr>

### Adhésions, liens avec les adhérents

Isabelle SESÉ  
[tresorier@afia.asso.fr](mailto:tresorier@afia.asso.fr)

## ■ Calendrier de parution du Bulletin de l'Afia

	Hiver	Printemps	Été	Automne
..... Réception des contributions	15/12	15/03	15/06	15/09
..... Sortie	31/01	30/04	31/07	31/10