



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

# Bulletin N° 113

---

*Association française pour l'Intelligence Artificielle*

---

AfIA



---

## PRÉSENTATION DU BULLETIN

Le **Bulletin** de l'**A**ssociation française pour l'**I**ntelligence **A**rtificielle vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire 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** de l'AfIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. 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

Ce Bulletin s'articule autour d'un dossier spécial très détaillé sur les Instituts Interdisciplinaires en Intelligence Artificielle (3IA) et les chaires d'excellence (dites "hors 3IA"). Ce dossier a été coordonné par Laurent VERCOUTER et contribuera à donner une vue globale sur cette partie de l'action de recherche en IA menée en France. Vous trouverez ensuite un compte-rendu de la journée EGC & IA sur le thème « Évolution et dynamique des connaissances formelles », organisée le 18 mai 2021. Enfin, pour clôturer ce Bulletin, vous trouvez la rubrique habituelle des thèses et HDR soutenues pendant le 2e trimestre 2021 et dont nous avons eu connaissance via [www.theses.fr](http://www.theses.fr).

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué à ce Bulletin et à Emmanuel ADAM pour sa relecture attentive.

***Bonne lecture à tous !***

Gaël LEJEUNE  
Rédacteur



---

## SOMMAIRE

### DU BULLETIN DE L'AFIA

---

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 3  | Dossier « Instituts et chaires en IA »                                       |     |
|    | Présentation du dossier spécial . . . . .                                    | 4   |
|    | 3IA ANITI . . . . .  | 5   |
|    | 3IA Côte d'Azur . . . . .  | 16  |
|    | 3IA MIAI@Grenoble Alpes . . . . .  | 28  |
|    | 3IA PRAIRIE . . . . .  | 35  |
|    | DATAIA Paris-Saclay . . . . .  | 42  |
|    | "Hi! Paris" . . . . .  | 54  |
|    | Alliance HumAIn . . . . .  | 60  |
|    | La Région Grand-Est : Intelligences Artificielles & Algorithmiques . . . . . | 66  |
|    | Rennes - une IA souveraine au service de la vie publique . . . . .           | 71  |
|    | SCAI . . . . .   | 78  |
|    | Liste des chaires en Intelligence Artificielle . . . . .                     | 83  |
| 92 | Comptes rendus de journées, événements et conférences                        |     |
|    | Évolution et dynamique des connaissances formelles (EGC & IA '21) . . . . .  | 93  |
| 97 | Thèses et HDR du trimestre   |     |
|    | Thèses de Doctorat . . . . .   | 98  |
|    | Habilitations à Diriger les Recherches . . . . .                             | 103 |



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

---

## Dossier

# « Instituts et chaires en IA »

---

Dossier réalisé par

**Laurent VERCOUTER** / *Inria*  
*Coordination du plan national de recherche en IA*  
[laurent.vercouter@inria.fr](mailto:laurent.vercouter@inria.fr)



## ■ Présentation du dossier spécial

Inria

<https://www.inria.fr/>

**Laurent VERCOUTER**

*pour la mission de coordination du plan national de recherche en IA*

*[laurent.vercouter@inria.fr](mailto:laurent.vercouter@inria.fr)*

En clôture de la journée de débats « AI for Humanity » qui s'est tenue à Paris le 29 mars 2018, le Président de la République a annoncé, sur la base du rapport du député Cédric VILLANI, la mise en place d'un programme national pour l'IA. Il mobilise un budget de 1,5 milliard d'euros sur 5 ans et comporte trois axes stratégiques : les talents (disposer de la meilleure expertise en IA), la diffusion (diffuser l'IA dans l'ensemble de l'économie et de l'administration) et l'éthique (engager un dialogue entre performance et humanité). Sa mise en œuvre, commencée en 2018 et prévue jusqu'en 2022, comporte un volet significatif dédié à la recherche et à l'enseignement supérieur avec 45% du budget total qui y est consacré. Le programme national de recherche en IA, dont la coordination a été confiée à INRIA, comporte un ensemble d'actions visant à propulser la France parmi les champions de l'IA et faire de la France le leader européen de la recherche en IA.

Le dossier spécial de ce bulletin présente deux actions phares du plan national de recherche en IA visant d'une part à la création d'Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle (3IA) et d'autre part au financement de chaires d'excellence, dites « hors 3IA », en compléments des chaires incluses dans les 3IA. Faisant suite à un appel à manifestation d'intérêt lancé en juillet 2018 puis une évaluation et une sélection par un jury international, quatre projets de 3IA ont été labellisés :

- à **Grenoble** - *MIAI@Grenoble-Alpes* avec pour applications privilégiées la santé, l'environnement et l'énergie.

- à **Nice** - *3IA Côte d'Azur* avec pour applications privilégiées la santé et le développement des territoires.
- à **Paris** - *PRAIRIE* avec pour applications privilégiées la santé et les transports.
- à **Toulouse** - *ANITI* avec pour applications privilégiées le transport, l'environnement et la santé.

La deuxième action du plan national de recherche en IA, présentée dans ce dossier spécial, est l'appel à projet publié par l'ANR en avril 2019 pour le financement de chaires de recherche et d'enseignement en IA, en dehors des sites des 3IA. 41 projets ont été sélectionnés. Ces chaires sont réparties sur l'ensemble du territoire et reflètent la diversité des thématiques dans les projets soumis.

L'ensemble des activités de recherche et résultats marquants des 3IA et des chaires est trop important pour être décrit intégralement dans ce bulletin. Vous y trouverez donc une présentation de chacun des 3IA auxquels nous avons demandé de faire un choix (difficile) de se limiter à quelques focus scientifiques (mais vous pouvez trouver des informations complémentaires et plus englobantes sur leurs sites web). Les autres contributions du dossier présentent d'autres sites majeurs de la recherche française en IA, parfois structurés et soutenus par d'autres programmes que celui des 3IA, qui font un focus sur les chaires hors 3IA du site. La dernière partie du dossier complète ces présentations avec la liste intégrale des lauréats de l'appel chaire hors 3IA.

Nous vous souhaitons une agréable lecture de ce dossier spécial !

## ■ ANITI- Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute

**Nicolas VIALLET**

*Directeur Opérationnel*

**Nicholas ASHER**

*Directeur Scientifique*

**Mohamed KAÂNICHE**

*Directeur Scientifique Adjoint*

### Présentation générale de l'Institut

ANITI est l'un des quatre instituts interdisciplinaires d'intelligence artificielle qui ont été sélectionnés en avril 2019 par un jury international dans le cadre du programme d'investissement d'avenir PIA3 du plan VILLANI. L'ambition d'ANITI est de rendre possible l'utilisation et le développement pérenne de l'IA dans des secteurs applicatifs critiques pour l'humain (transport, mobilité, ...) et dans l'industrie 4.0. L'état actuel des connaissances ne permet pas d'apporter les garanties requises par les applications ciblées par le projet en termes de fiabilité, de robustesse et de capacité à expliquer et interpréter les résultats des systèmes intégrant des algorithmes d'IA, tout en assurant leur acceptabilité sociale et viabilité économique. Les solutions explorées par ANITI pour répondre à ces défis et améliorer la confiance dans les systèmes d'IA et leurs performances visent à développer une nouvelle génération d'intelligence artificielle appelée IA hybride, associant de façon intégrée des techniques d'apprentissage automatique pilotées par des données et des méthodes symboliques et formelles permettant d'exprimer des contraintes et d'effectuer des raisonnements logiques. L'enjeu est de développer les fondements théoriques de cette approche et de proposer des solutions permettant son utilisation dans un large spectre d'applications incluant les transports autonomes, l'industrie du futur, la santé, l'environnement, l'espace, les assurances, etc.

L'ambition est également de faire de Toulouse l'un des leaders mondiaux de l'intelligence artificielle hybride, en intégrant trois piliers complémentaires : la recherche, la formation, et le développement économique.

Pour atteindre ces objectifs, ANITI s'appuie sur 24 chaires sélectionnées par le jury international, des chaires externes issues par exemple de l'Université de Lisbonne, de Brown University et du MIT aux États-Unis et également issues des laboratoires de recherche du site toulousain (IMT, IRIT, LAAS, TSE-R, ...). Chaque chaire est constituée d'une équipe réunissant des membres permanents chercheurs et chercheuses, des doctorants et doctorantes, des post-doctorants et post-doctorantes ainsi que des ingénieurs mis-à-disposition par nos partenaires industriels.

L'institut a officiellement démarré en septembre 2019, pour une durée de 4 ans renouvelable. Le projet est coordonné par l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées. Il rassemblera à terme plus de 200 chercheurs et chercheuses du site toulousain provenant des centres et instituts de recherche scientifique et technologique (CNRS, CNES, INRAE, IRT Saint-Exupéry, ONERA), des universités et écoles d'ingénieurs (UT3, UT1, UT2J, ENAC, INP Toulouse, INSA Toulouse, ISAE-SUPAERO, ...) ainsi qu'une trentaine de partenaires industriels (Airbus, Continental, NXP,



Renault, Thales, ...) avec le soutien de la Région Occitanie, Toulouse Metropole et le Rectorat de Toulouse. L'institut s'appuie également sur l'écosystème d'innovation, notamment le pôle de compétitivité 'Aerospace Valley' et la SATT 'Toulouse Tech Transfer'.

## Projet scientifique

Le projet scientifique d'ANITI s'articule autour de trois grands programmes intégratifs (IA acceptable, IA certifiable et IA collaborative).

**IA acceptable** : Ce programme s'attaque à deux grands ensembles de défis. Le premier traite de différentes facettes de l'acceptabilité sociale, économique, juridique et éthique de systèmes intégrant des algorithmes d'intelligence artificielle. Le second se concentre sur les défis liés aux données. Il vise à développer des nouvelles solutions permettant : 1) la détection et l'élimination de biais dans la sélection et l'interprétation des données utilisées par les modèles d'apprentissage ; 2) la prévention du risque de ne pas prendre en compte des événements rares dans le processus d'apprentissage ; et 3) l'apprentissage des représentations de données hétérogènes, multi-sources, multi-échelles et variables dans le temps ainsi que l'apprentissage "pauvre en ressources" avec peu de données annotées.

**IA certifiable** : Ce programme a pour but d'étudier les fondements des modèles d'apprentissage automatique pilotés par les données, leurs propriétés, ainsi que les interactions entre les modèles pilotés par les données et les modèles analytiques, par exemple pour la simulation efficace de processus physiques complexes. Les sujets abordés comprennent l'explicabilité ou interprétabilité des systèmes d'apprentissage, la robustesse, l'optimisation, la vérification des garanties de performance, la proposition d'une approche IA hybride pour l'accélération de la simulation de modèles physiques,

et la conception et la validation d'architectures certifiables de systèmes autonomes critiques (par exemple dans le domaine aéronautique).

**IA Collaborative** : Ce programme vise à développer des assistants d'IA dotés de propriétés pertinentes et de capacités avancées pour améliorer l'interaction avec des humains, ainsi que pour optimiser la prise de décision, la conception et l'exploitation opérationnelle dans les processus industriels. Les sujets incluent des travaux fondamentaux sur le langage multimodal ainsi que sur la robotique mobile avec des capacités d'interaction physique afin de réaliser des tâches complexes de manière collaborative. Les recherches portent également sur le développement de méthodes pour la détection des anomalies et la maintenance prédictive qui soient efficaces et passent à l'échelle ainsi que des techniques d'optimisation permettant de réduire la complexité des problèmes qui surviennent lors de la conception des systèmes.

Les défis scientifiques traités dans ces trois programmes intégratifs, issus des projets des chaires et des cas d'usage fournis par les partenaires industriels d'ANITI, sont déclinés en douze thèmes interdisciplinaires faisant participer chacun plusieurs chaires et plusieurs industriels. Certains thèmes sont traités conjointement au sein de plusieurs programmes de recherche.

La figure 1.1 illustre l'articulation des programmes intégratifs et des thèmes. Ces thèmes sont destinés à évoluer au cours du projet.

Comme indiqué sur la figure 1.1, les activités de recherche menées dans le cadre de chaque programme intégratif ont donné lieu à un ensemble de projets collaboratifs. À titre d'exemple, COALA est un projet européen accepté dans le cadre de l'appel H2020 ICT-38, lancé en octobre 2020, qui vise à développer un assistant d'IA explicable pour soutenir la prise de décision, la maintenance prédictive et la formation dans les processus de fabrication in-

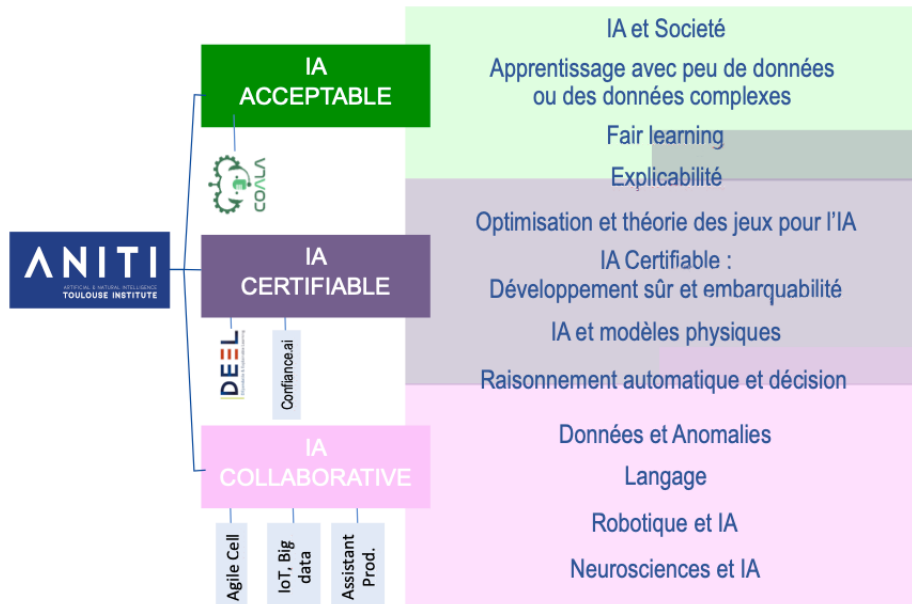


Figure 1.1 – Programmes intégratifs et thèmes d'ANITI

dustriels. DEEL (*DEpendable EXplainable Learning*) est un projet de recherche collaborative associant des partenaires d'ANITI et des partenaires d'IVADO (*The Institute for Data Valorization*) et du CRIACQ (*Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec*) au Canada, dans le but de développer des briques technologiques permettant le développement de systèmes critiques d'IA fiables, robustes, explicables et certifiables. ANITI contribue également au programme « Confiance.ai » porté par l'IRT SystemX, qui est un des piliers du grand défi « Sécuriser, certifier et fiabiliser les systèmes fondés sur l'intelligence artificielle », qui vise à assurer la transparence et l'auditabilité des systèmes autonomes à base d'intelligence artificielle. On peut noter également l'initiation d'autres collaborations au niveau international avec notre contribution aux projets H2020 TAILOR (via le CNRS) et au projet CREATE avec Singapour porté par le CNRS, mais aussi via des collaborations avec des instituts de recherche ou universités en

Inde, en Allemagne, au Canada notamment via le projet DEEL, ou aux États-Unis.

Dans la suite nous mettons l'accent plus particulièrement sur sous-ensemble des douze thèmes de recherche développés dans ANITI.

### Fair Learning

Ce thème a pour objectif de développer de nouvelles méthodes permettant de détecter puis d'éliminer les biais indésirables dans les jeux de données d'apprentissage, de validation et de test ou dans les distributions de probabilités associées à une architecture d'apprentissage, que l'utilisateur final peut spécifier. Ce thème examine également comment ces méthodes répondent aux exigences légales et éthiques des systèmes d'IA.

Un premier défi de nos recherches est de fournir des définitions formelles et légales des biais qui peuvent conduire à des contrôles traçables et réalisables de l'algorithme et qui peuvent également s'adapter à de grands vo-





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

lumes de données à utiliser dans des applications du monde réel. De plus, la compréhension du biais n'est pas la même selon la modalité des données. Un thème de recherche important est d'élaborer un modèle conceptuel de l'étiologie du biais dans des données linguistiques, ce qui apporte, avec nos études en droit sur ce sujet, une dimension SHS importante à ce thème. Il s'agit aussi de comprendre la nature et les conséquences épistémologiques des biais (distribution de l'échantillon d'apprentissage, échantillonnage de l'ensemble de données, contraintes juridiques ou techniques) ainsi que l'effet de la satisfaction des conditions d'équité (*Fairness conditions*) sur la performance du système d'IA.

Un intérêt particulier est également porté à l'application de ces méthodes à des systèmes critiques qui doivent satisfaire à des exigences de certification. Ces travaux sont menés notamment dans le cadre du projet DEEL. Dans les applications industrielles, le biais peut provenir d'une représentation déséquilibrée des conditions de fonctionnement et d'environnement, d'un mauvais étiquetage ou d'une description incomplète des données conduisant à des corrélations erronées. Un des défis dans ce contexte est de comprendre les effets de la distribution de l'échantillon de données d'apprentissage et l'erreur de généralisation afin de garantir que les performances de l'algorithme restent robustes aux modifications de leur environnement (apprentissage par transfert, apprentissage par consensus, protection contre les conditions adverses). Différents cas d'usage par exemple du domaine des transports ou de la santé sont considérés pour valider nos travaux.

Ces travaux, qui s'appuient principalement sur les chaires portées par Jean-Michel LOUBES et Céline CASTETS RENARD, ont fait l'objet de plusieurs publications par exemple à la conférence ICML 2019 ([6]), et dans [3] sur des aspects juridiques. Ils ont aussi

donné naissance au logiciel *gems-ai* (<http://www.gems-ai.com>). La valorisation de ces résultats se fait également via la start-up *Maathics* qui a été fondée en 2018 par des chercheurs contribuant à ces deux chaires (<http://www.maathics.com/>). On peut noter également l'organisation en 2020 sur ce thème du workshop '*Law and Machine Learning*' dans le cadre de la conférence ICML-2020 et d'un Workshop Franco-indien '*India Kolkatta*' (*Explainable and Fair Machine Learning*).

### Explicabilité

L'explicabilité ou l'interprétabilité des prédictions des algorithmes d'apprentissage automatique est une condition indispensable pour rendre les systèmes d'IA acceptables pour le grand public et pour leur intégration dans les systèmes critiques du futur et leur certification. Dans le cadre d'ANITI nous explorons trois types d'approches. La première a pour objectif de construire des explications en partant de l'idée qu'un algorithme d'apprentissage entraîné sur des données  $\hat{f}$  peut, comme toute machine de Turing, être traduit dans un ensemble de formules  $\mathcal{T}_{\hat{f}}$  dans un langage logique. Avec  $\mathcal{T}_{\hat{f}}$ , nous pouvons fournir une explication dite *abductive*, développant pourquoi la machine a prédit  $\pi$  pour une entrée  $x$  (exprimée aussi avec un ensemble de formules logiques  $X_x$ ) avec une preuve  $\mathcal{T}_{\hat{f}}, Y_x \vdash \pi$  pour un sous ensemble  $Y_x \subset X_x$  minimal. Cette approche a produit des résultats récents publiés à NeurIPS-2019, NeurIPS-2020 et à AIAI2020 ([9], [8], [11]). Nous avons démontré pour plusieurs types de systèmes d'apprentissage qu'on peut fournir ces explications en temps polynomial avec la perspective de fournir des explications de certains systèmes ML en temps réel. Cette méthode sert aussi à fournir des garanties de performance (en lien avec le thème de l'optimisation pour assurer une meilleure robustesse des modèles IA).



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

La deuxième approche utilise des techniques statistiques, en particulier des méthodes de transport, pour construire un couplage entre deux distributions, une distribution pour  $x$  où  $\hat{f}(x) \neq \pi$  et une autre pour un point  $y$  ou un ensemble de points où  $\hat{f}(y) = \pi$ . On peut alors fournir une explication et une réponse à la question « pourquoi  $\hat{f}(x) \neq \pi$  ? » en fournissant un couplage, qui est dans certains cas 1 – 1, entre les distributions sur les deux points. Ceci entraîne un ensemble de clauses contrefactuelles qui expriment les conditions minimalement suffisantes pour avoir  $\pi$ , étant donné  $x$ . Nous avons montré que cette méthode peut sous certaines conditions capter les mêmes contrefactuels qu'une approche causale ou structurelle qui vise à trouver la structure causale derrière les observations.

Une troisième approche s'empare de l'IA hybride et promet d'apporter une scalabilité des explications aux réseaux de neurones complexes avec des garanties de la logique. En complément, nous avons aussi développé une approche statistique avec la théorie du transport optimal. La théorie des contrefactuels, dont la sémantique définit à la fois une logique et décrit une fonction de transport, fournit un pont entre ces deux approches. Ce pont nous permettra d'exploiter les atouts des deux approches : la souplesse de l'approche transport avec la rigueur de l'approche logique. Ce thème a des liens importants avec le thème sur le '*Fair Learning*', car les modèles contrefactuels nous donnent une perspective intéressante sur l'étude du biais.

Ces travaux s'appuient notamment sur les chaires de Joao MARQUES SILVA, Leila AMGOUD et de Loubes LOUBES. Joao MARQUES SILVA, initialement à l'université de Lisbonne, a été recruté au CNRS et a rejoint Toulouse de manière permanente.

## Optimisation pour l'IA

Ce thème qui est central dans ANITI et fait l'objet des travaux de plusieurs chaires, vise à étudier les fondements théoriques de différentes techniques d'optimisation afin d'optimiser les méthodes d'apprentissage automatique basées sur des réseaux de neurones et de mieux comprendre d'un point de vue théorique leurs conditions de convergence, de stabilité et de robustesse, ainsi que leur capacité de généralisation. Ce sujet est aussi central pour la certification de systèmes IA utilisés dans des systèmes critiques. Une spécificité de l'approche toulousaine est de s'appuyer aussi des techniques de la théorie des jeux pour étudier le comportement des systèmes d'apprentissage, en particulier les problèmes de bandits et les réseaux adverses génératifs (GAN). Une autre spécificité toulousaine c'est l'étude des approches d'optimisation semi-algébriques et des certificats de positivité associés à travers l'exploitation de la parcimonie et/ou symétrie présentes dans les applications en grande dimension, ou toute autre propriété structurelle à découvrir sur ces applications.

Un des objectifs est de mieux comprendre les problèmes liés aux techniques de différenciation algorithmique et de descente de gradient qui sont très répandues pour le calcul numérique de dérivées pendant les phases d'entraînement des algorithmes d'IA, et qui parfois sont utilisées en dehors de leur cadre de validité théorique, notamment dans des domaines non lisses. Ceci permettra d'avoir plus de garanties sur le comportement des réseaux de neurones et d'améliorer la robustesse des algorithmes d'apprentissage profond vis-à-vis de la variation des entrées, des données d'entraînement, de leur distribution, ... La robustesse est aussi examinée de façon indépendante via des analyses du pire cas sur des modèles de grande taille, via des modèles contrefactuels ou des approches statistiques.



Un autre volet des nos recherches sur l'optimisation porte sur des algorithmes capables de traiter simultanément des problèmes d'optimisation numérique et des propriétés (ou contraintes) logiques avec garanties ou certificats, permettant d'imposer des contraintes sur la sortie des modèles appris. Le principal défi à relever ici est que le raisonnement logique automatisé en logique propositionnelle est déjà NP complet, et donc non calculable en pratique. De plus, souvent l'expressivité de la logique propositionnelle ne suffit pas pour exprimer les contraintes voulues. Différentes techniques complémentaires sont explorées dans ANITI pour réduire la complexité et améliorer le passage à l'échelle. Par exemple, un des objectifs sera d'améliorer l'état de l'art de la résolution, avec garantie, de problèmes de décision/optimisation sur des modèles graphiques discrets pondérés avec des contraintes permettant de capturer à la fois des problèmes de raisonnement de type SAT/CSP et une fonction numérique décomposable en améliorant les minorants utilisés et en guidant éventuellement mieux la recherche d'une solution, éventuellement avec une preuve vérifiable. Les applications incluent par exemple l'optimisation de la conception de molécules et protéines dans le domaine de la santé ou du développement durable, ainsi que des problèmes de planification temporelle (ordonnancement) et d'optimisation de configurations dans l'industrie du futur. Des applications dans le domaine du diagnostic et de la maintenance prédictive, ou de l'explicabilité de modèles IA sont aussi envisagées.

La compilation de connaissances est aussi un sujet d'actualité dans ce thème ; la compilation est en effet une méthode d'optimisation permettant de résoudre des problèmes trop complexes (*NP hard* ou au delà) avec des approximations tractables. Des exemples

de problèmes examinés incluent le raisonnement avec des préférences et des incertitudes (réseaux bayésiens, CSP temporels, etc.) mais aussi réseaux CP, approches logiques, algèbre de points et d'intervalles, ...

Parmi les résultats marquants d'ANITI cette année, on peut citer les travaux initiés par Bolte BOLTE et Edouard PAUWELS sur la théorie des champs conservatifs multivalués basée sur un nouveau calcul différentiel qui promet des grandes avancées pour l'entraînement des réseaux de neurones. Ces travaux ont fait l'objet d'une 'Spot' présentation à NeurIPS-2020 [1]). Notons également que Pauwels PAUWELS a obtenu la médaille de Bronze du CNRS en 2020. Dans le thème de l'optimisation dans des modèles graphiques, les chercheurs ANITI ont démontré que le solveur 'toulbar2' (qui exploite des formules logiques) et qui intègre des résultats développés par les chercheurs de la chaire portée par Thomas SCHIEX est plus efficace sur des problèmes complexes que les meilleurs compétiteurs en réseaux neuronaux [2] ou même que des ordinateurs quantiques comme le 2000qbits de D-WAVE<sup>1</sup>.

## Langage, robotique et neurosciences pour l'IA

ANITI a l'ambition de développer des robots assistants et des 'cobots' dotés de capacités avancées de communication, d'interaction avec des humains et de mouvement, afin de réaliser des tâches complexes nécessitant éventuellement des interactions physiques, des initiatives croisées et un partage de l'espace avec des humains. Ces évolutions permettront de répondre aux besoins de l'industrie 4.0 pour assister les ouvriers dans les usines du futur, par exemple pour inspecter des zones difficiles d'accès d'un avion ou pour intervenir sur des lignes

1. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/752485v1>



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

d'assemblage. Dans de nombreux cas, comme illustré par la figure 1.2, ces assistants devront être capables de répondre à des requêtes et de concevoir des plans avec des humains de manière interactive, et ils devront être capables de demander des clarifications et des explications lorsqu'ils ne comprennent pas une demande ou une action.

Cette ambition nécessite la levée de plusieurs verrous techniques et conceptuels. D'abord, il y a le problème de données pour l'apprentissage dans ce domaine. En raison des difficultés de capture de telles informations, nous explorons des méthodes d'apprentissage nécessitant peu de données, combinées à des techniques d'apprentissage profond dans des architectures hybrides. Ensuite, nous comprenons encore peu de façon précise comment les informations non linguistiques durant une conversation s'intègrent aux informations linguistiques pour transmettre un message au contenu sémantique plus complet. Nous avons besoin donc d'étudier les fondements de ce processus pour mieux concevoir l'apprentissage de la représentation multimodale. La compréhension de l'interaction de sources d'information multimodales dans la conversation sera cruciale pour améliorer les performances des robots/cobots et des assistants de conversation qui ont accès à des données visuelles et linguistiques. L'état de l'art actuel n'exploite pas les informations multimodales ou seulement de manière très partielle. Ces travaux font l'objet notamment d'un projet franco-allemand avec l'université de Potsdam (équipe de David SCHLANGEN) et de collaborations industrielles avec LINAGORA et Airbus.

Un troisième défi pour cette ambition est d'améliorer le répertoire et la finesse des mouvements de nos cobots. L'intérêt porte sur des robots avancés, avec des jambes et des bras, devant réaliser des tâches comme la marche, attraper un objet, percer des trous dans un fu-

selage, ouvrir une porte, etc. qui impliquent des décisions nombreuses et des actions de planification et de contrôle très complexes. Nos travaux portent sur l'analyse des fondements mathématiques du mouvement. L'objectif est d'utiliser simultanément des approches basées sur des modèles, telles que le contrôle prédictif, et des méthodes basées sur des données utilisant des techniques d'apprentissage par renforcement, et d'étudier les liens entre ces deux types d'approches. Parmi les faits marquants, les chercheurs impliqués dans la chaire ANITI portée par Nicolas MANSARD ont réalisé une première mondiale cette année : le contrôle prédictif du corps complet d'un robot humanoïde [5]. Des collaborations ont été initiées également avec l'institut Max Planck sur ce sujet.

Un autre sujet développé dans le cadre des chaires portées par Rachid ALAMI et Frédéric DEHAIS concerne l'étude des capacités cognitives des robots avancés, en particulier, le développement et l'apprentissage de facultés de perception et de décision. Les applications concernent tout type de robots dans l'industrie ainsi que les véhicules autonomes. Les travaux visent également à modéliser ou apprendre la collaboration entre robots et êtres humains dans les situations d'actions conjointes, d'initiatives croisées, de partage de tâches, d'occupation spatiale et autres ([4], [12]).

De façon plus générale, la fertilisation croisée entre les neurosciences et l'intelligence artificielle constitue un sujet central dans ANITI. Un premier objectif est d'utiliser des méthodes d'apprentissage automatique pour résoudre des questions fondamentales en neurosciences. En particulier, les travaux menés dans le cadre de la chaire de Frédéric DEHAIS portent sur la conception d'une technologie neuroadaptive basée sur des interfaces passives dédiées à la mesure de l'activité cérébrale d'utilisateurs en interaction les uns avec les autres et avec des agents artificiels. Le défi est de développer



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

### Human-robot interactions in manufacturing environment

#### Moonshot long-term vision:



#### Mid-term vision: collaborative inspection robots



**Objective:** grounding as a link between NLP and decision making, to enable giving instructions/goals/domain knowledge in natural language to machines

Figure 1.2 – Interactions homme robot dans le contexte de l'industrie 4.0

une méthode efficace pour traiter des données physiologiques en ligne qui serait robuste au bruit, au contexte de travail et à l'opérateur humain, et qui permettrait de surveiller dans des environnements à risque les états mentaux pertinents tels que la charge de travail, la fatigue, le stress et la détection d'erreurs. Le deuxième objectif concerne le développement de techniques d'apprentissage par renforcement inverse afin de comprendre et d'apprendre des processus cérébraux favorisant la dynamique de l'attention, en utilisant des données EEG et d'IRM cérébrales (fMRI). Il s'agit aussi de comparer les représentations apprises par les réseaux de neurones profonds avec les représentations humaines sur les mêmes ensembles de données, à la fois pour la vision et le langage. La comparaison nous aidera à comprendre le fonctionnement du cerveau, mais peut également nous indiquer quels modèles de réseaux neuronaux sont plus (ou moins) compatibles avec les représentations humaines, et éventuellement concevoir de nouvelles façons d'améliorer cette compatibilité. En particulier, nous avons démontré dans une publication présentée à NeurIPS-2020 [10] que la structure

neurophysiologique du système visuel chez l'humain incarne une architecture beaucoup plus robuste mais presque aussi performante que les meilleurs systèmes en vision artificielle. Reste à comprendre les raisons mathématiques de cette robustesse. Ces recherches sont menées notamment par la chaire de Rufin VAN RULLEN et la chaire de Thomas SERRE en collaboration avec son équipe de Brown University aux États-Unis.

### Formation

Les axes de travail ciblent tous les publics en intégrant à la fois la formation initiale, en commençant par l'école primaire et secondaire afin de sensibiliser les élèves dès leur jeune âge à l'IA, et aussi la formation continue. Lors des dix-huit derniers mois, nous avons travaillé sur le renforcement de la formation à l'IA sur le site toulousain, dans une démarche de co-construction, impliquant tous les acteurs académiques du site (écoles et universités). Cela s'est traduit par l'évolution de la cartographie de l'offre de formation par l'introduction de modules d'IA, l'augmentation du nombre de



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

groupes dans des formations existantes, et par la création de 9 nouvelles formations : 1 master, 6 parcours ingénieurs et 2 masters spécialisés. De fait, à la rentrée 2020, le nombre d'étudiants inscrits dans une formation IA cœur ou intégration a dépassé les 1650 alors qu'il était de 870 à la rentrée 2018. L'objectif initial de doublement des effectifs à l'horizon 2024 est donc presque atteint en 2021 sur le périmètre cœur et intégration. Les chiffres sur les étudiants formés à l'IA vont encore évoluer en raison de l'ouverture en septembre 2021 et 2022 de plusieurs formations correspondant aux nouvelles accréditations : 1 master phare ANITI (Interaction des Mathématiques et de l'Informatique pour l'IA), 7 parcours de master dont 5 créations, quasiment tous co-accrédités par plusieurs établissements. A noter que 2 masters et 1 master spécialisé sont entièrement en alternance et que la quasi-totalité des autres masters et ingénieurs accueillent des alternants (apprentissage ou contrat pro). Notons également qu'ANITI en collaboration avec l'Université Fédérale de Toulouse organise en juin 2021 un forum de l'alternance dédié à l'IA.

Afin d'améliorer la visibilité et l'attractivité des formations en IA pour les étudiants, cette co-construction s'est traduite également par une labellisation de modules de cours et de parcours de formation, selon une démarche et une charte établies par ANITI. A ce jour, lors de la première vague de labellisation, plus d'un tiers des formations à l'IA ont fait l'objet d'une labellisation (20 parcours complets et 23 parcours comportant des modules labellisés, pour un total de près de 280 modules labellisés). D'autres vagues de labellisation sont déjà programmées pour cette année, et ce processus se poursuivra ensuite au gré des demandes et de l'évolution des offres de formation.

Nous avons aussi déployé en 2020 un dispositif de bourses pour les masters, en vue d'attirer de jeunes talents et notamment les femmes.

Un accent particulier a également été mis sur la formation tout au long de la vie. Une des actions concrètes a été de mettre en valeur l'offre de formation existante chez nos partenaires académiques via la constitution d'un catalogue homogène, ainsi que la création d'une formation spécifique « comprendre les enjeux et les mécanismes de l'intelligence artificielle » sur deux jours, à la demande de nos partenaires industriels. Nous avons également constitué un groupe de travail au sein de notre club des partenaires industriels afin de rationaliser leur expression de besoin.

Enfin, nous avons entrepris de nombreuses actions sur l'IA auprès du grand public et pour sensibiliser à l'IA les jeunes, et surtout les filles, dès l'école primaire et le secondaire. Au travers du prisme de la mixité, une convention a été initiée avec le Rectorat de Toulouse afin d'intervenir dans les écoles, collèges et lycées mais aussi auprès du corps enseignant pour les sensibiliser aux enjeux de l'IA, déconstruire les stéréotypes et susciter des vocations. Parmi les actions déjà engagées : la création d'un escape game pédagogique de sensibilisation à l'IA pour les lycéens et une initiation à la robotique pour les écoles élémentaires. Un réseau d'ambassadrices et d'ambassadeurs « Mixité en IA » issus des entreprises partenaires d'ANITI a aussi été lancé en février 2021 et servira de relais et force de propositions pour des actions collectives visant à inciter les filles de tous âges à travailler dans les domaines de l'IA et à contribuer à la diversité du genre dans ces domaines.

### **Contribution au développement économique**

Une des missions importantes d'ANITI est d'impulser une dynamique permettant de promouvoir les résultats issus des projets de recherche et d'étudier les opportunités de valorisation et d'exploitation de ces résultats. L'ambition est aussi de favoriser la création de tech-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

nologies de rupture ouvrant de nouvelles perspectives économiques pour les partenaires et de démultiplier les opportunités de collaboration avec l'écosystème socio-économique, en s'appuyant notamment sur le pôle 'Aerospace Valley', sur la SATT 'Toulouse Tech Transfer' et sur les différents acteurs de l'innovation du site toulousain.

L'institut comporte 29 partenaires industriels directs, membres d'ANITI et 10 autres au travers des participations à des projets européens. OEM, systémiers, équipementiers, entreprises de services numériques, opérateurs de services, éditeurs logiciels, cabinets de conseils et centres de recherche privés composent une palette très variée, complémentaire de celle des partenaires académiques. Combinée à celle des secteurs – aéronautique, transport terrestre, spatial, banque et environnement – et des types d'entreprise (startups jusqu'à grands groupes), cette diversité favorise d'une part la richesse des cas d'usage pour la recherche et d'autre part la multiplicité des canaux de transfert des connaissances produites, dans le tissu économique. Les retombées actuelles citées par nos partenaires consistent essentiellement en leur montée en compétence grâce à leur implication dans les chaires. Les travaux notamment dans le projet DEEL ([7]) fournissent aussi dès à présent des éléments importants pour les discussions dans les travaux normatifs sur la certification de systèmes critiques intégrant des algorithmes d'IA (Eurocae WG114). Les retombées attendues à plus long terme viendront notamment de l'intégration à l'horizon 2023-2025 de briques technologiques dans leurs produits ou processus leur permettant d'améliorer leur compétitivité.

Rappelons que le premier canal d'impact économique consiste en la participation effective des entreprises aux programmes de Recherche, sous la forme de thèses CIFRE ou de Mises à Disposition (24 à fin 2020), et à leur

participation à l'animation scientifique d'ANITI et au pilotage des programmes intégratifs dans une logique de coconstruction. La contribution de plusieurs partenaires industriels aux thèmes de recherche et dans le cadre du projet DEEL a créé une dynamique inter-entreprises sur différents sujets tels que le langage, la détection d'anomalies, et la certification de systèmes IA.

Le deuxième canal consiste en la montée en compétence en IA au sein des entreprises qui fait l'objet du volet Formation de l'institut.

Concernant les actions visant la création et l'accompagnement de startups, 3 projets de start-up ont été identifiés à ce stade. Nous avons aussi souhaité créer un lien fort avec le tissu économique local et en particulier les PME et start-ups via des interventions auprès des organismes et clusters numériques locaux, en participant à de nombreux salons et conférences, ou en organisant une journée dédiée aux PME pour les connecter à ANITI et à nos partenaires.

## Références

- [1] Jerome Bolte and Edouard Pauwels. A mathematical model for automatic differentiation in machine learning. In *Proceedings of the 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS-2020)*, 2020.
- [2] Celine Brouard, Simon de Givry, and Thomas Schiex. Pushing data into cp models using graphical model learning and solving. In *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, 2020.
- [3] Céline Castets-Renard. Ai and the law in the eu and the us. In *The mathematics of generalization*. Toronto : LexisNexis Canada, 2021.
- [4] Aurélie Clodic and Rachid Alami. What is it to implement a human-robot joint ac-



- tion? *Robotics, AI, and Humanity*, pages 229–238, 2021.
- [5] Ewen Dantec, Rohan Budhiraja, Adria Roig, Teguh Lembono, Guilhem Saurel, Olivier Stasse, Pierre Fernbach, Steve Tonneau, Sethu Vijayakumar, Sylvain Calinon, Michel Taïx, and Nicolas Mansard. Whole body model predictive control with a memory of motion : Experiments on a torque-controlled talos. In *2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation - ICRA*, 2021.
- [6] Eustasio del Barrio, Fabrice Gamboa, Paula Gordaliza, and Jean-Michel Loubes. Obtaining fairness using optimal transport theory. In *Proceedings of the International Conference on Machine Learning*, 2019.
- [7] Hervé Delseny, Christophe Gabreau, Adrien Gauffriau, Bernard Beaudouin, Ludovic Ponsolle, Lucian Alecu, Hugues Bonnin, Brice Beltran, Didier Duchel, Jean-Brice Ginestet, Alexandre Hervieu, Ghilaine Martinez, Sylvain Pasquet, Kevin Delmas, Claire Pagetti, Jean-Marc Gabriel, Camille Chapdelaine, Sylvaine Picard, Mathieu Damour, Cyril Cappi, Laurent Gardès, Florence De Grancey, Eric Jenn, Baptiste Lefevre, Gregory Flandin, Sébastien Gerchiovitz, Franck Mamalet, and Alexandre Albore. Deel project white paper on machine learning in certified systems. <https://arxiv.org/abs/2103.10529>.
- [8] Alexey Ignatiev, Nina Narodytska, Nicholas Asher, and Joao Marques-Silva. On relating “why?” and “why not?” explanations. In *Proceedings of AI\*IA 2020*, 2020.
- [9] Alexey Ignatiev, Nina Narodytska, and Joao Marques-Silva. On relating explanations and adversarial examples. In *Advances in Neural Information Processing Systems 32 : Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2019, NeurIPS 2019*, page 15857–15867, 2019.
- [10] D. Linsley, A. K. Ashok, L. N. Govindarajan, R. Liu, and T. Serre. Stable and expressive recurrent vision models. In *Proceedings of the 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS-2020)*, 2020.
- [11] Joao Marques-Silva, Thomas Gerspacher, Martin Cooper, Alexey Ignatiev, and Nina Narodytska. Explaining naive bayes and other linear classifiers with polynomial time and delay. In *Proceedings of the 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS-2020)*, 2020.
- [12] Caroline Ponzoni, Carvalho Chanel, Raphaëlle N. Roy, Frédéric Dehais, and Nicolas Drougard. Mixed-initiative human-automated agents teaming : Towards a flexible cooperation framework. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Human-Computer Interaction - HCI INTERNATIONAL*, pages 117–133, 2020.





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

## ■ Institut 3IA Côte d'Azur

Institut 3IA Côte d'Azur  
<https://3ia.univ-cotedazur.eu>

### **Charles BOUVEYRON**

*Directeur*

[charles.bouveyron@univ-cotedazur.fr](mailto:charles.bouveyron@univ-cotedazur.fr)

### **Nicholas AYACHE**

*Directeur scientifique*

[nicholas.ayache@inria.fr](mailto:nicholas.ayache@inria.fr)

### **Serena VILLATA**

*Directrice scientifique adjointe*

[serena.villata@inria.fr](mailto:serena.villata@inria.fr)

### **Diana SEBBAR**

*Directrice exécutive*

[diana.sebbar@univ-cotedazur.fr](mailto:diana.sebbar@univ-cotedazur.fr)

### **Présentation générale de l'institut**

Le 3IA Côte d'Azur est l'un des 4 Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle labellisés en 2019 par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation suite à sa sélection par un jury international en réponse à un appel à projet de l'Agence Nationale de Recherche.

Les Instituts 3IA s'intègrent dans le dispositif national des universités et des organismes de recherche, et dans le programme national de recherche en IA dont la coordination a été confiée à Inria. Chaque Institut doit servir de plateforme vis-à-vis des écosystèmes régionaux recherche/formation/innovation actifs en IA qui bénéficieront des différentes mesures du programme national (renforcement des appels à projets, soutien des e-infrastructures, programmes d'attractivité chercheurs et doctorants...).

Le 3IA est coordonné par Université Côte d'Azur aux côtés de partenaires issus de l'enseignement supérieur et de la recherche : CNRS, Inria, Inserm, Eurecom.

Le projet est également soutenu par SKEMA Business School, Mines ParisTech, le

CHU de Nice, l'INRAE, les collectivités locales et plus de 60 entreprises et start-ups. L'institut dispose d'un budget total de 50 millions d'euros (dont 16 du PIA, 34 d'apports des établissements partenaires et 16 millions attendus de la part des entreprises partenaires).

**Recherche.** L'institut 3IA Côte d'Azur est dédié aux applications de l'IA en matière de santé, de biologie numérique et de territoires intelligents. Il réunit actuellement 35 chaires réparties sur 4 axes scientifiques stratégiques : l'intelligence artificielle fondamentale, l'IA au service de la médecine numérique, l'IA pour la biologie computationnelle et l'IA bio-inspirée et l'IA pour des territoires intelligents et sécurisés. L'institut a démarré son fonctionnement en septembre 2019 sur la base des 27 chaires 3IA sélectionnées *ab initio* par le jury international, ainsi que 3 chaires internationales. Au printemps 2020, afin de renforcer les axes 3 « Biologie computationnelle » et 4 « *Smart territories* », nous avons organisé un jury de sélection pour attribuer 6 nouvelles chaires à des chercheurs dans l'environnement de l'institut. Enfin, 3 chaires affiliées ont été également at-



tribuées en 2020 à des chercheurs d'entreprises partenaires.

**Recrutement doctorants et post-doctorants, chercheurs invités.** L'action des porteurs de chaires a été, comme prévu, fortement soutenue par l'institut au travers du recrutement de doctorants et post-doctorants. Pour ce faire, le conseil scientifique du 3IA organise 3 appels à candidatures par an pour ces recrutements. Ainsi, 27 doctorants et 7 post-doctorants ont été recrutés à ce jour. Il faut souligner que 5 doctorants ont été recrutés "hors-chaïres" et seront donc encadrés par des chercheurs ou chercheuses qui ne sont pas titulaires d'une chaire 3IA. Il s'agit là d'une action forte permettant de ne pas limiter les actions de l'institut aux seules chaires. D'autre part, l'institut développe un programme de chercheurs invités pour renforcer les interactions avec l'international.

**Prix, distinctions et projets européens.** L'excellence scientifique des porteurs de chaires du 3IA Côte d'Azur a notamment été reconnue par les prix et distinctions suivants : Prix Pierre Faure de l'Académie des Sciences pour P. REYNAUD-BOURET, '*International Steven Hoogendijk Award 2020*' pour N AYACHE, Prix Joseph Doobs 2020 de l'*American Mathematical Association*' pour F. DELARUE, le trophée 2019 de recherche fondamentale du Pôle de Compétitivité SCS pour B. MIRAMOND, un '*best paper award*' au workshop *CVPR 2020 EarthVision* pour P. ALLIEZ.

**Label 3IA Côte d'Azur.** Dans la région de la Côte d'Azur, il a semblé essentiel de souligner toutes les initiatives dans le domaine de l'IA issus du projet 3IA. L'institut a alors mis en place le label 3IA Côte d'Azur. Celui-ci vise à mettre en avant des événements, des formations ou des projets au sens large qui contri-

buent à la dynamique du 3IA Côte d'Azur. A ce jour, 5 formations et '*summer schools*' sont labellisées. Le label a également été attribué à 5 événements centrés sur l'IA tels que : '*SophIA Summit*', '*ClusterIA meet-ups*', '*ICAIR working sessions*', '*Smart Vehicle Côte d'Azur "Get Together"*' et '*Data & IA community of Telecom Valley REX Lunches*'.

**Formation.** 3IA Côte d'Azur propose de nombreux programmes de formation, avec l'objectif d'augmenter le nombre d'étudiants et de professionnels ayant des compétences en IA et de faire en sorte qu'ils soient en mesure de répondre aux demandes des entreprises de demain. La plupart des programmes ont des pré-requis spécifiques, mais plusieurs niveaux de cours et des qualifications transversales sont proposés. D'une part, le 3IA développe la formation initiale en IA en intégrant des modules d'IA au sein des programmes existants, mais également en créant de nouveaux cours. D'autre part, l'institut propose une formation continue en IA. Celle-ci se fait au travers d'actions événementielles destinées aux partenaires entreprises ('*Deep Learning School*' et '*SophIA Summit*' notamment). En plus de ces événements, il est possible de suivre une formation modulaire. De nouveaux modules sont en cours de développement pour répondre aux besoins des entreprises partenaires, des acteurs économiques, des collectivités territoriales, mais aussi du CHU.

**Relations entreprises.** En lien avec l'objectif de développement économique national du PIA, le développement de partenariats avec l'environnement socio-économique, et avec les entreprises innovantes concernées par l'IA en particulier constitue un des objectifs phares du 3IA Côte d'Azur.

Au démarrage du projet 3IA Côte d'Azur, 62 entreprises ont soutenu la dynamique 3IA



Côte d'Azur en s'engageant à mener des projets collaboratifs de Recherche et Développement avec l'institut pour un montant total de 18,7 M d'Euros. Une « Cellule Entreprises », qui est le point d'entrée pour répondre aux sollicitations et questions des entreprises, a vu le jour en fin d'année 2019.

Persuadé que la création de start-up peut être dans certains cas le meilleur vecteur d'innovation et de création de richesse économique, le 3IA Côte d'Azur apporte un soutien et un accompagnement particuliers aux porteurs de projets de création de start-ups, qu'ils soient issus des recherches du 3IA ou d'ailleurs au sein de l'écosystème. Cela se traduit par l'intégration des dispositifs 'INRIA Start-up Studio' et 'CNRS Rise' au soutien apporté par le 3IA Côte d'Azur aux projets de start-ups et des actions en lien avec l'AAP 'DeepTech Start-ups' de l'IDEX UCAjedi avec la possibilité d'y adjoindre l'ingénierie collaborative du 3IA Côte d'Azur.

### Focus scientifique sur les quatre axes

Le programme scientifique du 3IA Côte d'Azur se base sur l'idée d'une IA opérant dans le monde réel notamment avec des applications pour la santé (médecine et biologie) et les territoires intelligents. Le programme scientifique est constitué de 4 axes principaux de recherche :

- Éléments fondamentaux de l'IA.
- L'IA pour la médecine numérique.
- L'IA pour la biologie numérique et IA bio-inspirée.
- L'IA pour les territoires intelligents et sécurisés.

Nous détaillons dans la suite les éléments principaux qui caractérisent les quatre axes de recherche.

**Axe 1 : Éléments fondamentaux de l'IA.**  
L'objectif de cet axe est de développer des

modèles et des algorithmes fondamentaux d'IA pour des problèmes du monde réel. Dans ce cadre, nous trouvons notamment l'apprentissage automatique qui se décline dans l'apprentissage statistique et l'apprentissage profond. Différents modèles d'apprentissage supervisé et non supervisé ont été proposés par les chaires 3IA Côte d'Azur notamment pour apprendre à partir de données hétérogènes, pour l'analyse topologique des données et pour le traitement automatique du langage naturel.

La représentation de la connaissance et le raisonnement trouvent aussi leur place dans cet axe, avec des approches visant à combiner l'apprentissage automatique avec les méthodes symboliques, la représentation et le traitement des connaissances sur le Web, des méthodes permettant de relier entre elles les données non structurées, structurées et sémantiques, et enfin le raisonnement sur les réseaux dynamiques hétérogènes complexes. Une partie importante de l'Axe 1 est dédiée à l'IA basée sur les contraintes, où des techniques d'IA distribuée et fédérée ont été proposées ainsi que des méthodes formelles pour le raisonnement sous incertitude, notamment pour la prise de décision en temps réel. Une attention particulière est dédiée aux approches destinées à traiter les 'small data' reposant sur l'apprentissage actif et les méthodes approximatives. Enfin, la problématique actuelle et cruciale de développer des méthodes d'AI qui soient interprétables, explicables et fiables est d'une importance fondamentale dans ce contexte. Les défis de l'éthique de l'IA font aussi partie des thématiques de recherche poursuivies dans cet axe.

**Axe 2 : IA pour la médecine numérique.**  
L'objectif de cet axe est de proposer des modèles et des algorithmes d'IA pour le patient et la médecine numérique basés sur des connaissances statistiques, géométriques, biophysiques et sémantiques de l'anatomie, de



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

la physiologie et du métabolisme. Les principaux problèmes d'IA dans le cadre de la médecine numérique sont la résolution de problèmes inverses de grande taille, la présence de données hétérogènes, l'analyse des données topologiques et géométriques et la génération de résultats explicables et traçables. Pour cela, on peut s'appuyer d'une part sur une approche hybride entre l'IA et la simulation biophysique afin d'apprendre les paramètres biophysiques pour le diagnostic quantitatif et de prévoir l'évolution de pathologies et l'effet de thérapies grâce au jumeau numérique. D'autre part, les approches d'IA basées sur les données permettent de prendre en compte les biomarqueurs d'imagerie et omiques (génomique, transcriptomique, protéomique, métabolomique) ainsi que les données cliniques, le mode de vie et le comportement pour la sélection des patients à étudier.

Cet axe aborde également la question de la gestion des données médicales, telle que les solutions proposées dans le cadre du 'Health Data Hub', de l'EDS APHP et du 'Medical Data Lab' (Idex UCA), qui interrogent des problématiques liées à l'interopérabilité et à la sécurité de ces bases de données et au respect de la vie privée.

**Axe 3 : IA pour la biologie numérique et IA bio-inspirée.** L'objectif de cet axe est de concevoir des modèles et des algorithmes d'IA pour l'analyse de données biologiques et la description de processus biologiques complexes, ainsi que proposer des processus informatiques innovants, inspirés des processus biologiques cérébraux.

Cet axe explore différents sujets en biologie computationnelle tels que l'exploitation des espaces conformationnels de grande dimension pour révéler des affinités moléculaires, la combinaison des atlas de cellules uniques et les réseaux d'interaction (protéine, méta-

bolique, génétique, signalisation) pour révéler les voies moléculaires, la microscopie 3D+t à super-résolution et multispectrale pour révéler la complexité des processus biologiques et leur dynamique. L'un des sujets de cet axe est aussi la modélisation de l'activité cérébrale. Plus précisément, il s'agit de trouver de nouveaux modèles de l'activité neuronale et/ou comportementale enregistrée au cours d'expériences *in vivo*, en particulier lors de l'apprentissage de tâches cognitives complexes. Réciproquement, il s'agit de s'inspirer des connaissances acquises en neurosciences, et des modèles d'intelligence naturelle validés expérimentalement, pour fournir de nouvelles approches neuromorphiques et biomimétiques en intelligence artificielle.

**Axe 4 : L'IA pour des territoires intelligents et sécurisés.** L'IA pour des territoires intelligents et sécurisés. L'objectif de l'IA doit être, parmi d'autres, de fournir des ressources et des services personnalisés à un large éventail d'acteurs actifs sur des territoires multi-échelles. Par exemple, les systèmes de distribution d'énergie, la mobilité multimodale et partagée, les véhicules autonomes connectés, les robots collaboratifs dans des environnements ouverts et peuplés, le contrôle de la pollution globale requièrent le développement de modèles et d'algorithmes visant à améliorer les activités quotidiennes des acteurs qui agissent dans ces différents cadres. Plus concrètement, les objectifs de l'axe 4 se focalisent sur la modélisation urbaine spatio-temporelle (4D), la prédiction et l'exploitation des comportements et des préférences des utilisateurs, la gestion du trafic routier et l'anticipation et la gestion d'éventuelles catastrophes. Un autre aspect sur lequel le 3IA Côte d'Azur se focalise est la sécurisation des processus impliquant des algorithmes d'IA. Notamment, il s'agit de questionner le respect de la loi, le respect de la vie privée, la résilience, la confiance, l'acceptabilité,

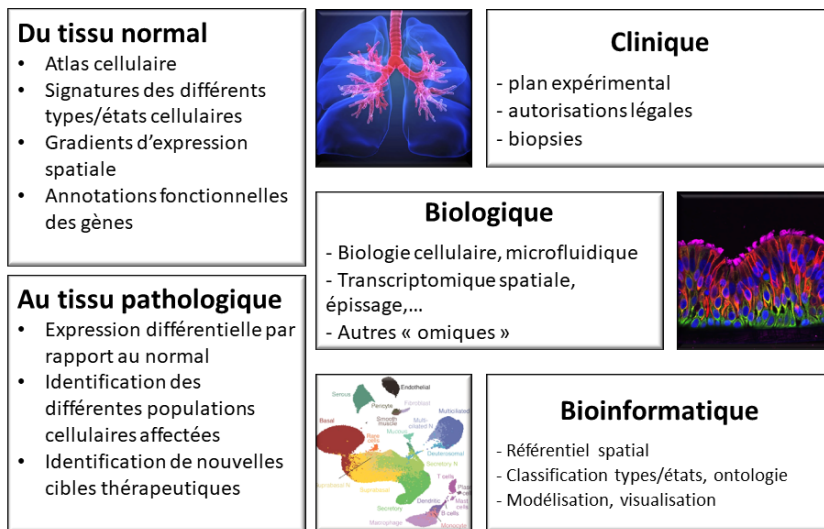


Figure 1.3 – Caractéristiques du projet « Human Lung Cell Atlas » de la chaire 3IA Côte d'Azur.

et la transparence de ces algorithmes.

Enfin, les chaires associées à cet axe étudient l'optimisation locale et globale des systèmes de systèmes, avec des utilisateurs actifs, en prenant en compte la diversité, l'hétérogénéité, l'incertitude, la dynamique, et les éventuelles préférences des acteurs. Cela interroge aussi des défis fondamentaux de l'IA tels que l'apprentissage avec des données hétérogènes et lacunaires, des objectifs à préférences et contraintes multiples, l'apprentissage en temps réel, et la réglementation de l'IA.

Nous proposons pour conclure un focus scientifique sur quelques chaires concernant l'IA pour la santé numérique.

### **Focus sur la Chaire de Pasca BARBY (CNRS) : construction de l'atlas de toutes les cellules humaines**

Le consortium international 'Human Cell Atlas' (HCA) a pour objectif de réaliser l'at-

las complet des 10.000 milliards de cellules qui composent un corps humain, et de construire une ressource librement accessible à tous. Si l'objectif principal du HCA porte sur la description de l'individu sain, le nouveau cadre conceptuel qui résulte permettra aussi de mieux appréhender le déclenchement des pathologies humaines. L'enjeu plus spécifique de la chaire « Human Lung Cell Atlas » du 3IA Côte d'Azur porte sur la construction d'un atlas du système respiratoire (Figure 1.3).

Nos premières études ont identifié des dizaines de types cellulaires différents dans les voies aériennes [5]. La proportion des différentes cellules et leurs propriétés intrinsèques varient en fonction de la région du poumon étudiée, et de l'état physiologique de l'organisme (âge, situation pathologique). Des biopsies peuvent être prélevées à des points précis du poumon, en utilisant un référentiel de coordonnées communes, lors d'examens cliniques appelés bronchoscopies. C'est à partir de ces



biopsies que nous avons établi notre première cartographie. Le groupe "poumon" du HCA cherche maintenant à établir un atlas du poumon complet. Les outils d'apprentissage automatique fournissent déjà des informations sur cet écosystème cellulaire. Une illustration récente a été fournie avec la découverte dans les voies aériennes des cellules réceptrices du SARS-CoV2, le virus du COVID-19, qui expriment à leur surface la protéine ACE2, le récepteur du virus. La mise en commun des travaux de l'ensemble de la communauté '*HCA Lung Biological Network*' a permis cette identification 4 mois seulement après la découverte initiale du virus [6].

L'intégration des données produites dans une ressource libre et partagée va constituer une ressource inestimable pour mieux comprendre le fonctionnement de notre organisme, appréhender certaines situations pathologiques, et identifier de nouvelles cibles thérapeutiques. L'Atlas des cellules pulmonaires humaines constitue une communauté ouverte et inclusive, à laquelle tous les spécialistes des nombreuses disciplines allant de la biologie fondamentale à l'informatique sont invités à participer [8].

### **Focus sur la Chaire de François BREMOND (Inria) : analyse vidéo pour la compréhension du comportement humain**

L'objectif de cette chaire est la compréhension du comportement humain grâce à l'analyse vidéo. L'analyse vidéo permet de mesurer objectivement le comportement des personnes en reconnaissant leurs activités quotidiennes, leurs émotions et leur mode de vie. Le comportement humain peut être modélisé en apprenant à partir d'un grand nombre de données provenant de divers capteurs, afin d'améliorer et optimiser par exemple la qualité de vie des personnes souffrant de troubles du comportement.

L'analyse vidéo est un sujet de recherche, qui profite des énormes progrès réalisés dans l'apprentissage profond, en particulier pour l'étude du comportement humain. Cependant, il reste difficile pour un système automatisé de faire face 24/7 à la complexité du monde réel. Un autre défi consiste à extraire les gestes fins des personnes et leurs expressions faciales pour mieux analyser les troubles légers du comportement, tels que ceux liés à l'anxiété ou l'apathie.

Nous avons ainsi conçu et testé des modèles d'architecture de réseaux neuronaux sur plusieurs ensembles de données avec différentes modalités pour identifier des émotions, telles que le stress, l'anxiété, la joie. L'approche consiste à combiner des entrées multimodales, en comparant diverses stratégies telles que l'apprentissage multi-tâches, le focus d'attention, l'élicitation des connaissances (infusion) à l'aide du paradigme étudiant-enseignant, l'apprentissage contrastif et le co-apprentissage [4]. Plusieurs niveaux de supervision à l'aide d'une vérité terrain plus ou moins complète (par exemple, induisant une supervision faible) sont utilisés pour entraîner ces modèles. Les progrès réalisés avec ces algorithmes ont déjà permis de reconnaître des activités complexes, comme la préparation d'un repas en utilisant plusieurs ustensiles (cf. figure 1.4), et à partir de cette analyse de différencier les personnes en bonne santé de celles souffrant de troubles cognitifs. Ces algorithmes permettent un diagnostic plus objectif et plus précoce, en quantifiant le niveau des troubles et en surveillant l'évolution de ces troubles. Ces techniques d'IA peuvent également apprendre les relations entre les symptômes et leurs véritables causes, qui sont souvent difficiles à identifier et à mesurer. Les troubles du comportement affectent la santé mentale d'un nombre croissant de personnes et sont difficiles à gérer, ce qui entraîne un coût élevé dans notre société moderne. Ces nouvelles tech-

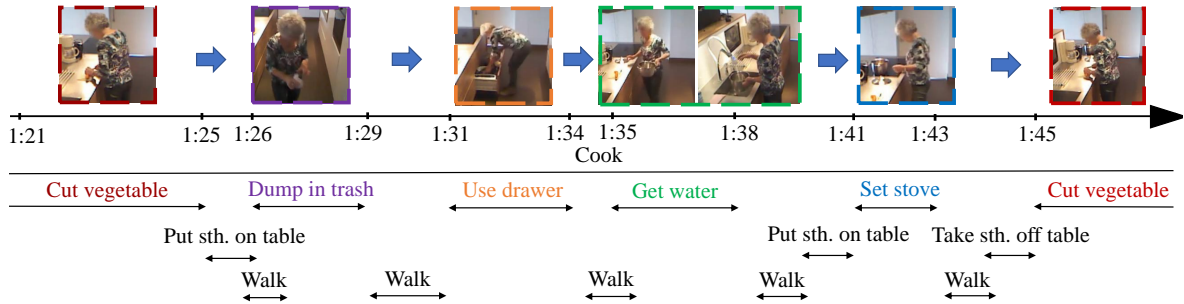


Figure 1.4 – Exemple d'activités complexes de la base vidéo SmartHome.

## Metabolomics Workflow

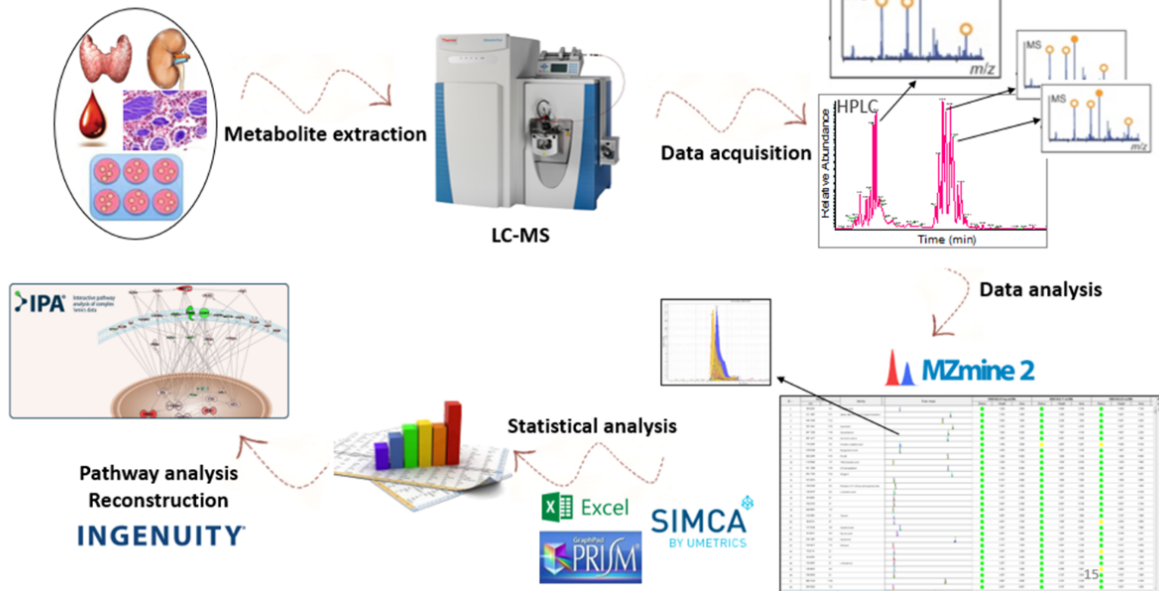


Figure 1.5 – Caractéristiques du workflow métabolomique.



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

niques peuvent alors aider à améliorer la qualité de vie de ces personnes en leur permettant de continuer à évoluer dans leur lieu de vie.

### **Focus sur la Chaire de Olivier HUMBERT (Université Côte d'Azur) : profilage complet omique pour la médecine de précision en oncologie**

Ce projet vise à répondre à un enjeu majeur de l'oncologie moderne : anticiper, pour un patient donné, l'efficacité des nouveaux traitements par immunothérapies dans le cancer du poumon (cf. figure 1.5). Ces traitements innovants ont un mécanisme d'action totalement différent des chimiothérapies classiques : ils ne ciblent plus les cellules cancéreuses, mais leur environnement, afin de réactiver les capacités immunitaires propres du patient et, *in fine*, détruire la tumeur. Si l'efficacité de l'immunothérapie est spectaculaire pour 40% des patients, l'effet thérapeutique est modeste, voire parfois délétère, pour les 60% de patients restants. En l'absence de biomarqueur prédictif permettant d'anticiper l'efficacité du traitement, il n'y a actuellement pas de pré-sélection possible des patients répondeurs, loin de l'ambition affichée d'une médecine personnalisée.

Pour aboutir au graal d'une médecine de précision, adaptée aux particularités cliniques et biologiques propres à chaque patient, nous avons recours à l'extraction et l'analyse de données médicales de haute dimension dites "omiques", issues à la fois de la biologie (métabolomique) mais également de l'image médicale numérique. Bien que l'imagerie TEP « corps entier » soit une source considérable d'informations morphologiques et biologiques, pesant plusieurs centaines de mégaoctets par examen, nous, médecins, la réduisons à l'interprétation d'une dizaine de données quantitatives et qualitatives.

Notre projet, issu d'une collaboration entre le CEA (Equipe Tiro) et l'INRIA (équipe Maa-

sai) vise à comparer deux approches pour exploiter au mieux le potentiel de l'imagerie médicale : 1) la radiomique, reposant sur la conversion de l'image en plusieurs dizaines d'index quantitatifs de signification connue; et 2) le *Deep Learning* (CNN) pour une analyse plus "en profondeur" des images. Puis, nous développerons une approche "holistique" intégrant des Big Data de métabolomique afin d'appréhender la pathologie cancéreuse dans toute sa complexité et d'améliorer la prédiction de la réponse tumorale par les algorithmes de '*Machine Learning*'.

L'accès aux données médicales est actuellement un des principaux verrous des projets d'IA en médecine. L'externalisation et la mise à disposition de ces données sensibles dans des entrepôts centralisés est un processus fastidieux et complexe sur le plan réglementaire. Afin de lever ce verrou, nous initions un projet de Federated Learning : les données médicales n'ont plus besoin d'être "sorties" des hôpitaux, seuls les paramètres de l'algorithme entraîné localement sont transférés à un serveur centralisé, afin de garantir la sécurité et la confidentialité des données médicales. Une collaboration ambitieuse a été initiée sur ce sujet entre la fédération hospitalière UNICANCER et l'INRIA (équipe Epione).





## Focus sur la Chaire de Marco LORENZI (Inria) : interprétabilité et sécurité de l'apprentissage statistique dans le domaine de la santé

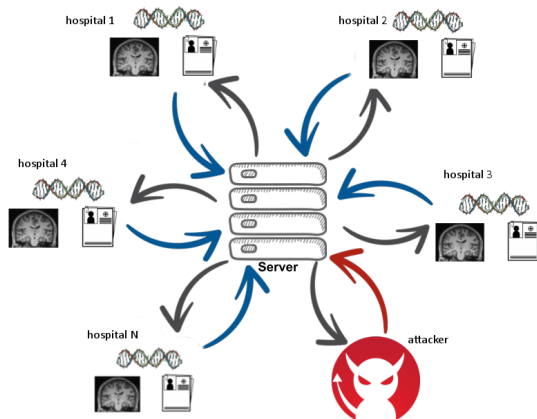


Figure 1.6 – Apprentissage statistique fédéré pour l'analyse de données biomédicales hétérogènes et en grandes dimensions.

Ce projet scientifique s'inscrit dans la recherche en IA fondamentale, et cible les applications en santé pour améliorer les procédures courantes d'analyse des données biomédicales (voir Figure 1.6).

Le focus du projet porte sur les deux axes de recherche suivants.

**1) Apprentissage avec données hétérogènes et en grandes dimensions.** Nous nous focalisons sur l'interprétabilité de l'apprentissage statistique dans les applications biomédicales. Nous contribuons aux domaines de la réduction de dimensionnalité et de l'intégration des données en grandes dimensions [9, 1], ainsi qu'à l'étude de cadres théoriques pour l'apprentissage automatique des systèmes dynamiques sous-jacents aux données [10].

**2) Apprentissage statistique fédéré pour l'analyse de données multi-centriques.**

L'optimisation fédérée permet l'apprentissage statistique dans le cas où la confidentialité des données interdit leur partage, comme par exemple entre hôpitaux. La sécurité et la stabilité de l'entraînement fédéré sont pourtant prioritaires. Nous nous focalisons dans la recherche de stratégie de sécurisation et d'attaques pendant l'optimisation [7]. Pour mieux prendre en compte la variabilité des données entre différents hôpitaux, nous étudions aussi de nouveaux cadres Bayésiens de l'apprentissage fédéré [2].

## Focus sur la Chaire de Maxime SERMESANT (Inria - UCA) : intelligence artificielle et modèles biophysiques pour la cardiologie numérique

Malgré les résultats impressionnants de l'IA, elle manque souvent de robustesse et d'explicabilité. Ceci est crucial dans les soins de santé, où les erreurs peuvent être dramatiques et les décisions doivent être interprétées. L'une des difficultés est la variabilité des données cliniques qui rend la robustesse difficile sans connaissances préalables. De plus, les applications en santé nécessitent une explicabilité afin de mieux comprendre la logique de la décision et ses limites.

Pour répondre à ces défis, je propose dans cette chaire d'introduire des a priori physiologiques en IA par le biais de la modélisation biophysique. Des progrès importants ont été réalisés dans la modélisation biophysique du corps humain. Ces modèles constituent un cadre mathématique bien posé pour introduire la physiologie dans l'analyse prédictive des données cliniques. De plus, ils fournissent un cadre mécaniste naturel pour interpréter les résultats. Cependant, il y a souvent un coût de calcul important, encore plus lorsque la quantification de l'incertitude doit être effectuée. Et il est parfois difficile de contourner les approximations des modèles.



L'objectif de cette chaire est donc d'intégrer l'intelligence artificielle et les modèles biophysiques afin de tirer parti des avantages des deux approches. Par exemple, les réseaux de neurones peuvent apprendre la dynamique spatio-temporelle à partir de modèles biophysiques afin d'intégrer des a priori physiologiquement plausibles, puis s'entraîner sur des données réelles pour corriger les erreurs de modèle. En outre, des problèmes inverses complexes et mal posés pour les modèles biophysiques peuvent être formulés avec l'apprentissage automatique pour une régularisation basée sur les données. Ceci peut permettre d'obtenir des résultats meilleurs et plus rapides, donc compatibles avec les applications cliniques. Ceci peut aussi conduire à des avancées importantes dans l'IA en santé en termes de précision et d'explicabilité des résultats.

Il est essentiel dans un tel projet interdisciplinaire d'avoir des partenaires cliniques et industriels afin d'avoir un impact. Ce projet est réalisé en collaboration avec des cardiologues et des radiologues pour accéder aux bases de données cliniques et pour améliorer le diagnostic, la thérapie et le pronostic des pathologies cardiaques. Des collaborations existent avec le CHU de Nice, l'IHU Liryc de Bordeaux, et avec les sociétés inHEART, ExactCure et 'General Electric Healthcare'.

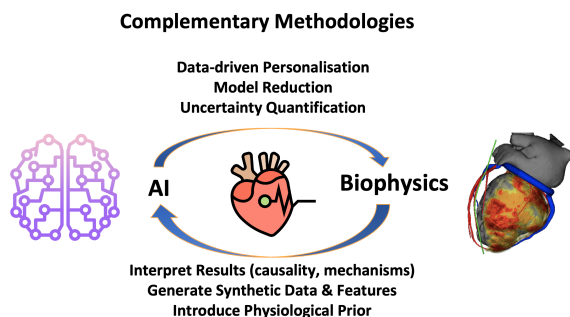


Figure 1.7 – Caractéristiques du projet « IA et modèles biophysiques pour la cardiologie numérique ».

Ces recherches nécessitent une formation à la fois théorique et pratique à l'interface des mathématiques appliquées (systèmes dynamiques) et de l'informatique (apprentissage automatique). Ceci nécessite également une bonne compréhension des données de santé complexes, qui peuvent être apprises grâce aux interactions avec les cliniciens et les entreprises. Les formations généralistes françaises fournissent de bonnes bases pour s'attaquer à ces défis.

### **Focus sur la Chaire de Serena VILLATA (CNRS) : détection et génération d'arguments en langage naturel dans le domaine de la santé**

Le domaine de l'argumentation artificielle joue un rôle important dans la recherche en intelligence artificielle [12]. Les machines intelligentes basées sur l'argumentation reposent sur l'utilisation de technologies d'argumentation pour améliorer leur interactions avec les humains dans les tâches de la vie quotidienne.

Cette chaire s'attaque à deux objectifs principaux. D'une part, l'objectif est de permettre aux machines de fournir des explications interactives basées sur la génération d'arguments en langage naturel à propos du résultat du processus décisionnel de la machine (c'est-à-dire pourquoi la machine a délibéré d'une certaine manière) en prenant en compte le retour de l'utilisateur (Figure 1.8). D'autre part, l'objectif est aussi de proposer des nouvelles méthodes de Traitement Automatique du Langage Naturel (TALN) pour extraire, analyser, résumer et générer des structures argumentatives en langage naturel [3] dans de contextes tels que les essais cliniques, les débats politiques et les documents juridiques.

Ces dernières années, le domaine de la e-santé a vu un intérêt croissant pour la définition de systèmes intelligents ayant le but d'accompagner les cliniciens dans leurs tâches et



leurs activités quotidiennes. D'ailleurs, cela inclut de nouveaux systèmes pour le domaine de la médecine basée sur les preuves. Ce dernier repose sur le principe de l'évaluation critique des preuves médicales et de la combinaison de ces preuves de haute qualité avec l'expérience clinique individuelle du praticien par rapport à la situation d'un patient pour obtenir le meilleur résultat possible. Dans le cadre de cette chaire, nous avons récemment proposé un cadre de fouille d'arguments (*Argument Mining*) qui intègre des informations supplémentaires inspirées par les cadres biomédicaux courants pour l'analyse des essais cliniques. Ces extensions comprennent la détection des éléments PICO et un module d'analyse des résultats pour identifier et classer les effets (c'est-à-dire améliorés, augmentés, diminués, pas de différence, pas d'occurrence) d'une intervention sur le résultat de l'essai [11]. Le système ACTA a été développé pour démontrer l'utilisation pratique de notre approche basée sur les arguments pour analyser les essais cliniques (<http://ns.inria.fr/acta/>).

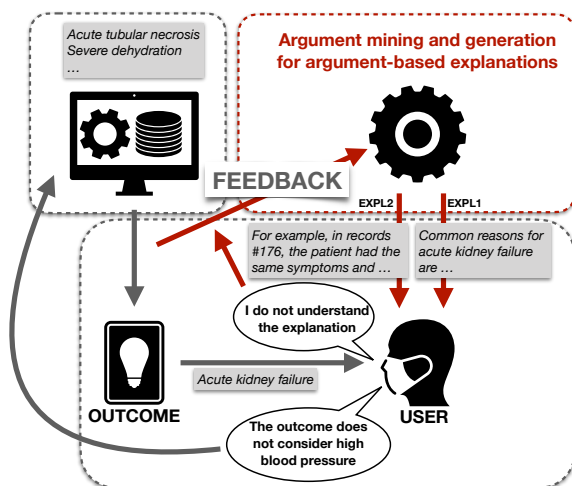


Figure 1.8 – Caractéristiques du projet « Argumentation Artificielle pour les Humains ».

L'objectif est maintenant, en collaboration avec le CHU de Nice, de concevoir des ma-

chines intelligentes capables d'engager des dialogues explicatifs en langage naturel dans le domaine de la santé pour expliquer les prédictions de la machine à travers des arguments qui peuvent inclure des déclarations analytiques décrivant les éléments responsables de la prédiction, des exemples spécifiques à l'appui de la prédiction, et des arguments expliquant le rejet de sorties alternatives.

## Références

- [1] Luigi Antelmi, Nicholas Ayache, Philippe Robert, and Marco Lorenzi. Sparse multi-channel variational autoencoder for the joint analysis of heterogeneous data. In *Int. Conf. on Machine Learning (ICML)*. PMLR, 2019.
- [2] Irene Balelli, Santiago Silva, and Marco Lorenzi. A probabilistic framework for modeling the variability across federated datasets of heterogeneous multi-view observations. *Int. Conf. on Information Processing in Medical Imaging (IPMI)*, 2021.
- [3] Elena Cabrio and Serena Villata. Five years of argument mining : a data-driven analysis. In Jérôme Lang, editor, *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2018, July 13-19, 2018, Stockholm, Sweden*, pages 5427–5433. ijcai.org, 2018.
- [4] Srijan Das, Saurav Sharma, Rui Dai, Francois Bremond, and Monique Thonnat. Vpn : Learning video-pose embedding for activities of daily living. In *European Conference on Computer Vision*, 2020.
- [5] Marie Deprez and Laure-Emmanuelle Zaragoza et coll. A single-cell atlas of the human healthy airways. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 202 :1636–1645, 2020.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- [6] Waradon Sungnak et coll. Sars-cov-2 entry factors are highly expressed in nasal epithelial cells together with innate immune genes. *Nature medicine*, 26 :681–687, 2020.
- [7] Yann Fraboni, Richard Vidal, and Marco Lorenzi. Free-rider attacks on model aggregation in federated learning. *Int. Conf. on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)*, 2021.
- [8] <https://www.humancellatlas.org/>. website of the human cell atlas.
- [9] Marco Lorenzi, Andre Altmann, et al. Susceptibility of brain atrophy to trib3 in alzheimer’s disease, evidence from functional prioritization in imaging genetics. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 115(12), 2018.
- [10] Marco Lorenzi and Maurizio Filippone. Constraining the dynamics of deep probabilistic models. In *Int. Conf. on Machine Learning (ICML)*. PMLR, 2018.
- [11] Tobias Mayer, Elena Cabrio, and Serena Villata. Transformer-based argument mining for healthcare applications. In *ECAI 2020 - 24th European Conference on Artificial Intelligence*, volume 325 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 2108–2115. IOS Press, 2020.
- [12] Serena Villata. Artificial argumentation for humans. In Jérôme Lang, editor, *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2018, July 13-19, 2018, Stockholm, Sweden*, pages 5729–5733. [ijcai.org](http://ijcai.org), 2018.



## ■ MIAI – Multidisciplinary Institute in Artificial Intelligence

MIAI@Grenoble Alpes  
[miai.univ-grenoble-alpes.fr](http://miai.univ-grenoble-alpes.fr)

L'Institut MIAI@Grenoble Alpes (*Multidisciplinary Institute in Artificial Intelligence*) vise à conduire des recherches au plus haut niveau en intelligence artificielle, à proposer des enseignements attractifs pour les étudiants et les professionnels de tous les niveaux, à soutenir l'innovation dans les grandes entreprises, les PME et les startups et enfin à informer et interagir avec les citoyens sur tous les aspects de l'IA.

**Grenoble Alpes, un écosystème unique pour l'intelligence artificielle.** Avec le CEA, le CNRS, Inria, l'Inserm, l'Université Grenoble Alpes, Grenoble INP, Grenoble EM, Sciences Po Grenoble, le CHU Grenoble Alpes et un tissu industriel riche, Grenoble Alpes regroupe des forces capables d'assurer le continuum matériel/logiciel en créant des systèmes spécialisées pour l'IA grâce à la conception de composants électroniques dédiés. Grenoble Alpes sait mobiliser son écosystème économique via les pôles de compétitivité (Tenerrdis et Minalogic, Lyon Biopôle et Imaginove) et les clusters applicatifs dans le domaine de la santé (Medicalps) en collaboration avec les grands acteurs socio-économiques. Grenoble Alpes dispose enfin de structures pour faciliter les partenariats entre la recherche publique et les acteurs du monde socio-économique en lien fort avec l'IA notamment l'IRT Nanoelec, et les instituts Carnot Leti (CEA), Logiciels et Systèmes Intelligents - LSI (Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP), Energies du Futur (Grenoble INP, CEA-Liten, CNRS, Université Grenoble Alpes,

**Eric GAUSSIER**

*Directeur*

**Manel BOUMEGOURA**

*Project manager*

Université Savoie Mont Blanc, INRA) et iC Inria.

MIAI@Grenoble Alpes est structuré autour de deux grands thèmes, *l'IA du futur* et *l'IA pour l'humain et l'environnement*, et s'appuie sur 30 chaires constituées d'une équipe de plusieurs membres permanents et non-permanents, ainsi que sur une trentaine de projets collaboratifs de moindre envergure.

### L'IA du futur

Les systèmes de décision automatiques sont actuellement déployés à grande échelle. Ils affectent déjà la vie des citoyens et leur impact devrait s'accroître. Souvent fondés sur des modèles complexes d'apprentissage automatique, ces systèmes soulèvent de nombreux défis scientifiques en matière de sécurité, de robustesse, de confidentialité, d'équité et d'efficacité des données lorsque les données annotées en masse ne sont pas disponibles. MIAI@Grenoble Alpes aborde ces défis en combinant les perspectives de différents domaines scientifiques, tant académiques qu'industriels : optimisation, statistiques, apprentissage automatique, IA symbolique. Huit chaires sont dédiées à ces aspects.

L'IA du futur doit sortir du cloud pour rencontrer ses utilisateurs et surmonter les problèmes liés à la surcharge de communication et à la confidentialité des données. Les architectures matérielles pour l'intelligence artificielle constituent un sujet clé pour les nouvelles applications, intégrées dans des appareils à faible consommation et à faible temps de la-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

tence (voitures, équipements portables destinés aux soins de santé ou capteurs intelligents d'événement). Un programme spécifique sur les '*Neuro Processing Units*' aborde ces sujets de recherche. Dans le même temps, un nouveau paradigme associant '*Edge/Fog/Cloud computing*' et IoT s'est développé. Ce paradigme requiert une gestion avancée de ressources disséminées à divers endroits ainsi qu'un apprentissage distribué. Il s'agit ici en partie d'utiliser des méthodes d'apprentissage en ligne, supervisé ou non, incrémental et "sous contrainte" afin de permettre une adaptabilité à l'environnement et une personnalisation aux utilisateurs.

L'un des principaux objectifs de l'intelligence artificielle est d'améliorer la capacité des humains à interagir avec leur environnement. Cela implique la résolution de divers problèmes liés à l'extraction de la structure informationnelle de cet environnement et au traitement correct et efficace des informations acquises. L'environnement humain est également composé d'autres êtres humains, ce qui soulève des questions spécifiques sur l'analyse automatique du comportement humain et la conception de systèmes efficaces pour améliorer les interactions entre humains. Les recherches sur cette thématique au sein de MIAI@Grenoble Alpes s'articulent autour de l'analyse visuelle du monde extérieur, de l'interaction entre humains et objets et de la communication par la parole et le langage. Elles s'appuient sur les avancées récentes en apprentissage automatique, en vision par ordinateur, en psychologie cognitive et en traitement automatique des langues et de la parole.

## **L'IA pour l'humain et l'environnement**

Grenoble est à l'avant-garde de la recherche en médecine, science de la terre et du climat. Dans les interventions médicales assistées par ordinateur, plusieurs appareils développés à Grenoble ont donné lieu à des premières chirur-

gicales (par exemple, la chirurgie de navigation pour biopsies de la prostate développée commercialement par Koelis, une spin-off d'Univ. Grenoble Alpes, utilisée par plus de 250 000 patients de 30 pays). En utilisant un traitement massif de données sismiques et géodésiques, des chercheurs grenoblois ont révélé que la Terre solide évoluait à toutes les échelles de temps, constat qui remet en cause les conceptions traditionnelles de sa dynamique. En exploitant des données massives sur la répartition des espèces à grande échelle et des données climatiques haute résolution et de télédétection, des chercheurs grenoblois ont révélé comment le changement climatique et l'affectation des sols provoquent des réactions inattendues de la biodiversité. MIAI élargit ces axes de recherche dans plusieurs directions.

L'intelligence artificielle offre de grandes possibilités d'élaborer des solutions novatrices pour améliorer la vie des gens et leur environnement social. L'intégration de l'IA dans la société affecte la plupart des domaines de la vie privée et de la vie sociale, aux niveaux collectif comme individuel. En réponse, les individus, les groupes et les institutions mettent en œuvre des processus réglementaires pour traiter les risques réels ou imaginaires résultant de l'IA. Pour éviter à la fois les scénarios catastrophe et les dangers de la cécité volontaire, MIAI@Grenoble Alpes rassemble des spécialistes des sciences sociales et de l'informatique pour mener des recherches sur l'impact réel de l'IA sur la société ainsi que sur la régulation raisonnée de l'intelligence artificielle, qui nécessite non seulement une compréhension des algorithmes et des technologies, mais également une étude de la valeur sociale et du sens que les utilisateurs leur attribuent.

Les systèmes de santé et de protection sociale en France et en Europe associent de nombreux acteurs : hôpitaux, services sociaux, entreprises, universités et centres de recherche



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

et de régulation. Les données sont collectées à partir de sources multiples et, alors que les informations personnalisées sur le patient peuvent révolutionner le diagnostic et le traitement, le véritable problème est de les capturer, de les stocker et de les comprendre. Avec l'IA, la santé devient une santé intelligente, concrétisant les promesses de la vision P4 (prédictive, personnalisée, préemptive, participative) de la médecine. MIAI@Grenoble Alpes développe à la fois les outils d'acquisition de données et l'environnement pour développer et tester des dispositifs basés sur l'IA. En outre, Grenoble est un lieu majeur des technologies de l'IA pour la santé, grâce à ses compétences interdisciplinaires et à sa coopération de longue date entre médecins, mathématiciens, informaticiens, chimistes et acteurs industriels. Notre stratégie au sein de MIAI consiste à élargir ces perspectives grâce à un effort continu de collecte de données et au développement de nouveaux outils d'omique basés sur l'IA, à l'amélioration des trajectoires de santé, à l'amélioration des assistants informatiques et à l'autonomisation accrue des patients.

Le Forum économique mondial de 2018 a mis en lumière plusieurs défis auxquels sont confrontés les systèmes terrestres : changement climatique, biodiversité et conservation, océans sains, sécurité de l'eau, assainissement de l'air, météo et résistance aux catastrophes. Pris ensemble, ces six questions soulèvent un défi mondial urgent et nécessitent le développement de méthodologies d'IA dans un cadre interdisciplinaire. L'axe environnement de MIAI contribue à relever tous ces défis. Il traite notamment de la surveillance des interactions des espèces impactées par le changement climatique, de l'atténuation des catastrophes naturelles, de la qualité de l'air et de l'eau et de la prévision des aléas naturels. De plus, la décarbonisation de l'énergie est un élément clé de la préservation de l'environnement, problème que

nous abordons par le développement de nouvelles technologies pour les réseaux intelligents.

Même si l'industrie utilise beaucoup de capteurs et de données et que la prise de décision est au cœur des processus industriels majeurs, l'application de l'intelligence artificielle est encore récente dans le secteur de la fabrication. Pourtant, les potentiels de l'intelligence artificielle dans l'industrie sont largement reconnus (réduction des coûts jusqu'à 20%). L'originalité de la démarche de MIAI@Grenoble Alpes réside dans le fait que l'être humain reste le principal acteur industriel, paradigme parfois appelé Industrie 4.H. L'objectif de cet axe est d'intégrer les outils d'intelligence artificielle dans les processus de fabrication afin d'améliorer la qualité des produits et des processus, de répondre à la forte personnalisation de la demande des clients et de soutenir les stratégies industrielles prometteuses telles que la 'servitization' et l'économie circulaire. Un accord de collaboration avec Fraunhofer (IPA et IML) a été signé à cette fin.

### **La formation à MIAI@Grenoble Alpes**

Notre objectif est d'augmenter le nombre de personnes possédant des compétences en technologies de l'IA, afin de permettre à la société d'exploiter pleinement son potentiel d'innovation. À cette fin, nous avons créé des programmes qui qualifient officiellement les praticiens des technologies de l'IA. Ces programmes sont ouverts à toute personne ayant les capacités préalables requises, et s'appuient sur une qualification professionnelle en IA transversale aux diplômes existants. Cette qualification est délivrée par l'institut MIAI@Grenoble Alpes et certifie l'acquisition de compétences et aptitudes théoriques et pratiques en matière d'IA.

Tous les enseignements (cycles courts ou longs) sont ouverts à des personnes extérieures à la communauté universitaire, sous réserve de la démonstration des capacités requises. Nous



estimons qu'avec le développement des labels en IA et la création de nouveaux programmes, le nombre de personnes diplômées en IA (label IA et intégration) augmentera d'environ 300 en 2018 à 500 en 2022, et que le nombre de diplômés des domaines d'application (pratiques et application de l'IA) augmentera d'environ 400 en 2018 à 900 en 2022. Nous prévoyons ainsi de doubler le nombre de personnes ayant une formation en IA à tous les niveaux, passant de 700 en 2018 à 1400 en 2022. 40 professionnels devraient suivre chaque année à partir de 2022 des cours à la demande.

### **Qualification professionnelle en intelligence artificielle**

Le label « Qualification professionnelle en intelligence artificielle », qui atteste de l'acquisition de compétences théoriques et pratiques en intelligence artificielle, est accessible via des blocs de compétences transversaux aux diplômes existants. Deux versions sont considérées : « cœur et intégration de l'IA », correspondant aux connaissances exploitables dans les thèmes centraux de l'IA (algorithmes pour l'IA, apprentissage automatique, raisonnement symbolique, vision par ordinateur, robotique, traitement du langage naturel, systèmes multi-agents, *etc.*), et « pratiques et applications de l'IA », correspondant à des connaissances exploitables dans l'utilisation de l'IA pour des domaines disciplinaires tels que la santé, l'environnement, l'énergie, la mobilité, l'industrie 4.0, la gestion, *etc.* La demande est très forte dans ces derniers domaines. Les deux labels IA sont articulés avec les diplômes accrédités et incluent des sessions pratiques en IA. Aux niveaux Bachelor et Master, l'obtention d'un label IA dépend de la validation réussie d'un certain nombre de cours (mesuré en échelle européenne de transfert de crédit - ECTS). Pour les doctorants, cette exigence correspond au temps (estimé) consacré à la recherche et à la formation dans les do-

maines liés à l'IA.

Ces deux labels sont accessibles selon trois modalités :

- Cycles courts d'enseignements (formations courtes en IA) dans lesquels les cours, coordonnés par MIAI@Grenoble Alpes, sont donnés sur une période limitée, s'adressant spécifiquement à des personnes issues du monde socio-économique. Transversal aux diplômes accrédités existants, ces cours en IA sont ouverts aux étudiants de toutes les disciplines ;
- Cours à la demande (formations courtes en IA), coordonnés par MIAI@Grenoble Alpes, pour répondre aux besoins de formation des entreprises ou des institutions en IA (dans une perspective d'apprentissage tout au long de la vie) ;
- Cycles longs d'enseignements (formations longues) articulés avec les diplômes accrédités existants.

### **L'écosystème MIAI@Grenoble Alpes**

La plupart de nos propositions de chaires ont été élaborées en étroite collaboration avec un ou plusieurs partenaires industriels. Nous consacrons également des ressources au financement de projets émergents développés en partenariat avec des partenaires industriels. Plus généralement, MIAI@Grenoble Alpes joue le rôle de point d'entrée pour les partenaires industriels, afin de développer la recherche, les activités de transfert, ainsi que les programmes de formation en matière d'IA.

Afin de favoriser les échanges et la mise en réseau de tous les partenaires impliqués dans l'intelligence artificielle, MIAI@Grenoble Alpes organise chaque mois des rencontres réunissant l'ensemble des partenaires, ainsi que des webinaires ouverts plus largement à toutes les personnes intéressées par l'IA. En collaboration avec d'autres acteurs du site grenoblois, MIAI@Grenoble Alpes a également récemment





créé un journal, *MIAInnovation Quaterly*, destiné au partage d'expériences en IA et qui permet à tous les acteurs de l'IA de s'exprimer.

### **Focus scientifique sur les architectures matérielles et embarquées pour l'IA**

La conjonction de l'Internet des objets (IoT) et de l'Intelligence Artificielle (IA) est en train de révolutionner tous les secteurs de l'économie. L'IoT permet de connecter tous les objets numériques et génère de nouveaux services. L'IA permet l'analyse de données et la prise de décision, et le terme '*Internet of Things*' se transforme en "Intelligence des Objets" avec capteurs et actionneurs intelligents.

Cette tendance favorise un déploiement de l'IA hors du cloud. On parle alors d'IA embarquée, qui doit faire face à un nouveau champs de contraintes : sobriété énergétique, rapidité de traitement, ou encore intégration avec les capteurs dans les systèmes embarqués. Un axe de recherche lui est dédié dans MIAI, sur l'IA embarquée et les architectures matérielles pour l'IA.

Trois chaires de recherche abordent ces questions, sur l'organisation du calcul distribué pour l'IA, pour l'apprentissage comme pour l'inférence, mais également les nouvelles architectures matérielles pour l'IA, qui visent à améliorer drastiquement l'efficacité énergétique. En particulier, les réseaux de neurones artificiels se satisfont mal des architectures de calcul classiques, ce qui motive l'émergence de circuits "neuromorphiques", inspirées des principes de fonctionnement des neurones biologiques.

### **La sobriété énergétique, un impératif pour l'IA**

L'entraînement de modèles d'apprentissage toujours plus complexes sur des grandes plateformes centralisées n'est plus soutenable. A ce rythme, compte tenu de volumes de don-

nées toujours plus grands, l'IA va continuer à consommer des ressources de façon déraisonnable (CPU-GPU, mémoire, réseau). La croissance est exponentielle. De plus, les données en question sont produites pour la plupart hors du cloud, par des capteurs, des objets connectés ou par des systèmes cyber-physiques. Même si les progrès matériels sont significatifs, ils ne suffisent pas à eux seuls à endiguer la concentration des calculs dans des data-centers à large échelle, source importante de pollution numérique. En premier lieu, il faut s'interroger sur les usages et l'utilité des algorithmes trop gourmands en calculs. Une des solutions pour retrouver des niveaux raisonnables de consommation énergétique est de garder sur place les données là où elles sont produites et de développer l'apprentissage de façon distribué.

Ce constat est à l'origine de création de la chaire « *Edge Intelligence* ». Le concept du '*Edge Computing*' consiste à déporter au maximum les calculs en bordure du cloud. Les modèles d'apprentissage centralisés classiques doivent être revisités. Ainsi, on s'intéresse à de nombreuses variantes d'apprentissage distribué, en particulier l'apprentissage fédéré où l'optimisation est construite à partir des optimisations locales. Nous avons montré que les modèles distribués qui échangent des données avec leurs voisins directs convergent avec des méthodes d'apprentissage locales à faible coût. Nous nous intéressons également à la minimisation des communications comme autre source de gains énergétiques (ici, on échange des données moins souvent et moins volumineuses). Un autre volet d'étude porte sur des méthodes d'apprentissage locales '*on-line*'. Ces résultats théoriques sont systématiquement confrontés aux nombreuses applications fournies par les partenaires industriels de la chaire.



## Accélérer l'IA dans les systèmes intégrés

Si le partitionnement des traitements dans le réseau est fondamental pour tirer le meilleur parti de chaque ressource de calcul, il faut en parallèle imaginer des solutions matérielles encore plus efficaces pour l'IA. La disponibilité de quantités gigantesques de données, couplée à l'accélération matérielle de l'apprentissage sont les facteurs qui ont permis l'entraînement des réseaux de neurones profonds, et en conséquence la généralisation de l'utilisation de l'IA dans les applications grand public.

Cette accélération repose encore essentiellement sur l'utilisation de processeurs graphiques (GPU pour *'Graphics Processing Unit'*) qui sont programmables et effectuent des calculs d'une grande précision à l'aide de nombres dits "flottants", permettant de représenter une grande dynamique. Les réseaux de neurones requièrent à la fois des opérations de base très simples, du type multiplication/accumulation, et beaucoup d'accès mémoire pour exploiter des millions des paramètres. Les GPU s'avèrent insuffisamment efficaces pour ces besoins spécifiques, aussi bien dans le cloud que dans des systèmes embarqués.

L'accélération passe donc par l'utilisation d'approches potentiellement moins précises, mais beaucoup plus efficaces énergétiquement, qui vont tirer parti de ce que le matériel sait bien faire : du parallélisme à grain fin massif calculant sur des données dont la taille peut être choisie à loisir, typiquement sans se restreindre au multiples de 8 bits. De plus, on exploite les spécificités des réseaux de neurones artificiels.

Dans ce cadre, la quantification des paramètres et des activations, comme l'utilisation de valeurs binaires ou ternaires balancées ( $\{-1, 1\}$  ou  $\{-1, 0, 1\}$ ), mène par exemple à des résultats étonnamment bons pour l'inférence si l'on conçoit des stratégies d'apprentissage adaptées [1]. Ce type de codage per-

met d'exploiter de nombreuses techniques de conception de circuit pour réduire très fortement la taille de l'implantation.

Pour obtenir des réseaux binaires ou ternaires, il faut procéder à la réduction de la taille des réseaux. En effet, à ce jour, les réseaux les plus précis sont énormes avec des millions de neurones et des dizaines de millions de paramètres. Un travail d'analyse de la sensibilité des paramètres aux variations peut permettre un élagage massif de sous-parties du réseau qui contribuent peu au résultat final. Cette analyse est importante lorsque l'on quitte le monde des nombres flottants et, lorsque l'application ou la classe d'applications est connue, permet des gains significatifs [2].

Une fois le réseau "amaigri", il faut partitionner et réorganiser les calculs, afin qu'ils s'effectuent le plus efficacement possible dans une implantation matérielle. L'automatisation et l'optimisation de ce processus, par l'utilisation de techniques de compilation adaptées comme les approches polyédriques, est nécessaire à l'exploitation efficace des accélérateurs. Pour aller plus loin, on peut même imaginer concevoir des structures réseaux se prêtant bien à ce partitionnement logiciel/matériel. La définition de nouveaux algorithmes de compilation dédiés est une piste intéressante, très complémentaire des travaux d'architecture matérielle.

Pour résumer, l'exploitation des propriétés du matériel par de nouvelles architectures de réseaux est une piste très importante pour limiter la consommation, des centres de données aux objets connectés. Les constructeurs l'ont d'ailleurs reconnu et tous ont des équipes qui planchent sur des accélérateurs visant leurs marchés, sans qu'à l'heure actuelle une solution ait clairement émergé, ce qui laisse une place pour la recherche académique.



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

## S'inspirer du vivant avec les outils de la microélectronique

Au delà des travaux de conception de circuits numériques, qui s'appuient sur des écosystèmes industriels bien implantés, il existe également une communauté très active, qui veut allier les potentiels de la microélectronique avec l'inspiration des mécanismes du vivant.

S'inspirer du vivant pour résoudre des problématiques d'apprentissage machine peut sembler étrange au premier abord, mais cette approche a déjà donné de très bons résultats dans de nombreux autres domaines d'application : la tribologie, l'aérodynamisme, les matériaux, ... Elle permet en effet de tirer parti du plus vaste laboratoire de recherche et développement, la Nature. Par exemple, lorsque l'on compare l'efficacité énergétique du cerveau humain avec celle des meilleurs circuits microélectroniques dédiés à des applications d'IA, le différentiel est de 6 ordres de grandeur en faveur de la biologie. Le cerveau a une puissance de calcul brute équivalente à celle d'un centre de données, soit 1020 opérations par secondes, tout en consommant seulement 20W. Le potentiel de gain est donc très important.

Le cerveau est en fait organisé très différemment d'un circuit microélectronique classique. Il ne présente pas des unités de calcul d'un côté et des mémoires d'un autre, à l'instar des architectures de type Von Neumann. Au contraire, les neurones (éléments de calcul) et les synapses (éléments mémoire) sont entremêlés, dans des constructions très denses,

en trois dimensions. Les calculs sont effectués de façon massivement parallèle (grâce à 100 milliards de neurones), asynchrone et à basse activité (moins de 100 événements générés par seconde et par neurone, en moyenne). C'est encore une fois l'exact opposé d'un processeur d'ordinateur, qui présente peu de parallélisme, fonctionne de manière synchrone et à très haute fréquence (plusieurs GHz).

Des recherches ont donc lieu pour concevoir et implémenter des circuits dits "neuromorphiques", qui exploitent un codage événementiel de l'information (sous la forme de trains d'impulsions), des mémoires computationnelles (sous la forme de synapses résistives) et des neurones impulsionsnels. Les nouvelles technologies, telles que des memristors multivalués, ou l'intégration 3D, permettront de s'approcher un peu de la complexité des structures neuronales du cerveau.

## Références

- [1] Itay Hubara, Matthieu Courbariaux, Daniel Soudry, Ran El-Yaniv, and Yoshua Bengio. Quantized neural networks : Training neural networks with low precision weights and activations. *Journal of Machine Learning Research*, 18(187) :1–30, 2018.
- [2] V. Sze, Y.-H. Chen, T.-J. Yang, and J. Emer. Efficient processing of deep neural networks : a tutorial and survey. *Proceedings of the IEEE*, 105(12) :2295–2329, 2017.

## ■ PRAIRIE – PaRis Artificial Intelligence Research InstitutE

PRAIRIE  
[prairie-institute.fr](http://prairie-institute.fr)

**Isabelle RYL**

*Directeur*

**Jean PONCE**

*Directeur scientifique*

**Stéphanie ALLASSONNIÈRE**

**Jamal ATIF**

**Gabriel PEYRÉ**

*Directeurs scientifiques adjoints*

**Agnieszka WRZESIEN-GANDOLFO**

*Project manager*

### Présentation générale de l'institut

Créé en 2019 par le CNRS, Inria, l'Institut Pasteur, l'Université PSL, l'Université de Paris et un club de partenaires industriels, PRAIRIE est un des 4 Instituts interdisciplinaires d'intelligence artificielle (« 3IA ») sélectionnés en 2019 par un jury international dans le cadre de la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle annoncée par le Président de la République en mars 2018. Il est soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir. Le cœur de PRAIRIE, fortement interdisciplinaire, est aujourd'hui constitué de 43 chaires, portées par des chercheurs de renommée mondiale dans des domaines fondamentaux pour l'IA, tels que l'apprentissage statistique, l'imagerie, les jeux, l'optimisation, la physique statistique, le raisonnement, la robotique, la science des données, le traitement automatique du langage naturel, ou la vision artificielle. Les champs d'application des recherches de l'Institut vont de la biologie et la santé aux transports, en collaboration avec des acteurs publics et privés majeurs de ces secteurs. Les questions d'éthique et l'apport des sciences humaines et sociales nourrissent la réflexion sur l'impact de

l'IA sur la société et l'environnement socio-économique.

PRAIRIE a l'objectif ambitieux de devenir un leader mondial de la recherche et de l'enseignement supérieur en IA, avec un impact réel sur l'économie et la société, porté par des membres fondateurs académiques de premier plan mondial, des partenaires industriels leaders dans leur domaine. PRAIRIE bénéficie également d'un réseau de partenaires internationaux de premier plan et fait partie de l'unité Parisienne d'ELLIS ('*European Laboratory for Learning and Intelligent Systems*'; plusieurs des chercheurs de l'Institut sont également impliqués dans CLAIRE, une autre initiative européenne majeure dans le domaine). PRAIRIE mène aussi dans ce cadre des actions concrètes tels que le workshop franco-allemand sur l'IA co-organisé avec TU Munich qui se tiendra en mai et impliquera, entre autres, des chercheurs des quatre 3IA français, des instituts Parisiens SCAI et Hi! Paris, et des centres d'excellence allemands. Le reste de ce bref article présente quelques avancées obtenues dans deux domaines de recherche phare de PRAIRIE, la santé et les transports, depuis la création de l'Institut en 2019, et ce malgré les embûches du COVID. La place manque mal-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

heureusement pour détailler les avancées obtenues dans le domaine de la formation, avec la montée en puissance des programmes de master IASD et MASH au sein de l'Université PSL et la création par l'Université de Paris de formations interdisciplinaires, telles que le M2 "bioentrepreneur" ou le programme "IA et médecine" par exemple. Trois start-up ont été créés au sein de PRAIRIE depuis la création de l'Institut : 'Avatar Medical' et *Sonio* (sur lesquelles on reviendra plus bas), ainsi que *Pluton*. Enfin, il serait dommage de pas mentionner quelques unes des distinctions récentes obtenues par les porteurs de chaires de PRAIRIE, dont l'élection de deux d'entre eux à l'Académie des Sciences, une 'Starting ERC grant', les médailles de bronze et d'argent du CNRS, le prix Inria - Académie des sciences du jeune chercheur, le prix Peccot, le prix Humboldt, le prix Milner de la 'Royal Society' ou encore le prix Longuet-Higgins, un des prix internationaux reconnaissant chaque année les travaux ayant eu le plus d'influence sur une période de 10 ans en vision artificielle et apprentissage statistique (10 d'entre-eux ont d'ailleurs été décernés à des détenteurs de chaires de PRAIRIE depuis 2006).

## Focus scientifique : la santé

### Les axes de recherche

Le travail fondamental à l'interface de l'intelligence artificielle, de la biologie et de la médecine, des sciences cognitives et de la science des données est un élément clé de PRAIRIE. Par exemple, nous intégrons l'apprentissage profond dans l'analyse de la microscopie unicellulaire, ce qui conduira à une nouvelle compréhension des organismes vivants. Inversement, une compréhension plus approfondie de la cognition et des structures neuronales naturelles pourrait aider à l'amélioration des architectures neuronales artificielles. L'autre versant est le

plan clinique pour lequel les techniques d'apprentissage statistique et de vision artificielle intégrant des modèles biologiques et médicaux ont pour but de conduire au développement de systèmes avancés de décision et de diagnostic assistés par ordinateur pour la médecine personnalisée. Ceci est d'autant plus pertinent que nous pouvons procéder à une évaluation rapide en milieu clinique grâce à notre réseau d'hôpitaux parisiens associés. Dans ce contexte général, plusieurs axes sont développés.

Les chercheurs en imagerie biologique de PRAIRIE développent des méthodes statistiques qui combinent les connaissances préalables et l'apprentissage pour déduire des informations biologiques exhaustives à partir d'images, allant des structures ou dynamiques moléculaires aux médicaments candidats. Les chercheurs de l'équipe en imagerie médicale abordent quant-à-eux plusieurs questions clé, dont : (i) l'extraction automatique à haut débit et la sélection de caractéristiques des images qui sont directement liées à une pathologie ou à sa réponse au traitement ; (ii) l'introduction de techniques d'apprentissage statistique pour estimer des modèles numériques d'organes ou de pathologies ; (iii) le développement de nouveaux modèles pour la prédiction de réponse aux traitements. Un aspect important requis dans ce domaine est l'interprétabilité des modèles d'IA afin que les cliniciens soient en mesure d'apprécier et de valider la méthodologie.

Un troisième axe est le développement des méthodes d'aide à la décision clinique (*clinical decision support systems*). Cet axe s'applique à divers domaines médicaux comme les maladies rares, les maladies chroniques, la cardiologie ou l'oncologie. Il s'agit tout d'abord d'extraire des informations des comptes-rendus médicaux, ce qu'on appelle le phénotypage haut débit. Il faut ensuite produire des modèles mathématiques pour aider au diagnostic, anticiper une évolution et proposer un traitement personnalisé.



Enfin, le dernier axe de recherche est consacré aux technologies omiques. Celles-ci permettent l'exploration des systèmes vivants avec une résolution sans précédent, à un coût en constante diminution. Elles deviennent une routine dans le diagnostic, le pronostic, le suivi des maladies et des traitements. Le volume de ces données d'une richesse sans cesse croissante atteindra bientôt le niveau de l'exoctet, et elles se caractérisent par une extrême hétérogénéité et de nombreuses couches d'interactions. Leur valorisation pour la santé publique est en train d'éclorre avec de grandes promesses pour repousser les limites de la médecine (maladies incurables, effets secondaires graves, résistance aux médicaments) et réduire son coût global.

### 'Success stories'

Le laboratoire « *Decision and Bayesian Computation* » de Jean-Baptiste MASSON a développé une approche mixte d'inférence et de visualisation des données en tirant parti de la réalité virtuelle. Deux logiciels, DIVA [1] et Genuage [3] ont été proposés pour permettre respectivement de visualiser, d'annoter et d'effectuer des inférences sur toute imagerie volumétrique et sur des nuages de points. Ce projet a également conduit à la création d'une startup, 'Avatar Medical' (<https://avatarmedical.ai>), qui exploite de nouveaux développements de DIVA pour la planification des interventions chirurgicales. Les futurs développements s'orientent vers des approches statistiques pour automatiser les paramètres de visualisation en réalité virtuelle et des approches de réseaux neuronaux sur graphes pour l'analyse géométrique des nuages de points en réalité augmentée.

L'équipe de Stanley DURRLEMAN a développé de nouvelles méthodes d'apprentissage statistique pour modéliser un phénomène dynamique qui n'est observé qu'un petit nombre

de fois pour plusieurs patients. Une des difficultés de ce problème est de séparer les différences qui sont dues à la progression du phénomène de celles qui sont dues aux différences entre patients. L'approche repose sur des outils de géométrie différentielle et propose une solution simple, élégante et opérationnelle à ce problème [6]. Ces techniques sont motivées par et appliquées à l'étude des maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson. Cela permet de construire des modèles numériques qui montrent comment le cerveau et les fonctions cérébrales évoluent avec la maladie. Ces modèles permettent d'anticiper la progression de la maladie de plusieurs années chez des nouveaux patients, avec des performances supérieures à l'état de l'art. Ces prédictions seront utilisées pour identifier les fenêtres thérapeutiques optimales pour tester un médicament chez les patients, augmentant ainsi l'efficacité du traitement expérimental [5].

De nombreuses approches pour l'identification de sous-ensembles de patients ayant une réponse accrue à un traitement reposent sur l'estimation d'une distribution conditionnelle. En reformulant le problème en termes de distances de Wasserstein entre les mesures empiriques, l'équipe de Raphaël PORCHER a proposé d'utiliser les forêts aléatoires de Wasserstein afin d'estimer les effets de traitements hétérogènes dans un cadre d'inférence causale [4].

Sonio (<https://www.sonio.ai/>) a été créée à la suite de travaux de recherche de l'équipe de Stéphanie ALLASSONNIÈRE. Il s'agit de proposer un outil compagnon d'aide à l'analyse et au diagnostic des maladies congénitales chez le fœtus à partir d'échographies. L'outil permet en temps réel de proposer à l'échographiste ou l'obstétricien les anomalies pertinentes à rechercher chez ce fœtus afin d'aller au plus vite vers un diagnostic pour une meilleure prise en charge ou une réassu-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

rance de la patiente. Ces techniques d'apprentissage d'environnement aléatoire et d'optimisation d'arbre de décision sont appréhendées dans une dimension très grande, de l'ordre de 2000 anomalies et signes à prévalences variables pour environ 300 maladies [2].

Le cancer du poumon est la première cause de mortalité par cancer en France, avec plus de 30000 morts chaque année. L'immunothérapie, qui stimule la réponse immunitaire contre les cellules tumorales, représente un formidable espoir pour vaincre la maladie. Malheureusement seule la moitié environ des patients éligibles répondent à ce traitement et la sélection de ses patients est un enjeu majeur. Deux chercheurs de PRAIRIE, Barillot BARILLOT et Thomas WALTER ont uni leurs efforts afin d'améliorer la prise en charge des patients, en intégrant toutes les informations disponibles au niveau des données cliniques, de l'imagerie IRM et scanner, de l'anatomo-pathologie, et génomique (mutation et expression des gènes). Le projet, qui intègre donc les niveaux moléculaires, cellulaires, tissulaires et général du patient, doit permettre par apprentissage statistique (réseaux de neurones notamment) de mieux comprendre la biologie de la réponse à l'immunothérapie et prédire les patients répondeurs.

### **Focus scientifique : les transports**

Comme l'environnement, la santé, la sécurité et la défense, les transports font partie des domaines d'application prioritaires identifiés par le plan national de l'intelligence artificielle (IA). Ils sont donc également au cœur des préoccupations de PRAIRIE, avec des partenaires tels que le constructeur automobile Stellantis, issu de la fusion du groupe PSA avec Fiat Chrysler, les grands équipementiers du secteur que sont Faurecia et Valeo et des acteurs majeurs sur le marché des réseaux et de l'Internet tels que Nokia Bell Labs et Naver Labs Eu-

rope, qui y voient un champ d'applications très riche pour des technologies de la 5G et du 'edge computing'.

**Thèmes de recherche.** Dans ce contexte, les véhicules autonomes sont au cœur des intérêts de nos partenaires. La Société des ingénieurs de l'industrie automobile américaine (*Society of Automotive Engineers*, SAE) a défini 5 niveaux d'automatisation de la conduite, allant de l'assistance simple (niveau 1 : alertes, amplification de l'ABS, régulateur de vitesse adaptatif) à l'autonomie complète du véhicule robot "sans volant ni pédales" (niveau 5). Une automatisation de niveau 2 (assistance "intelligente", incluant par exemple le centrage automatique dans la voie) est aujourd'hui disponible sur les voitures haut de gamme pour les particuliers. Pour de tels véhicules, les industriels français visent à moyen terme le renforcement de ce niveau d'automatisation, dit "2+", où un conducteur peut entièrement déléguer la conduite (vitesse et direction) au système dans certaines conditions, mais en restant à même de reprendre le contrôle à tout moment. Avant de déployer en toute sécurité dans nos grandes villes des véhicules atteignant des niveaux supérieurs d'autonomie (3 et au-delà) sans infrastructure supplémentaire, il faudra des progrès importants dans des domaines scientifiques clé de l'IA tels que la fiabilité et la certifiabilité. On peut néanmoins imaginer y arriver plus rapidement dans des scénarios plus contraints, tels que celui d'une navette effectuant toujours le même trajet ou d'un robot de livraison opérant dans une zone bien délimitée. Mais la voiture autonome n'est qu'une des nombreuses applications de l'IA sur lesquelles travaillent nos partenaires : citons par exemple le cockpit du futur, l'industrie manufacturière (avec la maintenance prédictive des machines, le contrôle de qualité en bout de ligne et les robots coopératifs), la logistique, la navigation et la gestion



du trafic (incluant la cartographie 3D haute définition, la localisation avec ou sans GPS, la planification et la mise à jour d'itinéraires).

Toutes ces applications sont elles-mêmes adossées à des problèmes scientifiques fondamentaux, souvent liés aux questions de fiabilité mentionnées plus tôt : par exemple, un apprentissage (beaucoup) moins gourmand en données annotées qu'aujourd'hui, mais pourtant capable de s'adapter au cours du temps à des conditions (météo par exemple) changeantes ou nouvelles ; la quantification de l'incertitude et la robustesse ; la validation et la certification des systèmes à base d'IA ; ou encore la gestion des événements rares tels que les accidents. Les applications de l'IA au domaine des transports mettent aussi en jeu des thématiques de recherche plus classiques, telles que la fusion des données, la navigation ou la planification, mais au sein de systèmes critiques où l'accumulation des erreurs des processus de décision correspondants doit être maîtrisée. À ceci s'ajoutent souvent les contraintes du calcul embarqué, pour l'automatisation de la conduite par exemple : le temps réel "dur" (*'just-in-time computation'* par exemple), l'empreinte énergétique des calculateurs (une carte graphique consomme autant que la climatisation), ainsi que leur capacité limitée, le coût et la fiabilité des capteurs, sont autant de défis. Il s'agit aussi d'opportunités pour le calcul déporté dans une infrastructure numérique distribuée par exemple, grâce aux garanties de fiabilité et de bande passante de la 5G et aux nouvelles possibilités offertes par l'*edge computing* au plus près des données. Le respect de la vie privée dans ce contexte, comme les nouvelles réglementations qui devront accompagner le déploiement à grande échelle de l'IA en général, et dans les transports en particu-

lier, doivent aussi mobiliser les chercheurs en sciences humaines et sociales de PRAIRIE et de son écosystème, dans des disciplines allant du droit à l'éthique.

**Des actions concrètes.** Plusieurs détenteurs de chaires de PRAIRIE sont impliqués auprès de nos partenaires : Francis BACH et Cordelia SCHMID (Inria) se sont joints à Jean-Paul LAUMOND (Inria/CNRS) pour un webinaire qui a été largement diffusé au sein du réseau international de Nokia Bell Labs. Jean-Paul LAUMOND est également intervenu auprès de Faurecia sur la robotique, tandis que Stéphanie ALLASSONNIÈRE (Université de Paris) et Gabriel PEYRÉ (ENS/PSL) ont participé aux journées de la "*Digital Services Factory*" de cette entreprise, et que Justine CASSELL et Ivan LAPTEV (Inria) explorent des pistes de collaboration avec Stellantis. Plusieurs chercheurs de NAVER Labs Europe, par exemple Diane LARLUS et Julien PEREZ, sont également impliqués depuis ses débuts dans PAISS, l'école d'été d'intelligence artificielle co-organisée par PRAIRIE et MIAI, le 3IA Grenoblois.<sup>2</sup> Une thèse CIFRE a déjà démarré chez Valeo : Vo VAN HUY développe des algorithmes permettant de minimiser l'effort d'annotation manuelle nécessaire à l'identification des objets dans des images [7, 8], sous la direction de Jean PONCE et Patrick PÉREZ (Valeo). Une autre collaboration entre Jean PONCE et Matthieu DONAIN (Stellantis) démarre sur la fusion de flux vidéo et de données lidar et radar (Figure 1.9). Plusieurs autres projets sont en cours de discussion.

Les groupes de travail de PRAIRIE sont un lieu de rencontre privilégié pour les détenteurs de chaires de PRAIRIE et leurs collègues industriels. Plusieurs de ces groupes se sont pro-

2. PAISS'19 a attiré 207 participants de 15 nationalités différentes, dont 13 boursières et 10 boursiers financés entre autres par plusieurs de nos partenaires "transports". PAISS'21 s'est tenu en ligne, COVID oblige, pendant la semaine du 5 juillet, cf. <https://project.inria.fr/paiss/>.



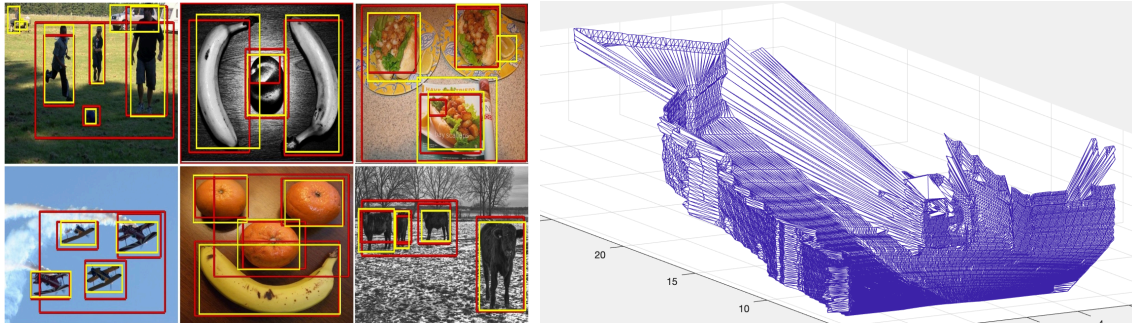


Figure 1.9 – À gauche, découverte *totale*ment non supervisée d'objets (rectangles rouges, les rectangles jaunes correspondant à la "vérité terrain" obtenue par annotation manuelle et uniquement utilisée pour l'évaluation quantitative des résultats) dans des collections de photographies contenant plus de 100000 échantillons (Vo, Sizikova, Pérez, Schmid, Ponce, 2021). À droite, une représentation polyédrique structurée d'une scène urbaine obtenue à partir de données lidar, opposée, en quelque sorte, à la vision traditionnelle de ces données comme des nuages de points parcimonieux (Heurtevent, Wang, Donain, Ponce, 2021).

gressivement mis en place en 2020, malgré la pandémie, notamment dans les domaines de l'imagerie médicale, de la synergie entre physique, apprentissage et optimisation, ou encore de l'éthique. Le plus avancé d'entre eux est celui consacré aux transports. Il implique à la fois plusieurs détenteurs de chaires de PRAIRIE<sup>3</sup> et des chercheurs issus des laboratoires de nos partenaires industriels.<sup>4</sup> Il a également la particularité d'être mené par ces derniers, qui trouvent dans PRAIRIE l'occasion (rare, dans le milieu de l'automobile en particulier) de collaborer dans un cadre non compétitif. Dans ce contexte, nous allons mener cette année plusieurs actions concrètes, incluant mise en place de défis, offres de stages et partage de données avec la communauté scientifique. Enfin, la recherche n'est pas tout et nous comptons lancer prochainement des actions de formation inten-

sive ciblant le domaine des transports.

## Références

- [1] M. El Beheiry, C. Godard, C. Caporal, V. Marcon, C. Ostertag, O. Sliti, S. Doutréline, S. Fournier, B. Hajj, M. Dahan, and JB Masson. Diva : Natural navigation inside 3d images using virtual reality. *J Mol Biol.*, 432(16) :4745–4749, 2020.
- [2] Rémi Besson, Erwan Le Pennec, and Stéphanie Allasonnière. Learning from both experts and data. *Entropy*, 21(12), 2019.
- [3] T. Blanc, M. El Beheiry, C. Caporal, JB. Masson, and B. Hajj. Genuage : visualize and analyze multidimensional single-molecule point cloud data in virtual reality. *Nature Methods*, 17(11) :1100–1102, 2020.

3. Notamment Ivan LAPTEV, Jean-Paul LAUMOND, Laurent MASSOULIÉ et Jean PONCE chez Inria, et Tristan CAZENAVE à Paris-Dauphine, dans des domaines tels que l'optimisation, la robotique, la théorie des réseaux et la vision artificielle.

4. Notamment : Beylat BEYLAT, président de Nokia Bell Labs France ; Matthieu DONAIN, responsable de l'OpenLab intelligence artificielle chez Stellantis ; Grégoire FERRÉ, responsable de la transformation numérique chez Faurecia ; Julien PEREZ, responsable du groupe d'apprentissage statistique et d'optimisation chez Naver Labs Europe ; et Patrick PÉREZ, directeur scientifique de valeo.ai.



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

- [4] Qiming Du, Gérard Biau, François Petit, and Raphaël Porcher. Wasserstein random forests and applications in heterogeneous treatment effects. *Artificial Intelligence and Statistics conference*, 2021.
- [5] Alexandre Bone Igor Koval and, Maxime Louis, Thomas Lartigue, Simona Bottani, Arnaud Marcoux, Jorge Samper-Gonzalez, Ninon Burgos, Benjamin Charlier, Anne Bertrand, Stéphane Epelbaum, Olivier Colliot, Stéphanie Allasonniere, and Stanley Durrleman. Ad course map charts alzheimer's disease progression. *Preprint <https://hal.inria.fr/hal-01964821>*, 2021.
- [6] Jean-Baptiste Schiratti, Stéphanie Allasonnière, Olivier Colliot, and Stanley Durrleman. A bayesian mixed-effects model to learn trajectories of changes from repeated manifold-valued observations. *Journal of Machine Learning Research*, 18(133) :1–33, 2017.
- [7] H.-V. Vo, F. Bach, M. Cho, K. Han, Y. Le Cun, P. Perez, and J Ponce. Unsupervised image matching and object discovery as optimization. In *CVPR*, 2019.
- [8] H.-V. Vo, P. Pérez, and J. Ponce. Toward unsupervised, multi-object discovery in large-scale image collections. In *ECCV*, 2020.



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

## DATAIA Paris-Saclay



Institut DATAIA Paris-Saclay  
[www.dataia.eu](http://www.dataia.eu)

### Bertrand THIRION

Directeur (till March 29<sup>th</sup>)

[bertrand.thirion@inria.fr](mailto:bertrand.thirion@inria.fr)

### Frédéric CHAZAL

Directeur (after March 29<sup>th</sup>)

[frederic.chazal@inria.fr](mailto:frederic.chazal@inria.fr)

### Jasmyn SCARAMELLA

Chargée de communication et des relations  
extérieures

[jasmyn.scaramella@inria.fr](mailto:jasmyn.scaramella@inria.fr)

## Présentation générale de l'institut

L'Institut DATAIA Paris-Saclay est, depuis le 1er janvier 2021, l'institut d'intelligence artificielle (IA) de l'Université Paris-Saclay. Premier écosystème français en IA, il mobilise plus de 1000 chercheurs et enseignants-chercheurs issus de quarante-deux laboratoires des 12 établissements d'enseignement supérieur et organismes de recherche partenaires (AgroParisTech, CentraleSupélec, CEA, CNRS, ENS Paris-Saclay, IFPEN, Inria, Institut Mines-Télécom Business School, INRAE, Université d'Evry-Val-d'Essonne, Université Paris-Saclay, Université Versailles St-Quentin-en-Yvelines).

L'objectif de l'Institut est de regrouper les expertises pluridisciplinaires et dynamiser la force collective de ses partenaires du cluster Paris-Saclay impliqués dans la recherche de pointe en IA, science des données, et leurs impacts sociétaux.

Afin de promouvoir ces collaborations inter-

disciplinaires parmi les laboratoires partenaires, DATAIA Paris-Saclay lance des appels annuels (appels à projets de recherche, appels à stages) et des soutiens permanents (appels à mobilité internationale, appels à professeurs et professeuses invités, appels à workshops et junior conférences, ...). Grâce à ces initiatives, 13 projets de recherche ont été financés, dont un en collaboration avec la MSH Paris-Saclay ; une dizaine de stages par an ; et plusieurs conférences, data challenges, et hackathons.

### Projets financés par DATAIA

- **Bad Nudge – Bad Robot ?** (2018) : Ce projet étudie les nudges dans l'interaction verbale homme-machine, afin de comprendre l'impact sociétal des dispositifs connectés. L'objectif est de créer des systèmes "ethic-by-design" et de créer des mesures d'évaluation. Ce projet est lié à la chaire d'AI HUMAINE.
- **GDP-ERE** (2018) : Ce projet se concentre



sur la répartition des responsabilités entre l'utilisateur et le fournisseur dans les architectures 'Personal Cloud'. Ses objectifs sont d'analyser l'impact des architectures 'Personal Cloud' actuelles sur la responsabilité de l'utilisateur et de comparer cette analyse avec la législation et les règles établies par le RGPD ; et de formuler des recommandations législatives et technologiques afin de préserver l'autonomie de l'utilisateur.

- **HistorIA** (2018) : L'objectif est de développer et d'explorer de grandes bases de données historiques en appliquant des méthodes d'exploration de données soutenues par la visualisation, tout en mettant en œuvre une approche itérative du processus d'exploration, basée sur l'appropriation par les utilisateurs des procédures, des outils utilisés et des résultats des analyses.
- **Missing Big Data** (2018) : Le projet vise à développer un système d'analyse des algorithmes prédictifs pour l'apprentissage automatique en présence de données manquantes. Le projet travaille sur les données de santé, mais l'ambition est de produire un modèle générique, et une méthode applicable à d'autres domaines.
- **Peper** (2018) : Le projet étudie et développe trois concepts afin de créer un système équilibré pour la gestion efficace des énergies renouvelables : production, consommation et stockage. L'objectif est de collecter des données sur les différents acteurs de ce réseau, et d'utiliser des techniques d'apprentissage et de renforcement profond pour développer des algorithmes permettant de prédire la production et la consommation de chaque acteur, puis de permettre la coopération entre eux.
- **Smart Lawyer** (2018) : L'objectif du projet est d'automatiser la recherche d'informations juridiques et factuelles dans les décisions judiciaires de certaines juridictions et

de produire des analyses des services juridiques dans les tribunaux. Le projet générera, entre autres, un ensemble de données originales de décisions judiciaires annotées, de réseaux sociaux d'acteurs et de métriques de services.

- **StreamOps** (2018) : Ce projet vise à créer une nouvelle approche et un outil pour développer des algorithmes puissants capables de gérer et d'extraire des flux de données. Il aspire à être à l'interface des aspects algorithmiques, commerciaux et logiciels pour offrir aux chercheurs et aux ingénieurs une plate-forme générique de traitement des flux de données et d'apprentissage automatique.
- **Vadore** (2018) : En partenariat avec Pôle Emploi, Vadore étudie la recommandation d'offres d'emploi aux demandeurs d'emploi et vice versa : une fonction d'appariement, tenant compte de la congestion potentielle du marché, est apprise en combinant le filtrage collaboratif et le transport optimal.
- **Information Leakage in Deep Learning** (2019) : Ce projet de recherche vise à proposer une analyse des modèles d'apprentissage automatique pour découvrir et quantifier les fuites d'informations dans l'apprentissage profond. En s'appuyant sur des résultats récents, des outils seront développés et utilisés pour analyser les modèles de menace de la boîte blanche et de la boîte noire.
- **UltraBioLearn** (2019) : Ce projet propose de rechercher des solutions innovantes aux contraintes liées à l'interprétabilité des résultats, la qualité, la fiabilité, et plus encore, notamment en exploitant l'apprentissage semi-supervisé à l'aide de réseaux générateurs, graphiques et certifiables, dans le contexte de la prédiction de la réponse des patients aux traitements contre le cancer.
- **Warm Rules** (2019) : Le projet vise à développer une approche explicable pour découvrir des règles causales graduelles dans les



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

graphiques de connaissance en définissant de nouvelles mesures pour l'évaluation de la qualité et le classement des règles causales graduelles et en construisant un nouveau graphique de connaissance représentant les relations entre le réchauffement climatique et le développement du phénotype du maïs.

- **ML4CFD** (2020) : L'objectif du projet est d'accélérer de manière conséquente les simulations de flux multiphasiques en y introduisant des approches basées sur l'apprentissage statistique. L'utilisation de modèles d'apprentissage automatique dans les simulations CFD avec physique complexe (par exemple, combustion, phénomènes réactifs, écoulements multiphasiques, etc.), peut aider à accélérer les algorithmes existants.
- **OTELO** (2020) : OTELO propose une analyse multi-niveaux de la langue parlée à partir de grands corpus oraux, segmentés et annotés automatiquement. Segmentées en phones et mots, ces données seront ensuite enrichies avec des connaissances concernant le statut grammatical des mots, leurs relations syntaxiques et sémantiques en contexte.

### L'animation d'un écosystème de recherche

L'Institut DATAIA Paris-Saclay participe aussi à l'animation scientifique du campus dans le domaine de l'IA. Outre aux événements qu'il soutient, il organise des séminaires mensuels, des ateliers, et des conférences. Pour en citer quelques-uns : les « *DATAIA Seminars* » (1/mois) ; le « *Séminaire Palaisien* » (1/mois avec 2 exposés de scientifiques jeunes) ; et les « *DATAIA Workshops* » (5/an), qui sont des journées thématiques visant à rassembler les communautés scientifiques, les experts, et les professionnels des disciplines concernées pour partager des connaissances et ouvrir la voie à la construction de projets communs.

En septembre 2020 il a organisé le « Kick-

Off des Chaires IA » : une journée dédiée à la présentation des [16 projets saclaysiens](#) lauréats de l'appel à projets « Chaires IA », lancé par l'ANR. Parmi les 40 sélectionnés, plusieurs chercheurs font partie de l'écosystème de l'Institut DATAIA. L'appel *Chaires de recherche et d'enseignement en IA (Chaires IA)* a pour objectif d'offrir à des chercheurs français et étrangers, avec le concours des établissements d'accueil, des moyens substantiels pour constituer une équipe et réaliser un projet ambitieux dont un impact visible est attendu.

Son soutien aux programmes de formation continue avec *UDOPIA*, le programme doctoral en intelligence artificielle créé par l'Université Paris-Saclay. DATAIA Paris-Saclay cofinance 2 de 60 bourses de thèse qui seront lancées entre 2020 et 2022, et offre un accès privilégié à ses initiatives en IA.

À l'international, l'Institut DATAIA Paris-Saclay jouit de nombreux partenariats, notamment avec l'Institut Alan Turing au Royaume-Uni, Ivado au Canada, le JST au Japon, et le FCAI en Finlande. En septembre 2020 il a participé, avec PRAIRIE et SCAI, à la création d'un "nœud parisien d'ELLIS" (*European Laboratory for Learning and Intelligent Systems*), le réseau scientifique européen destiné à renforcer la recherche en intelligence artificielle. ELLIS Paris est le premier nœud ELLIS en France. Il permet aux chercheurs et aux étudiants parisiens d'interagir au sein du réseau, et favorise les collaborations scientifiques à travers des programmes coordonnés d'enseignement, conférences, séminaires, et bourses d'études.

### Le support à la formation dans l'Université Paris Saclay

Comme mentionné précédemment dans ce document, l'Université Paris-Saclay est composée de facultés universitaires, d'établissements composantes, d'universités membres-associées et d'organismes de recherche nationaux.



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

Les acteurs majeurs de la formation en intelligence artificielle et en science des données dans cet écosystème sont la Faculté des Sciences, trois établissements composants — à savoir AgroParisTech, CentraleSupélec, et l'ENS Paris-Saclay — et une université partenaire (Université de Versailles). En ce qui concerne les écoles doctorales impliquées dans la formation en IA et DS, les deux écoles doctorales les plus importantes sont l'informatique et l'ingénierie et les sciences des systèmes. D'autres écoles supérieures ont des filières multidisciplinaires, notamment (mais pas exclusivement) le droit, l'économie et la gestion, les sciences de la vie et de la santé, la physique, la chimie et les géosciences.

En termes de chiffres, l'Université Paris-Saclay compte au total 12 000 étudiantes et étudiants en master et 4 600 doctorantes et doctorants. Parmi eux, plus de 350 étudiantes et étudiants de master sont inscrits dans une filière dédiée à l'IA et aux DS et plus de 200 doctorantes et doctorants ont un sujet de thèse dont au moins un des 5 mots-clés est un mot-clé d'IA ou de DS.

**Panel d'offres** . Les masters offrent un très large panel d'offres allant des filières orientées recherche et des filières hybrides (menant à la fois à la recherche et à l'industrie) aux filières purement professionnelles (où les étudiants passent plus de la moitié de leur temps dans l'industrie). Notamment, certaines écoles d'ingénieurs proposent à leurs étudiants une année dédiée à l'IA (CentraleSupélec et ENS Paris-Saclay).

En ce qui concerne le contenu de la formation, d'autres filières de l'informatique et de l'ingénierie proposent un grand nombre de cours comportant une part importante d'IA. Ces pistes incluent (mais ne sont pas limitées à) la vision par ordinateur, CHI ; le calcul parallèle et distribué ; les réseaux, IoT, sécurité ;

l'informatique théorique, l'algorithmique avancée ; le traitement du signal et des images.

D'autres diplômes/programmes de master ont également des programmes d'IA & DS appliqués. Les membres de DATAIA sont impliqués dans les programmes suivants : bioinformatique, propriété intellectuelle en technologie de l'information (IP-IT), économie et gestion (IREN). Enfin, les cours d'IA et de DS dans d'autres filières/diplômes tels que l'éthique et l'IA.

## Masters

**Contenu de l'enseignement** . En ce qui concerne le type d'enseignement dispensé à l'Université, des cours classiques sont évidemment dispensés en particulier pour les fondations (apprentissage automatique, statistiques, bases de données, représentation des connaissances, ...). Il est intéressant de noter que les membres de DATAIA sont impliqués dans l'organisation de projets multidisciplinaires. Nous voudrions souligner deux types d'actions.

Premièrement, des **projets de défi de données** sont proposés : des groupes d'étudiants ont accès à des ensembles de données massives réelles et à une plateforme de codage (nous utilisons [RAMP](#) et [Codalab](#)) et doivent travailler de manière compétitive et collaborative (selon la phase du projet) pour répondre à une question scientifique. Parmi les derniers défis organisés, on peut citer un défi sur la prédiction de l'autisme à partir d'images cérébrales de plus de 2 000 individus. De plus amples informations sur ce défi sont disponibles à l'adresse suivante : '[autism challenge](#)' ([paris-saclay-cds.github.io/autism\\_challenge](#)).

Un autre exemple de projet multidisciplinaire est le '[reprohackathon project](#)', conçu pour rendre les étudiants plus sensibles aux problèmes de reproductibilité qui peuvent survenir dans les pipelines d'analyse de données. Compte tenu d'un article publié, d'un tracé



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

dans cet article, et compte tenu de l'ensemble des données fournies par les auteurs et de la section méthodologie décrite dans l'article, des groupes d'étudiants essaient de reproduire le tracé. Toutes les étudiantes et tous les étudiants ont accès au même environnement de travail (cloud académique).

Deuxièmement, des journées dédiées sont organisées dans les filières du Master où les étudiantes et les étudiants ont l'opportunité d'échanger et de présenter le résultat de leurs travaux. C'est le cas du Master « Droit de la propriété intellectuelle / Droit des technologies de l'information » qui propose un bi-diplôme en collaboration avec l'Université de Laval (Québec), où les étudiantes et les étudiants échangent chaque année autour de leurs thèmes. Les actes de la journée seront publiés dans un éditeur majeur du domaine (Daloz IP/IT). Un autre type très intéressant d'enseignement pluridisciplinaire et original orienté IA est fourni par la conception et la réalisation d'un *fun-mooc* sur le droit d'auteur (coordination faite par Alexandra BENSAMOUN) composé de 9 semaines de sujets dédiés, impliquant des intervenants de divers domaines et universités.

De manière plus générale, DATAIA joue un rôle majeur dans le rapprochement entre les étudiants, les chercheurs et les industriels en organisant des ateliers, des défis et des hackathons. Un grand nombre d'étudiants ont trouvé plusieurs sujets de stage intéressants à l'issue de ces journées.

### Programmes de doctorat

En ce qui concerne les programmes de doctorat, l'Université Paris-Saclay mène le programme UDOPIA où au moins 60 bourses (30 financées par l'ANR et 30 par l'université) seront fournies en 4 ans.

Le rôle de DATAIA dans UDOPIA est de labelliser les sujets, de participer au recrutement

des étudiants et de conseiller les étudiants dans le panel des cours d'IA offerts à l'Université et des journées qui peuvent être suivies dédiées à l'IA organisées par l'Institut. D'autres activités ouvertes aux doctorants incluent la participation à l'organisation d'écoles d'été (*DS3 school*, par exemple) et de conférences junior (*JDSE*). Dans le cadre de la JDSE, les comités scientifiques et d'organisation juniors travaillent en étroite collaboration avec les comités seniors pour organiser localement et sélectionner les communications à présenter. Alors que les étudiants en Master et les doctorants de 1<sup>ère</sup> année peuvent soumettre et présenter leurs travaux, les doctorants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> années et les post-docs évaluent les articles.

**Conclusion** . L'Université Paris-Saclay dispose de plusieurs programmes d'IA et de DS pour un total de 11 filières axées sur l'IA et le DS en informatique. D'autres filières dédiées sont proposées dans les masters « mathématiques et applications » et dans d'autres écoles supérieures : y compris les sciences sociales (économie, gestion, droit), la biologie et la physique.

Les membres de DATAIA organisent et coordonnent des projets multidisciplinaires tels que des défis de données et des hackathons. DATAIA organise des ateliers et des journées ouverts aux étudiants de master et de doctorat pour combler le fossé entre les chercheurs, les industriels et les étudiants.

### Mission de soutien au transfert

L'Institut DATAIA Paris-Saclay a récemment ouvert ses portes au monde industriel en mettant en œuvre un programme dédié à faciliter et développer la collaboration entre son écosystème académique et les acteurs industriels impliqués dans la recherche en intelligence artificielle et science des données. Le « pro-



gramme d'affiliation industriel » (PAI) qu'il a lancé, offre aux industriels un accès privilégié à une expertise scientifique au meilleur niveau mondial ainsi qu'au vivier d'étudiants du pôle universitaire d'excellence, notamment : actions conjointes de soutien à la recherche, partage d'expériences et de besoins collectifs, mise en œuvre d'événements dédiés, et bien plus encore. Dans le cadre du PAI, des événements ciblés entre industriels et académiques sont organisés : le *DATAIA Club Connection* (D2C). Le dispositif D2C accueille académiques et industriels du domaine pour faciliter les échanges, créer un lien de confiance et ouvrir la voie à des collaborations futures. Il est mis en place afin d'identifier en amont les enjeux de recherche prioritaires des chercheurs et les problématiques des industriels et les faire converger. Les contacts et les opportunités de collaborations proposées sont ensuite accompagnées au plus près jusqu'à leur montage et lancement.

### **Focus scientifique sur l'IA pour les sciences du vivant**

Les sciences du vivant tiennent une place importante à Paris-Saclay : elles constituent 25% de l'activité de l'Université. 5 chaires IA ont été obtenues dans ce domaine :

- Alexandre GRAMFORT (Inria) - BrAIN
- Bertrand THIRION (Inria) - KARAIB
- Edouard DUCHESNAY (CEA) - Big2small
- Gaël VAROQUAUX (Inria) - LearnI
- Jean-Christophe PESQUET (CentraleSupélec) - BRIDGEABLE
- Jean-François MANGIN (CEA) - FOLD-DICO

DATAIA finance par ailleurs plusieurs projets de recherche relatifs à ce domaine, tels que *UltraBioLearn*, *Warm rules*. D'autres sujets traditionnellement forts sont la bioinformatique et les biostatistiques en général, couplées ou non à la modélisation. En terme d'animation, DA-

TAIA a lancé une série d'ateliers faisant le lien entre IA et biotechnologies : IA pour l'agronomie (déc. 2019), IA pour les biomarqueurs (nov. 2020), IA pour la métagénomique (mai 2021), IA pour l'oncologie (mai 2021). L'intérêt des industriels est fort, avec notamment les partenariats avec Sanofi, Servier et GE Healthcare, avec un fort focus sur les biomarqueurs, l'analyse causale ou le traitement d'image.

### **Chaire IA BrAIN - « Bridging Artificial Intelligence and Neuroscience » - Alexandre GRAMFORT (Inria).**

L'intelligence artificielle (IA), avec les progrès récents du machine learning (ML), vise actuellement à révolutionner la façon dont la science expérimentale est menée. En physique, en chimie, en biologie, en neurosciences ou en médecine, les données sont maintenant le moteur de nouvelles intuitions théoriques et de nouvelles hypothèses scientifiques. L'apprentissage supervisé et les modèles prédictifs sont maintenant utilisés pour évaluer si quelque chose est "prévisible". Puis-je prédire ce que les gens "pensent" à partir de signaux neuronaux ? Puis-je prédire l'apparition d'un cancer chez un patient à partir de son ADN ? Dans le domaine de la santé, on parle de médecine de précision et de patients virtuels, avec la vision que l'IA permettra d'avoir des prédictions individualisées à partir de données génomiques, physiologiques ou d'imagerie. Après des premières percées spectaculaires dans les domaines de la vision par ordinateur, du traitement de la parole ou du traitement du langage naturel, le ML doit maintenant relever de nouveaux défis afin d'avoir un impact sur diverses disciplines scientifiques et en particulier pour les applications liées à la santé. Lorsque l'on considère de telles applications, des problèmes statistiques et informatiques apparaissent. Le premier problème est lié aux limitations ou à l'absence de supervision des algorithmes : les modèles prédictifs supervisés ont besoin de grandes quantités de





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

données annotées pour être entraînés et testés. Malheureusement trop peu d'applications médicales peuvent en fournir dans une quantité suffisante. Le second problème est lié à ce que l'on peut appeler la variabilité de l'ensemble de données d'apprentissage. Ce qu'on a appelé en vision par ordinateur le problème du "biais de la base d'apprentissage" implique dans un contexte médical que l'entraînement sur les données d'un hôpital est susceptible de fournir une prédiction moins puissante lorsque le modèle est testé sur les données d'autres hôpitaux. Le troisième problème est lié à la difficulté d'amener les outils de l'état de l'art dans un environnement qui n'est pas dominé par les informaticiens mais par les biologistes, les neuroscientifiques, les psychologues, les médecins.

BrAIN fournira la prochaine génération de modèles et d'algorithmes de ML pour un apprentissage statistique efficace en l'absence d'annotations précises et d'échantillons de grande taille. BrAIN s'appuiera sur des cas d'utilisation définis en neurosciences cliniques et cognitives (anesthésie, troubles de la conscience, médecine du sommeil) pour relever les défis plus généraux du ML : i) l'étude de diverses tâches d'apprentissage auto-supervisées pour apprendre sans annotations à partir de données temporelles longues et bruitées ; ii) apprendre à augmenter les données et la taille des échantillons ; iii) apprendre en présence de changements de distribution ; iv) développement d'algorithmes efficaces et faciles à utiliser par des non-experts.

**Chaire IA « KARAIB - Knowledge And Representation Integration on the Brain » - Bertrand THIRION (Inria).** Les sciences cognitives décrivent des opérations mentales, et l'imagerie cérébrale fonctionnelle offre une fenêtre unique sur les systèmes cérébraux qui sous-tendent ces opérations. De nombreuses recherches en neuroimagerie ont permis de mieux comprendre les relations entre les fonc-

tions psychologiques et l'activité cérébrale. Cependant, l'agrégation des résultats de neurosciences cognitives pour obtenir une cartographie systématique entre la structure et la fonction se heurte à un obstacle : les concepts cognitifs sont mal définis et peuvent ne pas correspondre clairement à l'architecture du cerveau.

Pour relever ce défi, nous proposons de tirer parti de la croissance rapide des sources de données : les informations de localisation rapportées dans les publications neuroscientifiques ; les images du cerveau et leurs annotations partagées comme des ressources ouvertes et quelques jeux de données de référence. Notre objectif ici est de mettre au point des techniques d'apprentissage machine multimodales pour relier ces données sources.

Objectif 1 : mettre au point des techniques de représentation des données bruitées, pour coupler des données sur le cerveau avec des descriptions de comportements ou de maladies dans le but d'extraire la structure sémantique.

Objectif 2 : mettre ces représentations au défi de fournir des explications aux relations observées, dans deux cadres distincts : i) une analyse statistique des associations obtenues ; ii) l'intégration de ces informations dans un langage spécifique aux neurosciences.

Objectif 3 : diffuser des résultats facilement utilisables (atlas du cerveau, ontologies, logiciels) et contribuer à des outils de partage de données en ligne pour la neuroimagerie.

**Chaire IA « Big2small - Transfer learning from big data to small data : leveraging psychiatric neuroimaging biomarkers discovery » - Edouard DUCHESNAY (CEA).** Contrairement à de nombreuses autres spécialités médicales, la psychiatrie ne dispose pas de mesures quantitatives objectives (dosage sanguin, ...) pour guider les cliniciens dans le choix d'une stratégie thérapeutique. L'anatomie cérébrale est une empreinte des antécédents génétiques et environnemen-



taux de l'individu. L'identification des signatures cérébrales pronostiques de l'évolution clinique ou de la réponse au traitement ouvrirait la voie à une médecine personnalisée en psychiatrie. De nombreuses initiatives internationales ont assemblé d'importants jeux de données ( $N > 2000$ ). Cependant, la grande hétérogénéité et la conception transversale de ces jeux de données limitent la possibilité d'apprendre des outils de pronostic de l'évolution clinique au niveau individuel (réponse au traitement, évolution clinique). D'autres initiatives ont récemment donné lieu à des bases de données plus petites et plus homogènes sur le plan clinique ( $N < 500$ ), avec le suivi longitudinal permettant d'évaluer la réponse au traitement et la transition vers la maladie chez les patients à risque. Le coût élevé par patient ( $> 10K€$ ) limite la faisabilité du passage à l'échelle (au moins quelques milliers) nécessaire pour construire des modèles prédictifs suffisamment reproductibles pour une application clinique courante.

Ce projet propose trois stratégies d'apprentissage par transfert d'apprentissage (réseaux de neurones profonds, clustering, approche dimensionnelle du continuum des pathologies psychiatriques) pour réconcilier les grands jeux de données hétérogènes avec les petits jeux homogènes et longitudinaux. Ces trois stratégies se décomposent en trois étapes : (i) modélisation de la variabilité générale du cerveau sur de grandes bases de la population générale ; (ii) transfert (réglage fin, etc.) sur des bases cas-témoins (de taille moyennes) pour focaliser les modèles sur une pathologie spécifique ; (iii) transfert final sur de "petites" cohortes longitudinales pour permettre l'apprentissage des modèles pronostiques de l'évolution clinique ou de la réponse aux traitements. Le succès de ce projet démontrerait que l'IA pourrait bénéficier au soin en santé mentale, qui est une des causes principales d'invalidité et de coûts di-

rects et indirects dans le monde.

**Chaire IA « LearnI - Learning data integration, from discrete entities to signals » - Gaël VAROQUAUX (Inria).** Avec l'arrivée de la "science des données", l'apprentissage statistique change la prise de décisions dans beaucoup de domaines, tels que la santé ou les affaires. Cependant, le point de friction est souvent, non pas dans l'analyse statistique, mais dans la combinaison de données de différentes natures ou à partir de différentes sources. En effet, l'intégration de données s'appuie encore fortement sur l'intervention humaine. Il faut utiliser des techniques de base de données relationnelles pour représenter et transformer des données de différentes natures, en utilisant les entités qu'elles ont en commun. Ces représentations et ces opérations sont fondamentalement discrètes, ce qui rend l'apprentissage statistique difficile : les symboles n'expriment pas facilement l'information jointe, par exemple en cas d'ambiguïtés ; l'optimisation des règles logiques utilisée sur les données symboliques donne des problèmes intraitables car combinatoires.

Nous cherchons à développer une nouvelle approche de l'intégration de données pour remplacer l'effort humain dans l'intégration de données. Celle-ci va bâtir sur des formulations continues, plutôt que des représentations discrètes et des opérations logiques, pour permettre d'optimiser l'assemblage de données en vue d'une analyse statistique. Pour cela, il faudra développer de nouvelles architectures adaptant les techniques d'apprentissage profond aux bases de données. À travers de grands nombres de bases de données, nous créerons des représentations qui capturent de la connaissance et aident à assembler des données sur des sujets liés. Nous focaliserons nos applications aux problèmes de la santé publique, par exemple pour des études épidémiologiques.

**Chaire IA « BRIDGEABLE - BRIDInG**



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

### **thE gAp Between iterative proximal methods and nEural networks » - Jean-Christophe PESQUET (CentraleSupélec).**

Au cours de la dernière décennie, les méthodes proximales ont permis des avancées significatives en optimisation en grande dimension. Dans le même temps, les réseaux de neurones profonds ont conduit à des résultats impressionnants dans divers domaines d'applications de la science des données. Néanmoins, les raisons fondamentales de leurs excellentes performances sont encore mal comprises mathématiquement. Récemment, nous avons montré que la quasi-totalité des fonctions d'activation utilisées dans les architectures de réseaux de neurones s'identifient à des opérateurs proximaux de fonctions convexes. Cette observation ouvre de nouvelles perspectives en apprentissage profond, permettant d'exploiter les liens étroits existant entre les structures de réseaux de neurones et les algorithmes proximaux itératifs. Dans ce projet, nous proposons trois axes de recherche. Tout d'abord, la fragilité bien connue des réseaux de neurones vis-à-vis des perturbations adverses sera étudiée. Pour ce faire, des techniques de points de fixes reposant sur les propriétés de contraction de ces opérateurs d'activation seront exploitées et de nouvelles architectures potentiellement plus robustes seront proposées. En second lieu, une nouvelle formulation des problèmes inverses sera proposée, visant à remplacer les fonctions de régularisation convexes usuelles par une approche de régularisation fondée sur des opérateurs maximaux monotones. Cette stratégie permettra de gagner non seulement en généralité, mais aussi en flexibilité. Cette approche devrait conduire à des algorithmes itératifs '*plug and play*' efficaces pour résoudre les problèmes de restauration/reconstruction d'images. Le dernier axe de recherche portera sur l'étude des méthodes d'apprentissage profond de dictionnaires. Celles-ci apparaissent ac-

tuellement comme des alternatives sérieuses aux réseaux de neurones. Notre objectif sera de clarifier les relations existant entre l'apprentissage profond de dictionnaires et les réseaux de neurones, de façon à rendre les premières approches plus efficaces, tout en analysant plus précisément leurs performances. En termes de retombées méthodologiques, ce projet devrait conduire à des progrès significatifs dans l'interprétabilité des réseaux de neurones et dans la proposition de nouvelles méthodes permettant d'améliorer leur fiabilité. En termes de retombées pratiques, les méthodes développées conduiront à une nouvelle génération de techniques pour résoudre des problèmes se posant dans trois champs d'applications : l'imagerie médicale 3D (collaboration avec GE Healthcare); l'analyse de données du domaine de l'énergie et de l'environnement (collaboration avec l'IFPEN); et la modélisation non-linéaire multivariée de moteurs électriques (collaboration avec Schneider Electric).

**Chaire IA « FOLDDICO » - Jean-François MANGIN (CEA).** Il y a plus de sept milliards d'humains sur la terre. Chacun d'eux possède des empreintes digitales uniques mais aussi un motif de plissement cortical qui lui est propre. Personne ne sait vraiment si la variabilité de ces motifs a une signification, ni même quelle est l'origine de ces plissements qui apparaissent in utero. Dans les méthodologies classiques de cartographie cérébrale, cette variabilité est traitée comme du bruit et est gommée autant que possible en alignant tous les cerveaux avec un cerveau modèle. Cependant, certains groupes de recherche considèrent que les motifs du plissement pourraient devenir un "proxy" utile de l'architecture corticale, comme en témoignent les motifs inhabituels observés dans certaines maladies du développement comme l'épilepsie.

Les efforts actuels en vue d'une meilleure exploitation de la variabilité du plissement cor-



tical achoppent sur l'inadéquation entre les atlas simplistes que l'on trouve dans les manuels anatomiques et les configurations incompatibles fréquemment observées dans la population générale. Aujourd'hui, des millions de cerveaux ont été numérisés à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), créant une opportunité majeure pour l'IA. L'objectif de FOLDDICO est de transformer cette opportunité en un "benchmark" attractif pour l'apprentissage non supervisé, qui se matérialise comme l'inférence d'un dictionnaire des motifs de plissement observés chez l'homme.

Des ébauches d'un tel dictionnaire ont été proposées par les anatomistes, mais elles se cantonnent à quelques régions du cerveau, n'ont été réalisées qu'à partir de quelques dizaines de cerveaux, et ne décrivent que quelques motifs très fréquents. Concrétiser un dictionnaire exhaustif dépasse en fait l'entendement humain mais semble à la portée des méthodes d'apprentissage profond auto-supervisées modernes. En outre, certaines bases de données majeures disposent non seulement d'images de la morphologie du cerveau mais également d'images de son fonctionnement et de sa connectivité permettant de le parcelliser en entités architecturales. Dès lors, il est envisageable d'intégrer dans la constitution du dictionnaire la nécessité de faire émerger essentiellement les motifs permettant de prédire les variantes de l'organisation architecturale du cortex, de manière à mieux poser le problème. Le dictionnaire escompté, déduit de la population générale, sera ensuite utilisé pour analyser des bases de patients psychiatriques afin de détecter des motifs inhabituels signant des événements anormaux survenu pendant le développement cérébral et à l'origine de faiblesses.

En plus d'effectuer notre propre inférence de dictionnaire, nous organiserons un cadre fondé sur des bases de données publiques et privées pour permettre à la communauté d'éta-

lonner des approches alternatives.

## Publication des projets DATAIA

- 'Bad Nudge', 'Bad Robot' : [27, 1]
- Peper [15, 17, 23]
- [16, 14, 8, 10, 13]
- MissingBigData : [19, 24, 25]
- HistorIA : [26, 28]
- [22, 6, 9, 20, 21, 6, 5, 4]
- 'Information leakage' : [12, 11, 3]
- 'smart lawyer' : [7]
- Streamops [2, 18, 29]

## Références

- [1] Hugues Ali Mehenni, Sofiya Kobylanskaya, Ioana Vasilescu, and Laurence Devillers. Children as candidates to verbal nudging in a human-robot experiment. In *Companion Publication of the 2020 International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '20 Companion*, page 482–486, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [2] M. Alshaer, S. Garcia-Rodriguez, and C. Gouy-Pailler. Detecting anomalies from streaming time series using matrix profile and shapelets learning. In *2020 IEEE 32nd International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI)*, pages 376–383, 2020.
- [3] Mário S. Alvim, Konstantinos Chatzikokolakis, Catuscia Palamidessi, and Geoffrey Smith. Measuring Information Leakage using Generalized Gain Functions. In *Computer Security Foundations*, pages 265–279, Cambridge MA, United States, 2012. IEEE.
- [4] Nicolas Ancaux, Philippe Bonnet, Luc Bouganim, Benjamin Nguyen, Philippe Pucheral, Iulian Sandu-Popa, and Guillaume Scerri. Personal Data Management Systems : The security and



- functionality standpoint. *Information Systems*, 80 :13–35, 2019.
- [5] Nicolas Anciaux, Luc Bouganim, Philippe Pucheral, Iulian Sandu Popa, and Guillaume Scerri. Personal Database Security and Trusted Execution Environments : A Tutorial at the Crossroads. *Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB)*, August 2019.
- [6] Nicolas Anciaux and Célia Zolynski. Empowerment et Big Data sur données personnelles : de la portabilité à l'agentivité. *Dalloz IP/IT*, 2019.
- [7] Paul Boniol, George Panagopoulos, Christos Xypolopoulos, Rajaa El Hamdani, David Restrepo Amariles, and Michalis Vazirgiannis. Performance in the courtroom : Automated processing and visualization of appeal court decisions in france, 2020.
- [8] C. Boucetta, A. Dridi, H. Afifi, A. E. Kamal, and H. Moun gla. Heuristic optimization algorithms for qos management in uav assisted cellular networks. In *GLOBECOM 2020 - 2020 IEEE Global Communications Conference*, pages 1–6, 2020.
- [9] Mariem Brahem, Guillaume Scerri, Nicolas Anciaux, and Valerie Issarny. Consent-driven data use in crowdsensing platforms : When data reuse meets privacy-preservation. working paper or preprint, January 2021.
- [10] Fausto Calderon-Obaldia, Jordi Badosa, Anne Migan-Dubois, and Vincent Bourdin. A two-step energy management method guided by day-ahead quantile solar forecasts : Cross-impacts on four services for smart-buildings. *Energies*, 13(22), 2020.
- [11] Giovanni Cherubin, Konstantinos Chatzikokolakis, and Catuscia Palamidessi. F-BLEAU : Fast Black-Box Leakage Estimation. In *S&P 2019 - 40th IEEE Symposium on Security and Privacy*, pages 835–852, San Francisco, United States, May 2019. IEEE.
- [12] Tom Chothia, Yusuke Kawamoto, and Chris Novakovic. LeakWatch : Estimating Information Leakage from Java Programs. In Mirosław Kutylowski and Jai-deep Vaidya, editors, *19th European Symposium on Research in Computer Security (ESORICS 2014)*, volume 8713 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 219–236, Wrocław, Poland, September 2014. Springer.
- [13] Sylvain Cros, Jordi Badosa, André Szantai, and Martial Haeffelin. Reliability predictors for solar irradiance satellite-based forecast. *Energies*, 13(21), 2020.
- [14] A. Dridi, C. Boucetta, S. E. Hammami, H. Afifi, and H. Moun gla. Stad : Spatio-temporal anomaly detection mechanism for mobile network management. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, pages 1–1, 2020.
- [15] A. Dridi, H. I. Khedher, H. Moun gla, and H. Afifi. An artificial intelligence approach for time series next generation applications. In *ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pages 1–6, 2020.
- [16] A. Dridi, H. Moun gla, H. Afifi, J. Badosa, F. Ossart, and A. E. Kamal. Machine learning application to priority scheduling in smart microgrids. In *2020 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, pages 1695–1700, 2020.
- [17] Aicha Dridi, Arnaud Debar, Vincent Gauthier, Hatem Ibn-Khedher, and H. Afifi. Deep learning semantic compression : lot support over lora use case. *2019 2nd IEEE Middle East and North Africa*



- COMMunications Conference (MENA-COMM)*, pages 1–6, 2019.
- [18] Sandra Garcia-Rodriguez, Mohammad Alshaer, and Cedric Gouy-Pailler. *STREAMER : A Powerful Framework for Continuous Learning in Data Streams*, page 3385–3388. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2020.
- [19] Julie Josse, Nicolas Prost, Erwan Scornet, and Gaël Varoquaux. On the consistency of supervised learning with missing values, 2020.
- [20] Riad Ladjel, Nicolas Ancaux, Philippe Pucheral, and Guillaume Scerri. A manifest-based framework for organizing the management of personal data at the edge of the network. In *ISD 2019 - 28th International Conference on Information Systems Development*, Toulon, France, August 2019.
- [21] Riad Ladjel, Nicolas Ancaux, Philippe Pucheral, and Guillaume Scerri. Trustworthy Distributed Computations on Personal Data Using Trusted Execution Environments. In *TrustCom 2019 - The 18th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications / BigDataSE 2019 - 13th IEEE International Conference on Big Data Science and Engineering*, Rotorua, New Zealand, August 2019.
- [22] Riad Ladjel, Nicolas Ancaux, Philippe Pucheral, and Guillaume Scerri. Secure distributed queries over large sets of personal home boxes. *Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems*, September 2020.
- [23] T. Levent, P. Preux, E. le Pennec, J. Badosa, G. Henri, and Y. Bonnassieux. Energy management for microgrids : a reinforcement learning approach. In *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe)*, pages 1–5, 2019.
- [24] Marine Le Morvan, Julie Josse, Thomas Moreau, Erwan Scornet, and Gaël Varoquaux. Neumiss networks : differentiable programming for supervised learning with missing values, 2020.
- [25] Marine Le Morvan, Nicolas Prost, Julie Josse, Erwan Scornet, and Gaël Varoquaux. Linear predictor on linearly-generated data with missing values : non consistency and solutions, 2020.
- [26] Alexis Pister, Paolo Buono, Jean-Daniel Fekete, Catherine Plaisant, and Paola Valdivia. Integrating prior knowledge in mixed initiative social network clustering, 2020.
- [27] Marco Romanelli, Konstantinos Chatzokolakis, Catuscia Palamidessi, and Pablo Piantanida. Estimating g-leakage via machine learning, 2020.
- [28] Natkamon Tovanich, Alexis Pister, Gaëlle Richer, Paola Valdivia, Jean-Daniel Fekete, Christophe Prieur, and Petra Isenberger. GraphletMatchMaker : Visual Analytics Approaches to Graph Matching in Cybersecurity Communities. IEEE Visual Analytics Science and Technology, VAST Challenge, October 2020. Poster.
- [29] Jingwei Zuo, Karine Zeitouni, and Yehia Taher. Incremental and Adaptive Feature Exploration over Time Series Stream. In *IEEE International Conference on Big Data 2019*, Los Angeles, United States, December 2019.



## ■ “Hi ! Paris” : Centre interdisciplinaire pour l’Intelligence Artificielle et la science des données pour la société

“Hi ! Paris”  
[www.hi-paris.fr](http://www.hi-paris.fr)

**Gaël RICHARD**

[contact@hi-paris.fr](mailto:contact@hi-paris.fr)

**Thierry FOUCAULT**

**Eric MOULINES**

### Présentation générale de “Hi ! Paris”

Créé conjointement par HEC Paris et l’Institut polytechnique de Paris (IP Paris), puis rejoint par l’Inria, “Hi ! Paris” est un nouveau centre interdisciplinaire de recherche et d’enseignement consacré à l’IA et aux sciences des données. L’ambition affichée de “Hi ! Paris”, premier centre en Europe interdisciplinaire et inter-institutionnel, alliant éducation, recherche et innovation, est de devenir un leader mondial du domaine d’ici à 5 ans, en relevant les principaux défis liés à la transformation technologique et à son impact sur les entreprises et la société.

Le Centre s’appuie sur les 300 chercheurs et sur les infrastructures de l’Institut Polytechnique de Paris et de HEC Paris dans ces domaines. Il s’inscrit dans le prolongement d’une collaboration dynamique intense entre les deux institutions qui partagent déjà une école doctorale et des diplômes de masters communs. Il est entièrement financé par des entreprises mécènes mobilisées autour des deux institutions académiques. Les mécènes fondateurs sont L’Oréal, Cap Gemini, Total, Kering et Rexel.

Espace unique de rupture, de formation et d’innovation, d’élaboration et de transferts de technologie, “Hi ! Paris” interviendra dans des domaines d’applications clés tels que l’énergie et l’environnement, la défense et la sécurité, la santé, le commerce de détail et l’industrie du luxe, les télécoms, l’alimentation, la finance et

l’assurance, . . . En renforçant les collaborations entre les Écoles de l’Institut Polytechnique de Paris et de HEC Paris, et en capitalisant sur leurs expertises couvrant un large spectre académique, “Hi ! Paris” aura un puissant impact à l’échelon européen et mondial en termes de recherches et de formations (ingénieurs, managers, jeunes chercheurs, formation continue), ressources aujourd’hui indispensables aux entreprises et aux laboratoires, publics comme privés.

L’ambition de “Hi ! Paris” est de devenir une destination de choix pour les étudiantes, les étudiants et les professeurs et professeures les plus talentueux qui abordent des questions liées à la science des données, à l’intelligence artificielle, à leurs rôles dans la science, la technologie et le *business* et à leurs impacts sur la société.

### Initiatives et programmes

Un objectif central de “Hi ! Paris” est de fournir des incitations à long terme pour promouvoir la recherche et l’enseignement dans le domaine de l’IA et de l’analyse des données. À cette fin, “Hi ! Paris” a mis en place un ambitieux plan de recrutements et un ensemble de programmes principalement sous forme de chaires et d’appels à projets qui sont résumés ci-dessous :

« Chaires » : ce programme de chaires particulièrement bien dotées permettra de recruter de nouveaux professeurs et nouvelles pro-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

fesseuses au meilleur niveau international. L'un des enjeux du centre sera de pouvoir effectuer 30 recrutements d'ici à 2025.

« Fellowships » : ce programme de bourses (ou *fellowships*) fournira des financements aux chercheurs et chercheuses d'HEC Paris, de l'Institut Polytechnique de Paris et du centre Inria de l'Institut Polytechnique de Paris. Les titulaires d'une bourse de "Hi! Paris" recevront un budget annuel avec une certaine flexibilité dans la répartition entre la recherche, le financement de doctorants, doctorantes, post-doctorants et postdoctorantes et l'organisation d'événements scientifiques.

Ces deux programmes (« Chaires » et « Fellowships ») sont évalués directement par le comité scientifique international de "Hi! Paris" qui regroupe dix chercheurs de tout premier plan au niveau mondial.

« Projets collaboratifs » : ce programme vise à financer un grand nombre de projets en stimulant la collaboration entre au moins deux partenaires de "Hi! Paris". Les thématiques ouvertes sont larges et vont des méthodes fondamentales de l'IA et des sciences des données jusqu'aux applications commerciales dans tous les secteurs et les implications pour la société. Les projets peuvent durer entre 1 et 3 ans pour couvrir des dépenses comme les frais de déplacement, la location de salles de conférences, l'acquisition de données, le personnel (chercheurs et chercheuses invités, assistants et assistantes de recherche, stages...), le matériel, etc.

« Bourses de thèses » : la formation doctorale est une des priorités de "Hi! Paris" avec un objectif de 150 nouveaux doctorants et nouvelles doctorantes en IA et sciences des données. Dans ce but, des programmes annuels de bourses de thèses et de '*PhD track*' sont mis en place, avec un tout premier appel à candidatures dès cette année.

« Animation scientifique et événements » :

en parallèle, "Hi! Paris" propose une animation scientifique large et un ensemble d'événements visant à regrouper et rapprocher les professeurs et professeuses, chercheurs et chercheuses académiques, des ingénieurs, chercheurs et chercheuses des entreprises mécènes. Ces événements prennent par exemple la forme de *webinars* ou ateliers scientifiques. D'autres événements emblématiques tels que des écoles saisonnières ou encore hackathons pour l'ensemble des étudiants et étudiantes des formations HEC Paris et IP Paris en IA et sciences de données, à partir de cas d'usage et données des entreprises mécènes.

« Pôle d'ingénierie et Data-Factory » : dans le but de créer un véritable eco-système d'innovation à l'interface des mondes académiques et industriels, "Hi! Paris" développe également un pôle d'ingénierie et une *Data-factory*. Cette infrastructure et ce pôle d'ingénierie permettront d'accompagner les chercheurs et les chercheuses pour les aspects les plus expérimentaux des recherches menées et pour la réalisation de logiciels et codes de calcul performants, maximisant ainsi leur impact en recherche et pour la société.

## Focus scientifique

Les domaines de recherche au coeur de "Hi! Paris" incluent les méthodes fondamentales de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage machine (de la théorie de l'apprentissage profond jusqu'aux algorithmes), les applications de l'IA et de l'analyse des données aux sciences de gestion (par exemple la finance, le marketing, la stratégie et la recherche opérationnelle), la science économique et plus généralement aux sciences sociales (par exemple, le droit) et les systèmes scientifiques complexes (par exemple la robotique, les neurosciences, etc.). Les questions fondamentales autour de l'éthique de l'IA, du biais et de l'explicabilité des algorithmes, de la frugalité et so-





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

bilité numériques ou encore plus généralement de l'efficacité énergétique des méthodes d'IA, sont également au centre des enjeux des travaux de recherche menés dans "Hi ! Paris".

L'un des marqueurs forts du focus scientifique de "Hi ! Paris" est celui de la pluridisciplinarité au plus haut niveau, permettant la combinaison des expertises complémentaires et reconnues d'HEC Paris et de l'Institut polytechnique de Paris. Nous détaillons ci-dessous deux des axes clés du focus scientifique de "Hi ! Paris".

**Focus 1 : Apprentissage profond et statistique.** La clef des récentes percées de l'IA est l'émergence d'un apprentissage profond. Les succès de ces méthodes sont prodigieux : des problèmes jugés insolubles il y a 10 ans (comme la traduction automatique, l'analyse sémantique de scènes) ont aujourd'hui des solutions.

La recherche actuelle sur l'apprentissage profond est encore majoritairement axée sur des approches basées sur les tâches prédictives exploitant des données d'apprentissage (*data driven*) et pour l'essentiel agnostique par rapport aux "modèles". L'émergence de l'apprentissage profond a été rendu possible par l'explosion du volume des données collectées (alimenté en particulier par la baisse du prix du stockage des données), l'augmentation considérable de la puissance de calcul (avec GPU, TPU, parallélisation massive) et la découverte de nouvelles architectures de réseaux neuronaux (réseaux convolutifs, réseaux récurrents, *transformers*).

Mais les limites et les inconvénients de l'apprentissage profond sont maintenant bien connus. Les algorithmes actuels ont besoin de données extraordinairement volumineuses et sont extrêmement exigeants en matière de puissance de calcul (l'annotation manuelle de données est une tâche longue et coûteuse ;

dans certains cas, ces données peuvent être rares ou difficiles à collecter). On sait peut-être moins que les méthodes d'apprentissage profonds ne quantifient pas toujours de façon appropriée l'incertitude de leurs prédictions (et ont même des difficultés à détecter qu'une donnée est "loin" des données d'apprentissage), qu'ils ne permettent pas "mécaniquement" d'extraire des représentations "sémantiquement" intéressantes, qu'elles posent clairement le problème d'interprétabilité des modèles obtenus, etc.

Un des objectifs scientifiques est de développer des théories et des algorithmes qui permettent de dépasser les limites actuelles de l'apprentissage profond.

**Calibration et incertitudes.** L'objectif ici est de proposer des méthodes d'apprentissage et d'inférence qui permettent non seulement de prédire, mais aussi d'évaluer l'incertitude des prédictions. Plusieurs approches sont étudiées dans ce cadre. Certaines sont basées sur des approches fréquentistes, le plus souvent utilisant des méthodes de rééchantillonnage, comme les méthodes de calibration. D'autres utilisent le paradigme bayésien, qui permet de "modéliser" dans un cadre commun l'incertitude des modèles (nombre de couches, choix de la topologie des réseaux) et l'incertitude sur les paramètres. Si ces deux approches sont "classiques" lorsque le nombre de paramètres des modèles est limité à quelques centaines (le domaine de la statistique "traditionnelle"), il en va bien entendu tout autrement quand il faut passer à l'échelle des "très grands modèles" qui sont aujourd'hui communs en IA. Sans parler des 175 millions de paramètres de certains modèles de langage récents (comme GPT-3), le million de paramètres n'est plus aujourd'hui une exception et change complètement la nature du problème. Cela oblige à tout repenser que l'on parle de calibration ou d'incertitudes,



d'abandonner les théories et les algorithmes classiques qui sont inopérants à ces échelles.

**Modèles génératifs, 'few-shot learning', apprentissage de représentations.** L'inconvénient des approches basées sur l'apprentissage profond est que leur entraînement supervisé requiert de grandes quantités de données annotées. La possibilité d'utiliser des méthodes d'apprentissage profond sur des "petits" volumes de données est un sujet particulièrement actif. L'approche la plus classique consiste à apprendre sur une seule tâche globale des caractéristiques suffisamment génériques pour résoudre la tâche élémentaire cible (on parle de '*feature reuse*'). L'apprentissage "global" d'un réseau est remplacé ici par le réglage "fin" des dernières couches (*fine-tuning*) d'un réseau de neurones existant sur les données cibles. Une autre stratégie est d'utiliser le paradigme de méta-apprentissage (*meta-learning*) qui consiste à apprendre de multiples tâches élémentaires à partir de données "rares" et d'utiliser les "abstractions" apprises sur ces tâches "auxiliaires" pour résoudre la tâche cible. Cette approche ouvre de très nombreuses perspectives de recherche à la fois méthodologiques (quels sont les "bonnes" tâches auxiliaires, comment faut-il les construire?) et théoriques (que peuvent apporter des expériences auxiliaires sur les mêmes données pour un problème particulier?). Dans certains cas, les données sont abondantes mais les annotations rares (ou inexistantes). Même en l'absence d'annotations, ces données permettent de construire des représentations des données par des facteurs latents sémantiquement significatifs et statistiquement indépendants (*disentangled*). L'auto-codeur variationnel (VAE) a été développé et largement utilisé. Le VAE impose implicitement une forme implicite de régularisation : en forçant les représentations à être significatives pour la génération de données, on

biaise l'inverse de ce processus, qui s'applique de l'entrée à la représentation, en imposant des contraintes "sémantiquement" pertinentes (indépendance des facteurs, distribution, causalité). Les VAEs ont permis d'obtenir des résultats impressionnants au cours de ces dernières années sur la modélisation de données complexes telles que des images, la synthèse audio et de parole, la robotique et la représentation de scènes 3-D, tâches dans lesquelles les chercheurs de l'Institut Polytechnique de Paris ont pris toute leur part. L'apprentissage robuste des VAE reste un défi. L'apprentissage de chaque VAE requiert des réglages très fins (construction de l'*evidence lower bound* (ELBO), recuit de l'ELBO, etc.) et une optimisation extrêmement coûteuse des hyperparamètres. Ces solutions ne résistent pas aux modifications de l'architecture du modèle ou de l'ensemble des données. Un objectif important de nos travaux de recherche est de proposer des algorithmes génériques et robustes, qui s'adaptent aux données et aux modèles avec une intervention minimale de l'utilisateur.

**Focus 2 : IA et Société.** Les implications de l'IA pour le monde des affaires, l'économie et plus généralement la société sont encore mal comprises. L'axe thématique IA et société a pour objectif d'étudier ces implications.

La digitalisation des données et l'accroissement de la puissance de calcul disponible pour traiter ces données réduit considérablement les coûts d'acquisition d'information. Cette évolution se traduit par une utilisation accrue des "empreintes" digitales laissées par les agents économiques lors de leurs activités (par exemple, achats sur internet, discussions sur les forums sociaux, géolocalisation, etc.) à des fins industrielles. Cette évolution pose de nombreuses questions étudiées par les chercheurs de l'axe IA et société. Par exemple, la collecte de données sur leurs clients par les entreprises



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

leur permet à la fois de mieux personnaliser le service offert à ces clients mais crée un risque de perte de contrôle pour les clients de la confidentialité de ces données. Comment arbitrer au mieux entre ces deux objectifs ? Comment réglementer au mieux l'utilisation des données collectées sur les consommateurs ? Par ailleurs, la digitalisation des données financières permet aux investisseurs de diversifier leurs sources d'information à moindre coût et de mettre en place de nouvelles stratégies d'investissement dans les marchés financiers. Les effets de cette évolution sur le fonctionnement de ces marchés et leur impact sur l'économie est un autre sujet d'étude de l'axe IA et société. Enfin, l'IA peut être utilisée par les fonds de capital-risque ou de private equity de manière à mieux prédire le potentiel de succès de nouveaux projets entrepreneuriaux et déterminer de manière plus efficace l'allocation de capital à ces projets. Plusieurs équipes étudient la façon dont les techniques de l'IA peuvent être utilisées à cette fin et l'impact de cette évolution sur l'industrie du capital-risque.

Par ailleurs, l'IA permet d'automatiser un grand nombre de décisions prises par des humains ou tout au moins de leur fournir des outils d'aide à la décision. Cette évolution pose également de nombreuses questions abordées par les chercheurs de l'axe IA et société. Par exemple, plusieurs travaux ont montré expérimentalement que les humains avaient tendance à mettre plus de poids dans leur décision sur les recommandations fournies par des algorithmes que celles fournies par des humains. Mais dans quelle mesure cet effet dépend-t-il des informations fournies sur les performances (par exemple son pouvoir prédictif) de l'algorithme et plus généralement son fonctionnement (nature des informations données à l'algorithme, etc.) ? Par ailleurs, dans quelle mesure les recommandations effectuées par des robots (par exemple, des conseillers en ligne) influencent-

elles les décisions des consommateurs et dans quelle mesure ces recommandations leurs sont-elles bénéfiques ? Enfin, si les algorithmes permettent d'éviter certains biais cognitifs propres aux humains, ne réintroduisent-ils pas d'autres biais, liés par exemple à des problèmes de biais dans les données utilisées par l'algorithme pour développer un modèle prédictif ? Cette question est étudiée notamment dans le cadre des décisions de l'octroi du crédit bancaire.

Le monde du travail est directement affecté par les technologies digitales. Une des recherches de l'axe IA et société porte sur les déterminants de la sensibilité des salariés au stress technologique (ou "technostress") et notamment le rôle des traits de personnalité dans cette sensibilité. Les techniques de l'IA permettent également d'analyser plus finalement la façon dont les tâches sont allouées à un salarié (par exemple séquentiellement ou simultanément) et affectent sa performance. Il s'agit là encore d'un autre exemple du type de recherche mené dans l'axe IA et société.

La digitalisation de nos économies affecte également les systèmes de paiements et la monnaie. Notamment, nous assistons à l'émergence de monnaies digitales ou "crypto-monnaie" (le Bitcoin, l'Ethereum etc. . . ), qui échappent au contrôle des "producteurs" traditionnels de monnaie (les banques centrales). Le développement de ces monnaies est étroitement lié à la technologie "blockchain", qui permet aux utilisateurs de monnaies digitales de remplacer les "tiers de confiance" traditionnels pour valider et enregistrer le transfert de propriété. Ces évolutions génèrent des questions économiques nouvelles, à la fois sur la notion de monnaie, la viabilité de la technologie blockchain et les risques potentiels associés aux crypto-monnaies.

Enfin, les techniques de l'IA ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine du droit et de la réglementation du monde des affaires,



en permettant par exemple d'automatiser la fouille systématique de documents juridiques et plus généralement avec la mise en place de 'smart contracts'. Ainsi, dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire impliquant des chercheurs d'HEC et d'IP Paris, la Cour de cassation va ainsi mettre à disposition des chercheurs des pièces de procédure et arrêts, préalablement pseudonymisés, afin d'identifier les arguments et les questions juridiques, les connexités, et tenter d'objectiver la notion de com-

plexité d'une affaire. Par ailleurs, une équipe de chercheurs utilise les techniques de traitement du langage naturel pour mesurer la complexité des textes réglementaires et étudier dans quelle mesure cette complexité s'est accrue au cours du temps. Ce type d'approche doit permettre de mieux cerner l'arbitrage qui existe entre les gains associés à des textes réglementaires plus complexes (par exemple en matière de gestion des risques bancaires) et les coûts de compliance associés.



## ■ Alliance humAIn en Hauts-de-France

*Alliance humAIn*  
[www.alliance-humain.fr](http://www.alliance-humain.fr)

**Clarisse DHAENENS**  
**Sébastien KONIECZNY**  
**Stéphane LECOEUICHE**  
**Christophe LECOUTRE**  
**René MANDIAU**  
**Philippe PERNOD**  
**Denis POSTEL**  
**Mireille RÉGNIER**  
**Sébastien VEREL**  
[copil-ia@inria.fr](mailto:copil-ia@inria.fr)

### Présentation générale de l'alliance humAIn

Les acteurs académiques régionaux des Hauts-de-France ont décidé de se regrouper pour structurer et dynamiser la recherche en intelligence artificielle menée en région. L'alliance ainsi constituée, appelée humAIn, intègre une recherche interdisciplinaire s'appuyant sur l'ensemble des laboratoires de recherche de la région.

L'objectif est de renforcer l'attractivité de l'IA : en stimulant une recherche d'excellence en IA, en renforçant les liens entre la recherche et les entreprises, et en développant des parcours d'excellence en formation initiale et continue.

L'alliance vise le développement d'une IA au service de l'humain. Elle doit donc pouvoir interagir avec lui, avec un accent particulier autour de l'explicabilité, et être responsable, c.à.d. être acceptable et utile pour la société. Les axes scientifiques de l'alliance sont définis dans ce sens.

### Les ambitions de l'alliance

L'alliance humAIn s'est donnée plusieurs ambitions en termes d'animation scientifique, de synergies entre recherche et entreprise et de propositions nouvelles en formation.

Concernant l'animation scientifique, des séminaires réguliers sont organisés depuis le séminaire inaugural de l'alliance en février 2019. Ils abordent les thématiques phares de l'alliance : interaction entre IA et Sciences Humaines et sociales; IA et santé, en collaboration avec le CHU de Lille; IA et retail avec la participation d'entreprises et de pôles régionaux; IA et l'industrie du futur, en collaboration avec la mission Rev3 en Hauts-de-France. Chacun de ces séminaires est l'occasion de rencontres et d'échanges des différentes communautés et permet ainsi d'aborder les enjeux et les projets par une approche interdisciplinaire.

L'Alliance humAIn est également membre de la "cité de l'IA". Ce hub d'entreprises créé en région à l'initiative du Medef Lille Métropole a pour vocation de développer les synergies et les coopérations autour de l'IA. Pour favoriser un décloisonnement entre entrepreneurs et universitaires, l'Alliance a présenté à un panel d'entreprises de la région des 'success-story' de col-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

laborations entre laboratoires de recherche et entreprises sur des problématiques d'IA. Sa participation à une *'learning expedition'* en Israël organisée par le Medef a permis une meilleure connaissance mutuelle. Les membres de l'alliance HumAIn contribuent ainsi à l'écriture d'un livre blanc à destination des entreprises désireuses d'innover par la mise en place de projets en IA. Enfin, l'alliance contribue à la réflexion de la mission Rev3 sur les industries du futur.

Concernant la formation, plusieurs nouvelles formations ont vu le jour. Ce sont des formations initiales (master *'data science'*, par exemple) ou des formations à destination des professionnels (Certification chef de projet en intelligence artificielle). Les membres de l'alliance contribuent également à l'adaptation des contenus dans les domaines des sciences de l'ingénieur et des sciences humaines et sociales, pour lesquels l'IA transforme les métiers. Ces actions autour de la formation sont parfois portées par plusieurs établissements, qui ont choisi de mobiliser conjointement leurs forces sur le sujet.

**Axes scientifiques de l'alliance** Dans l'avancée vers une IA responsable, acceptable et utile pour les concitoyens, deux grands axes de recherche complémentaires prédominent au sein de l'alliance. D'une part la dynamisation d'une recherche d'excellence sur "le coeur de l'IA" avec un focus sur l'explicabilité et l'acceptabilité, et d'autre part, le transfert vers d'autres disciplines et domaines [7].

Pour traiter l'acceptabilité au sein des méthodes d'IA, humAIn a pour objectif d'intégrer des approches provenant des deux branches principales de l'IA que sont l'apprentissage automatique et le raisonnement symbolique. Cette intégration permet de concevoir des "systèmes mixtes" qui exploitent les performances de l'apprentissage automatique, tout en four-

nissant des explications et des justifications intelligibles. La problématique de la confiance et plus généralement les problèmes éthiques sont également abordés dans le développement de ces recherches au "coeur de l'IA".

Le transfert vers d'autres disciplines se fait en priorité via deux domaines d'application, qui sont des préoccupations majeures au niveau international et des points forts et caractéristiques de la région des Hauts-de-France.

Le premier domaine concerne la santé, en partenariat étroit avec le CHU de Lille. Les problématiques sont liées à l'analyse de données de santé : par exemple, l'analyse du parcours patients [11] et la problématique du parcours de soins personnalisé, l'optimisation du *pool-testing* dans le cadre de la pandémie COVID-19 [1], le pré-diagnostic du cancer du poumon avec des méthodes non-invasives [10].

Le second domaine concerne le "retail", c'est à dire la distribution, la logistique et la gestion de la relation client, particulièrement représentées en région. Développer une voie de consommation personnalisée innovante et optimiser les chaînes d'approvisionnement du fournisseur au client en s'appuyant sur l'IA sont des défis actuels pour être compétitif vis-à-vis des grands acteurs internationaux.

Ces domaines d'applications ont vocation à être complétés. Dans la dynamique de l'alliance humAIn et sa visibilité grandissante, de nombreux projets interdisciplinaires sont en cours de création, notamment avec les SHS.

**Quelques succès de l'alliance** L'alliance humAIn bénéficie du soutien d'un certain nombre de programmes nationaux et régionaux. Elle a obtenu en particulier 6 chaires IA dans le cadre de la stratégie nationale de recherche en IA, sur les thèmes suivants :

- *'Responsible AI'* (Nathalie NEVEJANS)
- *'Belief change for better multi-source information analysis'* (Sébastien KONIECZNY)



- '*Propositional reasoning for large-scale optimization. application to clean energy mobility issues*' (Chu Min LI)
- '*Explainable artificial intelligence : a knowledge compilation Foundation*' (Pierre MARQUIS)
- '*Fast inference with controlled uncertainty : application to astrophysical observations*' (Pierre CHAINAIS)
- '*Bayesian learning of expensive models, with applications to cell biology*' (Remi BARDENET)

Notons que Remi BARDENET, porteur d'une chaire, a également obtenu une '*ERC starting grant*' sur le sujet '*Fast Monte Carlo integration with repulsive processes*' [3] et qu'il a été récompensé cette année par la médaille de bronze du CNRS.

L'alliance a également obtenu 35 financements de thèse en intelligence artificielle dans le cadre de l'appel ANR, déployés sur 4 programmes.

- AI\_Engineering\_PhD@Lille, avec Centrale Lille, ENSAIT et Yncréa, sur le développement de l'IA pour l'innovation dans les domaines de l'ingénierie : industrie 4.0, agriculture, santé, énergie, ville intelligente ou transports ;
- AI\_PhD@Lille, avec Université de Lille et Inria, autour des défis de l'acceptabilité de l'IA, tant sur les contributions au coeur de l'IA que dans les domaines d'application ;
- AI@IMT, avec IMT Lille Douai, autour des grandes transitions (numérique, industrielle, énergétique, écologique) et des besoins prioritaires de l'industrie et de la société ;
- VIVAH, avec Université d'Artois, sur la conception de systèmes d'IA intelligibles, la "chimie verte" et dans une recherche interdisciplinaire intégrant les sciences sociales.

Une grande partie de ces financements sont dédiés à des thèses interdisciplinaires, transférant

ainsi les travaux en IA vers les domaines d'application.

La région Hauts-de-France soutient fortement la thématique de l'IA en participant au co-financement des chaires obtenues par les membres de l'alliance et des thèses soutenues par l'ANR.

Enfin, la déclinaison lilloise, le projet humAI@Lille, est au coeur de la stratégie de l'ISIt ULNE, dans son cluster de recherche "un Monde numérique au service de l'humain", avec également le soutien de la Métropole Européenne de Lille (MEL).

### Focus scientifique sur 'Privacy'

La protection des données privées est devenue un critère incontournable d'acceptabilité de l'IA. Elle est exigée dans de nombreux processus collaboratifs, comme les décisions à plusieurs ou les partages de données médicales. Des équipes de humAI@Lille développent cette protection des données en '*Machine Learning*' décentralisé (DML). DML permet aux différentes entités de collaborer dans l'entraînement d'un modèle de ML tout en gardant leurs données décentralisées.

Le LAMIH/ UPHF traitent de problématiques de raisonnements distribués, où chaque entité est considérée comme un agent utilitaire. Cet agent tente d'évaluer la situation lors d'échanges de négociation d'un accord, avec la possibilité de poursuivre ou stopper la négociation. Il est classique de souhaiter cacher certaines informations dites "locales" aux interlocuteurs. Les motivations en sont multiples. Par exemple, dans le choix d'une date de réunion, une indisponibilité peut relever de contraintes personnelles que l'agent souhaite garder privées. Le garantir est un enjeu primordial.[9]. Leur modèle utilitaire d'agents a été évalué sur différents benchmarks tels que des emplois du temps distribué, des problèmes de coloration de graphes, etc.



Dans le domaine médical, le calcul fédéré permet à chaque institution de conserver ses données localement et de ne partager que des statistiques agrégées sommaires ou des mises à jour des modèles. Les algorithmes d'apprentissage décentralisés doivent prendre en compte l'hétérogénéité des données, les contraintes de confidentialité et les contraintes de communication. Sous des contraintes de confidentialité riches, le compromis le meilleur est recherché entre la garantie de confidentialité des données et l'utilité du résultat.

Flamed est une collaboration pluridisciplinaire développant des outils logiciels de DML pour traiter les données médicales de plusieurs centres hospitaliers (CHU Lille, Amiens, Caen et Rouen).

### Focus scientifique sur SHS

Une partie remarquable de la recherche en IA menée au sein de l'alliance porte sur les sciences humaines et sociales (SHS).

En effet, les réflexions actuelles sur la pérennité du paradigme de l'IA impliquent directement les sciences humaines et sociales. Il s'agit de définir ces nouvelles formes d'intelligence, d'explorer, dans une perspective épistémologique et historique, l'émergence de ces interactions entre intelligence humaine et IA et, enfin, de proposer des solutions pratiques aux questions sur les conditions d'acceptabilité et sur la durabilité éthique, sociale et économique de ce nouveau paradigme dominant.

De fait, les impacts de l'IA soulèvent une foule de questions qui relèvent de l'économie et des sciences sociales, en particulier le droit, l'éthique et la sociologie. Ainsi, dans le contexte de l'"humanité renforcée", les choix des systèmes autonomes soulèvent des questions éthiques inséparables de problématiques juridiques de responsabilité.

On citera les travaux de Nathalie NEVEJANS sur le développement d'une éthique en IA

centrée sur l'humain [8]. Juriste à l'Université d'Artois, classée en 2018 parmi les « Cent français qui comptent en intelligence artificielle » par la revue « L'Usine nouvelle », Nathalie NEVEJANS porte la chaire « IA responsable » qui comporte trois axes de travail :

- Axe « Santé & Médecine du futur ». Le déploiement des technologies en santé doit affronter des freins juridiques et éthiques, qui font obstacle à une pleine confiance dans ces outils par les professionnels de santé et les patients.
- Axe « Industrie 4.0 & Systèmes de production innovants ». L'industrie 4.0 pose des questions juridiques et éthiques rarement évoquées. Il convient par exemple, d'un point de vue juridique, de mesurer les conséquences sur la relation en mutation avec les fournisseurs et les clients. Se pose également, d'un point de vue éthique, la question du devenir du travail ainsi que celle de la place de l'humain dans un technosystème dédié aux machines.
- Axe « Administration 2.0 & Territoires intelligents ». Le développement du numérique et de l'intelligence artificielle a impulsé le déploiement d'une administration modernisée en accord avec les attentes des citoyens et les besoins des collectivités. Un tel univers technologique interroge toutefois quant à l'impact environnemental, la sécurité et la santé de l'humain, notamment en cas de faille de sécurité. Sur le plan éthique, ce sont les questions essentielles de la surveillance généralisée de l'humain qui se posent.

De manière complémentaire, le CERAPS (ULille, CNRS, Sciences-Po Lille), explore, dans un contexte juridique, les défis posés par les dispositifs robotiques dotés d'une Intelligence Artificielle dans le domaine de la Santé. Les conséquences, de la conception à l'évaluation, et les évolutions potentielles sont évaluées à l'aune des droits français et européen. Ce





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

type de questionnement renvoie à des développements importants de la réflexion sociologique contemporaine : quelles sont les nouvelles formes de travail et quel est le modèle économique si l'homme n'est plus considéré comme la force productive dominante ? Une réflexion sur l'impact de l'IA sur les organisations est par exemple menée dans la thèse « Intelligence artificielle et dynamiques des organisations » au sein du CLERSE (ULille, CNRS).

Les SHS sont un thème privilégié des nombreuses collaborations interdisciplinaires entre les laboratoires et sites de l'alliance. Plusieurs contrats doctoraux en IA visent à renforcer ce type de coopération. Par exemple :

- le développement d'approches "légères" pour le maintien à domicile des personnes âgées,
- l'utilisation de l'argumentation formelle pour le raisonnement légal.

### Focus scientifique sur Ingénierie

Le domaine des transports est l'objet de nombreux travaux au laboratoire (LAMIH UMR CNRS 8201) de l'Université Polytechnique Hauts-de-France (UPHF). Ces travaux utilisent principalement les systèmes multi-agents pour simuler, voire reproduire, des systèmes de transport intelligents (ITS), considérés comme une application complexe [2]. L'approche comportementale centrée agent prend ainsi en compte une modélisation plus fine, laquelle est basée sur des raisonnements locaux. Le verrou scientifique consiste à garantir une cohérence globale du trafic dans son ensemble malgré cette vision locale de chaque entité active. La prise en compte d'une plus large variété de comportements de conduite se fait dans des environnements enrichis par des bases de données géographiques. Bien avant les années 2000, le thème multi-agent s'est donc intéressé aux contextes urbains et peri-urbains, par exemple la régulation de bus, la simulation de trafic rou-

tier [6], et l'animation de piétons virtuels.

### Références

- [1] Tifaout Almeftah, Luce Brotcorne, Diego Cattaruzza, Bernard Fortz, Kaba Keita, Martine Labbé, Maxime Ogier, and Frédéric Semet. Group design in group testing for covid-19 : A french case-study. *arXiv preprint arXiv :2011.06927*, 2020.
- [2] Flavien Balbo, Emmanuel Adam, and René Mandiau. Positionnement des systèmes multi-agents pour les systèmes de transport intelligents. *Rev. d'Intelligence Artif., Hermes*, 30(3) :299–327, 2016.
- [3] Ayoub Belhadji, Rémi Bardenet, and Pierre Chainais. Kernel interpolation with continuous volume sampling. In *International Conference on Machine Learning*, pages 725–735. PMLR, 2020.
- [4] Guillaume Desquesnes, Guillaume Lozenguez, Arnaud Doniec, and Eric Duviella. Vers une distribution des MDP à grande échelle : étude de cas des voies navigables. *Rev. d'Intelligence Artif.*, 31(1-2) :183–205, 2017.
- [5] Jilles Steeve Dibangoye, Arnaud Doniec, Hicham Fakham, Frédéric Colas, and Xavier Guillaud. Distributed economic dispatch of embedded generation in smart grids. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 44 :64–78, 2015.
- [6] Z. Guessoum F. Ksontini, R. Mandiau and S. Espié. Affordance-based agent model for road traffic simulation. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 29(5) :821–849, 2015.
- [7] Pierre Gratier, Jérôme Pety, Emeric Bron, Antoine Roueff, Jan H Orkisz, Maryvonne Gerin, Victor de Souza Magalhaes, Mathilde Gaudel, Maxime Vono, Sébastien Bardeau, et al. Quantitative inference of



- the h2 column densities from 3 mm molecular emission : case study towards orion b. *Astronomy & Astrophysics*, 645 :A27, 2021.
- [8] Shane O'Sullivan, Nathalie Nevejans, Colin Allen, Andrew Blyth, Simon Leonard, Ugo Pagallo, Katharina Holzinger, Andreas Holzinger, Mohammed Imran Sajid, and Hutan Ashrafian. Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (ai) and autonomous robotic surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 15(1) :e1968, 2019.
- [9] Julien Savaux, Julien Vion, Sylvain Piechowiak, René Mandiau, Toshihiro Matsui, Katsutoshi Hirayama, Makoto Yokoo, Shakre Elmane, and Marius Silaghi. Privacy stochastic games in distributed constraint reasoning. *Ann. Math. Artif. Intell.*, 88(7) :691–715, 2020.
- [10] Sara Tari, Lucien Mousin, Julie Jacques, Marie-Éléonore Kessaci, and Laetitia Jourdan. Impact of the discretization of vocs for cancer prediction using a multi-objective algorithm. In Ilias S. Kotsireas and Panos M. Pardalos, editors, *Learning and Intelligent Optimization - 14th International Conference, LION 14, Athens, Greece, May 24-28, 2020, Revised Selected Papers*, volume 12096 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 151–157. Springer, 2020.
- [11] Maxence Vandromme, Julie Jacques, Julien Taillard, Laetitia Jourdan, and Clarisse Dhaenens. A biclustering method for heterogeneous and temporal medical data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2020.



## ■ La Région Grand-Est : Intelligences Artificielles & Algorithmiques

Inria Nancy Grand Est

**Bruno LEVY**  
[Bruno.Levy@inria.fr](mailto:Bruno.Levy@inria.fr)

La Région Grand-Est est riche d'un écosystème de recherche et d'enseignement, original et varié, comportant plusieurs grands laboratoires d'informatique (LORIA à Nancy, ICube à Strasbourg) et de mathématiques (IECL à Nancy, IRMA à Strasbourg). L'écosystème est renforcé par la présence des EPST (CNRS et Inria). La politique de site est portée par les Universités (Université de Lorraine / I-Site Lorraine Université d'Excellence et Université de Strasbourg / IDEX), qui structurent et animent la communauté scientifique grâce à différents dispositifs ("*projets Impact*" de l'Université de Lorraine et "Institut Thématiques Interdisciplinaires" de l'Université de Strasbourg). Les sciences et technologies du numérique sont de plus en plus amenées à jouer un rôle dans de nombreux domaines, et des découvertes importantes sont susceptibles d'émerger à la frontière de plusieurs disciplines. L'explosion de la puissance de calcul et de l'abondance des données ont amené en région de nouvelles thématiques de recherche, principalement autour de thèmes typiquement liés à l'IA, s'appuyant sur une expertise historique solide sur des fondations mathématiques et algorithmiques exploitables en IA. L'intelligence artificielle peut être considérée comme des « mathématiques mises en musique par l'informatique », avec les mathématiques prises au sens large (à savoir la science des structures, ce qui revêt également des aspects algorithmiques). Forts de leurs équipes de recherche, les laboratoires en Région étudient et développent différentes fondations de l'intelligence artificielle, explorant bien sûr la "nouvelle vague" des approches numériques de type '*machine learning / deep learning*', et continuant

également de creuser le sillon des approches symboliques plus anciennes, ce dernier restant source de résultats scientifiques et technologiques importants :

- Systèmes symboliques et formels, preuves de programme : le LORIA a une expertise reconnue dans ces disciplines. Cette approche symbolique permet par exemple d'analyser des protocoles de sécurité pour prouver la présence ou l'absence de failles ;
- Statistiques et analyse des données : des équipes de l'IECL développent de nouveaux outils statistiques et les appliques à différents types de données (génétiques, épidémiologiques, météorologiques, astrophysique ...);
- Traitement automatique des langues : plusieurs équipes du LORIA travaillent à l'analyse et à la synthèse de texte. L'analyse de textes permettant par exemple de détecter des pathologies (schizophrénie) à partir de la structure du discours. La synthèse de textes permet par exemple de générer automatiquement des résumés ;
- La combinaison entre des approches classiques de traitement du signal et des approches de type '*deep learning*' permettent de développer de nouvelles approches de traitement du signal sonore (réhaussement de la parole, séparation de sources ;
- Robotique et vision par ordinateur : ces thématiques sont explorées par des équipes d'ICube et du LORIA, avec tout un arsenal de méthodes différentes. Des applications médicales sont développées et expérimentées (coopérations avec l'IHU de Strasbourg, le CHU de Nancy).



D'autre part, la position géographique de la Région Grand-Est la place au cœur de l'Europe, et facilite la mise en place de partenariats stratégiques avec l'Allemagne, tels que celui signé par l'Université de Lorraine et le CISP (centre de recherche en cybersécurité), et celui signé par Inria et le DFKI (institut de recherche en intelligence artificielle). Issus d'une vision commune et de la même exigence d'impact exprimée par les partenaires, ces partenariats stratégiques permettent de sélectionner, d'animer et de faire vivre un ensemble de projets coopératifs, portés par des chercheurs Allemands et Français, apportant des expertises complémentaires (en analyse et en synthèse de textes, en productique, en vision par ordinateur ...).

La suite de cette section réalise un focus rapide sur les trois chaires IA obtenues en région Grand Est et sur quelques projets Européens. Les sujets concernent la génération de textes, l'analyse de vidéos pour la chirurgie, la sécurité des protocoles et réseaux informatiques, la reconnaissance de la parole, la robotique... et sont abordés avec des bagages théoriques très différents (approches symboliques, approches numériques, ...). Ces projets illustrent la richesse et la diversité des recherches en IA dans la région Grand-Est.

### **Focus sur la Chaire IA de Claire GARDENT (Directrice de Recherche CNRS, LORIA)**

La chaire « XLNG » portée par Claire GARDENT, directrice de recherche CNRS au LORIA (équipe SYNALP), porte sur la génération de textes multilingue et multi-source. L'objectif est de développer des modèles permettant de transformer en texte (anglais, français, russe *etc.*) des données de différents types (base de connaissances, documents, données tabulaires *etc.*). D'un point de vue théorique, la génération de textes vise à modéliser la capacité de l'humain à rédiger un texte. D'un

point de vue pratique, elle est à la base d'applications telles que la verbalisation de bases de données, le résumé automatique, la simplification et le paraphrasage de textes. L'objectif de XNLG est d'étendre les méthodes neuronales existantes, qui sont majoritairement développées pour l'anglais, à d'autres langues et à différents types d'entrées.

Cofinancée par l'ANR (400 000 €), *Facebook AI research* (200 000 €) et la Région Grand Est (120 000 €), la chaire rassemble 4 doctorants co-encadrés par trois permanents de l'équipe SYNALP du LORIA. Les premiers résultats obtenus incluent l'organisation en 2020 d'une tâche partagée internationale sur la génération de texte (en russe et en anglais) à partir de données du web sémantique — un défi qui a attiré une quinzaine de participants dont en particulier, Orange, Google, Huawei et Facebook ; l'organisation d'un workshop sur la génération de textes à partir des données du web ; la création d'un cours en ligne sur les approches neuronales pour la génération de texte et sa présentation à l'école d'hiver ALPS 2021 ; et la présentation comme keynote à la conférence internationale sur la génération de texte d'une nouvelle approche neuronale permettant de générer d'une représentation sémantique abstraite vers 21 langues de l'Union Européenne.

### **Focus sur la Chaire IA de Nicolas PADOY (Professeur Université de Strasbourg, ICUBE & IHU)**

Le projet « AI4ORSafety » vise à proposer de nouvelles méthodes d'analyse des vidéos endoscopiques pour construire un système d'IA au bloc opératoire capable de vérifier automatiquement la réalisation de certaines étapes de sécurité. Ce projet s'intéresse à une application chirurgicale à fort impact : le contrôle automatique de la "vue critique de sécurité (VCS)" lors de cholécystectomies réalisées sous lapa-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

roscopie. La VCS est une manoeuvre fortement conseillée par les sociétés internationales de chirurgie endoscopique pour réduire le taux de blessures du système biliaire lors des cholécystectomies. Ces mêmes sociétés soulignent le besoin de nouveaux outils pour faciliter la réalisation et le déploiement de la VCS, car le taux de blessures reste 2 fois supérieur à celui de la même procédure réalisée en chirurgie ouverte. Avec plus d'un million de cholécystectomies par laparoscopie par an uniquement aux Etats-Unis, la mise en œuvre correcte de la VCS correspond à un fort enjeu socio-économique. Nous pensons que l'IA a un rôle majeur à jouer dans cette situation.

La VCS est une manière de disséquer et visualiser l'anatomie pour s'assurer qu'elle a été correctement identifiée. Notre objectif est donc de s'assurer à partir de la vidéo que cette étape est correctement réalisée. Pour s'attaquer à ce problème, nous avons conçu avec nos collaborateurs cliniques un protocole d'évaluation de la VCS reposant sur plusieurs critères binaires convenant à une automatisation par l'IA. Nous générons également un jeu de données multicentrique pour mener à bien le projet et étudier la généralisation des approches proposées. Nous développons par ailleurs des méthodes pour : (1) l'apprentissage auto-supervisé à partir des vidéos endoscopiques, données où les méthodes de vision classiques ont un succès limité ; (2) la segmentation faiblement supervisée à partir de clips vidéo, l'anatomie pouvant servir non seulement à la prédiction de la VCS, mais aussi à l'explication de la prédiction ; et (3) l'attribution d'une note aux clips vidéos et l'explication de celle-ci, essentielle aux systèmes d'IA cliniques. Une contribution majeure est de développer ces méthodes semi-supervisées pour les vidéos endoscopiques, pour lesquelles les annotations sont difficiles à réaliser et peu de solutions existent. Elles ont un fort potentiel à être utilisées en routine pour

des contrôles de sécurité dans diverses procédures chirurgicales. Nous développons également un prototype de démonstration temps-réel qui sera intégré dans une tour de contrôle des blocs opératoires à l'IHU Strasbourg. Cette tour, à l'instar de l'aéronautique, sera en mesure d'exploiter les données des blocs pour contrôler automatiquement la sécurité et la progression des chirurgies.

Le projet de chaire « AI4ORSafety » reçoit un soutien de l'Université de Strasbourg, de l'IHU Strasbourg, et de la région Grand Est.

### **Focus sur la Chaire IA de Steve KREMER (Directeur de Recherche Inria, LORIA)**

Les protocoles cryptographiques sont un élément essentiel pour sécuriser les communications en ligne. En s'appuyant sur des primitives cryptographiques, telles que le chiffrement et la signatures numérique, ces protocoles garantissent des propriétés de sécurité telles que la confidentialité et l'authenticité. Ces propriétés sont les objectifs élémentaires de TLS, le protocole cryptographique le plus largement déployé, qui sous-tend toutes les connexions 'https' sur Internet. De nombreuses applications modernes peuvent également avoir besoin de garantir des propriétés liées à la vie privée des utilisateurs, p. ex. l'anonymat et la non-traçabilité des utilisateurs.

L'histoire a cependant montré que les protocoles cryptographiques sont sujets aux erreurs et des attaquants ont su exploiter de nombreuses failles de conception. La difficulté de concevoir correctement ces protocoles vient d'une asymétrie inhérente : alors que le concepteur doit penser à toutes les attaques possibles, un attaquant n'a besoin de trouver qu'une seule faiblesse. Il est difficile pour un humain d'explorer tous les cas possibles dans une preuve de sécurité : on considère un attaquant ayant le contrôle du réseau, capable d'intercepter, de



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

modifier et d'insérer des messages.

Le but du projet est la conception d'algorithmes et d'outils efficaces, fondés sur des techniques de raisonnement automatique, pour vérifier l'absence de failles dans ces protocoles cryptographiques. Le raisonnement automatique est le sous-domaine de l'IA visant la conception d'algorithmes permettant aux ordinateurs de raisonner; ces techniques soutiennent presque tous les outils modernes de vérification. Les outils d'analyse actuels ont cependant du mal à passer à l'échelle, ou nécessitent de (trop) simplifier les modèles, lorsqu'ils sont appliqués à des protocoles cryptographiques réellement déployés.

Notre objectif est de surmonter ces limitations : nous concevons de nouveaux algorithmes dédiés, intégrerons ces algorithmes dans les outils de vérification et utiliserons les outils résultants pour l'analyse de sécurité de ces protocoles. Les outils auront une efficacité accrue, une meilleure automatisation et une portée plus large.

### **Exemples de projets Européens en IA, en région Grand-Est**

**Le projet « RESIBOT » (ERC Starting Grant) Jean-Baptiste MOURET (DR Inria au LORIA).** Le projet « RESIBOT », qui a été soutenu par l'ERC (Starting Grant) entre 2015 et 2020, concerne la résilience des robots. Malgré plus de 50 ans de recherche en robotique, la plupart des robots existants sont loin d'être aussi résilients que les animaux les plus simples : ce sont des machines fragiles qui cessent facilement de fonctionner dans des conditions difficiles. L'objectif de ce projet est de changer radicalement cette situation en fournissant les bases algorithmiques pour des robots à faible coût qui peuvent récupérer de manière autonome des dommages imprévus en quelques minutes. L'approche actuelle de la tolérance aux pannes est héritée des systèmes critiques

de sécurité (par exemple, les vaisseaux spatiaux ou les centrales nucléaires). Elle est inappropriée pour les robots autonomes à faible coût car elle repose sur des procédures de diagnostic, qui nécessitent des capteurs proprioceptifs coûteux, et des plans d'urgence, qui ne peuvent pas couvrir toutes les situations possibles qu'un robot autonome peut rencontrer. Nous soutenons ici que les algorithmes d'apprentissage par essai-erreur fournissent une approche alternative qui ne nécessite pas de diagnostic, ni de plans de contingence prédéfinis. Dans ce projet, nous allons développer et étudier une nouvelle famille de tels algorithmes d'apprentissage qui permettent aux robots autonomes de découvrir rapidement des comportements compensatoires. Nous jetterons ainsi une nouvelle lumière sur l'une des questions les plus fondamentales de la robotique : comment un robot peut-il être aussi adaptatif qu'un animal ? Les techniques développées dans ce projet permettront d'augmenter substantiellement la durée de vie des robots sans augmenter leur coût et ouvriront de nouvelles voies de recherche pour les machines adaptatives.

**Le projet « COMPRISE » (H2020) - Emmanuel VINCENT (DR Inria au LORIA).** Emmanuel VINCENT travaille dans le domaine des technologies vocales. Il s'intéresse à la préservation de la vie privée, la réduction du coût de développement et l'adaptation de ces technologies à la voix de l'utilisateur et à ses besoins, afin d'en faire profiter le plus grand nombre. Il coordonne le projet H2020 « COMPRISE » (*Cost-effective, Multilingual, Privacy-driven voice-enabled Services*). Emmanuel est le responsable scientifique du partenariat entre Inria et le Centre Allemand de Recherche en IA (DFKI), qui ont signé le 22 janvier 2020 un protocole de coopération à l'occasion du premier anniversaire de la signature du Traité d'Aix-la-Chapelle. Fondé sur les valeurs com-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

munes d'Inria et du DFKI, ce partenariat permet d'établir une stratégie commune pour l'IA et de faire émerger des projets ambitieux dans les domaines de l'IA de confiance, l'IA frugale, la collaboration homme-machine et les synergies entre IA et simulation numérique. Les applications concernent les secteurs de l'industrie du futur, la santé, l'agriculture, les technologies grand public et les transports, entre autres. Le protocole d'accord relève également d'un engagement fort et commun auprès de CLAIRE (Confédération des laboratoires de recherche en intelligence artificielle en Europe) afin d'unir la recherche et l'innovation en IA en Europe autour une approche centrée sur l'humain et sur la souveraineté numérique de l'espace européen.

**Le projet « AI@Edge » (H2020) – Jérôme FRANÇOIS (CR Inria, LORIA).** Dans le cadre de l'appel à projet H2020 ICT-52, le projet « AI@EDGE » coordonné par FBK (*Fondazione Bruno Kessler*, Italie) a été sélectionné et regroupe 19 partenaires européens dont Inria. Grâce à des techniques de l'intelligence artificielle, son objectif est d'automatiser la création et le management de services réseaux pour différents cas d'utilisations : la perception collaborative dans les réseaux véhiculaires; la sé-

curité de l'Internet industriel des objets; la supervision d'infrastructures à base de drones ainsi que la distribution de contenus pour l'infodivertissement pour les passagers des avions.

Plus spécifiquement, ce projet vise à définir des méthodes permettant la ré-utilisabilité des algorithmes d'IA tout en assurant leur fiabilité et leur sécurité. En effet, le projet prévoit d'automatiser la composition et le déploiement de services d'IA à la volée fournis au sein d'une infrastructure de type 'edge' ou 'fog computing'. Dans ce cadre, les différents types de ressources réseaux ou de calculs sont mutualisées et orchestrées de façon conjointe afin de garantir un haut niveau de performance. Ainsi, l'infrastructure sera largement distribuée et décentralisée.

L'équipe RESIST d'Inria sera notamment en charge de développer un module de génération automatique de jeux de données pour évaluer la capacité des algorithmes d'IA à être applicable dans des contextes différents et plus dynamiques et ainsi mesurer leur fiabilité à plus large échelle. De plus, l'équipe s'intéressera à l'usage de l'apprentissage par renforcement pour le déploiement et la reconfiguration automatique de contre-mesures face à des attaques dans les réseaux de l'Internet industriel des objets.



## ■ Rennes - une IA souveraine au service de la vie publique

*IRISA & Inria Rennes Bretagne Atlantique  
CNRS*

*Université de Rennes 1*

*Université Bretagne Sud*

*Inria*

*Inria*

*CNRS*

**Guillaume GRAVIER**

*guig@irisa.fr*

**Élisa FROMONT**

*elisa.fromont@irisa.fr*

**Nicolas COURTY**

*nicolas.courty@irisa.fr*

**Teddy FURON**

*teddy.furon@irisa.fr*

**Christine GUILLEMOT**

*christine.guillemot@irisa.fr*

**Paolo ROBUFFO GIORDANO**

*paolo.robuffo\_giordano@irisa.fr*

### Présentation générale du site

Le site de Rennes a de longue date développé une expertise large sur tous les domaines de l'IA appliqué à l'analyse de données variées, notamment signaux et images. Les activités de recherche en IA du site s'appuient sur l'ensemble des établissements d'enseignement supérieur et de recherche et des organismes de recherche, notamment le CNRS et Inria. Les recherches en IA s'articulent autour des laboratoires en mathématiques, informatique, traitement du signal et de l'image du pôle Mathématique-Numérique de l'Université de Rennes 1, fédérant les établissements au sein des UMR, et du centre Inria Rennes-Bretagne Atlantique, associés à des laboratoires clés dans le domaine des sciences humaines et sociales comme le droit, la psychologie comportementale ou encore les sciences de l'éducation. Le laboratoire d'excellence Comin-Labs permet de renforcer les synergies entre unités de recherche et champs disciplinaires, notamment au travers de ces axes « Données, IA et robotique », « IA pour l'éducation » et « TIC pour la médecine de précision ». Enfin,

l'IRT b<>com participe à cette dynamique, notamment au travers de sa plateforme boostAI pour faciliter la pénétration des technologies de l'IA dans les entreprises, épaulé par le pôle de compétitivité « Images & Réseaux » à l'interface entre recherche et innovation.

Sur le plan académique, on recense sur le bassin rennais environ 250 chercheuses et chercheurs ayant une activité de recherche en lien avec l'IA, couvrant l'ensemble des thèmes du domaine et de nombreuses applications. Cela recouvre notamment les fondements mathématiques de l'apprentissage automatique, la modélisation des données et le raisonnement logique, jusqu'à l'intégration de l'IA pour la robotique, la perception et la vision, le traitement du langage naturel, la science des données, les IHM et environnements immersifs, les systèmes distribués et l'architecture (accélération matérielle). La diversité des aspects de l'IA couverts par la recherche à Rennes, avec une compétence forte sur les données, les signaux et les images, et l'ancrage historique sur une palette de domaines d'application où l'analyse des données et des contenus joue un rôle prépondérant





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

— e.g., santé, environnement, divertissement  
— donnent sa coloration aux spécificités du site.

Le projet porté par Rennes vise à développer, expérimenter et promouvoir une technologie d'IA souveraine au service de la vie publique, avec des applications dans des secteurs critiques. Dans ce contexte, le site de Rennes développe une recherche fondamentale sur le coeur méthodologique de l'IA et sur son intégration au service de quatre grandes thématiques phares :

- *Défense et la sécurité, avec un accent sur l'apprentissage automatique et la fouille de données pour la cybersécurité* : détection des cyberattaques ; protection des systèmes fondés sur l'IA contre les attaques ; détection des signaux faibles dans les données de renseignement ; lutte contre l'influence numérique ; etc.
- *Santé, avec un accent sur les données de santé, notamment images, et l'analyse prédictive* : prédiction à partir des données de l'assurance maladie et de la sécurité sociale ; diagnostic à l'aide de l'imagerie médicale et de l'analyse des données ; coordination et sécurisation des parcours des patients ; interprétation des signaux pour la rééducation ; etc.
- *Aménagement du territoire et des villes, avec un accent sur les environnements intelligents pilotés par les données* : organiser la mobilité à partir de données urbaines hétérogènes ; optimiser l'accès à l'énergie, à l'eau ou aux réseaux ; surveiller l'environnement et s'adapter au changement climatique ; etc.
- *Éducation, culture et divertissement, avec un accent sur l'interprétation du signal, de l'image et du langage* : démocratiser l'accès à des biens culturels riches ; numériser l'éducation à l'écriture et aux compétences linguistiques ; garantir la fiabilité des infor-

mations ; etc.

Les chaires de recherche financées dans le cadre du plan national IA, dont les objectifs sont succinctement décrits ci-dessous, s'inscrivent pleinement dans ces thématiques : la chaire de Teddy FURON contribue à la thématique défense et sécurité ; celle de Christine GUILLEMOT émerge à la thématique éducation, culture et divertissement ; celle de Nicolas COURTY est centrée sur la thématique d'aménagement du territoire, avec des applications directes dans le domaine de la défense ; enfin, la chaire de Paolo ROBUFFO GIORDANO trouve facilement des applications dans les domaines de la défense et de la santé. De manière similaire, les projets financés dans le cadre du LABEX CominLabs s'inscrivent pour la plupart sur ces thématiques. On citera par exemple des projets fondamentaux sur l'apprentissage dynamique (DynaLearn), des projets sur IA et santé, e.g., l'analyse de données cliniques (BigClin) ou encore la gestion personnalisée des traitements (Predictive), des projets en e-éducation impliquant la reconnaissance des formes pour l'apprentissage sur tablette interactive (eFIL) ou dans le domaine du patrimoine et de la culture sur l'exploration d'archives de presse (LIMAH).

Ces deux derniers projets, eFIL et LIMAH, illustrent aussi l'approche pluridisciplinaire que nous nous efforçons de développer, alliant au sein de projets des contributions en IA et en science humaines et sociales. Le premier allie chercheurs en analyse de documents et en psychologie comportementale, le second combinant traitement automatique des langues, droit, psychologie et sociologie.

Les travaux académiques en IA s'appuient sur des partenariats solides, notamment avec les pouvoirs publics et collectivités, pour développer un terrain d'expérimentation à grande échelle des technologies de l'IA. Le CHU de Rennes est bien sûr fortement impliqué dans cette dynamique, contribuant directement aux



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

recherches et expérimentations sur la thématique santé. La proximité du centre de la DGA « Maîtrise de l'Information », concentrant une grande partie des activités en cybersécurité et en IA de la DGA et en lien direct avec les entreprises de la défense, et les liens partenariaux entre les acteurs académiques et DGA MI ouvrent des perspectives directes d'application dans ce domaine. Rennes Métropole est par ailleurs particulièrement en pointe dans la ville intelligente, avec des expériences de citoyenneté participative, un projet européen d'envergure sur l'ouverture des données publiques (*Rennes Urban Data Interface*). Ce dernier partenariat se traduit notamment par la chaire de la fondation Rennes 1 « Mobilité dans une ville durable » sur la collecte, la diffusion et l'exploitation de données ouvertes qui allie acteurs académiques, entreprises (Enedis, Keolis) et la métropole.

Au-delà des acteurs publics, de nombreuses entreprises participent à la recherche et l'innovation en IA, avec une implantation historique d'acteurs majeurs dans le domaine des télécommunications comme Orange, InterDigital, TDF ou Thales, mais aussi de nombreuses PME dans le domaine de l'IA, de la donnée et de l'aide à la décision. Le pôle de compétitivité « Images & Réseaux » joue un rôle majeur dans la fertilisation croisée entre la recherche fondamentale et appliquée et l'innovation avec l'accompagnement de projets d'innovation.

La projet de site revendique pleinement son positionnement sur le développement de l'IA au service de la vie publique, s'appuyant sur une recherche académique fondamentale et appliquée en IA pour venir nourrir des projets d'expérimentation à grande échelle en lien avec les collectivités et les acteurs privés. Au-delà des enjeux académiques en IA, l'approche fondée sur la mise en pratique et l'expérimentation réelle au service des transitions de la société soulève des problématiques spécifiques

qui viennent nourrir la recherche, souvent à la frontière entre disciplines. C'est aussi cet enjeu d'articulation entre les disciplines, de mise en synergie des savoirs et des pratiques, qui gouverne la recherche en IA sur le site de Rennes.

### **Chaire de hristine GUILLEMOT : « méthodes d'apprentissage pour l'imagerie computationnelle »**

L'imagerie numérique et computationnelle est au cœur d'un très grand nombre d'applications. Les nouvelles modalités d'imagerie, comme les champs de lumière ou l'imagerie omni-directionnelle, ouvrent de nouvelles perspectives en photographie computationnelle, en réalité augmentée, mais aussi pour la vidéosurveillance, en raison de leur potentiel pour la compréhension de scènes, la reconnaissance de visages, ou l'analyse de gestes. Ces modalités d'imagerie trouvent également des applications dans les sciences de la vie, par exemple en microscopie par champ lumineux, ou en imagerie médicale. L'acquisition et l'utilisation de telles modalités d'images posent toutefois de nouveaux défis liés aux limitations technologiques des capteurs, ou des dispositifs optiques. Ces limitations se traduisent par la présence de bruit, de défauts de flous dus à la résolution limitée des capteurs, ou encore aux aberrations géométriques ou optiques du système d'acquisition. Un autre défi pour leur utilisation dans des applications réelles concerne la très grande dimension de ces données.

Les méthodes de représentations parcimonieuses et de faible rang ont été, pendant des décennies, au cœur de la réduction de dimensionnalité des données, et de la résolution des problèmes inverses en imagerie 2D, comme le dé-bruitage, le dé-floutage, la super-résolution, ou encore l'acquisition compressée. Pour résoudre ces problèmes inverses mal posés, on fait appel à des méthodes d'optimisation contraignant la solution à vérifier certaines



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

propriétés *a priori*. Ces méthodes d'optimisation présentent l'intérêt d'être faciles d'utilisation, génériques car elles peuvent s'appliquer à une large gamme de problèmes inverses. Mais ces méthodes sont aujourd'hui moins efficaces que les solutions basées sur des réseaux de neurones appris à partir de très grandes bases de données.

A l'inverse, les méthodes d'apprentissage profond permettent de résoudre efficacement ces problèmes inverses en imagerie 2D. Néanmoins, les solutions existantes impliquent des réseaux spécifiques à chaque problème, et l'existence de très grandes bases d'images d'entraînement. Les réseaux sont en outre de très grande taille avec un nombre très élevé de paramètres. Le nombre de paramètres est d'autant plus grand que la dimensionnalité des données est grande, comme c'est le cas des champs de lumières ou des images omni-directionnelles. L'utilisation de ces réseaux spécifiques à un problème pose des problèmes pratiques sur les équipements à ressources limitées tels que les caméras mobiles.

L'objectif du projet est d'explorer de nouvelles méthodes couplant avantages de l'apprentissage profond et des méthodes d'optimisation afin de fournir des solutions efficaces, génériques, avec des modèles de dimension réduite. Les modèles profonds, appris à partir de données d'entraînement, pourront modéliser des propriétés plus complexes que les *a priori* classiques des signaux à estimer, et ainsi définir des contraintes de régularisation ou des opérateurs proximaux efficaces pour les algorithmes d'optimisation, et utilisables pour une large gamme de problèmes inverses.

### **Chaire de Nicolas COURTY (Université Bretagne Sud) : « observation de la terre par transport optimal et IA »**

L'observation de la Terre est l'une des questions clés pour la compréhension des systèmes

environnementaux et humains. Parmi elles, les capteurs d'imagerie aérienne ou satellitaire permettent une observation à très grande échelle des ressources terrestres. Ses impacts sont nombreux et liés à un large éventail de domaines d'application, souvent liés à des problématiques environnementales ou aussi à des défis sociétaux. Au-delà du volume exceptionnel de données à traiter en télédétection, la complexité intrinsèque des données considérées pose également des défis scientifiques et technologiques importants. Du fait de l'amélioration continue des capteurs des satellites d'observation de la terre, les données géospatiales sont maintenant des données riches, mêlant une information de nature hétérogène (de la donnée électromagnétique du spectre visible ou invisible, allant à l'information géométrique issue de données laser), sur des zones d'observation d'une même partie de la Terre qui peut être revisitée à haute fréquence temporelle. Enfin, la complexité provient également de l'importance du bruit, de l'imprécision et de l'incomplétude qui caractérisent les observations fournies par les satellites. L'IA et les domaines connexes (apprentissage automatique ou la vision par ordinateur) ont le pouvoir de transformer cette masse de données en une puissante source de connaissances destinées aux scientifiques, aux décideurs ou même au grand public. Grâce à sa capacité à résoudre des problèmes complexes et à automatiser le travail des opérateurs humains, l'IA peut être appliquée avec succès aux défis environnementaux et sociétaux, et présente un fort potentiel pour apporter un énorme bienfait social à l'avenir.

Le projet « OTTOPIA » propose d'aborder certaines des questions soulevées ci-dessus du point de vue méthodologique en apprentissage automatique. En effet, notre objectif principal est de fournir de nouveaux modèles et architectures qui peuvent s'adapter au volume important des données issues de l'ob-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

servation de la terre et à leur complexité inhérente, afin d'offrir de nouvelles méthodologies opérationnelles dans le contexte de la télédétection et de l'observation de la terre. Plus précisément, nous proposons d'examiner certains de ces problèmes à la lumière de la théorie du transport optimal (TO). Cette riche théorie mathématique a gagné ces dernières années une forte popularité dans communauté de l'apprentissage automatique, en raison du développement récent de procédures d'optimisation novatrices [3]. Fondamentalement, le TO fournit des moyens de définir des distances entre des mesures de probabilité. Ces distances, qui ont reçu plusieurs noms dans la littérature (distances de Wasserstein, Gromov-Wasserstein, Monge-Kantorovich ou Earth Mover), ont des propriétés fortes et importantes : i) elles peuvent être évaluées lorsque seules des mesures empiriques des distributions sont observées ; ii) elles peuvent exploiter la géométrie de l'espace métrique sous-jacent, et fournir des distances significatives même lorsque les supports des distributions ne se recouvrent pas. Cela a notamment conduit à des percées majeures dans d'importants problèmes d'apprentissage automatique tels que l'adaptation au domaine [2] ou les réseaux adversariaux génératifs [1].

Dans le cadre de cette chaire démarrée fin 2020, nous proposons de travailler à la fois sur les aspects fondamentaux des interactions entre le TO et l'apprentissage automatique, et sur leurs applications à des problèmes fréquemment rencontrés en télédétection/observation de la terre.

**Chaire de Paolo ROBUFFO GIOR-DANO (CNRS) : « algorithmes de contrôle partagé pour la coopération humain / multi-robots »**

Les robots effectuent des actions dans le monde réel en fonction de leur perception

et de leur compréhension de l'environnement, alors qu'ils interagissent physiquement avec lui. L'ensemble de ces capacités de détection, d'interprétation, de modélisation, de prédiction et d'interaction avec le monde physique sont des applications concrètes des outils et des méthodologies de l'intelligence artificielle (IA). Dans ce contexte, les systèmes multi-robots représentent un défi intéressant et innovant pour les domaines de la robotique et de l'intelligence artificielle, car toutes les capacités susmentionnées doivent être réparties sur des entités physiques multiples et différentes qui doivent communiquer et partager leur représentation du monde pour atteindre des objectifs de haut niveau. En même temps, un autre domaine important de la robotique et de l'intelligence artificielle est celui de l'interface homme-robot, c'est-à-dire la manière d'interfacer un opérateur humain avec un ou plusieurs robots pour partager la charge de la prise de décision autonome et du contrôle de la mission. Dans le cas de l'interaction homme/multi-robots, il est néanmoins très difficile de concevoir des systèmes d'interfaçage efficaces. Premièrement, l'opérateur humain doit être capable de contrôler seul l'action d'une équipe robotique de manière naturelle et intuitive. Deuxièmement, l'équipe robotique doit être capable de fournir à l'homme, de manière efficace et exhaustive, une grande quantité d'informations en retour provenant de l'environnement distant. Dans ce contexte, l'objectif de la chaire IA « MULTI-SHARED » est de faire progresser de manière significative l'état de l'art en matière d'autonomie multi-robot et d'interaction homme-multi-robot pour permettre à un opérateur humain de contrôler intuitivement le mouvement coordonné d'un groupe de multi-drones naviguant dans des environnements distants, en mettant l'accent sur la répartition des rôles entre l'autonomie multi-robot (dans le contrôle de son mouvement/configuration et la prise de déci-



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

sion en ligne) et l'intervention/le guidage humain pour fournir des commandes de haut niveau au groupe tout en étant le plus conscient de l'état du groupe via la RV et la technologie haptique. Sur la base de notre expérience antérieure en matière d'interaction homme/multi-robots, nous prévoyons de travailler sur de nouveaux algorithmes impliquant la planification, le contrôle et l'apprentissage automatique pour un groupe multi-drones afin d'augmenter l'autonomie du groupe et de fournir une interface "utilisable" à l'opérateur humain, pouvant s'adapter en ligne à la tâche/situation en cours. Nous prévoyons également de mener des études approfondies sur des sujets humains, suivies d'une analyse statistique fondée sur des principes, afin de valider de manière approfondie les avantages et les inconvénients des approches proposées.

### **Chaire de Teddy FURON (Inria) : « sécurité de l'IA pour les applications à la défense »**

Comme bien d'autres domaines applicatifs, la défense et de sécurité font face à un déluge de données à la fois en termes de quantité, de résolution et d'hétérogénéité. L'IA est seule capable d'exploiter ces données pour aider l'opérateur à les analyser, à découvrir des événements suspects et à lancer des alertes. L'IA devient un outil clé dans la prise de décision en temps réel sur le théâtre des opérations comme sur le temps long de la surveillance, de la logistique ou de la maintenance. Les spécificités dans le domaine de la défense sont que les données sont souvent sensibles et confidentielles, ou au contraire de confiance limitée. D'autre part, la fiabilité des outils d'aide à la décision est poussée à un niveau extrême : rater une alerte peut mettre en danger de la vie de civils et de soldats. Enfin, l'existence d'entités malveillantes est l'hypothèse de travail par défaut en sécurité et défense : l'ennemi leurre des sys-

tèmes déployés ou manipule les données pour biaiser leur apprentissage. La chaire SAIDA « *Security of Artificial Intelligence in Defense Applications* » est financée par l'ANR et l'AID (Agence de l'Innovation de Défense) dont une des missions est de garder un avantage stratégique et une indépendance technologique dans l'IA pour la défense. Le but de la chaire est d'établir les principes d'une IA fiable et sûre. Fiable pour maintenir un niveau de performance même quand des incertitudes polluent la chaîne d'acquisition des données. Sûre pour résister à des attaques dans des environnements hostiles. Fiabilité et sécurité sont malmenées à la fois dans les phases d'apprentissage et de déploiement sur le terrain. De nombreux travaux montrent qu'il est facile de biaiser l'apprentissage d'un réseau de neurones pour y cacher une fonctionnalité inconnue de l'utilisateur légitime en corrompant une fraction des données d'apprentissage, ou de leurrer un réseau pourtant appris sur des données saines en perturbant de manière imperceptible les observations. En résumé, l'apprentissage est l'art de déduire un 'modèle' à partir de 'données' pour l'appliquer sur des 'observations' et en extraire des 'inférences'. Alors 'données', 'modèle', 'observation' et 'inférence' sont quatre objets dont SAIDA doit protéger la confidentialité, l'intégrité, la propriété et la confiance. La collaboration avec des grands groupes industriels acteurs clés de la défense (Thales, Airbus, Naval Group) et des PME (ZAMA.ia) est une volonté forte de SAIDA.

### **Références**

- [1] M. Arjovsky, S. Chintala, and L. Bottou. Wasserstein generative adversarial networks. In *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning*, volume 70, pages 214–223, Sydney, Australia, 06–11 Aug 2017.
- [2] Nicolas Courty, Rémi Flamary, Devis Tuia,



- and Alain Rakotomamonjy. Optimal transport for domain adaptation. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, 39(9) :1853–1865, 2017.
- [3] Gabriel Peyré and Marco Cuturi. Computational optimal transport. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 11(5-6) :355–607, 2019.



## ■ Sorbonne Center for Artificial Intelligence (SCAI)

SCAI

[scai.sorbonne-universite.fr](http://scai.sorbonne-universite.fr)

**Gérard BIAU**

[gerard.biau@sorbonne-universite.fr](mailto:gerard.biau@sorbonne-universite.fr)

**Xavier FRESQUET**

[xavier.fresquet@sorbonne-universite.fr](mailto:xavier.fresquet@sorbonne-universite.fr)

### SCAI

Inauguré en 2019, le 'Sorbonne Center for Artificial Intelligence' (SCAI) est un institut de Sorbonne Université qui fédère les communautés scientifiques des trois Facultés de cet établissement (Sciences et Ingénierie, Lettres, Médecine) pour développer des projets de recherche et de formation interdisciplinaires en Intelligence Artificielle (IA). Point d'entrée pour les partenaires académiques et industriels, SCAI incarne le savoir-faire et l'expertise de Sorbonne Université dans le domaine de l'IA. Il bénéficie du soutien de l'Alliance Sorbonne Université (regroupant 10 établissements et organismes de recherche) et s'appuie sur les partenaires internationaux stratégiques de l'établissement (Université européenne 4EU+, Université de Laval, Trinity College Dublin, Université de Sydney...).

Localisé sur le campus Pierre et Marie Curie (Jussieu) de Sorbonne Université, dans des locaux partagés avec l'Institut des Sciences du Calcul et des Données, SCAI se veut un lieu de rencontres et d'échanges autour de l'IA. Le centre possède également une antenne aux Emirats Arabes Unis, sur le campus de Sorbonne Université à Abou Dhabi, ce qui lui confère une implantation stratégique dans un environnement international très compétitif. SCAI est animé par une équipe polyvalente. Dirigé par Gérard BIAU (professeur au Laboratoire de Probabilités, Statistique et Modélisation de Sorbonne Université), l'antenne de Paris comprend également un directeur adjoint (Xavier FRESQUET) et une gestion-

naire administrative et financière (Nora SAIDI-ROGER). Le bureau de SCAI à Abou Dhabi est quant à lui animé par une directrice exécutive (Valérie HAWLEY) et un coordinateur académique (Omar EL DAKKAK). Le centre est placé sous la supervision d'un Conseil Scientifique, présidé par Raja CHATILA (professeur émérite à Sorbonne Université, ancien directeur de l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique) et composé de plusieurs experts internationaux. Ce conseil supervise l'activité du centre tout en orientant sa politique scientifique et ses activités.

En matière de formation, SCAI anime un programme doctoral d'une trentaine d'étudiants et étudiantes répartis dans une vingtaine de laboratoires, sur des sujets abordant l'IA dans toute sa diversité et sa complexité. Le centre propose également plusieurs programmes de formation continue pour les professionnels, sur des thèmes variés comme par exemple l'apprentissage par renforcement, l'apprentissage profond et bientôt la médecine prédictive.

En matière de recherche, les projets du centre, résolument interdisciplinaires, s'organisent autour de quatre axes forts :

- « Mathématiques, informatique et robotique ». Exemple : une chaire de recherche a été inaugurée en novembre 2020 autour d'Isabelle BLOCH (professeure en interprétation d'images et intelligence artificielle) entre le LIP6 (Laboratoire d'Informatique) et l'ISIR (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique) de Sorbonne Université.



- « Santé, biologie et médecine ». Exemple : SCAI a signé en 2019 un accord de coopération avec l'AP-HP pour permettre l'échange d'expertise et de savoir-faire, grâce à un accès rapide à l'«Entrepôt des Données de Santé».
- « Climat, environnement et univers ». Exemple : un groupe de recherche pluridisciplinaire, AI4Climate, composé de chercheurs en sciences environnementales et en science des données, s'est constitué pour développer des modèles d'IA visant à mieux appréhender les défis climatiques et environnementaux.
- « Humanités numériques ». Exemple : un programme de séminaires sur le '*Geospatial Intelligence*' a été organisé de septembre à décembre 2020 par Philippe BOULANGER, professeur de Géographie à Sorbonne Université, avec des intervenants du "Ministère des Armées et du secteur privé", dans le cadre du nouveau master 2 « Géopolitique-Information géographique numérique ».

## La recherche en humanités numériques à SCAI

Les humanités numériques forment un domaine à l'intersection des technologies numériques et des humanités. Elles apportent des outils et des méthodes numériques à l'étude des sciences humaines en reconnaissant notamment que l'imprimé n'est plus le principal moyen de production et de diffusion des connaissances. Les humanités numériques bénéficient d'une position privilégiée dans leur relation avec l'IA. D'une part, leur caractère fondamentalement transdisciplinaire, au carrefour de l'informatique, du traitement du signal, des mathématiques, des arts et des sciences sociales, en fait un choix de premier ordre pour des recherches combinant des compétences d'horizons différents. D'autre part, leur objet d'étude associe aussi, par sa nature artistique,

l'intelligence formelle, l'intuition, la sensibilité, les émotions, tout en constituant un champ d'analyse et d'interprétation dont les pratiques et les méthodes sont profondément bouleversées par la science des données.

Héritière du Collège fondé en 1257 par Robert DE SORBON, la Faculté des Lettres de Sorbonne Université est aujourd'hui l'une des facultés les plus complètes et les plus importantes dans le monde. Ses domaines de spécialité sont multiples : les lettres classiques et modernes, les langues, lettres et civilisations étrangères, la linguistique, la philosophie, la sociologie, l'histoire, la géographie, l'histoire de l'art et l'archéologie, la musicologie, les sciences de l'information et de la communication, les sciences de l'éducation. Avec plus de 1200 enseignants-chercheurs, enseignantes-chercheuses, chercheurs et chercheuses permanents répartis dans 38 laboratoires, la Faculté des Lettres s'intéresse naturellement à l'ensemble des champs liés aux humanités numériques et forme un terreau particulièrement fertile pour développer ce domaine transversal.

En effet, dans le champ des sciences humaines et sociales, la taille des corpus artistiques est généralement limitée en comparaison d'ensembles de données issues d'autres disciplines (médecine, astrophysique, etc.). Il est donc nécessaire de privilégier une approche et des modèles élégants, parfois simples, pour permettre de généraliser à partir de quelques exemples, de bases faiblement annotées, ou de données non structurées. Cependant, des méthodes d'analyse et de fouille de textes, au croisement du traitement automatique de la langue et du '*machine learning*', peuvent aussi être appliquées sur de grandes bases de données textuelles.

Un projet en cours : Imad BEKKOUCH (Institut de recherche en Musicologie) réalise actuellement une thèse sous la supervision de Frédéric BILLIET et Victoria EYHARABIDE,





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

qui vise à développer des techniques permettant à la fois de détecter des éléments textuels liés à l'interprétation musicales (mots, phrases, etc.) dans des textes datant de la période entre le 5<sup>e</sup> et le 15<sup>e</sup> siècle, et d'identifier les éléments relatifs à la performance (musiciens, instruments, signes du son) dans les images anciennes en utilisant des méthodes de vision par ordinateur et de plongements sémantiques.

Par ailleurs, les humanités numériques suscitent des questionnements importants sur les mécanismes qui sous-tendent les processus créatifs, l'appréciation esthétique, l'éthique et le droit d'auteur. D'un point de vue épistémologique, ces questions, qui n'ont pas d'équivalent dans d'autres domaines, peuvent être considérées comme une source de nouvelles idées pour l'IA elle-même.

Un projet en cours : SCAI organise cette année avec le Collegium Musicae (institut de Sorbonne Université qui rassemble musiciens, musiciennes, chercheurs, chercheuses, enseignants-chercheurs et enseignantes-chercheuses autour de la création, la recherche, la conservation et la pratique musicale) deux séminaires dédiés à l'improvisation musicale artificielle, afin de faire dialoguer les deux communautés sur le sujet de la prise en compte des corps dans le processus d'improvisation en IA.

L'IA au service des humanités et des sciences sociales touche également des domaines d'importance pour la sécurité et le renseignement. S'associant à la géographie, l'IA pour le Geolnt utilise des données géolocalisées et multisources. Ce secteur est actuellement l'un des plus stratégiques dans le domaine de la recherche et du développement pour ses applications civiles et militaires. Cette capacité renouvelée qu'offrent les méthodes d'IA en matière de reconnaissance des signaux faibles, de détection des mouvements sur les images satellites et les caméras de surveillance, les réseaux sociaux, etc. produit des changements structu-

rels profonds permettant une analyse géopolitique prédictive tout en re-définissant certaines normes dans les systèmes technologiques et les processus de validation. En recherche, l'IA amène à repenser la géographie en profondeur.

Enfin, l'IA soulève aussi de nouvelles questions juridiques. Des difficultés émergent dès la fabrication des systèmes faisant appel à l'IA (comment assurer l'intégrité des données d'apprentissage ?) et lors des activités de production (qui est responsable ? à qui appartiennent les créations réalisées par l'IA ?). Entre éthique et réglementation juridique contraignante, les réponses à ces questions nécessitent de combiner les compétences des chercheurs dans le domaine de la science des données avec celles des juristes spécialisés dans le droit numérique.

Un projet en cours : Thibault GRISON (Groupe de recherches interdisciplinaires sur les processus d'information et de communication) réalise actuellement sa thèse, sous la supervision de Virginie JULLIARD, professeure au CELSA/Sorbonne Université, afin d'étudier le rôle joué par l'IA dans la modération des publications qui prennent place dans les réseaux sociaux numériques (RSN). Il vise la compréhension de la contribution des RSN au débat public, des promesses qu'ils incarnent en termes d'inclusion et de '*publicisation*' de revendications nouvelles, autant que des menaces qu'ils font peser en termes de brutalisation des échanges ou d'invisibilisation des textes et des images par lesquels une communauté se structure en ligne. Bien que les RSN soient investis comme des lieux de construction de soi et de structuration de communautés par des personnes "minorisées" en vertu de leur origine sociale ou ethnique ou de leur "orientation sexuelle", que leurs règles d'utilisation soient protectrices et que les discours des entreprises qui les détiennent soient égalitaristes, ils sont impliqués dans de nombreux cas de "discrimination algorithmique".



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

## **Portrait : Glenn ROE, professeur de littérature française et humanités numériques**

Glenn ROE est professeur à la Faculté des Lettres de Sorbonne Université depuis 2018. Il enseigne les humanités numériques à l'UFR de Littérature française et comparée et est rattaché au Centre d'étude de la langue et des littératures françaises. Après un passage par Oxford, Glenn Roe a enseigné à l'Université Nationale Australienne. Il a travaillé huit ans comme chef de projet senior pour le projet ARTFL (*American and French Research on the Treasury of the French Language*) de l'Université de Chicago, l'un des centres de recherche et de développement nord-américains les plus anciens et les plus connus pour l'analyse de textes assistée par ordinateur. Depuis 2010, il est rédacteur en chef adjoint de l'édition numérique de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, un projet phare en humanités numériques développé en collaboration avec ARTFL et le CNRS en France. Ses recherches actuelles se situent principalement à l'intersection des nouvelles approches informatiques et des questions de recherche littéraire et historique traditionnelles. Puisant dans divers domaines tels que l'histoire intellectuelle, l'histoire des idées, la théorie littéraire, l'histoire du livre et les humanités numériques, il s'intéresse notamment à l'idée d'"intertextualité" dans la mesure où elle se rapporte à diverses pratiques éditoriales, autoritaires et critiques sur le long terme. En particulier, il envisage de réaliser une étude sur l'évolution du concept de "paternité" dans la France des Lumières, et sa relation souvent controversée avec "l'autorité" — qu'il s'agisse de l'Etat, de l'Eglise, des Anciens, des Modernes — au cours du long 18<sup>e</sup> siècle. En exploitant le contenu de diverses collections numériques à grande échelle — y compris des bases de données littéraires et historiques, des collections de correspondance et une multitude

d'ouvrages de référence — son objectif est de retracer l'échange et la diffusion d'idées et de textes à travers la "République des lettres", un réseau interculturel du 18<sup>e</sup> siècle qui vise à faire avancer le récit des Lumières.

## **Portrait : Marine BUFFARD, docteurante au CELSA (Ecole des Hautes Etudes en Sciences de l'Information et de la Communication)**

Marine BUFFARD réalise actuellement un doctorat sur le thème "Instagram au prisme de l'intelligence artificielle", sous la supervision de Caroline MARTI. Lauréate du programme doctoral SCAI 2019, elle est rattachée au laboratoire de recherche du CELSA, le GRIPIIC (Groupe de Recherches Interdisciplinaires sur les Processus d'Information et de Communication) et à l'école doctorale Concepts et Langages. Après un master en marketing digital et un master en communication, Marine BUFFARD a travaillé comme '*brand strategist*' pour plusieurs marques dans les industries de la mode, du luxe et de l'innovation. Son projet actuel vise la compréhension critique des dispositifs numériques "sociaux", en particulier via Instagram, plateforme considérable par le volume d'utilisateurs qu'elle mobilise et les pratiques sociales qu'elle transforme. Instagram est en effet le terrain principal pour appréhender l'intelligence artificielle avec un angle problématique interrogeant la textualisation calculée des pratiques sociales par le dispositif numérique. Dans quelle mesure le dispositif numérique, tel qu'il est conçu pour Instagram pour accueillir du texte et de l'image, participe-t-il à une textualisation calculée des pratiques sociales? Il s'agit de souligner l'ambivalence d'un fonctionnement algorithmique qui repose à la fois sur une logique de compilation et de collecte des données. C'est le fondement du processus de textualisation, de mise en forme du texte qui conditionne la structure des énoncés,



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

qui donne un cadre aux possibilités d'expression linguistiques et iconiques. La textualisation est à la fois une mise en signes et la réalisation d'un système signifiant. Dans ce cadre, à la fois contraint et ouvert, les pratiques sociales sont vécues en parallèle de l'usage d'Instagram, voire sont vécues pour être relatées

sur Instagram, et font l'objet de représentations des usagers. Du point de vue des concepteurs, cette textualisation est l'émanation de la volonté éditoriale, l'indice de l'activité des usagers d'Instagram, la condition de la création d'une valeur médiatique, aussi bien symbolique qu'économique.



## ■ Liste des chaires en Intelligence Artificielle

### Institut 3IA ANITI

La liste des chaires et de leurs projets est disponible ici : <https://aniti.univ-toulouse.fr/chaieres/>

#### Programme Intégratif « IA Acceptable »

Leïla AMGOUD (CNRS, IRIT) - *Empowering Data-driven AI by Argumentation and Persuasion.*  
Jean-François BONNEFON (CNRS, TSE-M) - *Moral AI.*  
Céline CASTETS-RENARD (UT1C, Université d'Ottawa, CA) - *Law, Accountability and Social Trust in AI.*  
Nicolas DOBIGEON (INP Toulouse, IRIT) - *Fusion-based inference from heterogeneous data.*  
Fabrice GAMBOA (UT3, IMT) - *AI for physical models with geometric tools.*  
César A.HIDALGO (MIT, USA) - *Developing AI to Improve Global Governance.*  
Jean-Michel LOUBÈS (UT3, IMT) - *Fair & Robust Machine Learning.*  
Bruno JULLIEN (CNRS, TSE-R) - *The effects of AI on competition in the marketplace.*

#### Programme Intégratif « IA Certifiable »

Jérôme BOLTE (UT1C, TSE-R) - *Large Scale Optimization for AI.*  
Daniel DELAHAYE (ENAC) - *AI for air traffic management and large scale urban mobility.*  
Serge GRATTON (INP Toulouse, IRIT) - *Data Assimilation and Machine Learning.*  
Jean-Bernard LASSERRE (CNRS, LAAS) - *Polynomial Optimization.*  
Jean-Michel LOUBÈS (UT3, IMT) - *Fair & Robust Machine Learning.*  
Joao MARQUÈS SILVA (Université de Lisbonne, PT) - *Deep learner explanation & verification.*  
Claire PAGETTI (ONERA) - *New certification approaches of critical AI based systems.*  
Jérôme RENAULT (UT1C, TSE-R) - *Game Theory and Artificial Intelligence.*  
Marc TEBOULLE (Tel Aviv University, Israel) - *Pushing the frontier of nonconvex optimization to more general settings and understanding why it works.*

#### Programme Intégratif « IA Collaborative »

Rachid ALAMI (CNRS, LAAS) - *Cognitive and interactive robotics.*  
Frédéric DEHAIS (ISAE-SUPAERO) - *Neuroadaptive technology.*  
Hélène FARGIER (CNRS, IRIT) - *Knowledge compilation techniques for reducing complexity of algorithms for solving problems with uncertainty and preferences.*  
Nicolas MANSARD (CNRS, LAAS) - *Motion Generation for Complex Robots .*  
Rufin VAN RULLEN (CNRS, CerCo) - *Deep Learning with semantic, cognitive and biological constraints.*  
Thomas SCHIEX (INRAE, MIAT) - *Design using intuition and logic.*  
Thomas SERRE (Brown University, USA) - *Artificial Vision.*  
Louise TRAVÉ-MASSUYES (CNRS, LAAS) - *Synergistic transformations in model based and*



*data based diagnosis.*

## **Institut 3IA Côte d'Azur**

### **Axe « Éléments fondamentaux de l'IA »**

Un descriptif des chaires de cet axe est disponible ici : <https://3ia.univ-cotedazur.eu/research/core-elements-of-ai>

Jean-Daniel BOISSONNAT (Inria) - *Topological data analysis.*

Charles BOUYEYRON (Université Côte d'Azur) - *Generative models for unsupervised and deep learning with complex data.*

François DELARUE (Université Côte d'Azur) - *Mean field multi-agent systems in AI.*

Maurizio FILIPPONE (Eurecom) - *Probabilistic machine learning.*

Rémi FLAMARY (Université Côte d'Azur) - *Optimal transport for machine learning.*

Fabien GANDON (Inria) - *Combining artificial and augmented intelligence techniques on and through the Web.*

Marco LORENZI (Inria) - *Interpretability and security of statistical learning in healthcare.*

Xavier PENNEC (Inria) - *Geometric statistics and geometric subspace learning.*

Jean-Charles RÉGIN (Université Côte d'Azur) - *Decision intelligence.*

Carlos SIMPSON (CNRS) - *AI and mathematics.*

Andrea G.B. TETTAMANZI (Université Côte d'Azur) - *Towards an evolutionary epistemology of ontology learning.*

Serena VILLATA (CNRS) - *Artificial argumentation for humans.*

### **Axe « IA pour la médecine numérique »**

Un descriptif des chaires de cet axe est disponible ici : <https://3ia.univ-cotedazur.eu/research/ai-for-integrative-computational-medicine>

Nicholas AYACHE (Inria) - *AI for e-patients and e-medicine.*

François BREMOND (Inria) - *Video analytics for human behavior understanding.*

Hervé DELINGETTE (Inria) - *Joint biological and imaging biomarkers in oncology.*

Rachid DERICHE (Inria) - *Computational brain connectomics.*

Olivier HUMBERT (Université Côte d'Azur) - *Comprehensive omics profiling for precision medicine in oncology.*

Jean-Pierre MERLET (Inria) - *Non-invasive assessment of disabilities.*

Maxime SERMESANT (Inria) - *AI and biophysical models for computational cardiology.*

### **Axe « IA pour la biologie numérique et IA bio-inspirée »**

Un descriptif des chaires de cet axe est disponible ici : <https://3ia.univ-cotedazur.eu/research/ai-for-computational-biology-and-bio-inspired-ai>

Laure BLANC-FÉRAUD (CNRS) - *Imaging for biology.*

Frédéric CAZALS (Inria) - *AIMS : Artificial intelligence for molecular studies.*

Patricia REYNAUD-BOURET (CNRS) - *MEL : Modeling and estimating learning.*

Ellen VAN OBERGHEN-SCHILLING (Inserm) - *AI-powered analysis of the tumor microenvironment.*

Pascal BARBRY (CNRS) - *Human Lung Atlas.*

Benoît MIRAMOND (Université Côte d'Azur) - *Bio inspired AI from neurosciences to embedded autonomous devices.*

### **Axe « IA pour les territoires intelligents et sécurisés »**

Un descriptif des chaires de cet axe est disponible ici : <https://3ia.univ-cotedazur.eu/research/ai-for-smart-and-secure-territories>

Pierre ALLIEZ (Inria) - *3D modeling of large-scale environments for the smart territory.*

Melek ÖNEN (EURECOM) - *Privacy-preserving machine learning.*

Marina TELLER (Université Côte d'Azur) - *Deep law for tech (DL4T).*

David GESBERT (Eurecom) - *Internet of Learning Thing.*

Paola GOATIN (Inria) - *Data driven traffic management.*

Cédric RICHARD (Université Côte d'Azur) - *Distributed dark fiber optic sensing for smart cities monitoring.*

Elena DI BERNARDINO (Université Côte d'Azur) - *Territorial Security through environmental risks management.*

## **MIAI@Grenoble Alpes**

### **Axe « Apprentissage et raisonnement »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/chairs/machine-learning-and-reasoning/axis-1-machine-learning-and-reasoning-799689.htm?RH=6499587734413182>

Sophie ACHARD & Martial MERMILLOD - *Towards Robust and Understandable Neuromorphic Systems*

Romain COUILLET - *Large Dimensional Statistics for AI*

Jérôme EUZENAT - *Knowledge communication and evolution*

Anatoli JUDITSKY & Arkadi NEMIROVSKI - *High-dimensional Inference by Convex Optimization*

Diane LARLUS - *Lifelong Representation Learning*



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

Patrick LOISEAU & Marie-Christine ROUSSET - *Explainable and Responsible AI*  
Julien MAIRAL - *Towards More Data Efficiency in Machine Learning*  
Jérôme MALICK & Yurii NESTEROV - *Optimisation & Learning*

#### **Axe « Architectures matérielles et embarquées »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/chairs/embedded-and-distributed-ai-and-hardware-architecture-for-ai/axis-2-embedded-and-distributed-ai-and-hardware-architecture-for-ai-799693.htm?RH=6499587734413182>

Lorena ANGHEL & Alexandre VALENTIAN - *Hardware for spike-coded neural networks exploiting hybrid CMOS non-volatile technologies*  
Frédéric PÉTROU - *Digital Hardware AI Architectures*  
Denis TRYSTRAM - *Edge intelligence*

#### **Axe « Perception et interactions »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/chairs/perception-interaction/axis-3-perception-interaction-799693.htm?RH=6499587734413182>

Xavier ALAMEDA-PINEDA & Radu HORAUD - *Audio-visual machine perception and interaction for companion robots*  
Gérard BAILLY & James CROWLEY - *Collaborative Intelligent Systems*  
Edmond BOYER - *Data Driven 3D Vision*  
Pascal PERRIER - *Bayesian Cognition and Machine Learning for Speech Communication*  
François PORTET & Laurent BESACIER - *Artificial Intelligence & Language*  
Christophe PRIEUR - *AI and dynamical systems : new paradigms for control and robots*

#### **Axe « IA et Société »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/ai-for-human-beings-environment/axis-4-ai-society/>

Sihem AMER-YAHIA - *Contextual Recommendations in Action - Bridging AI and Real-Life Economics*  
Gilles BASTIN - *Algorithmic society*  
Theodore CHRISTAKIS - *Legal and regulatory implications of artificial intelligence*  
Thierry MÉNISSIER - *Ethics and AI*

#### **Axe « Santé »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/ai-for-human-beings-environment/axis-5-health/>

Thomas BURGER & Julien THÉVENON - *Artificial Intelligence for High throughput biomedical investigations*  
Philippe CINQUIN - *Deep Care : Patient Empowerment via a Participatory Health Project*



Emmanuel MIGNOT & Jean-Louis PÉPIN - *My Way to Health 'trajectories medicine'*  
Jocelyne TROCCAZ & Sandrine VOROS - *Computer-Assisted Medical Interventions (CAMI) Assistant*

### **Axe « Environnement et Énergie »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/ai-for-human-beings-environment/axis-6-environment-and-energy/>

Simon BARTHELMÉ & Pierre COMON - *Detection, classification and localisation of pollutants in air and liquids*

Michel CAMPILLO & Olivier MICHEL - *Geophysical applications of AI for natural hazard and georesources*

Jocelyn CHANUSSOT & Wilfried THULLER - *Multiscale, multimodal and multitemporal remote sensing*

Nouredine HADJ-SAID - *Artificial intelligence for Smart Grids*

### **Axe « Industrie 4.0 »**

Un descriptif de cet axe est disponible ici : <https://miai.univ-grenoble-alpes.fr/research/ai-for-human-beings-environment/axis-7-industry-4-0/>

Gülgün ALPAN - *AI for data-driven and self-configurable supply chains*

Massih-Reza AMINI & Alexis DESCHAMPS - *Machine learning for mAterial desiGN and Efficient sysTems (MAGNET)*

### **Institut 3IA PRAIRIE**

La liste des chaires et de leurs projets est disponible ici <https://prairie-institute.fr/chairs/>

### **Thème « Agents autonomes et systèmes multi-agents »**

Tristan CAZENAVE (Université Paris Dauphine-PSL)

Jérôme LANG (Université Paris Dauphine-PSL)

### **Thème « Aide à la décision clinique »**

Stephanie Allasonnière (Université de Paris)

Anita BURGUN (Université de Paris)

Eloi MARIJON (Université de Paris)

Raphael PORCHER (Université de Paris)

### **Thème « Apprentissage automatique et optimisation »**

Alexandre d'Aspremont (CNRS)





Francis Bach (Inria)  
Stéphane Mallat (Collège de France)  
Alessandro Rudi (Inria)  
Florian Yger (Université Paris Dauphine-PSL)

### **Thème « Cognition »**

Justine CASSELL (Inria)  
Emmanuel DUPOUX (EHESS)

### **Thème « Génomique »**

Chloe-Agathe AZENCOTT (MINES ParisTech - PSL)  
Emmanuel BARILLOT (Institut Curie)  
Rayan CHIKHI (Institut Pasteur)  
Olivier GASCUEL (CNRS)  
Eric LETOUZÉ (Inserm)  
Andrei ZINOVYEV (Institut Curie)

### **Thème « Gestion des données en réseau »**

Karthikeyan BHARGAVAN (Inria)  
Marc LELARGE (Inria)  
Laurent MASSOULIÉ (Inria)  
Pierre SENELLART (ENS)

### **Thème « Imagerie biologique »**

Jean-Baptiste MASSON (Institut Pasteur)  
Thomas WALTER (MINES ParisTech - PSL)

### **Thème « Imagerie médicale »**

Ninon BURGOS (CNRS)  
Olivier COLLIOT (CNRS)  
Stanley DURRLEMAN (Inria)  
Laure FOURNIER (Université de Paris)

### **Thème « Physique statistique »**

Giulio BIROLI (ENS)

### **Thème « Robotique »**

Jean-Paul LAUMOND (CNRS)

**Thème « Science des données »**

Emmanuel BACRY (CNRS)  
Laurent COHEN (CNRS)  
Stephane GAFFAS (Université de Paris)  
Gabriel PEYRÉ (CNRS)  
Christian ROBERT (Université Paris Dauphine-PSL)  
Irene WALDSPURGER (CNRS)

**Thème « Traitement automatique des langues »**

Thierry POIBEAU (CNRS)  
Benoit SAGOT (Inria)

**Thème « Vision artificielle »**

Ivan LAPTEV (Inria)  
Jean PONCE (Inria)  
Cordelia SCHMID (Inria)

**Chaires terminées**

Pierre GAILLARD (Inria)  
Florent KRZAKALA (Sorbonne Université)  
Josef SIVIC (Inria)

**Chaires de recherche et d'enseignement en IA de l'appel ANR hors 3IA**

François ROUSSEAU – AI-4-CHILD : AI for paediatric neurorehabilitation  
Rémi GRIBONVAL – AllegroAssai : Algorithms, Approximations, Sparsity and Sketching for AI  
Michalis VAZIRGIANNIS – AML-HELAS : Advanced Machine/Deep learning for Heterogeneous Large scale data  
Edouard DUCHESNAY – Big2small : Transfer Learning from Big data to Small Data : Leveraging Psychiatric Neuroimaging Biomarkers Discovery  
Gilles BLANCHARD – BISCOTTE : Bridging Statistical and Computational efficiency in Artificial Intelligence  
Jean-Christophe PESQUET – BRIDGEABLE : BRIDInG thE gAp Between iterative proximal methods and nEural networks  
Christine GUILLEMOT – DeepCIM : Deep learning for computational imaging with emerging image modalities



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

Pierre-Yves OUDEYER – DeepCuriosity : Curiosity-driven exploration and curriculum learning in AI with applications to autonomous agents, automated discovery and educational technologies.

Patrick GALLINARI – DEEP-VISION : DEEP-VISION

Frédéric JURIE – DL4CLIM : Deep Learning for Physical Processes with applications to Earth System Science

Pierre MARQUIS – EXPEKCTATION : EXPLAINable artificial intelligence : a KnowlEdge Com-pilaTion FoundATIOn

Laurence DEVILLIERS – HUMAAINE : HUMan-MACHine Affective INteraction & Ethics

Sylvain SAÏGHI – GrAI : Green Artificial Intelligence

Isabelle GUYON – HUMANIA : Artificial Intelligence for All

Nathalie NEVEJANS – IA Responsible : Responsible AI

Meghyn BIENVENU – INTENDED : Intelligent handling of imperfect data

Chumin LI – Massal'IA : Propositional Reasoning for Large-Scale Optimization Application to Clean Energy Mobility Issues

Ronan FABLET – OceaniX : Physics-Informed AI for Observation-driven Ocean AnalytiX

Eric MOULINES – SCAI : Statistics, computation and Artificial Intelligence

Frédéric CHAZAL – TopAI : Topological Data Analysis for Machine Learning and AI

Hervé GLOTIN – ADSIL : ADvanced Submarine Intelligent Listening

Fabian SUCHANEK – NoRDF : Modeling and Extracting Complex Information from Natural Language Text

Teddy FURON – SAIDA : Security of AI for Defense Applications

Ioana MANOLESCU – SourcesSay : Intelligent Analysis and Interconnexion of Heterogeneous Contents in Digital Arenas

Nicolas PADOY – AI4ORSafety : Automatic Endoscopic Scene Assessment for Safety Check-point Validation in the Operating Room

Maks OVSJANIKOV – AIGRETTE : Analyzing Large Scale Geometric Data Collections

Steve KREMER – ASAP : Tools for automated, symbolic analysis of real-world cryptographic protocols

Rémi BARDENET – Baccarat : Bayesian learning of expensive models, with applications to cell biology

Sébastien KONIECZNY – BE4musSIA : Belief Change for Better Multi-Source Information Analysis

Alexandre GRAMFORT – BrAIN : Bridging Artificial Intelligence and Neuroscience

Joseph SALMON – CAMELOT : CooperAtive MachinE Learning and OpTimization

Jean-François MANGIN – FOLDDICO : Using the variability of the human cortical folding pattern to benchmark unsupervised learning

Bertrand THIRION – KARAIB : Knowledge And Representation Integration on the Brain

Gaël VAROQUAUX – LearnI : Learning data integration, from discrete entities to signals

Paolo ROBUFFO GIORDANO – MULTISHARED : Shared-Control Algorithms for Human/Multi-Robot Cooperation

Nicolas COURTY – OTTOPIA : Earth Observation with Optimal Transport for Artificial Intelligence



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

Stéphane CANU – Raimo : A road toward safe artificial intelligence in mobility  
Christian WOLF – REMEMBER : Learning Reasoning, Memory and Behavior  
Aurélien GARIVIER – SeqALO : Sequential and Active Learning for Optimization  
Pierre CHAINAIS – SHERLOCK : Fast inference with controlled uncertainty : application to astrophysical observations.  
Matthieu CORD – VISA DEEP : Towards visual reasoning in deep learning  
David BOUNIE – XAIforAML : Explainable artificial intelligence for anti-money laundering  
Claire GARDENT – XNLG : Generating Text in Multiple Languages from Multiple Sources



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

---

## Comptes rendus de journées, événements et conférences

---



## ■ Évolution et dynamique des connaissances formelles (EGC & IA '21)

Par

**Manuel ATENCIA**

LIG/mOeX  
INRIA, Univ. Grenoble Alpes  
[manuel.atencia@inria.fr](mailto:manuel.atencia@inria.fr)

**Jérôme DAVID**

LIG/mOeX  
INRIA, Univ. Grenoble Alpes  
[jerome.david@inria.fr](mailto:jerome.david@inria.fr)

**Antoine ZIMMERMANN**

LIMOS  
École des Mines de Saint-Étienne  
[antoine.zimmermann@emse.fr](mailto:antoine.zimmermann@emse.fr)

<https://jtegrcafia2021.sciencesconf.org>

### Introduction

La 5ème journée EGC & IA a eu lieu le mardi 18 mai 2021 sur le thème de l'évolution et la dynamique des connaissances formelles. En raison de la situation sanitaire du moment, elle s'est tenue en visioconférence. 79 personnes se sont inscrites à la journée et 52 étaient présentes lors de la première conférence invitée.

La journée a été ouverte par ses organisateurs, Manuel ATENCIA, Jérôme DAVID et Antoine ZIMMERMANN. Ensuite, Arnaud MARTIN (Président de EGC) et Benoît LE BLANC (Président de l'AFIA) ont présenté les activités et les perspectives de EGC et l'AFIA, respectivement.

La journée s'est poursuivie par quatre présentations traitant de sujets variés autour de l'évolution des connaissances formelles. Jérôme EUZENAT a commencé avec une présentation sur l'évolution culturelle de la connaissance. Yasser BOURAHLA a suivi avec une présentation sur l'amélioration et la diversité des connaissances dans le cadre d'une adaptation des ontologies apprises basée sur l'interaction. Maxime LEFRANÇOIS a présenté un

cadre de développement de l'ontologie modulaire et versionnée ETSI SAREF. Finalement, Chan LE DUC a présenté la révision des ontologies dans les logiques de description expressives.

La journée s'est terminée avec une table ronde animée par les organisateurs qui ont posé quatre questions aux conférenciers : (Q1) Comment positionnez-vous la thématique de l'évolution des connaissances formelles vis-à-vis de l'IA en général? (Q2) Comment les connaissances formelles et leur évolution peuvent contribuer à une IA responsable, ou au contraire, poser des problèmes éthiques? (Q3) Quels liens faites-vous entre la diversité/hétérogénéité des connaissances et leur évolution? (Q4) Quelles applications potentielles envisagez-vous pour les connaissances dynamiques et évolutives?

Pour exploiter de la connaissance dans des processus de décision informatisés, il faut la formaliser. La formalisation des connaissances s'intéresse à la représentation des entités du réel et leurs relations plutôt qu'à la gestion et la structuration des données. Bien que la formalisation de la connaissance fasse partie intégrante de la discipline informatique depuis ses débuts, un regain d'intérêt pour les connaissances formelles en tant qu'atout pour les entreprises et les systèmes d'information a émergé grâce à la popularisation des "graphes de connaissances", un concept aux contours flous mais qui porte l'attention sur l'information en tant que connaissances plutôt qu'en tant que données.

L'utilisation croissante de connaissances formelles s'accompagne de besoins pressant en termes de technologies, techniques et théories liées à leur cycle de vie. En un mot, il faut s'intéresser à leur "évolution".

L'évolution et la dynamique des connais-



sances formelles seront le sujet de la 5<sup>e</sup> édition des journées sur l'extraction et la gestion des connaissances en intelligence artificielle (EGC & IA). Le 18 mai 2021 sera le rendez-vous privilégié pour initier des échanges entre chercheurs académiques et industriels autour de cette thématique.

## Thématiques

Les sujets considérés pour cette journée comprennent, sans s'y limiter :

- l'évolution, la révision, la correction de connaissances formelles ;
- la mise-à-jour des bases de connaissances et des ontologies ;
- le raffinement, l'enrichissement, la complétion des connaissances formelles ;
- le versionnement des bases de connaissances et des ontologies ;
- la dynamique des connaissances formelles, dans le sens de "ce qui fait évoluer" les connaissances ;
- l'étude du changement, de toute sorte, dans les connaissances formelles ;
- les connaissances sous forme de flux et leur traitement en temps réel.

## Déroulement de la journée

**13h30-13h40.** Ouverture de la journée et tour de table

**13h40-14h00.** « Présentation de EGC », par Arnaud MARTIN (Président de EGC) et de l'AFIA par Benoît LE BLANC (Président de l'AFIA).

**14h00-15h00.** « Conférence invitée : Évolution de la connaissance : La perspective de l'évolution culturelle computationnelle », par Jérôme EUZENAT (Inria Grenoble Alpes)

**15h00-15h30.** « Amélioration et diversité des connaissances dans le cadre de l'adaptation des ontologies apprises basée sur l'interac-

tion », par Yasser BOURAHLA (Inria Grenoble Alpes)

**15h30-15h45.** Pause

**15h45-16h15.** « Cadre de développement de l'ontologie modulaire et versionnée ETSI SAREF », par Maxime LEFRANÇOIS (École des Mines de Saint-Étienne)

**16h15-16h45.** « Révision des ontologies dans les logiques de description expressives », par Chan LE DUC (Université Sorbonne Paris Nord)

**16h45-17h30.** Séance de discussion

**17h30.** Clôture de la journée

## Détail des interventions

**Évolution de la connaissance : La perspective de l'évolution culturelle computationnelle**, Jérôme EUZENAT (Inria Grenoble Rhône-Alpes)

Des systèmes autonomes utilisant leur connaissance pour agir, doivent la faire évoluer en fonction de leur expérience. De nombreuses approches ont été appliquées à l'évolution de la connaissance que ce soit en logique (révision), apprentissage automatique ou gestion des connaissances. Nous présentons ici une approche computationnelle de l'évolution culturelle de la connaissance. Elle consiste à appliquer les principes de la théorie de l'évolution à la connaissance représentée dans les systèmes informatiques. C'est-à-dire que le succès ou l'échec des actions accomplies par les agents les conduit à modifier leur connaissance de manière à éviter les échecs. On présente cette approche sous un jour expérimental utilisant la simulation multi-agent pour implémenter ces principes et observer les propriétés de la connaissance ainsi produite (convergence, consistance, correction). On montre ensuite comment une variante de la logique dynamique épistémique peut être mise à profit pour étudier théoriquement de tels systèmes et montrer les propriétés des stratégies utilisées par les



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

agents (correction, complétude, redondance). Enfin, on met en évidence les relations entre les principes mis en œuvre et le modèle répliqueur-interacteur proposé comme une généralisation de la théorie de l'évolution.

**Amélioration et diversité des connaissances dans le cadre d'une adaptation des ontologies apprises basée sur l'interaction**,  
Yasser BOURAHLA (Inria Grenoble Rhône-Alpes)

Résumé : Nous considérons des agents qui utilisent leur connaissance sur leur environnement, telles que des ontologies, pour agir. Lorsque ces connaissances sont apprises indépendamment, celles-ci peuvent être diverses, incorrectes ou incomplètes. Cette hétérogénéité peut amener les agents à être en désaccord, empêchant ainsi leur coopération. Les approches existantes traitent généralement ce problème d'interaction en mettant en relation des ontologies, sans les modifier, ou, au contraire, en se concentrant sur la construction de connaissances communes. Ici, nous considérons des agents qui adaptent leurs ontologies afin de s'accorder les uns avec les autres lors de la coopération. Dans un tel scénario, des questions fondamentales se posent : Les agents arriveront-ils à un état où les interactions sont réussies ? Ce processus peut-il améliorer leurs connaissances sur l'environnement ? Est-ce que tous les agents se retrouveront avec la même ontologie ?

Pour répondre à ces questions, nous avons conçu une expérience en deux étapes. Premièrement, les agents apprennent à prendre des décisions concernant les objets de l'environnement avec des classificateurs qui sont, ensuite, transformés en ontologies. Dans la deuxième étape, les agents interagissent entre eux pour se mettre d'accord sur les décisions à prendre

et modifier leurs ontologies en conséquence. Nous montrons que les agents réduisent effectivement les échecs d'interaction, la plupart du temps, ils améliorent la précision de leurs connaissances sur l'environnement, et ils n'optent pas nécessairement pour la même ontologie.

**Cadre de développement de l'ontologie modulaire et versionnée ETSI SAREF**,  
Maxime LEFRANÇOIS (École des Mines de Saint-Étienne)

Résumé : L'ontologie SmartM2M SAREF (*Smart Applications REFerence ontology*) a pour ambition de contribuer à la transformation numérique de l'industrie en Europe, en prenant en compte les difficultés liées à l'interopérabilité sémantique sur l'Internet des Objets et les applications web. Il s'agit d'un standard de l'ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), organisme de normalisation européen du domaine des télécommunications qui travaille à la mise en œuvre de normes et de standards autour des objets connectés, des données collectées et des applications. SAREF consiste en une ontologie noyau versionnée, et différents ontologies satellites versionnées également qui ciblent des domaines métiers comme l'énergie, l'environnement, le bâtiment, la ville intelligente, l'industrie du futur, l'agriculture numérique, l'automobile, la *eHealth*, les *wearables*, la gestion de l'eau. Chacune de ces ontologies est versionnée.

Le nouveau portail web de l'ontologie modulaire et versionnée SAREF<sup>1</sup> est présenté brièvement, ainsi que le framework de développement de SAREF<sup>2</sup> et le pipeline open source d'intégration et de déploiement continue qui l'outille<sup>3</sup>. Ces sont là les résultats du projet ETSI STF 578 « *Specification of the SAREF development framework and workflow, and de-*

1. SAREF portal - <https://saref.etsi.org/>

2. ETSI TS 103 673 V1.1.1 (2020-08) *SAREF Development Framework and Workflow, Streamlining the Development of SAREF and its Extensions*

3. SAREF Pipeline - <https://saref.etsi.org/sources/saref-pipeline>





**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

*velopment of the Community SAREF Portal for user engagement »<sup>4</sup>.*

**Révision des ontologies dans les logiques de description expressives**, Chan LE DUC (Université Sorbonne Paris Nord)

Résumé : Notre compréhension d'un domaine d'application évolue dans le temps. Si on considère une ontologie comme un ensemble de contraintes sémantiques qui décrit notre compréhension d'un domaine d'application, les ontologies doivent être révisées. En effet, l'ajout d'une nouvelle contrainte sémantique à une ontologie peut la rendre incohérente. Pour rétablir la cohérence avec une perte minimale de sémantique, on changerait d'autres contraintes sémantiques de l'ontologie de sorte que l'ontologie résultante soit sémantiquement aussi proche que possible de l'ontologie initiale. Pour pouvoir dire qu'une ontologie est sémantiquement proche d'une autre, il est nécessaire de définir une distance sur des structures finies représentant des modèles, appelés graphes de complétion, qui caractérisent la sémantique d'une ontologie. Dans cette exposition, nous présenterons un algorithme de tableau pour construire de tels graphes de complétion d'une ontologie exprimée dans la logique de descrip-

tion SHIQ avec des individus. Sur la base de la distance définie sur les graphes de complétion, nous introduirons une opération de révision appliquée à une ontologie SHIQ avec un ensemble de nouvelles contraintes sémantiques. Cette opération de révision calcule les graphes de complétion qu'une ontologie révisée devrait admettre. Cependant, il n'existe pas toujours une ontologie exprimable en SHIQ à partir de laquelle un algorithme de tableau génère exactement un ensemble donné de graphes de complétion. Ceci nous amène à introduire la notion d'ontologie d'approximation supérieure à partir de laquelle un algorithme de tableau peut générer le plus petit ensemble de graphes de complétion incluant un ensemble donné de graphes de complétion. Cette notion nous permet de concevoir un algorithme pour construire une ontologie révisée à partir d'une ontologie initiale avec un ensemble de nouvelles contraintes sémantiques. Nous avons implémenté les algorithmes proposés avec des optimisations et nous rapporterons quelques résultats expérimentaux pour montrer qu'une approche basée sur le modèle pour la révision d'ontologies expressives est réalisable.

---

4. ETSI STF 578 - <https://portal.etsi.org/STF/STFs/STF-HomePages/STF578>



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

---

## Thèses et HDR 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 [redacteur@afia.asso.fr](mailto:redacteur@afia.asso.fr).



## ■ Thèses de Doctorat

### **Louis VIARD**

« Méthodes et outils pour la programmation des systèmes cyber-physiques. »

Supervision : *Pierre etienne MOREAU*  
*Laurent CIARLETTA*

Le 01/04/2021, à l'Université de Lorraine

### **Patrick WAPET**

« Preventing the release of illegitimate applications on mobile markets »

Supervision : *Daniel HAGIMONT*  
*Alain TCHANA*

Le 05/04/2021, à l'INP, Toulouse

### **Erol ELISABETH**

« Fouille de données spatio-temporelles, résumés de données et apprentissage automatique : application au système de recommandations touristique, données médicales et détection des transactions atypiques dans le domaine financier »

Supervision : *Serge AGOSTINELLI*

Le 06/04/2021, à l'Université des Antilles

### **Antoine RICHARD**

« Proposition d'un outil d'aide à la décision adapte aux contraintes et aux enjeux d'un soutien informatique aux consultations médicales coutumières »

Supervision : *Alexis TSOUKIAS*

Le 06/04/2021, à l'Université Paris sciences et lettres

### **Cyril BRZENCZEK**

« Modélisation multi-facteurs pour laide à la décision dans le traitement par chimiothérapie des tumeurs cérébrales de type gliome diffus de bas grade »

Supervision : *Jean Marie MOUREAUX*  
*Luc TAILLANDIER*

Le 06/04/2021, à l'Université de Lorraine

### **Christophe DUHIL**

« ModelRun, une méthode de transformations de modèles pour la vérification de propriétés de modèles de systèmes complexes par simulation »

Supervision : *Jean philippe BABAU*

Le 07/04/2021, à l'Université de Brest

### **Seifeddine ABDELHAK**

« Ordonnancement dynamique des patients dans les services d'urgence. »

Supervision : *Gilles GONCALVES*  
*Saoussen KRICHEN*

Le 07/04/2021, à l'Université d'Artois

### **Siyong LI**

« Context-aware recommender system for system of information systems »

Supervision : *Marie Helene ABEL*  
*Elsa NEGRE*

Le 07/04/2021, à l'Université de Compiègne

### **Aurelien LAMERCERIE**

« Principe de transduction sémantique pour l'application de théories d'interface sur des documents de spécification »

Supervision : *Benoit CAILLAUD*  
*Annie FORET*

Le 08/04/2021, à l'Université de Rennes 1



**Afia**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

**Pierre STOCK**

« [Efficiency and Redundancy in Deep Learning Models : Theoretical Considerations and Practical Applications](#) »

Supervision : *Remi GRIBONVAL*  
*Herve JEGOU*

Le 09/04/2021, à l'Université de Lyon

**Benjamin KIESSLING**

« [Avancées en Reconnaissance Optique des Caractères pour les Documents Arabes Historiques](#) »

Supervision : *Marc BUI*

Le 13/04/2021, à l'Université Paris sciences et lettres

**Jaouad HAJJAMI**

« [Étude et réalisation d'algorithmes de reconnaissance et de guidage sous-marin par vision](#) »

Supervision : *Ayman AI FALOU*  
*Thibault NAPOLEON*

Le 14/04/2021, à l'Université de Brest

**Thomas GARGOT**

« [Algorithms and robotics allow to describe how we learn handwriting and how to better help children with difficulties.](#) »

Supervision : *Dominique ARCHAMBAULT*  
*David COHEN*

Le 20/04/2021, à l'Université de Paris 8

**Mingxiao MA**

« [Attack modelling and detection in distributed and cooperative controlled microgrid systems.](#) »

Supervision : *Isabelle CHRISMENT*  
*Abdelkader LAHMADI*

Le 22/04/2021, à l'Université de Lorraine

**Bishnu SARKER**

« [On Graph-Based Approaches for Protein Function Annotation and Knowledge Discovery](#) »

Supervision : *Marie Dominique DEVIGNES*  
*Sabeur ARIDHI*  
*David RITCHIE*

Le 23/04/2021, à l'Université de Lorraine

**Paul GAUTIER**

« [Contribution des méthodes d'apprentissage à la distribution de tâches dans un cluster robotique](#) »

Supervision : *Jean Philippe DIGUET*  
*Johann LAURENT*

Le 27/04/2021, à l'Université de Lorient

**Bachir AMADOU**

« [Planification à long terme de réseaux d'aéroports, approche d'optimisation](#) »

Supervision : *Felix Mora CAMINO*  
*Mohamed SBIHI*

Le 29/04/2021, à l'Université de Toulouse 3

**Quentin DEMOULIN**

« [Image Processing Systems and Algorithms for estimating Deformations of Aircraft Structures in Flight.](#) »

Supervision : *Jean yves TOURNERET*  
*Denis KOUAME*  
*Adrian BASARAB*

Le 30/04/2021, à l'INP, Toulouse

**Van Trung PHAM**

« [Apprentissage profond pour la détection de contours - Application au suivi orthodontique par smartphone](#) »

Supervision : *Yves LUCAS*  
*Sylvie TREUILLET*

Le 03/05/2021, à l'Université d'Orléans



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

### **Sebastien PIEDADE**

« Synthèse de plans conditionnels pour la décision dans l'incertain »

Supervision : *Charles Lesire CABANIOLS*  
*Guillaume INFANTES*

Le 05/05/2021, à l'Université de Toulouse, ISAE

### **Martin VASSOR**

« Graphes de localités : une approche formelle à l'encapsulation et implémentation »

Supervision : *Jean Bernard STEFANI*

Le 07/05/2021, à l'Université Grenoble Alpes

### **Maico LEBERLE**

« Dissecting call-by-need by customizing multi type systems »

Supervision : *Dale MILLER*  
*Beniamino ACCATTOLI*

Le 07/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Antoine PIROVANO**

« Méthodes de diagnostic assiste par ordinateur pour le dépistage du cancer du col de l'utérus sur lames de frottis vaginal en milieu liquide base sur les réseaux de neurones à convolution : conception, optimisation et interprétabilité. »

Supervision : *Said LADJAL*

Le 07/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Oihana COUSTIE**

« Détection d'anomalies dans les systèmes d'information modernes grâce à des méthodes d'inférence de structure et de détection de nouveautés dans les logs »

Supervision : *Olivier TESTE*  
*Josiane MOTHE*

Le 11/05/2021, à l'Université de Toulouse 1

### **Vincent COUTEAUX**

« Apprentissage profond pour la segmentation et la détection automatique en imagerie multi-modale : application à l'oncologie hépatique »

Supervision : *Isabelle BLOCH*

Le 19/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Mariana Segovia FERREIRA**

« Cyber-resilience and attack tolerance for cyber-physical systems »

Supervision : *Joaquin Garcia ALFARO*  
*Ana CAVALLI*

Le 20/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Ahmed samy NASSAR**

« Learning to map street-side objects using multiple views »

Supervision : *Sebastien LEFEVRE*  
*Jan WEGNER*

Le 21/05/2021, à l'Université de Lorient

### **Thomas DELACROIX**

« Meaningful objective frequency-based interesting pattern mining »

Supervision : *Philippe LENCA*

Le 21/05/2021, à l'École nationale supérieure Mines-Telecom Atlantique Bretagne Pays de la Loire

### **Amaury DEPIERRE**

« Simulation Enhanced Deep Learning for Adaptive Robotic Grasping »

Supervision : *Liming CHEN*

Le 21/05/2021, à l'Université de Lyon



### **Kevin OSANLOU**

« Apprentissage de plans de manœuvres off-road pour véhicules autonomes »

Supervision : *Tristan CAZENAVE*

Le 27/05/2021, à l'Université Paris sciences et lettres

### **Marzieh MOZAFARI**

« Hate speech and offensive language detection using transfer learning approaches »

Supervision : *Noel CRESPI*

*Reza FARAHBAKHS*

Le 28/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Martin Rios WILSON**

« Sur la dynamique des réseaux d'automates: une approche basée sur la théorie de la complexité informatique »

Supervision : *Sylvain SENE*

*Alejandro MAASS*

Le 31/05/2021, à l'Université d'Aix-Marseille

### **Gwenael RAULT**

« Système d'aide à la décision pour le dernier kilomètre : application au problème de tournées de véhicules riches »

Supervision : *Marc SEVAUX*

*Philippe LACOMME*

Le 31/05/2021, à l'Université de Lorient

### **Nicolas TURPAULT**

« Analyse des problématiques liées à la reconnaissance de sons ambiants en environnement réel »

Supervision : *Emmanuel VINCENT*

*Romain SERIZEL*

Le 31/05/2021, à l'Université de Lorraine

### **Florence CARTON**

« Exploration of reinforcement learning algorithms for autonomous vehicle visual perception and control »

Supervision : *David FILLIAT*

Le 31/05/2021, à l'Institut polytechnique de Paris

### **Fatma MERABET**

« Solutions de sécurité pour l'internet des objets dans le cadre de l'assistance à l'autonomie à domicile »

Supervision : *Damien SAUVERON*

*Malika BELKADI*

Le 01/06/2021, à l'Université de Limoges

### **Alexandre ARAUJO**

« Construire des réseaux neuronaux profonds compacts et robustes avec des matrices Toeplitz »

Supervision : *Jamal ATIF*

Le 01/06/2021, à l'Université Paris sciences et lettres

### **Mohamed HADJADJ**

« Problèmes de tournées de véhicules pour la livraison de béton frais »

Supervision : *Hamamache KHEDDOUCI*

Le 02/06/2021, à l'Université de Lyon

### **Ziwei XU**

« Enhancing LDA for Ontology Learning »

Supervision : *Fabrice GUILLET*

*Mounira HARZALLAH*

Le 03/06/2021, à l'Université de Nantes



### **Hossain KORDESTANI**

« Conception et développement d'un système d'e-santé intelligent et sécurisé basé sur le raisonnement probabiliste et la technologie blockchain »

Supervision : *Kamel BARKAOUI*

Le 04/06/2021, à l'Université de Paris, HE-SAM

### **Quentin CABANES**

« Nouvelle méthodologie de co-conception d'apprentissage en profondeur basée sur une plate-forme matérielle pour le prototype CPS: reconnaissance d'objets dans une étude de cas de véhicule autonome »

Supervision : *Amar Ramdane CHERIF*

Le 07/06/2021, à l'Université Paris-Saclay

### **Manon JUBERT**

« Algorithme de planification de numérisation et d'alignement de nuages de points 3d pour le contrôle in-situ de pièces mécaniques en cours d'usinage »

Supervision : *Jean luc MARI*

*Jean philippe PERNOT*

Le 08/06/2021, à l'Université d'Aix-Marseille

### **Nawal ELDROGI**

« Vision par ordinateur pour suivi automatique et caractérisation de comportement animal aquatique »

Supervision : *Franck LUTHON*

Le 16/06/2021, à l'Université de Pau

### **Govind RAJANBABU**

« Réduction d'ordre partiel pour les systèmes temporisés »

Supervision : *Igor WALUKIEWICZ*

*Balaguru SRIVATHSAN*

*Frederic HERBRETEAU*

Le 16/06/2021, à l'Université de Bordeaux

### **Salwa KOBEISSI**

« Réécriture spéculative de programmes récurrents en boucles candidates à une parallélisation et une optimisation efficaces utilisant un mécanisme inspecteur-exécuteur »

Supervision : *Philippe CLAUSS*

Le 24/06/2021, à l'Université de Strasbourg

### **Aina Gari SOLER**

« Word Meaning Representation in Neural Language Models : Lexical Polysemy and Semantic Relationships »

Supervision : *Alexandre ALLAUZEN*

*Marianna APIDIANAKI*

Le 24/06/2021, à l'Université Paris-Saclay

### **Sabrine EDDÉD**

« Approche collaborative pour la configuration des lignes de produits »

Supervision : *Camille SALINESI*

*Henda Ben ghezala HADJAMI*

Le 29/06/2021, à l'Université de Paris 1

### **Victor DAVID**

« Traitement de la Similarité en Argumentation »

Supervision : *Leila AMGOUD*

Le 05/07/2021, à l'Université de Toulouse 3

### **Alex LAMBERT**

« Apprentissage de Fonctions à Valeurs Fonctionnelles dans des Espaces de Hilbert à Noyaux Auto-reproduisants avec Pertes Intégrales: Application à l'Apprentissage d'un Continuum de Taches »

Supervision : *Florence D alche BUC*

Le 07/07/2021, à l'Institut polytechnique de Paris



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

### **Clovis Anicet OUEDRAOGO**

« Sur la gestion de la QoS dans les plates-  
formes IoT compatibles NFV. »

Supervision : *Christophe CHASSOT*

*Samir MEDJIAH*

*Khalil DRIRA*

Le 07/07/2021, à l'Université de Toulouse,  
INSA

## ■ **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. ([redacteurs-bulletins@afia.asso.fr](mailto:redacteurs-bulletins@afia.asso.fr))





**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 2019](#) à Toulouse, [PfIA 2020](#) à Angers, [PfIA 2021](#) à Bordeaux) 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 thématiques hébergées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, [PfIA 2021](#) héberge du 28 juin au 2 juillet 2021 à Bordeaux, outre la 24<sup>e</sup> [CNIA](#), les 19<sup>es</sup> [RJCIA](#) et la 7<sup>e</sup> [APIA](#) : les 32<sup>es</sup> [IC](#), les 16<sup>es</sup> [JFPDA](#), les 29<sup>es</sup> [JFSMA](#) et les 15<sup>es</sup> [JIAF](#), trois journées thématiques ([Défense & IA](#), [Jeux & IA](#), [Santé & IA](#)) et une section de 6 [tutoriels](#) accessible à tous les inscrits à la plateforme.

Forte du soutien de ses 340 adhérents à jour de leur cotisation en 2020, 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 2020](#)) ;
- une *journée enseignement* « Enseignement et Formation en IA » ([EFIA 2021](#)) ;
- une *journée recherche* « Perspectives et Défis en IA » ([PDIA 2021](#)) ;
- la remise annuelle d'un [prix de thèse](#) en IA ;
- le soutien à plusieurs collèges, actuellement au nombre de 8, ayant leur propre activité :
  - Collège [Industriel](#) (depuis janvier 2016) ;
  - Collège [Apprentissage Artificiel](#) (depuis janvier 2020) ;
  - Collège [Interaction avec l'Humain](#) (depuis juillet 2020) ;

- Collège [Représentation et Raisonnement](#) (depuis avril 2017) ;
  - Collège [Science de l'Ingénierie des Connaissances](#) (depuis avril 2016) ;
  - Collège [Systèmes Multi-Agents et Agents Autonomes](#) (depuis octobre 2016) ;
  - Collège [Technologies du Langage Humain](#) (depuis juillet 2019) ;
  - Collège [Compétitions](#) (depuis octobre 2018).
- 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 mensuellement des [journées communes](#) avec d'autres associations. Pour 2021 : [TAL & IA](#) avec [ATALA](#) ; [IHM & IA](#) avec [AFIHM](#) ; [EGC & IA](#) avec [EGC](#).

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 2021](#) sur 5 jours au tarif de 0€ !

Rejoignez-vous aussi et [adhérez](#) à l'AfIA pour contribuer au développement de l'IA en France. L'adhésion peut être individuelle ou, à partir de cinq adhérents, être réalisée au titre de personne morale. Parmi les personnes morales, certaines peuvent vouloir rejoindre notre Collège [Industriel](#), au plus près de l'IA !

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*  
Dominique LONGIN, *rédacteur*  
Emmanuel ADAM, *webmestre*

### Autres membres :

Sandra BRINGAY, Yves DEMAZEAU, Gaël DIAS,  
Catherine FARON-ZUCKER, Pierre FEILLET,  
Thomas GUYET, Marie LEFEVRE, Engelbert  
Mephu NGUIFO, Gauthier PICARD, Valérie REI-  
NER, Céline ROUVEIROL, Laurent SIMON,  
Charlotte TRUCHET

## 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

Laurent SIMON  
*Rédacteur*

## LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

.....  
Ardans, Berger Levrault, CRIL, CRIStAL, Dassault Aviation, ENIB, EURODECISION, GRETTIA,  
GREYC, Huawei, I3S, IBM, INRIA Sophia Antipolis Méditerranée, IRIT, ISAE-SUPAERO, Lab-  
STICC, LAMSADE, LERIA, LGI2P, LHC, LIG, LIMICS, LIMSI, LIP6, LIPADE, LIRIS, LIRMM,  
LITIS, MaIAGE, Naver Labs, Renault, Thales, Université Paris-Saclay, Veolia.

## ■ Pour contacter l'Afia

### Président

Benoit LE BLANC  
École Nationale Supérieure de Cognitique  
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   |