



HAL
open science

Équipes industrielles en IA

Christophe Bortolaso, Dominique Longin, Grégory Bonnet

► **To cite this version:**

Christophe Bortolaso, Dominique Longin, Grégory Bonnet. Équipes industrielles en IA. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 123, 2024, Association Française d'Intelligence Artificielle. hal-04654657

HAL Id: hal-04654657

<https://hal.science/hal-04654657v1>

Submitted on 19 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



AFIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Bulletin N° 123

Association française pour l'Intelligence Artificielle

AFIA



PRÉSENTATION DU BULLETIN

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

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

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

■ Édito

Nous commençons cette année avec la même équipe de rédaction (Emmanuel, Gaël, Grégory et moi-même) et un dossier sur les équipes de recherche industrielles en IA, thème qui revient une fois tous les deux ans dans nos pages, en alternance avec la présentation de travaux en IA d'équipes académiques.

Ce dossier « Équipes industrielles en IA », qui a été monté par Christophe BORTOLASO (Berger-Levrault) du [collège industriel](#) de l'AFIA, a l'originalité de débiter par un texte collectif du collège sur les LLM et l'IA générative, et qui propose de considérer cette thématique en prenant un peu de hauteur.

La deuxième contribution provient de Jeolis Solutions, société ayant une approche pluridisciplinaire de l'IA (tant pour ses aspects symboliques que pour l'apprentissage artificiel) appliquée à différents domaines, tels la santé, l'environnement, la culture et l'industrie. Elle est en lien avec un laboratoire bien connu dans nos pages, le LIMOS, avec qui elle revendique ses origines auvergnates !

La troisième contribution, de Thalès, nous parle de l'utilisation de l'IA afin de réduire l'impact écologique de l'aviation au travers de son programme *Green Operations*, qui « vise à utiliser tous les leviers dans la gestion des effets de l'avion sur le climat : estimation, atténuation, vérification ». Cela concerne non seulement le CO₂ mais aussi d'autres effets des avions (oxyde d'azote, vapeur d'eau, traînées de condensation, etc.) Par exemple, les traînées de condensation sont susceptibles d'avoir un impact double de celui du CO₂ !

Le quatrième article, de Cosling, nous parle de Choco Solver et de son expertise en Programmation par Contraintes. Cosling développe des algorithmes d'optimisation sous contraintes



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

et une solution générique de configuration leur permettant de personnaliser leurs produits tout en gardant des processus industriels.

Enfin, CS Group nous présente UNsel, une technologie innovante pour une IA de confiance permettant d'élaborer une représentation abstraite non ambiguë des différentes spécifications conduisant à la réalisation d'un logiciel, de générer à partir de cette représentation une description logique interrogeable par des raisonneurs, de générer des rapports, de l'aide interactive, des documents en langue naturelle, etc.

En fin de compte, ce dossier nous offre un panel riche et varié d'utilisations de l'IA en général, allant de l'IA symbolique à l'apprentissage, le tout dans le cadre d'un usage industriel !

Nous terminons ce bulletin par la traditionnelle liste des HDR et des soutenances de thèses en IA, nombreuses chaque fin d'année.

Merci encore Christophe BORTOLASO pour ce dossier très intéressant, et à Grégory pour sa relecture !

Bonne lecture à tous !

Dominique LONGIN
Rédacteur en chef



SOMMAIRE

DU BULLETIN DE L'AFIA

4	Dossier « Équipes industrielles en IA »	
	Édito du dossier	5
	Grands modèles de langue et IA générative	5
	Jeolis Solutions : l'intelligence artificielle forgée au cœur des volcans d'Auvergne	10
	Thales : l'Intelligence Artificielle pour réduire l'impact de l'aviation sur le climat	14
	Cosling : la configuration sous contraintes	18
	CS Group : UNseL, une technologie innovante pour une IA de confiance	22
28	Thèses et HDR du trimestre	
	Thèses de Doctorat	29
	Habilitations à Diriger les Recherches	38



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Dossier

« Équipes industrielles en IA »

Dossier réalisé par

Christophe BORTOLASO

Berger-Levrault

Christophe.BORTOLASO@berger-levrault.com



■ Édito du dossier

Berger-Levrault

Christophe BORTOLASO

Christophe.BORTOLASO@berger-levrault.com

Ce numéro 124 du bulletin sur la thématique « Équipes industrielles en IA » de l'AFIA revêt un caractère particulier. En cette période d'engouement pour l'IA générative, il a semblé essentiel au Collège Industriel de l'AFIA de revenir, à travers un texte collectif inédit, sur les perspectives enrichissantes offertes par les Grands Modèles de Langue (LLM) et les techniques associées mais aussi sur l'immensité des

défis scientifiques qui restent à relever.

Grâce aux contributions de Thales, Jeolis Solution, Cosling et CS Group, ce bulletin rappelle également que l'IA est une technologie aux applications variées dans de nombreux secteurs industriels, tels que l'aviation, la conception assistée par ordinateur (CAO), la santé, la mobilité et le spatial.

■ Grands modèles de langue et IA générative

<https://afia.asso.fr/les-colleges/le-college-industriel/>

Collège Industriel

Un petit texte collectif

Lors de la réunion du Collège Industriel du 20 novembre 2023, l'idée a été émise de rédiger collectivement un texte sur un sujet d'actualité dont pouvait se saisir tout particulièrement une société savante comme l'AFIA, sorte de point de vue collégial pris avec recul dans une approche raisonnable du sujet et non une vision plongeante.

Le texte n'a pas vocation aujourd'hui à être diffusé en dehors de la communauté de l'AFIA, en revanche ses auteurs ont clairement la volonté qu'il soit partagé avec les collègues académiques de l'association en une sorte de main tendue vers des échanges académiques-industriels. Il est également prévu d'en débattre à l'occasion du prochain FIIA.

Valérie REINER (Berger-Levrault) est l'au-

trice du premier jet de cette contribution. Bruno CARRON (Airbus), Alain BERGER (Ardans), Patrick FABIANI (Dassault Aviation), Mustapha DERRAS (Berger-Levrault) ont ensuite également contribué à cette première version. Puis Christophe BORTOLASO (Berger-Levrault) a ensuite élaboré une seconde version de la contribution initiale, à laquelle Pierre FEILLET (IBM France) et Elise MORIS (Ardans) ont contribué.

Le sujet d'actualité

Le discours médiatique sur les modèles de langage à grande échelle (LLM) et l'intelligence artificielle générative, marqué par une profusion d'opinions, tend souvent à osciller entre des scénarios paranoïaques et des utopies irréalistes, notamment en ce qui concerne leur



impact présumé sur notre vie quotidienne, la société, le travail et les métiers. Pour échapper à ces visions extrêmes, il convient de développer une compréhension du sujet qui soit à la fois réfléchie, fondée et orientée positivement.

De quoi ont besoin les industriels ?

Les industriels souhaitent profiter de la puissance et de la souplesse des moteurs de LLM qui embarquent des connaissances implicites inhérentes à tout travail de rédaction et en même temps, leur adjoindre des contraintes explicites qui encadrent les résultats générés avec une garantie mesurable. Les industriels veulent donc contraindre les réponses aux éléments contenus dans une base de connaissance mais aussi comprendre, mesurer, calculer la part d'invariant, somme toute, contrôler les comportements d'un LLM. Les LLM sont des architectures complexes de réseaux de neurones pré-entraînés. Pour acquérir une bonne capacité de génération de langage, les modèles exploitent l'apprentissage statistique sur de gigantesques quantités de données. Ils sont ensuite spécialisés par raffinement (Transformers fine tuning) ou intégration de tables d'informations de référence (*Retrieval Augmented Generation*) sur des corpus particuliers. Une spécificité des LLM est que leur prise en main par les usagers en tous domaines est très rapide et comme beaucoup de domaines de l'Intelligence Artificielle, les technologies évoluent très vite. Comment démêler, *hic et nunc*, ce qui est recommandé ou ce qui est mauvais dans un contexte industriel ?

Les RAG : un exemple d'hybridation d'IA à l'échelle industrielle

La simplicité d'emploi des LLM représente une opportunité et un écueil, et il est donc recommandé de faire appel à d'autres formes d'intelligence et d'expertise en complément des LLM. Cela peut être géré par une hybridation

avec d'autres formes d'intelligence artificielle, symbolique ou structurée. Cela peut être aussi mis en œuvre par des processus et règles d'emploi organisés autour de l'humain pour permettre la bonne vérification, validation experte et décision dans les chaînes normales de responsabilité.

Les RAG (*Retrieval-Augmented Generation*), dans le contexte des LLM, se réfèrent à une architecture hybride qui combine un modèle de génération de langage, avec un système de récupération d'informations. Cette combinaison permet au modèle de puiser dans une base de données externe ou un ensemble de documents pour enrichir ses réponses. Le raffinement demande un réapprentissage qui peut être long là où la technologie RAG demande l'intégration d'informations bien tabulées, structurées et mises à jour. L'approche RAG étend donc les capacités des LLM traditionnels en leur permettant d'intégrer des informations spécifiques et contextuelles en temps réel, ce qui est particulièrement utile pour des questions nécessitant des connaissances à jour ou très spécifiques. Les RAG représentent une avancée importante car ils combinent la puissance de génération de langage des modèles avec la capacité de récupérer des informations spécifiques et actualisées à partir de sources externes. C'est typiquement le besoin des industriels !

Dans un RAG par exemple, une configuration typique est composée de trois éléments principaux :

- Composant de Récupération (*Retrieval*) : responsable de la recherche et de la sélection d'informations pertinentes à partir d'une base de données ou d'un ensemble de documents. Des algorithmes spécialisés en recherche d'informations eux-mêmes basés sur l'IA peuvent être utilisés. Ces algorithmes peuvent inclure des moteurs de recherche basés sur le texte, des systèmes de



classement basés sur l'apprentissage automatique, ou des réseaux de neurones conçus pour retrouver et réordonner des informations pertinentes. Les algorithmes et moteurs de recherche aident à automatiser la récupération, mais celle-ci doit être vérifiée d'une manière ou d'une autre (humain, filtres, etc.).

- Composant de Génération (*Generation*) : en charge de l'utilisation d'un LLM pour générer des réponses ou du contenu en utilisant les informations récupérées. Ce composant est souvent un modèle de langage avancé capable de synthétiser les informations et de les présenter de manière cohérente et contextuelle. Le LLM de génération peut être conservé tel que sans réapprentissage tant que sa « performance » reste satisfaisante pour l'utilisation dans le cadre RAG en question. Cela est favorable à une utilisation en interne d'une entreprise ou d'une organisation sans lien avec l'extérieur. Sa « mise à jour » éventuelle doit être considérée au bout d'un certain temps, mais avec prudence pour ne pas importer de biais ni diffuser d'information confidentielle de façon non désirée.
- Composant d'Augmentation (*Augmented*) : les choix sont nombreux et vont des systèmes de recommandation pour fournir des suggestions personnalisées exploitant le texte, en passant par des systèmes fondés sur des règles fournissant un cadre structuré pour certaines tâches spécifiques, à des IA plus complexes en charge de préparer les données. Les règles et cadres structurés doivent faire l'objet de validation experte attentive (tests de couverture des cas d'utilisation possible, etc.) et les systèmes de recommandation doivent fournir des propositions ajustées au niveau de compétence des utilisateurs qui doivent être formés pour cela.

Nos exigences envers les machines

Les IA génératives donnent « l'illusion de l'intelligence » posant ainsi le problème du décalage entre les erreurs générées et la rigueur attendue de tout dispositif numérique dans un contexte industriel. L'acceptation d'erreurs renvoie à une dimension subjective inhabituelle plus proche des préoccupations des Sciences Humaines et Sociales que des Sciences dites dures. *Quid* de la rigueur, du déterminisme que l'on attend habituellement d'une machine ?

La question se pose dès lors que les cas d'usages d'exploitations industrielles intègrent cet aspect comme une dimension clé et non comme une difficulté ou une erreur à combattre ! Si cette particularité des IAG n'est pas acceptable dans une mise en œuvre il faut absolument éviter de les utiliser. Sinon, il faut s'attendre à devoir expliquer que :

- lorsqu'une IAG répond à une question posée plusieurs fois de manières différentes ce n'est pas une erreur !
- un humain ne sera pas capable de répéter 10 fois de suite une réponse avec les mêmes mots dans le même ordre au même rythme à une question, l'IA se comporte de la même manière, ce n'est pas une erreur !
- chaque individu va synthétiser un même texte de manière différente et se focaliser sur des dimensions variées, une IA fera de même si une synthèse lui est demandée à répétition, ce n'est pas une erreur !
- chaque individu va exposer une idée de manière différente exploitant des aspects nombreux de cette dernière, une IA fera de même, ce n'est pas une erreur !

Si vous disposez de moyens d'expertises, ayant une connaissance particulière des architectures, des langages et des univers de l'IA, en matière de réalisation de logiciels, le plus simple est d'essayer d'exploiter des données pour mesurer l'adéquation avec vos besoins.

Cela peut s'avérer parfois délicat s'agissant



de données confidentielles ou couvertes par différents niveaux de secret. Attention toutefois à l'absolue nécessité de comprendre qu'il faut « vraiment » mettre en place des pratiques rigoureuses concernant la gestion des données et des compétences des utilisateurs. Il est notamment impératif que les utilisateurs soient formés ou informés des limitations d'usage (domaine opérationnel) de l'outil à base de LLM ou RAG qu'ils sont amenés à utiliser.

Les défis à relever

Quels sont les moyens pour faire cohabiter les larges corpus hétérogènes et les corpus industriels souvent très organisés, ayant fait l'objet de stockage, d'indexation rigoureuse, d'une maintenance méthodique à grands frais sur de longues périodes, véritables patrimoines industriels? On pense aux grandes bases documentaires ou autres systèmes d'information structurés porteurs de l'expertise voire du secret industriel. Évidemment, il est hors de question à ce jour de déverser ces patrimoines industriels sur les plates-formes de tests de telle ou telle plate-forme d'IA générative.

1. **Vérification des résultats.** De manière générale, de quels moyens disposons-nous pour vérifier les résultats? Est-il possible de mettre en place des tests automatisés comme cela se pratique pour les logiciels classiques? Un second besoin est lié à la mesure de la garantie des résultats générés, on pense ici à l'apport de démonstrations mathématiques qui aideraient à contrer les écueils de la variabilité des résultats voire du non-déterminisme si perturbant.
2. **Fiabiliser les LLM.** Concernant les erreurs et autres hallucinations, y a-t-il lieu d'interroger la possibilité de les réduire à défaut de les supprimer? Si oui dans quelle proportion?
3. **Vers une ingénierie des LLM.** A défaut de garantie ou vérification, avons-nous des mé-

thodes systématiques qui indiqueraient les bienfaits : d'une ingénierie du prompt, de la taille d'un corpus à usage strict en *fine-tuning*, de l'hybridation avec une représentation des connaissances, d'injection pré ou post de règles?

4. **Sortir du conversationnel.** Le dialogue ou le modèle conversationnel avec prompt sont-ils les plus à même de favoriser la convergence de données structurées et de LLM?
5. **Impact énergétique.** Comment évaluer le coût écologique des LLM? A partir de quel(s) critère(s) se fonder pour un choix éclairé et consenti de l'usage de cette technologie émergente?
6. **Langue et impacts culturels.** La dominance de la langue anglaise a-t-elle des effets structurels sur les résultats générés? Existe-t-il des comparaisons de taux d'erreurs par langues? Qu'attendre d'un corpus large en anglais et d'un corpus strict en une autre langue?
7. **LLM et facteurs de formes.** Faudrait-il éviter d'utiliser un vocabulaire trop anthropomorphe pour réduire les confusions, les déceptions ou inversement un niveau trop élevé de confiance et ainsi réduire les écueils d'enjeux culturels?
8. **Stabilité et Qualité.** Comment entretenir le niveau de qualité des réponses (cf. les phénomènes de baisse de performance de GPT 4 en 2023)? Comment garantir qu'un simple changement d'*embedding* ou de prompt n'entraîne pas des baisses de qualité significatives?
9. **Enrichissement permanent.** Comment s'assurer d'intégrer les experts dans la boucle d'amélioration continue des données sans appauvrir leur capacité d'apprentissage? A contrario, comment gérer les données et connaissances obsolètes, présentes dans les modèles?



10. **Apprentissage.** Comment assurer la prise en main par des utilisateurs néophytes des bots issus de la mise en œuvre de ces IAG ?
11. **Généricité et indépendance.** Comment se rendre indépendant d'un LLM (modèle) spécifique ? De la nécessité de mettre au point de nouvelles architectures et des plates-formes « LLM indépendantes » ? Quelles autres IA sont nécessaires pour organiser, découper, curer, « accroître/augmenter » les données ?
12. **Sécurité.** Comment assurer la sécurité (cyber) de ces plates-formes ? Avec quels tests s'en assurer ? Comment se prémunir des nouvelles techniques de prompt-injection que nous ne savons que mal maîtriser à ce jour ?
13. **Le retour des documentalistes.** Comment réhabiliter certains métiers qui produisent les données indispensables à des mises en œuvre de ces LLM (documentaliste, rédacteur, *tech publisher*) ? Indispensable de rappeler l'importance de la qualité et de la quantité des données brutes !
14. **Gouvernance des données.** Comment renforcer/établir les principes de gouvernance des données et de disparition à terme des silos de données ? Ce sont des freins parfois définitifs à la mise au point d'assistants performants ! Cela amène à devoir rappeler quelques « anciens » principes qui eux-mêmes ont leurs outils : *knowledge management*, interopérabilité, gestion électronique des documents, etc. Ces outils deviennent indispensables pour produire de la donnée « consommable » par les LLM, mais aussi pour la faire vivre, la maintenir, l'adapter, l'enrichir.

Voici donc quelques-unes des questions auxquelles les industriels doivent répondre avant de s'approprier les technologies des LLM et IA génératives. En effet, il reste à établir quelques certitudes nécessaires dès lors que

l'on touche aux domaines du nucléaire, à la défense, à l'avionique, au droit, à la finance, à la pharmacie, au médical, etc.

Y a-t-il une démarche à suivre ?

L'ensemble de ces questions recevra une réponse différente dans chaque entreprise selon son contexte de compétences internes, selon le niveau de confidentialité ou de secret de ses données et suivant les moyens de calcul et de stockage internes ou externes auquel elle peut avoir accès en satisfaisant ses exigences de confidentialité.

Un certain nombre de recommandations sont publiées d'ores et déjà concernant les risques de cybersécurité ou concernant les risques de fuites de données induits par l'usage des LLM. Un certain nombre de guide méthodologiques de bonnes pratiques en matière d'IA, de gestion des données et de formation des utilisateurs sont publiés : commission européenne, EASA, DGA, etc. Certaines de ces recommandations ne diffèrent pas de recommandations plus classiques en matière de cybersécurité, de fuites de données ou d'usage d'algorithmes complexes, à base d'IA symbolique, numérique ou neuronale ou pas, en connexion avec l'internet mondial ou non.

De manière générale, il paraît essentiel d'insister sur la gestion des données. Au-delà d'un discours marketing insistant sur les algorithmes et le *prompting*, sachant que pour mettre au point les LLM, qui sont des modèles de langage, les données publiques ont été « absorbées » de façon globale et sans réel discernement via des stratégie « big data ». Mais pour les mises en œuvre spécialisées et utilisables dans le monde des entreprises nous aboutissons invariablement à des approches de type « small data » pour lesquelles la qualité, la gestion, la « vivacité » et l'instrumentation / enrichissement de la donnée brute doivent occuper une place prépondérante des projets exploitant des



LLM. Dans ce registre rappeler l'importance d'outils de *knowledge management* ou les stratégies de gouvernance, par exemple, n'est-il pas indispensable ?

Il semble également important d'insister sur la nécessaire formation des utilisateurs afin qu'ils comprennent à quel genre d'outil ils ont affaire et sachent se poser la question d'en reconnaître les limitations d'usage et les risques. Il va de soi que les développeurs de solutions internes ou externes doivent être des utilisateurs avertis ou a minima formés et informés des usages autorisés et ceux qui ne le sont pas concernant les bases de données qui seront exploités en développement ou en utilisation.

Glossaire

- **IAG** : Intelligence Artificielle Générative. Domaine de l'intelligence Artificielle fondé sur une approche statistique et dont l'objectif est de fabriquer une réponse sous la forme d'un texte, d'une image, d'un code informatique, voire d'une combinaison de médias.
- **GPT** : *Generative Pre-trained Transformer* ou transformeur génératif pré-entraîné. C'est une famille de modèles de langage servant notamment au sein de moteur d'agent conversationnel (ChatBot) pour ChatGPT.
- **LLM** : *Large Language Models*. C'est un

langage basé sur des réseaux de neurones artificiels en capacité à apprendre des relations statistiques à partir de documents textuels (par exemple) lors d'un protocole d'entraînement supervisé (auto-supervisé, voire semi-supervisé).

- **PROMPT** : *Prompting*. Le *prompt*, en français « invite » ou « ordre », est le format de la requête qui est soumise à l'application d'IAG. Le « *prompting* » est l'art de fabriquer la bonne requête par rapport à ce que l'on attend et en fonction de l'application d'IAG sollicitée. La réponse à un « *prompt* » s'appelle « achèvement ».
- **RAG** : *Retrieval Augmented Generation* ou Génération Augmentée de Récupération. C'est une technique de traitement du langage naturel qui est considérée comme un sur-ensemble du LLM. L'objectif étant de prendre en compte « des règles ou des faits plus récents et plus fiables » afin de gommer le côté statistique des LLM.
- **Token**. Le *Token* ou jeton est une unité de texte que le programme de langage naturel utilise afin de gérer (c'est-à-dire, comprendre puis de générer) du langage. Ainsi, il correspond approximativement à 4 caractères en anglais. Une centaine de *tokens* peuvent ainsi représenter 75 mots.

■ Jeolis Solutions : l'intelligence artificielle forgée au cœur des volcans d'Auvergne

Jeolis Solutions
Domaine/objet de l'entreprise
www.lojelis.com

Xavier GOBLET
xavier.goblet@lojelis.com

Jean-Christophe JOURDY
jean-christophe.jourdy@lojelis.com

Présentation de l'entreprise

Jeolis Solutions, Jeune Entreprise Innovante installée à Clermont-Ferrand, est l'entité

R&D du groupe Lojelis. Forte d'une équipe pluridisciplinaire composée de docteurs en informatique, en psychologie et d'ingénieurs, nous



avons à cœur de rendre l'Intelligence Artificielle (qu'elle soit « Symbolique » ou « Apprentissage Automatique ») facilement accessible aux experts métiers et aux utilisateurs finaux, tout en tenant compte des impacts sociétaux (écologie, éthique, etc.) des technologies employées. Nos secteurs d'activité sont principalement la santé, l'environnement, la culture et l'industrie qui nécessitent une utilisation innovante et pratique de l'IA avec les défis et opportunités propres au secteur industriel, comme illustrés dans les paragraphes suivants. Pour renforcer le caractère scientifique de nos travaux, nous collaborons régulièrement avec le laboratoire d'informatique (LIMOS, UMR 6158) de l'Université Clermont Auvergne dans le cadre d'une thèse CIFRE et autres projets collaboratifs de recherche, ainsi qu'avec les formations ISIMA et Master au travers de projets et stages d'étudiants.

L'intelligence artificielle hybride au service d'une Éducation Thérapeutique du Patient (ETP) interactive, motivante et personnalisée

Selon l'OMS, l'ETP vise à « aider les patients à acquérir ou maintenir les compétences dont ils ont besoin pour gérer au mieux leur vie avec une maladie chronique » au moyen d'un suivi régulier sur un temps long. Les freins à une ETP efficace sont : le manque de temps des praticiens et des patients, les contraintes économiques du monde de la santé, les contraintes écologiques (limiter les déplacements physiques), une accessibilité grandissante d'informations sur Internet pas toujours fiables, un contenu peu adapté à l'individu et une faible adhésion si la motivation du patient n'est pas maintenue. Digitaliser un programme ETP est devenu une nécessité, renforcée par la crise COVID, pour aboutir à une e-ETP ludique, motivante et personnalisée. En l'absence de travaux IA dédiés aux applications numé-

riques d'ETP, nous avons adapté la modélisation en logique du 1^{er} ordre proposée par [5] dans le cadre des systèmes adaptatifs d'hypermédia éducatif qui permet de naviguer dans un large espace de ressources en s'adaptant au besoin de l'utilisateur. Cette approche logique est intéressante car elle permet une définition des concepts avec un haut niveau d'abstraction indépendamment des technologies d'implémentation. Ce modèle permet une description logique de quatre composants : DOCS est l'espace des documents hypermédia, UM est le modèle des utilisateurs, OBS est l'ensemble des observations acquises lors des interactions d'un utilisateur avec le système numérique et AC est le composant d'adaptation permettant de proposer dynamiquement, en suivant les principes d'une pédagogie behavioriste [1], les prochains liens de navigation. Notre brique motivationnelle implémente cette abstraction logique en utilisant OWL2 pour les connaissances statiques (DOCS, UM, OBS) et SWRL pour les connaissances dynamiques AC. Ces technologies Web Sémantique sont orchestrées par le module d'exécution Python Owlready2 [7] qui permet de combiner efficacement un langage impératif Objet et les logiques déclaratives OWL2/SWRL [3]. Afin de pallier des limitations de SWRL et diminuer l'usage de code impératif, nous combinons récemment les logiques OWL2 et *Answer Set Programming* [4].

En partant du constat qu'il est difficile de prendre en compte la dimension temporelle d'un historique d'activités pour chaque utilisateur/patient en logique classique du 1^{er} ordre, ainsi que dans les représentations OWL2 et SWRL, nous avons proposé l'usage d'algorithmes de prise de décision séquentielle dits « bandits » en formalisant le parcours optimal d'un patient ETP dans un large espace d'activités ludiques comme un problème de bandit Bernoulli avec récompenses binaires [2]. L'implémentation effective est réalisée par la mé-



thode d'échantillonnage de Thompson (TS), historiquement la première approche « probabiliste/bayésienne » utilisée pour les essais cliniques. Longtemps oubliée, l'approche TS revient sur le devant de la scène des bandits multi-bras, étant donné sa simplicité mais aussi ses performances versus la plupart des approches « fréquentistes » des bandits actuels.

Reconnaissance multimodale et non intrusive des émotions par Apprentissage Automatique

Régulièrement concerné par les données de patients nécessitant un suivi continu et très personnalisé, Jeolis Solutions entend intégrer dans ses solutions la prise en compte multimodale des émotions des patients lors de ce suivi. Corroborer les émotions aux réponses des patients à des questionnaires protocolisés est tout aussi important dans le suivi du bien-être du patient face à une douleur, une anxiété ou des effets indésirables d'un traitement médicamenteux. En avril 2021, nous avons débuté une thèse CIFRE avec le laboratoire d'informatique LIMOS sur la reconnaissance automatique des émotions en les collectant à partir des expressions faciales, vocales et textuelles. Ces trois modalités ont été choisies car elles peuvent être obtenues de manière non intrusive (sans appareil posé sur la personne). La thèse implique l'étude et le développement de modèles d'apprentissage machine capables d'extraire les informations pertinentes pour reconnaître l'émotion finale. Les principaux verrous scientifiques abordés dans cette thèse sont :

1. Les algorithmes de fusion multimodale pouvant gérer les contradictions ou la redondance d'informations ainsi que l'absence d'une ou plusieurs modalités [11].
2. La prise en compte de l'ambiguïté des émotions dans leur représentation et dans les données multimodales. L'ambiguïté émotionnelle est la difficulté que nous avons

pour identifier, exprimer et reconnaître une émotion avec certitude [10].

3. L'absence de bases de données d'entraînement en français, qui plus est pour les modalités textuelle et vocale.

Au-delà des applications en santé de la reconnaissance multimodale et non intrusive des émotions, de plus en plus d'expériences utilisateur sont créées artificiellement grâce aux technologies numériques comme la réalité virtuelle ou augmentée ; par exemple, une visite augmentée d'un musée ou d'une exposition culturelle. Dans ce cadre, il devient alors important de qualifier émotionnellement l'expérience vécue par l'utilisateur en rapport aux objectifs attendus afin de l'ajuster si nécessaire.

Apprentissage par renforcement en interaction avec un jumeau numérique

Dans un contexte réel de lignes de traitement chimique de surfaces avec vingt gammes (programmes) différentes pouvant contenir au minimum 4 étapes, au maximum 19 et en moyenne 9, la combinatoire est très importante. Il s'ajoute aussi des contraintes supplémentaires comme : l'entrée est aussi la sortie, une zone de transfert entre lignes, etc. En l'absence d'un planning opérationnel défini amont ou pour répondre à une demande prioritaire, l'opérateur doit décider « Quand introduire la prochaine pièce à traiter dans la ligne sans risquer un blocage complet de la chaîne ? ». Nous pouvons formaliser cette question comme un problème de planification dynamique de déplacements de palans robotisés (*Multi Hoist Scheduling Problem*) abordé dans la littérature comme une combinaison complexe du *Job Shop Scheduling* (planifier les processus fonctionnels) et la planification des déplacements des robots [8]. Là où les approches standards échouent face à un contexte réel complexe, la combinaison gagnante Jumeau Numérique et Apprentissage par Renfor-



cement rend le problème résoluble. L'utilisation d'un jumeau numérique offre une représentation précise et réaliste de l'environnement, ce qui permet à l'agent d'explorer et d'apprendre de manière plus sûre et plus efficace. Le code est en production pour un industriel du traitement de surfaces métalliques et utilisé chaque jour.

L'intelligence artificielle au service d'une mobilité durable

Pour l'utilisateur final, la technologie des véhicules hydrogènes (H2) avec piles à combustible semble être une bonne solution pour développer une mobilité décarbonée puisque qu'un véhicule H2 n'émet pas de gaz à effet de serre ou de polluants pendant qu'il roule. De plus, ils présentent des avantages importants par rapport aux véhicules électriques avec un temps de rechargement beaucoup plus rapide et une autonomie beaucoup plus importante. Malgré ces avantages, l'écosystème hydrogène a encore besoin de temps pour être perfectionné, notamment en matière de coûts et types de production H2, ainsi qu'au niveau de la chaîne logistique qui inclut la production, le stockage, la distribution et l'utilisation finale. L'infrastructure embryonnaire des stations de recharge constitue aussi un frein pour le développement des véhicules à hydrogène car le coût d'installation d'une station est très élevé (environ 1 M €). Un autre problème est que les demandes de rechargement d'hydrogène sont encore un facteur d'inconnu et difficile à prévoir par le manque d'historique. Afin de contourner ces problèmes de coût, de calibration des demandes, de nouveaux cas d'usage sont proposés comme les stations de rechargement mobiles. Il y aura donc un besoin de planification optimale d'une flotte de stations de recharge mobiles d'hydrogène pour répondre à des demandes en temps réels. Que ce soient les stations fixes ou des sites dédiés, comment ne

pas introduire un blocage du système de distribution H2 sans prise en compte d'une hiérarchisation des acteurs de la chaîne? Le but de nos travaux est de trouver les bonnes solutions algorithmiques qui sont capables d'apprendre au gré des données acquises au fil du temps. Une approche possible est un modèle d'apprentissage par renforcement multi-agent couplé avec un algorithme de décision centrale [9, 6]. Chaque agent représente un acteur de la chaîne logistique Hydrogène dont les actions, décidées à partir d'un recueil de données et de stratégies spécifiques, ont pour but d'inciter l'algorithme de décision centrale de prendre des décisions en sa faveur. L'algorithme de décision centrale quant à lui doit trouver une affectation équitable entre les objectifs globaux du système et les objectifs individuels des agents.

Références

- [1] A. Giordan. Éducation thérapeutique du patient : les grands modèles pédagogiques qui les sous-tendent. *Therapeutic patient education : The main learning models which underlie them. Médecine des Maladies Métaboliques*, 4(3) :305–311, 2010.
- [2] Xavier Goblet. Parcours éducatif optimal d'un patient : étude par simulation d'algorithmes adaptatifs. In Sihem Amer-Yahia and Arnaud Soulet, editors, *Extraction et Gestion des Connaissances*, volume E-38 of *RNTI*, pages 257–264. Editions RNTI, 2022.
- [3] Xavier Goblet and Christophe Rey. Suivi thérapeutique intelligent par recommandation à base d'ontologie et de règles. In *Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle*, 2020.
- [4] Xavier Goblet, Christophe Rey, and Adrien Collange. Hybridation opérationnelle des logiques OWL2 et ASP pour améliorer



- l'expressivité déclarative. In *Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle*, pages 108–117, 2023.
- [5] Nicola Henze and Wolfgang Nejdl. A logical characterization of adaptive educational hypermedia. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 10(1) :77–113, 2004.
- [6] T. Hu, B. Luo, C. Yang, and T. Huang. Mo-mix : Multi-objective multi-agent cooperative decision-making with deep reinforcement learning. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(10) :12098–12112, oct 2023.
- [7] Jean-Baptiste Lamy. Owlready : Ontology-oriented programming in python with automatic classification and high level constructs for biomedical ontologies. *Artificial Intelligence in Medicine*, 80 :11–28, 2017.
- [8] Ricardo Pérez-Rodríguez. Simulation optimization for the multihoist scheduling problem. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2021(1) :6639769, 2021.
- [9] Roxana Rădulescu, Patrick Mannion, Diederik M. Roijers, and Ann Nowé. Multi-objective multi-agent decision making : a utility-based analysis and survey. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 34(10) :1573–7454, 2019.
- [10] Hélène Tran, Lisa Brelet, Issam Falih, Xavier Goblet, and Engelbert Mephu Nguifo. L'ambiguïté dans la représentation des émotions : état de l'art des bases de données multimodales. In *Conférence Extraction et Gestion de Connaissances*, 2022.
- [11] Hélène Tran, Issam Falih, Xavier Goblet, and Engelbert Mephu Nguifo. Do multimodal emotion recognition models tackle ambiguity? In Patrizia Paggio, Albert Gatt, and Marc Tanti, editors, *2nd Workshop on People in Vision, Language, and the Mind*, pages 6–11. European Language Resources Association, 2022.

■ Thales : l'Intelligence Artificielle pour réduire l'impact de l'aviation sur le climat

Thales
Research and Technology, France
www.thalesgroup.com

Céline REVERDY
celine.reverdy@thalesgroup.com

Teodora PETRISOR
teodora.petrisor@thalesgroup.com

Avec sa part estimée à 3,5% d'émissions globales (CO₂ et non-CO₂) l'aviation et le climat ne font pas bon ménage¹, ceci à plus forte raison si le trafic aérien continue d'augmenter. La décarbonation du secteur aérien reste un des grands défis à relever d'ici 2035.

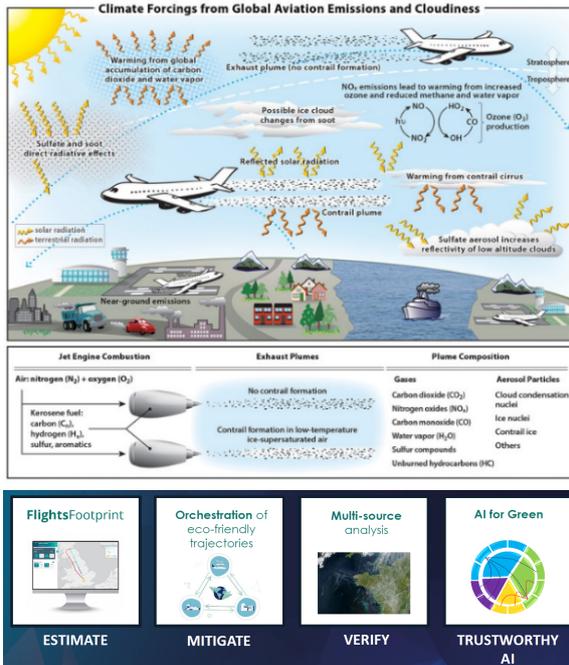
Thales, grâce à son positionnement de

leader dans le domaine de la gestion du trafic aérien ainsi que son investissement dans la recherche d'IA de confiance, a un rôle central dans l'interaction entre les différents acteurs dans la course à l'aviation propre en coordonnant par exemple projet SESAR3 CONCERTO.

1. Voir par exemple « [Climate change and flying: what share of global CO2 emissions come from aviation?](#) ».



Thales est engagé dans l'amélioration d'opérations aériennes au-delà du CO₂ à travers son programme *Green Operations* qui vise à utiliser tous les leviers dans la gestion des effets de l'avion sur le climat : estimation, atténuation, vérification [2].



Source : Lee et al., Atmosph. Env. 2021

Parmi ces effets les émissions de CO₂ ne représentent qu'environ un tiers [1], le reste pouvant être attribué aux facteurs dits non-CO₂ : oxyde d'azote, suies, traînées de condensation, vapeur d'eau. Et parmi eux, les traînées de condensation, aussi appelées *contrails*, pourraient avoir un impact doublant celui du CO₂.



Les *contrails* sont des nuages filiformes se formant à l'arrière des avions en altitude de croisière, entre 7 et 12km, lorsque certaines conditions atmosphériques, telles qu'une sursaturation en glace et un grand taux d'humidité relative, sont réunies.

Lorsque les *contrails* perdurent au-delà de

la dizaine de minutes elles évoluent dans des cirrus et contribuent à l'effet de forçage radiatif de la Terre, impactant ainsi le climat.

La formation de *contrails* pourrait être évitée en agissant sur les trajectoires des avions, verticalement ou latéralement afin d'éviter les zones atmosphériques propices.

De plus, des travaux ont souligné que très peu de vols produisent des *contrails* persistantes. **Il a été estimé [4] que 3 % des vols sont responsables pour plus de 80% des effets de forçage radiatif dus aux contrails.** Une réduction de 40 % de la couverture des *contrails* peut être réalisée tout au long de l'année avec une augmentation du temps de vol de moins de 2%. Si la couverture des traînées de condensation d'un vol est réduite, son impact climatique l'est également. Une récente publication portant sur les vols dans l'espace aérien japonais a conclu qu'en déviant 1,7% des vols, il serait possible de réduire le forçage radiatif des traînées de condensation de 59,3% avec une pénalité de consommation de carburant de seulement 0,014 %.

La prise en compte des effets non-CO₂ en général, et des *contrails* en particulier dans les opérations et régulations aériennes est néanmoins aujourd'hui à peine naissante. Ceci est dû aux importantes incertitudes en termes de : prédiction, estimation de leur impact réel, ainsi qu'à l'absence de consensus dans la communauté scientifique sur les bonnes métriques à utiliser.

Le 23 novembre 2020, la Commission européenne a rédigé un rapport sur « l'analyse actualisée des impacts climatiques non liés au CO₂ de l'aviation et des mesures politiques potentielles conformément à l'article 30, paragraphe 4, de la directive sur le système d'échange de quotas d'émission de l'UE ». Ce rapport officiel reconnaît que l'impact climatique de l'aviation pourrait être réduit par des moyens opérationnels en évitant les régions



propices à la formation de traînées de condensation. En parallèle, il reconnaît que des efforts et des moyens doivent être déployés pour réduire les incertitudes dans ces domaines clés.

Et l'IA dans tout cela ?

Des algorithmes et mesures augmentant la confiance sont critiques à ce stade.

Sans réduction d'incertitudes la prise en compte des stratégies d'évitement de *contrails* dans les opérations ne pourra pas se faire. Il y a plusieurs moyens d'action sur les incertitudes : en utilisant l'assimilation de données pour affiner les modèles, en utilisant des données historiques pour vérifier les modèles, en investissant dans des nouveaux capteurs plus fiables, etc. Les premières deux directions sont hautement dépendantes des algorithmes déployés.

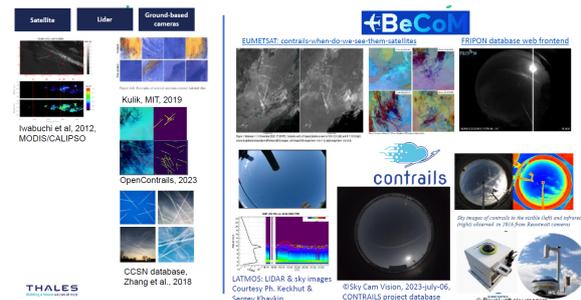
L'IA joue un rôle déterminant, en particulier dans l'exploitation d'observations issues des capteurs (satellite, imagerie sol, lidar, etc.) pour vérifier des prédictions ou explorer la physique pour mieux prédire leur dynamique.

Les algorithmes d'IA développés doivent en outre eux-mêmes être fiables.

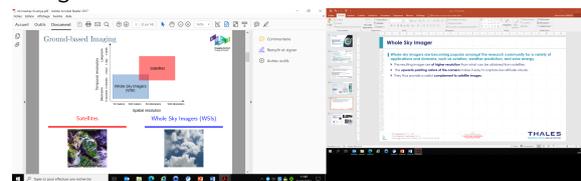
Nous explorons en priorité deux axes de recherche en IA pour la vérification de *contrails* en *hybridant nos modèles par la géométrie ou par la physique*. Le but est d'obtenir des solutions robustes et frugales (en nécessité des données d'entraînement, en taille de modèle, en temps de calcul).

Par vérification, nous entendons qu'une traînée de condensation prédite en fonction d'une trajectoire d'aéronef donnée, des conditions météorologiques et d'autres facteurs (modèle d'aéronef, type de carburant, etc.), si elle s'est effectivement produite, peut être enregistrée par de multiples capteurs [3] tels que :

imageurs du ciel dans le spectre visible ou infrarouge (caméras *fish-eye*), satellite, lidar, caméra planaires ou *wide-angle*, etc. Ainsi nous pouvons bénéficier de la diversité des sources tout en développant les algorithmes adéquats à leurs spécificités.



Pour obtenir la couverture à l'échelle mondiale des *contrails* à un instant donné, on peut utiliser des images satellite. Cela présente néanmoins certaines limitations notamment à cause de leur résolution temporelle et des différentes occlusions. La résolution temporelle n'est en général pas suffisante pour détecter les traînées de condensation dès leur formation, ce qui rend plus difficile l'estimation de leur dynamique de transformation dans des cirrus induits. Un ajout très utile aux images satellite est constitué par des imageurs au sol : des caméras normales ou à grand angle, ou des imageurs du ciel dédiés.

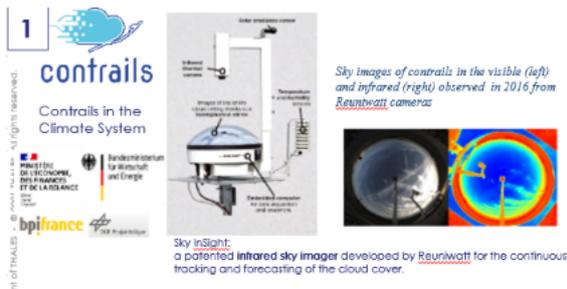


Ceux-là captent les traînées de condensation avec une résolution temporelle beaucoup plus fine et dans leurs zones de formation, mais n'offrent qu'une vue locale. Dans les deux techniques d'imagerie, l'épaisseur optique de la traînée de condensation sur toute sa hauteur est assez imprécise ; pourtant, il s'agit d'un paramètre clé tant pour estimer la durée de vie de la traînée de condensation et son forçage radiatif effectif. Ces mesures peuvent être complétées



par des mesures LIDAR pour affiner la résolution verticale des traînées de condensation. Le LIDAR peut fournir des observations de nuages de glace avec une haute résolution verticale (75m) et leur évolution (minutes) en termes de forme et d'altitude. Il s'agit d'un outil utile pour améliorer et vérifier les informations provenant des imageurs du ciel en n'utilisant qu'un seul instrument ou plusieurs en mode stéréo.

Thales travaille actuellement dans deux projets de recherche – CONTRAILS et BeCOM – avec des spécialistes de tous ces instruments afin d'acquérir et de choisir les ensembles de données adéquats pour le développement de nos algorithmes d'IA.



Dans le cadre du projet **CONTRAILS**, nous avons l'opportunité d'accéder à des imageurs du ciel de pointe grâce au partenariat avec la PME française **Reuniwatt**. Cependant, la nature hémisphérique de ces images limite les performances des techniques classiques d'IA telles que les réseaux neuronaux convolutionnels. Nous sommes actuellement en train d'étudier le développement d'algorithmes d'IA travaillant directement dans la géométrie native de ces images et offrant une robustesse intrinsèque aux changements structurels. **Ces algorithmes (apprentissage profond géométrique) utilisent la géométrie et la théorie des groupes pour développer des réseaux neuronaux invariants aux rotations, aux changements d'échelle, aux variations d'éclairage, etc. pour la détection des traînées de condensation**, tout en contournant les problèmes de déformation qui surviennent lors de la projection

d'images sphériques sur le plan. Ils offrent des garanties mathématiques de robustesse et de frugalité (reposent beaucoup moins sur l'augmentation de données), mais nécessitent des schémas numériques efficaces pour leur mise en œuvre. Une deuxième piste explorée actuellement chez Thales est l'hybridation par la physique pour étudier/modéliser la dynamique des *contrails* dans les modèles de prédiction.

Nous développons également une méthodologie expérimentale de validation des algorithmes ainsi que les outils appropriés pour ces catégories de méthodes d'IA.

Dans le projet Horizon Europe **BeCoM**, notre travail complète toutes ces méthodes en considérant des réseaux neuronaux informés par la géométrie et/ou la physique dans un contexte multi-source : satellite, sol et LIDAR, ainsi qu'en travaillant sur l'optimisation de trajectoires prenant en compte ces aspects.

La valorisation de ces méthodes d'IA devrait se poursuivre dans le projet **CONCERTO** visant le développement d'une solution opérationnelle, en bénéficiant de la présence des acteurs majeurs dans le Nord-Ouest de l'Europe comme l'alliance **Borealis**, ainsi que de la présence des partenaires scientifiques, DLR, TU-Delft, DWD. Nous visons à adresser justement ces *big hits* : les quelques vols portant le plus grand impact.

Enfin, Thales s'associe à EUROCONTROL dans l'initiative **CONTRAILNET**, lancée en novembre 2023, de création d'un réseau de partage et d'échange d'expertise, de données et de méthodologies et bonnes pratiques concernant la prise en compte des *contrails*.

Références

- [1] D.S. Lee, D.W. Fahey, A. Skowron, M.R. Allen, U. Burkhardt, Q. Chen, S.J. Doherty, S. Freeman, P.M. Forster, J. Fuglestedt, A. Gettelman, R.R. De León, L.L. Lim, M.T. Lund, R.J. Millar, B. Owen, J.E. Pen-



- ner, G. Pitari, M.J. Prather, R. Sausen, and L.J. Wilcox. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 244 :117834, 2021.
- [2] J. Lopez, D. Antonello, T. Petrisor, P. Feineyrou, and F. Barbaresco. Green operations : Act now to engage the ecological transition of aviation. In *Climaviation workshop on non-CO2 effects*, March 2023.
- [3] T. Petrisor and F. Barbaresco. Robust and trustworthy AI for green aviation. In *Eurocontrol Sustainable Skies Conference : Contrails in Focus*, 2023.
- [4] Roger Teoh, Ulrich Schumann, Arnab Majumdar, and Marc E. J. Stettler. Mitigating the Climate Forcing of Aircraft Contrails by Small-Scale Diversions and Technology Adoption. *Environmental Science & Technology*, 54(5) :2941–2950, 2020.

■ Cosling : la configuration sous contraintes

Cosling S.A.S.
<https://www.cosling.com/>

Jean-Guillaume FAGES
contact@cosling.com

Tanguy LAPÈGUE
contact@cosling.com

Cosling, Constraint-Solving

Fondé en 2014, Cosling est une spin-off de l'IMT Atlantique, qui dispose d'une expertise unique en Programmation par Contraintes. Issue des travaux de recherche des laboratoires IRCCYN, LINA et INRIA, Cosling contribue notamment au développement de Choco Solver [6], un outil *open source* très puissant à la croisée de l'Intelligence Artificielle et de la Recherche Opérationnelle. Fort de cette expertise, Cosling développe des algorithmes d'optimisation sous contraintes ainsi qu'une solution générique de configuration.

Algorithmes d'optimisation sous contraintes

Cosling développe des algorithmes d'optimisation sous contraintes pour répondre à des problématiques métier spécifiques. Notre plus-value réside dans la capacité à modéliser finement le problème de décision (planification, ordonnancement, affectation, placement, etc.) pour atteindre les objectifs métiers. Nos algo-

rithmes bénéficient de la flexibilité et de la puissance de calcul de Choco Solver tout en s'intégrant facilement dans les systèmes d'information sous la forme de micro services, accessibles *via* des API webs. Nos solutions ont ainsi pu être déployées avec succès sur des secteurs très variés tels que le ferroviaire [3], la défense, l'aéronautique et le spatial, les services, le BTP ou les industries manufacturières [2].

Un configurateur générique

Dans le contexte d'un marché mondialisé, avec des clients de plus en plus exigeants, nombreuses sont les entreprises qui cherchent à personnaliser leurs produits tout en conservant des processus industriels. La confrontation de cet enjeu de croissance et de cette contrainte de performance a naturellement conduit au développement des outils de configuration [1, 8, 4, 7] dont l'usage tend aujourd'hui à se démocratiser, notamment avec l'essor des visualisation 3D.

Dans ce contexte marché et puisque la



création à partir de zéro d'un configurateur dédié à une application spécifique est fortement déconseillée [5], le développement d'un configurateur générique s'est imposé comme une évidence. Depuis 2019, Cosling travaille ainsi au développement d'un configurateur générique reposant sur le paradigme de la Programmation par Contraintes et bénéficiant des performances de Choco Solver [6]. Pensé comme une suite SaaS permettant l'édition, le test et la publication de modèles complexes pouvant alors être utilisés via une API spécifique par des utilisateurs novices, le Configurateur Cosling gère un large éventail de contraintes, sur les entiers comme sur les réels et embarque nativement des stratégies de recherche efficaces, notamment pour l'optimisation.

Du point de vue des usages, cet outil permet, entre autres, d'explorer des catalogues complexes de manière interactive, de modéliser un processus métier pour automatiser des calculs et de simplifier la CAO en associant géométrie 3D et règles métier. Le Configurateur Cosling a été utilisé avec succès sur des problématiques industrielle de calcul de coût de revient et d'aide à la conception (pompes et centrifugeuses industrielles, chaudières à copeaux de bois, moteurs électriques, impression d'étiquettes, etc.).

Modélisation

Nous résumons ici les notions clefs du paradigme de la Programmation par Contraintes et détaillons leur intérêt dans le cadre du Configurateur.

Variables

Les *variables* représentent les inconnues de la configuration et sont donc associées à un *domaine de définition* représentant les valeurs possibles pour cette variable. Les domaines de définition peuvent être définis sur les entiers

ou les réels au moyen de listes et d'intervalles. Pour simplifier la compréhension des modèles tout en factorisant l'information, le Configurateur permet de déclarer les domaines indépendamment de leurs variables, permettant ainsi à plusieurs variables d'utiliser le même domaine. Leurs valeurs peuvent également être associées à des labels pour gagner encore en lisibilité.

Trouver une configuration valide revient alors à *instancier* chaque variable, c'est-à-dire à lui affecter une valeur de son domaine de définition de manière à respecter l'ensemble des *contraintes* associées au modèle mais également celles ajoutées durant le processus de configuration suite à l'expression d'un choix utilisateur.

Contraintes

Une contrainte porte sur un ensemble de variables et permet de définir en *intention* ou en *extension* les valeurs que peuvent prendre ses variables pour que la contrainte soit respectée. Autrement dit, une contrainte définit une propriété logique devant être respectée par les valeurs que prennent un ensemble de variables et permettent donc d'interdire certaines configurations.

Le Configurateur permet d'utiliser de nombreuses contraintes, comme par exemple les contraintes arithmétiques (+, -, *, /, *mod*) pour les opérations de bases; les contraintes trigonométriques (cos, sin, tan, arccos, arcsin, arctan) pour les applications robotiques; les fonctions non linéaires (^, ln, exp) pour les calculs physiques (ex. de puissance ou de rendement); et les contraintes logiques (*and*, *or*, *if*, *iff*) pour définir des conditions.

D'un point de vue utilisateur, l'interface d'édition des contraintes inclut des sélecteurs contextualisés qui assistent l'utilisateur en ne lui proposant que les éléments cohérents d'un point de vue syntaxique.



Variables et contraintes avec les catalogues tamment :

Bien souvent, les entreprises ont déjà structuré une partie de la diversité de leurs produits au moyen de feuilles Excel listant les caractéristiques d'une même famille de produit (dimensions, poids, prix, compatibilités, etc.) et précisant les valeurs de ces caractéristiques pour chaque référence du catalogue.

Il est bien sûr possible de transposer cette logique en associant manuellement une variable à chaque cellule Excel, en leur associant un domaine de définition correspondant au contenu de la cellule associée et en utilisant une contrainte de table permettant de garantir que les variables prennent des valeurs correspondant à l'une des lignes de la feuille Excel. En pratique, ce travail de traduction est totalement transparent pour l'utilisateur qui n'a qu'à importer ses feuilles Excel sur autant de catalogues qui peuvent alors être utilisés au sein d'un modèle qui hérite automatiquement des variables de ce catalogue. Des contraintes *table* et *element* implicites garantissent alors la cohérence des valeurs des variables avec le catalogue.

Une structure arborescente

Dans le cadre d'un usage réel, les produits et services proposés par les entreprises sont en règle général bien trop complexes pour envisager de les modéliser d'un seul bloc. Le modèle qui en résulterait contiendrait en effet des milliers de variables et de contraintes sans aucune structure, ce qui en rendrait la compréhension et la maintenance impossible. Pour cette raison, le Configurateur Cosling adopte un paradigme de configuration orienté objet dans lequel un modèle encapsule non seulement des variables et des contraintes, mais également un ensemble de modèles fils définissant ainsi un *pattern composant*. Cette architecture arborescente, illustrée à la Figure 1, permet no-

- faciliter la compréhension d'un modèle complexe en explicitant sa structure, ses fonctions ou ses usages ;
- organiser les attributs et les contraintes selon une logique orientée objet ;
- réutiliser des modèles autonomes pour éviter de se répéter ;
- permettre des occurrences multiples et dynamiques d'un même sous-modèle.

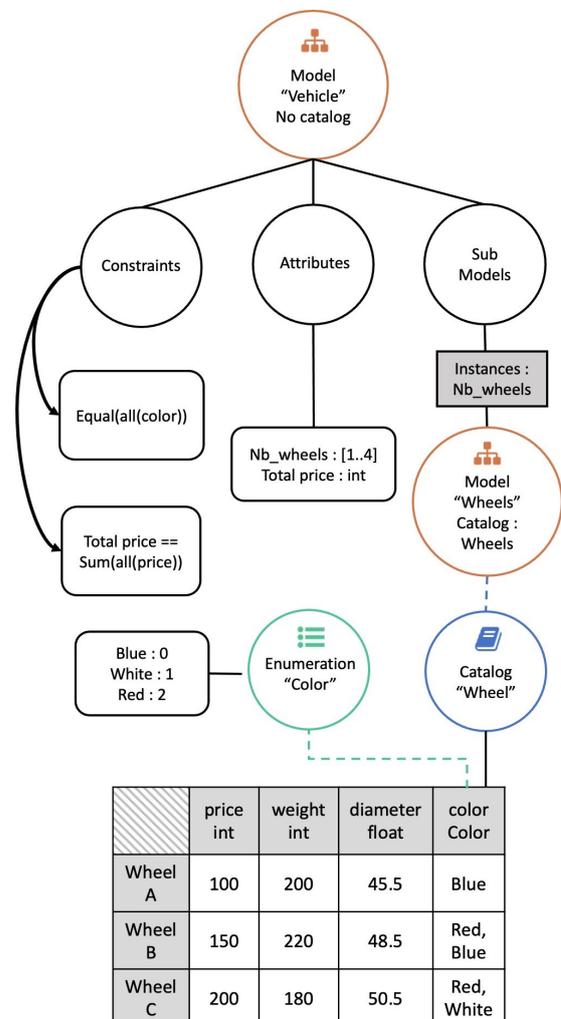


Figure 1 : Exemple de base



Processus de configuration

Formulaires

Un modèle pouvant contenir des milliers de variables, dont la plupart ne servent bien souvent qu'à des fins techniques, il est nécessaire de masquer une partie de cette complexité à l'utilisateur pour qu'il puisse se concentrer sur les variables qui ont un sens métier. Plus généralement, il est préférable d'être guidé au travers d'un parcours balisé plutôt qu'être laissé seul face à des centaines de choix. Pour cette raison, le Configurateur permet de définir des *formulaires* simplifiés pointant vers des modèles sous-jacents plus complexes.

Un formulaire est défini pour un modèle donnée comme une succession d'étapes, chaque étape servant de délimiteur « fort » pour le flux de travail de configuration. Les choix faits à une étape n sont en effet considérés comme définitifs à l'étape $n + 1$. Pour structurer une étape, il est possible de définir et d'imbriquer des groupes comprenant des champs. Un champ se définit simplement comme l'association d'une étiquette et d'une variable. Des options d'affichage graphique permettent également de préciser pour chaque champ la manière dont il doit apparaître à l'utilisateur (zone de texte simple, liste déroulante pour les domaines énumérés, case à cocher avec leur valeur associée, champ en lecture seule, etc.)

Test d'un formulaire

Exécuter un formulaire permet de tester le fonctionnement du modèle sous-jacent au travers d'une interface utilisateur permettant de consulter les caractéristiques de la solution proposée et d'interagir dynamiquement avec le noyau de calcul en faisant des choix ou en consultant les alternatives possibles. Un extrait de cette vue est donnée ci-dessous.

Figure 2 : Vue de configuration d'exemple

Heuristiques de recherche

L'obtention d'une solution pouvant être une tâche difficile, la stratégie de recherche est un élément essentiel pour les performances de l'application. Pour cette raison, le Configurateur embarque différentes heuristiques de l'état de l'art, optimisées à partir d'une analyse à chaud du modèle pour obtenir des solutions pertinentes en un temps très court.

Résolution de conflits

Durant le processus de configuration, l'utilisateur renseigne ses choix un à un. À chaque étape, une solution valide est proposée à l'utilisateur, qui passe donc d'une configuration valide à une autre en modifiant certaines options.

Dans le cas où certains choix utilisateurs seraient en conflits, c'est à dire que leur respect conduit à l'impossibilité de trouver une solution, le Configurateur initie alors un processus de résolution du conflit et propose de revenir sur un ou plusieurs choix antérieurs, de manière à satisfaire le dernier choix.

Conclusion

L'outil donne aujourd'hui satisfaction sur les différents cas industriels abordés, démontrant la pertinence de la Programmation Par Contraintes pour traiter les problèmes de configuration.

Des travaux sont en cours pour faciliter l'intégration du Configurateur au sein d'autres systèmes (ERP, CRM, PLM, CAO, etc.).



Enfin, des licences académiques pour la recherche et l'enseignement peuvent être accordées sur demande.

Références

- [1] F. Beuger, T. W. Sidle, L. W. Leyking, and A. G. Livitsanos. A programmable configurator. In *Proceedings of the 11th Design Automation Workshop, DAC '74*, page 177–185. IEEE Press, 1974.
- [2] Jean-Guillaume Fages. La programmation par contraintes au service de l'industrie. In *Actes des 18es Journées Francophones de Programmation par Contraintes*. Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 2023.
- [3] Anthony Guilbert and Jean-Guillaume Fages. [OpenGOV Etudes : optimisation de la capacité en gare](#). ROADEF, 2023.
- [4] Anders Haug, Lars Hvam, and Niels Henrik Mortensen. The impact of product configurators on lead times in engineering-oriented companies. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 25(2) :197–206, 2011.
- [5] Anders Haug, Sara Shafiee, and Lars Hvam. The causes of product configuration project failure. *Computers in Industry*, 108 :121–131, 2019.
- [6] Charles Prud'homme, Jean-Guillaume Fages, and Xavier Lorca. Choco documentation. tasc, inria rennes, lina cnrs umr 6241, cosling sas (2016). URL <http://www.choco-solver.org>, 2019.
- [7] D. Sabin and R. Weigel. Product configuration frameworks-a survey. *IEEE Intelligent Systems and their Applications*, 13(4) :42–49, 1998.
- [8] Yue Wang, Wenlong Zhao, and Wayne Xinwei Wan. Needs-based product configurator design for mass customization using hierarchical attention network. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 18(1) :195–204, 2021.

■ CS Group : UNseL, une technologie innovante pour une IA de confiance

CS GROUP
<https://www.csgroup.eu/fr/>

Introduction

L'IA chez CS GROUP

CS GROUP est une entreprise de taille intermédiaire composée de 2500 collaborateurs, spécialisée dans les systèmes critiques (Défense/Sécurité/Régalien, Espace,

Vincent BERMENT

email1@domain.fr

Marjorie ALLAIN-MOULET

email1@domain.fr

Thomas ANDREJAK

email1@domain.fr

Aéronautique, Énergie), pour conseiller, accompagner nos clients, quels que soient les enjeux. Concevoir, réaliser, déployer et maintenir les systèmes critiques, basés sur des solutions et produits innovants tout en garantissant la sécurité et l'efficacité de la conduite des opérations critiques de nos clients, telle



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

est la mission de CS GROUP. Nos domaines d'excellences vont du centre optimisé de commandement, de contrôle et de communication (C4ISR) aux centres de programmation et de missions spatiales en passant par la Data Intelligence, l'Intelligence Artificielle ou encore la cybersécurité souveraine.

L'Intelligence Artificielle est au cœur des différents produits développés pour nos clients. Dans le domaine de la Défense et Sécurité, CS utilise par exemple l'IA dans la lutte anti-drones, la protection portuaire ou encore l'aide aux opérations pour les centres de contrôle-commande. Dans le spatial, CS GROUP applique l'IA au traitement d'image, pour l'observation de la Terre, par exemple pour créer les cartes d'occupation des sols, ou reconstruire des images de bâtiments en 3D à partir d'images 2D. En aéronautique et industrie, CS GROUP développe pour ses clients de nombreux modèles prédictifs, notamment pour la maintenance des matériels aéronautiques ou la prévision des marchés.

Enfin, CS GROUP investit en R&D au travers de ses programmes d'innovation basés sur l'IA, comme l'IA embarquée, l'IA certifiée ou l'IA de confiance qui est le sujet de cet article avec UNseL, notre technologie d'analyse du langage, en réponse aux enjeux de sûreté et de systèmes critiques.

Le projet UNseL

UNseL est le résultat de travaux de R&D menés entre 2020 et 2022 pour la DGA, en collaboration avec le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) et Tétrás Libre, une TPE grenobloise spécialisée dans le Web sémantique. L'objectif de ce projet était de produire une maquette d'outil destinée à l'ingénierie logicielle et permettant :

- de produire une représentation pivot (interlingue), abstraite et non ambiguë des dif-

férentes spécifications conduisant à la réalisation d'un logiciel, depuis le besoin client jusqu'au niveau logiciel ;

- de générer, à partir de cette représentation abstraite, une description formelle (représentation logique) sur laquelle des raisonneurs pourront répondre à des questions portant sur la complétude, la cohérence et la précision d'un ensemble d'exigences ;
- de produire, à partir de règles de configuration des raisonneurs, des rapports ou aides interactives permettant de quantifier la qualité du référentiel et/ou de l'améliorer ;
- de régénérer les documents en langue naturelle (en français et anglais) à partir de leur représentation pivot, l'ensemble constituant un système de traduction automatique à sens garanti.

Compte tenu de l'objectif de garantie du sens, une approche entièrement symbolique a été mise en place, basée sur la compilation de dictionnaires et de règles. Cet ensemble constituant le programme est appelé « linguiciel ».

État de l'art

Les problématiques abordées dans le projet UNseL sont multiples. Certaines sont orientées métier (ingénierie des exigences, compilation du code à partir des spécifications), d'autres sont orientées TALN (analyse sémantique, traduction automatique, garantie du sens), ou encore ontologies (graphes sémantiques, extraction d'ontologies à partir de texte, etc.). Nous aborderons ici deux de ces problématiques : la garantie du sens et l'extraction d'ontologie.

Garantie du sens

La thèse de Guillaume DE LAGANE DE MALÉZIEUX [3] contient un état de l'art très riche sur le sujet, dans le contexte de l'analyse de spécifications techniques. L'approche privilégiée pour analyser des phrases de manière



sûre est de leur imposer des contraintes lexicales et grammaticales. On parle ainsi de langages spécialisés (SADT, UML, Z, B, Event-B...) et de langages contrôlés (par exemple, contraindre une syntaxe simple : [groupe nominal simple] + [groupe verbal] + [groupe nominal simple]. On peut obliger le groupe verbal à être constitué d'un modal (PEUT, DOIT, etc.) suivi d'un verbe à l'infinitif, etc.. Cette approche n'est cependant envisageable que dans certains contextes où la rédaction peut être contrainte, comme celui de l'ingénierie des exigences pour les systèmes critiques. Attention, même si l'obligation d'utiliser un langage spécialisé ou contrôlé rend efficace l'analyse automatique, elle nuit souvent à la compréhension et à l'expressivité du texte.

Pour aller plus loin, il faut résoudre le problème de l'ambiguïté, bien connu depuis les années 1960, qui est dû à l'explosion combinatoire obtenue lors de l'analyse d'une phrase. Des méthodes statistiques ou heuristiques ont très tôt été mises en œuvre pour éliminer les solutions les moins probables, mais ceci au détriment de la garantie du sens, les solutions les moins probables étant malgré tout possibles. En 1994, Hervé BLANCHON [2] a proposé dans sa thèse une approche interactive pour désambiguïser le texte en lieu et place de l'approche statistique. Si ces travaux ont partiellement résolu le problème de la garantie du sens, celui de l'explosion combinatoire restait entier.

Extraction d'une ontologie à partir de texte

Jusqu'aux années 2000, avant la suprématie des méthodes d'apprentissage profond, l'extraction des connaissances à partir de textes était basée sur des méthodes semi-manuelles, l'automatisation se concentrant sur l'analyse morpho-syntaxique des phrases, la structuration des connaissances en graphes étant gérée manuellement par un spécialiste du domaine.

Depuis, de nouveaux outils ont apparus, qui peuvent être utilisés de manière combinée pour collecter à partir de documents, extraire, stocker et gérer les connaissances sous forme de graphes de connaissances ou enrichir une base existante, selon le processus suivant :

- la collecte de textes à partir de documents ou de pages web : Scrapy, Beautiful Soup, Apache Nutch, etc. ;
- l'extraction d'entités relations et l'analyse morpho-syntaxique : Stanford NER, SpaCy, OpenNRE, NLTK ;
- l'analyse sémantique basée notamment sur des bases de connaissances comme WordNet, ConceptNet ;
- la gestion des connaissances sous forme graphes : Neo4J, Blazegraph, Ontotext GraphDB ou Stardog. On peut citer également des outils particuliers tels que Wikidata toolkit, qui permet la création de graphes de connaissances à partir de Wikidata, ou Apache Jena, pour la construction et la manipulation de graphes RDF.

De manière générale, les bases de connaissances (KB) issues de ces outils sont :

- soit basées sur l'exploitation d'« ontologies de haut niveau », telles que [SUMO](#) complétées avec des KB pré-existantes comme Wikidata. Le principal problème est que ces KB ne couvrent pas des domaines spécialisés où certains termes du langage courant n'ont pas la même signification ;
- soit des KB spécialisées, issues éventuellement des ontologies ci-dessus, comme l'ontologie dans le biomédical [Open Biomedical Ontologies](#). Dans ce cas, ces bases sont complétées à la main pour des domaines spécialisés et sont restreintes mais de haute qualité. Il est également possible de les créer automatiquement mais elles souffrent d'une piètre qualité.



Solution technique d'UNseL

Un analyseur calculant complètement et fidèlement le sens du texte source

UNseL utilise l'environnement de développement Ariane inventé au LIG. La version d'Ariane utilisée est Ariane-H [1]. Outre le fait d'être disponible en ligne sur lingwarium.org, cette version offre l'avantage d'avoir été enrichie dans les années 2010 d'un nouveau langage permettant de traiter efficacement les problèmes d'ambiguïté : AMUFA (Analyseur MULTiple Factorisant). C'est une solution d'analyse produisant toutes les solutions possibles (« multiple ») sous une forme factorisée exploitable en temps réel par un ordinateur.

Cette solution d'analyse syntaxique produit toutes les analyses sous forme d'un tableau, étant ce dernier pour qu'il prenne en entrée non pas une chaîne de caractères mais un graphe de chaînes décorées. Il est alors possible de repérer les ambiguïtés directement sur la forme factorisée, celle-ci étant produite dans le pire cas avec une complexité temporelle en $O(n^3)$. Un dialogue de désambiguïsation est réalisé pour éliminer toutes les solutions qui ne correspondent pas au sens du texte.

Le texte est maintenant désambiguïté. L'analyse se poursuit selon l'approche définie par Bernard VAUQUOIS. Cette approche a été pour calculer une structure multiniveau qui est une structure abstraite contenant en particulier un arbre des relations logico-sémantiques [5]. Il est essentiel de noter que la structure obtenue représente complètement et fidèlement le texte source : **le sens est complet et garanti**.

2. <http://www.unlweb.net>.

3. Analyseur transformant une phrase en un graphe UNL.

4. Générateur transformant un graphe UNL en une phrase.

Passage par un pivot sémantique standard : UNL

Nous avons choisi une représentation standardisée appelée UNL², de manière à rendre la partie extraction d'ontologie indépendante de la partie analyse sémantique. UNL est un langage permettant d'exprimer le sens des énoncés sous forme de graphes. Schématiquement, le passage des structures de Vauquois aux graphes UNL consiste en une traduction des unités lexicales et des relations logico-sémantiques du LIG vers les concepts (UW) et les relations sémantiques d'UNL.

Nous avons également sélectionné le pivot UNL car il permet de traduire le texte dans une autre langue tout en garantissant le sens du texte obtenu, puisque le sens porté par le graphe UNL est lui-même garanti. Le caractère interlingue de ce pivot UNL permet de réaliser des «*enconvertisseurs*»³ et des «*déconvertisseurs*»⁴ UNL pour une langue et de s'interconnecter avec des «*enconvertisseurs*» et des «*déconvertisseurs*» UNL réalisés pour d'autres langues.

Extraction d'une ontologie

Nos travaux concernant l'extraction de l'ontologie associée à la phrase analysée à partir du graphe UNL, sont basés sur ceux d'Aurélien LAMERCERIE [4]. Dans sa thèse, il applique des STC (Schémas de Transduction Compositionnels) sur des graphes sémantiques AMR (représentation, comme UNL, du sens par des graphes). Ces STC sont des suites de règles qui construisent, à partir des relations sémantiques contenues dans les graphes, une interprétation logique. Techniquement, nous sérialisons le graphe UNL en RDF, puis nous appliquons des règles d'extraction. Ces règles s'ap-

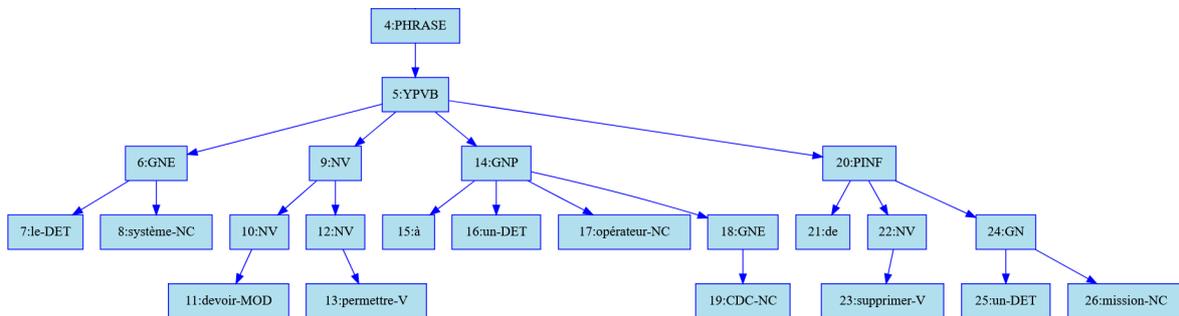


Figure 1.1 – Structure multiniveau (*arbre de Vauquois*) pour la phrase « Le système doit permettre à un opérateur CDC de supprimer une mission »

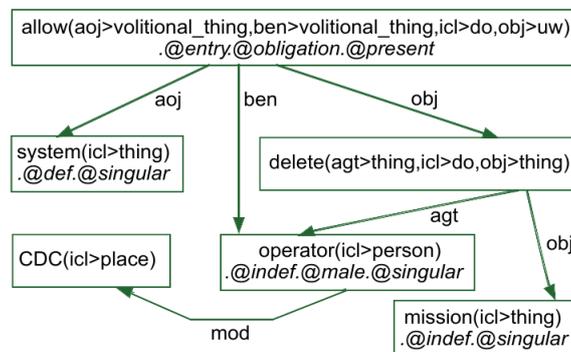


Figure 1.2 – Graphe UNL pour la phrase « Le système doit permettre à un opérateur CDC de supprimer une mission »

puient sur le langage [SPARQL](#), ce qui permet aux habitués du Web sémantique de contribuer à la création de cette extraction.

Après avoir appliqué cette approche à nos graphes UNL, nous obtenons des graphes UNL qui contiennent des « restrictions » (appelées ainsi dans la méthode UNL) représentant des pré-ontologies, dans la mesure où ce sont des informations sur la nature des concepts. Une ontologie des concepts UNL étant déjà disponible (KB UNL), il est facile de plonger automatiquement les concepts UW UNL dans les classes OWL qui nous intéressent. Par exemple, un « contrôleur aérien » est automatiquement associé à la classe « agent », ou encore un « poste opérateur » est automatiquement associé à la classe « component ». Les as-

pects générique et automatique de l'extraction bénéficient de cette caractéristique d'UNL.

Raisonnement sur l'ontologie obtenue

En interrogeant l'ontologie avec des règles SPARQL, nous détectons les défauts dans les spécifications : imprécision au sein d'une exigence, exigences incohérentes ou qui se contredisent, etc. Nos recherches actuelles portent sur la production de ces règles SPARQL à partir de demandes exprimées en langue naturelle (français, chinois, etc.) ainsi que la présentation des résultats à l'utilisateur. Ceci permettra également de dialoguer avec un utilisateur s'exprimant dans une langue autre que la langue du texte.



UNseL comme complément des IA génératives, et autres applications

Le cas d'usage initial d'UNseL est la recherche de problèmes dans des spécifications techniques exprimés en texte non contraint. De nombreux autres cas d'usage sont possibles.

UNseL peut ainsi être utilisé pour fiabiliser les réponses des IA génératives :

- Avant l'appel à l'IA, pour produire automatiquement des graphes de connaissances (KG) de qualité. UNseL peut produire une ontologie qui servira de KG-RAG⁵ à partir d'une sélection d'informations pertinentes pour une question posée à l'IA.
- Après l'appel à l'IA, pour vérifier que les réponses produites par l'IA sont conformes aux connaissances de référence. UNseL va vérifier dans l'ontologie des connaissances de référence que cet énoncé n'est pas contradictoire.

Plus globalement, UNseL offre cinq fonctionnalités :

- la génération d'ontologies à partir de documents, qui le cas d'usage en entrée des IA génératives ;
- la preuve de conformité avec un cadre quelconque (technique, réglementaire, etc.), qui est le cas d'usage en sortie des IA génératives ;
- la recherche d'information et le raisonnement dans des textes ;

- le contrôle du sens d'un document (cohérence, complétude, clarté), qui est le cas d'usage initial d'UNseL ;
- la traduction avec garantie du sens.

Pour ces cinq fonctionnalités, la qualité des résultats est garantie.

Références

- [1] Vincent Berment and Christian Boitet. Heloise — a reengineering of Ariane-G5 SLLPs for application to π -languages. In Martin Kay and Christian Boitet, editors, *Proceedings of COLING 2012 : Posters*, pages 113–124, 2012.
- [2] Hervé Blanchon. *LIDIA-1 : une première maquette vers la TA Interactive "pour tous"*. PhD thesis, Université Joseph-Fourier, 1994.
- [3] Guillaume De Lagane de Malezieux. *Contributions à l'ingénierie multilingue et sémantique des exigences en système de systèmes*. PhD thesis, Université Grenoble Alpes, 2023.
- [4] Aurélien Lamerrier. *Principe de transduction sémantique pour l'application de théories d'interfaces sur des documents de spécification*. PhD thesis, Université de Rennes, 2021.
- [5] Bernard Vauquois. Description de la structure intermédiaire. Réunion aux CE, Luxembourg, April 1978.

5. Les RAG (*Retrieval Augmented Generation*) ont été proposés pour améliorer les capacités des grands modèles de langage (LLM). De plus en plus, leurs limitations conduisent à leur substituer les KG-RAG, qui sont des graphes de connaissances dans lesquels sont résolus au préalable les ambiguïtés, les liens et les coréférences.



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 redaction@afia.asso.fr.



■ Thèses de Doctorat

Lébini CHABI ADJOBO

« Amélioration du diagnostic du cancer de la peau par classification des images de dermoscopie à l'aide de techniques d'intelligence artificielle »

Supervision : *Pierre GOUTON*
Joël TOSSA

Le 03/10/2023, à l'Université Bourgogne Franche-Comté

Sina ALI SAMIR

« Apprentissage automatique des expressions émotionnelles à partir de signaux acoustiques et de textes »

Supervision : *François PORTET*
Le 03/10/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Pierre-Alexandre KAMIENNY

« Efficient adaptation of reinforcement learning agents: from model-free exploration to symbolic world models »

Supervision : *Sylvain LAMPRIER*
Patrick GALLINARI
Ludovic DENOYER

Le 04/10/2023, à Sorbonne Université

Kaitlin MAILE

« Dynamic architectural optimization of artificial neural networks »

Supervision : *Hervé LUGA*
Dennis WILSON

Le 04/10/2023, à l'Université Toulouse Capitole

Amélie GRUEL

« Réseaux de neurones impulsions pour la vision embarquée basée sur les événements »

Supervision : *Jean MARTINET*
Le 06/10/2023, à l'Université Côte d'Azur

Xinghan LIU

« Une investigation logique de l'IA explicable »

Supervision : *Emiliano LORINI*
Le 09/10/2023, à l'Université Toulouse 3

Julien FERRY

« Addressing interpretability fairness & privacy in machine learning through combinatorial optimization methods »

Supervision : *Marie-José HUGUET*
Sébastien GAMBS

Le 09/10/2023, à l'Université Toulouse 3

Adrien HEITZ

« Deep learning-based semantic segmentation of 3D thoracic computed tomography images »

Supervision : *Fabrice HEITZ*
Luc SOLER

Le 10/10/2023, à l'Université de Strasbourg

Alexandre RAME

« Diverse and efficient ensembling of deep networks »

Supervision : *Matthieu CORD*
Le 11/10/2023, à Sorbonne Université



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Mounir LAHLOUH

« Apprentissage profond pour la segmentation, la classification et la caractérisation géométrique de vaisseaux »

Supervision : *Nicolas PASSAT*
Jérôme SZEWCZYK

Le 13/10/2023, à l'Université de Reims
Champagne-Ardenne

Seongbin LIM

« Versatile machine learning for neurodevelopmental imaging »

Supervision : *Emmanuel BEAUREPAIRE*
Anatole CHESSEL

Le 13/10/2023, à l'Institut Polytechnique
de Paris

Nacira ABBAS

« Formal concept analysis for discovering link keys in the web of data »

Supervision : *Amedeo NAPOLI*

Le 13/10/2023, à l'Université de Lorraine

Ba-Hien TRAN

« Advancing bayesian deep learning: sensible priors and accelerated inference »

Supervision : *Maurizio FILIPPONE*

Le 13/10/2023, à Sorbonne Université

Thibault CORDIER

« Hierarchical imitation and reinforcement learning for multi-domain task-oriented dialogue systems »

Supervision : *Fabrice LEFÈVRE*
Lina ROJAS BARAHONA

Le 13/10/2023, à Avignon Université

Ekaterina ANTONENKO

« Multi-target learning and prediction: novel methods and applications »

Supervision : *Jesse READ*

Le 16/10/2023, à l'Institut Polytechnique
de Paris

Abdoulaye KOROKO

« Natural gradient-based optimization methods for deep neural networks »

Supervision : *Quang Huy TRAN*
Mounir HADDOU

Le 16/10/2023, à l'Université Paris-Saclay

Anass BAIROUK

« Astronomical image time-series classification using deep learning »

Supervision : *Marc CHAUMONT*
Dominique FOUCHÉZ

Le 17/10/2023, à l'Université de Montpellier

Benjamin BELTZUNG

« Utilisation de réseaux de neurones convolutifs pour mieux comprendre l'évolution et le développement du comportement de dessin chez les Hominidés »

Supervision : *Cédric SUEUR*

Le 17/10/2023, à l'Université de Strasbourg

Médégnonmi HOUSSOU

« Amélioration des systèmes de reconnaissance faciale par l'utilisation de caméra MSFA et des techniques d'intelligence artificielle »

Supervision : *Pierre GOUTON*
Guy DEGLA

Le 18/10/2023, à l'Université Bourgogne
Franche-Comté



Romain LEENHARDT

« Développement et applications des outils de l'intelligence artificielle à la vidéocapsule endoscopique de l'intestin grêle »

Supervision : *Aymeric HISTACE*
Xavier DRAY

Le 18/10/2023, à Cergy Paris Université

Constantin DALYAC

« Quantum many-body dynamics for combinatorial optimisation and machine learning »

Supervision : *Elham KASHEFI*
Loïc HENRIET
Alex BREDARIOL GRILO

Le 20/10/2023, à Sorbonne Université

Nicolas BUTON

« Transformers models for interpretable and multilevel prediction of protein functions from sequences »

Supervision : *Olivier DAMERON*

Le 18/10/2023, à l'Université de Rennes

Khoder JNEID

« Apprentissage par renforcement profond pour l'optimisation du contrôle et de la gestion des bâtiment »

Supervision : *Patrick REIGNIER*
Stéphane PLOIX

Le 26/10/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Antoine PLUMERAULT

« Controlling image generative models without supervision »

Supervision : *Céline HUDELOT*
Hervé LE BORGNE

Le 20/10/2023, à l'Université Paris-Saclay

Emmanuel CAPLIEZ

« Adaptation de domaine temporelle non supervisée pour la cartographie de l'occupation des sols à partir d'images satellitaires optiques multirésolutions spatiales et multi-temporelles »

Supervision : *Dino IENCO*
Nicolas BAGHDADI

Le 26/10/2023, à l'Université de Montpellier

Xiaoyu BIE

« Auto-encodeurs variationnels dynamiques pour le traitement multimédia »

Supervision : *Laurent GIRIN*
Xavier ALAMEDA-PINEDA

Le 20/10/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Ali YADDADEN

« Apprentissage par renforcement profond pour le problème de tournées de véhicules »

Supervision : *Michel VASQUEZ*
Le 06/11/2023, à IMT Mines Alès

Rupayan MALLICK

« Explainable deep learning for the application to multimodal data »

Supervision : *Jenny BENOIS-PINEAU*
Akka ZEMMARI

Le 20/10/2023, à Université de Bordeaux

Yoann VALERO

« Intelligence artificielle pour la modélisation de parcours individuels »

Supervision : *Frédéric BERTRAND*
Myriam MAUMY-

BERTRAND

Le 06/11/2023, à l'Université de Technologie de Troyes



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

David JIA

« Topological interference management in clustered ad hoc networks »

Supervision : *Mohamad ASSAAD*
Christophe LE MARTRET
Xavier LETURC

Le 06/11/2023, à l'Université Paris-Saclay

Yu-Guan HSIEH

« Prise de décision dans les systèmes multi-agents : délais, adaptabilité et apprentissage dans les jeux »

Supervision : *Jérôme MALICK*
Panayotis MERTIKOPOULOS

Franck IUTZELER

Le 07/11/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Ganesh DEL GROSSO GUZMAN

« Leakage of sensitive data from deep neural networks »

Supervision : *Catuscia PALAMIDESSI*
Juan Pablo PIANTANIDA

Le 07/11/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Lucas ANQUETIL

« Robustesse des réseaux de neurones profonds classifieurs d'images aux exemples adversaires pertinents »

Supervision : *Stéphane CANU*
Le 07/11/2023, à Normandie Université

Hiba KHODJI

« Apprentissage profond et transfert de connaissances pour la détection d'erreurs dans les séquences biologiques »

Supervision : *Pierre COLLET*
Julie THOMPSON

Le 07/11/2023, à l'Université de Strasbourg

Rosalie DEFOURNÉ

« Encoding TLA+'s set theory for automated theorem provers »

Supervision : *Stephan MERZ*
Pascal FONTAINE

Le 07/11/2023, à l'Université de Lorraine

Alban ODOT

« Data-driven computational biomechanics using deep neural networks: application to augmented surgery »

Supervision : *Stéphane COTIN*

Le 07/11/2023, à l'Université de Strasbourg

Mohammad ABOUD

« Leveraging machine learning for multi-source data enrichment and analytics in air quality monitoring and crowd sensing »

Supervision : *Karine BENNIS-ZEITOUNI*
Yehia TAHER

Le 08/11/2023, à l'Université Paris-Saclay

Huy-Dung NGUYEN

« Apprentissage profond pour la prédiction des maladies neurologiques »

Supervision : *Pierrick COUPE*

Le 08/11/2023, à l'Université de Bordeaux



Sara REJEB

« Méthodes d'apprentissage statistique pour l'analyse de données de production et de performances des moteurs d'avion »

Supervision : *Tabea REBAFKA*

Le 08/11/2023, à Sorbonne Université

Santiago MARRO

« Qualité de l'argumentation : des principes généraux aux applications dans le domaine de la santé »

Supervision : *Serena VILLATA*

Le 08/11/2023, à l'Université Côte d'Azur

Jacques HILBEY

« Médecine de précision : la voie ontologique - Application à la psychiatrie »

Supervision : *Jean CHARLET*

Le 10/11/2023, à Sorbonne Université

Umer MUSHTAQ

« Extraction automatique d'arguments par le biais de grands modèles de langage adaptés »

Supervision : *Jérémie CABESSA*

Le 10/11/2023, à l'Université Paris-Panthéon-Assas

Florentin COEURDOUX

« Échantillonnage Monte Carlo et modèles génératifs profonds pour inférence bayésienne »

Supervision : *Nicolas DOBIGEON*

Pierre CHAINAIS

Le 10/11/2023, à Toulouse INP

Prerak SRIVASTAVA

« Réalisme dans l'apprentissage virtuellement supervisé pour la caractérisation acoustique des salles et la localisation de sources »

Supervision : *Emmanuel VINCENT*

Antoine DELEFORGE

Le 13/11/2023, à l'Université de Lorraine

Denis KOALA

« Préviation de la demande par apprentissage automatique pour le dimensionnement et la gestion de stocks des médicaments dans les pharmacies hospitalières »

Supervision : *Gülgün ALPAN*

Zakaria YAHOUNI

Le 14/11/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Roman KNIAZEV

« On geometric models of epistemic logic »

Supervision : *éric GOUBAULT*

Jean GOUBAULT-LARRECQ

Le 16/11/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Mouna Sabrina MAYOUF

« Intégration de connaissances de haut-niveau dans un système d'apprentissage par réseau de neurones pour la classification d'images »

Supervision : *Florence DUPIN DE SAINT CYR-BANNAY*

Le 17/11/2023, à l'Université Toulouse 3

Juliette FAILLE

« Data-based natural language generation: evaluation and explainability »

Supervision : *Claire GARDENT*

Albert GATT

Le 17/11/2023, à l'Université de Lorraine



Fabien GIRKA

« Development of new statistical/ML methods for identifying multimodal factors related to the evolution of multiple sclerosis »

Supervision : *Arthur TENENHAUS*
Laurent LE BRUSQUET
Violetta ZUJOVIC

Le 20/11/2023, à l'Université Paris-Saclay

L'émir Omar CHÉHAB

« Advances in self-supervised learning: applications to neuroscience and sample-efficiency »

Supervision : *Alexandre GRAMFORT*
Aapo HYVÄRINEN

Le 24/11/2023, à l'Université Paris-Saclay

Loann GIOVANNANGELI

« Génération et évaluation de visualisations avec des techniques d'apprentissage automatique »

Supervision : *Romain BOURQUI*

Le 20/11/2023, à l'Université de Bordeaux

Juan Fernando VAZQUEZ RODRIGUEZ

« Transformateurs multimodaux pour la reconnaissance des émotions »

Supervision : *James L. CROWLEY*
Grégoire LEFEBVRE
Julien CUMIN

Le 27/11/2023, à l'Université Grenoble Alpes

Laetitia TEODORESCU

« Agents autotéliques linguistiques ouverts avec apprentissage par renforcement profond et modèles de langage »

Supervision : *Pierre-Yves OUDEYER*
Katja HOFMANN

Le 20/11/2023, à l'Université de Bordeaux

Chrysoula KOSMA

« Towards robust deep learning methods for time series data and their applications »

Supervision : *Michalis VAZIRGIANNIS*

Le 27/11/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Pierre MARION

« Mathematics of deep learning: generalization, optimization, continuous-time models »

Supervision : *Gérard BIAU*
Jean-Philippe VERT

Le 20/11/2023, à Sorbonne Université

Maxime MAHOUT

« Logic programming tools for metabolic fluxes analysis and biological applications »

Supervision : *Sabine PÉRÈS*

Le 28/11/2023, à l'Université Paris-Saclay

Tristan VENOT

« Design and evaluation of a multimodal control of a robotic arm with a brain computer interface »

Supervision : *Fabrizio DE VICO FALLANI*
Ludovic SAINT-BAUZEL

Le 21/11/2023, à Sorbonne Université

Marianne DEFRESNE

« Le design de protéines par apprentissage profond et raisonnement automatique »

Supervision : *Sophie BARBE*
Thomas SCHIEX

Le 30/11/2023, à INSA Toulouse



Yoann FLEYTOUX

« Apprentissage des préférences humaines pour la préhension robotique »

Supervision : *Jean-Baptiste MOURET*
SerenaIVALDI

Le 01/12/2023, à l'Université de Lorraine

Matthieu BELLUCCI

« Approches symboliques pour une intelligence artificielle explicable »

Supervision : *Cecilia ZANNI-MERK*

Le 01/12/2023, à Normandie Université

Anfu TANG

« Leveraging linguistic and semantic information for relation extraction from domain-specific texts »

Supervision : *Claire NÉDELLEC*
Pierre ZWEIGENBAUM
Louise DELÉGER

Le 06/12/2023, à l'Université Paris-Saclay

Camille BLANCHARD

« Méthodologie et outils formels pour la génération et l'analyse de scénarios prospectifs : application aux futurs possibles de l'aviation »

Supervision : *Catherine TESSIER*
Claire SAUREL

Le 07/12/2023, à l'ISAE Toulouse

Marianela MORALES ELENA

« Unusual proof systems for modal logics with applications to decision problems »

Supervision : *Lutz STRASSBURGER*

Le 08/12/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Samy BENSLIMANE

« Analyse, détection et quantification de la controverse dans les médias sociaux par l'utilisation de modèle d'apprentissage profond sur des données structurales et textuelles »

Supervision : *Sandra BRINGAY*
Caroline BASCOUL MOL-LEVI

Le 08/12/2023, à l'Université de Montpellier

Louis RIVIÈRE

« Représentation compacte d'ensemble de solutions pour l'ordonnancement sous incertitude »

Supervision : *Christian ARTIGUES*
Hélène FARGIER

Le 11/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Manuel AMOUSSOU

« Explications en aide multicritère à la décision : schémas déductifs, algorithmes et expérimentations »

Supervision : *Vincent MOUSSEAU*
Wassila OUERDANE
Nicolas MAUDET

Le 11/12/2023, à l'Université Paris-Saclay

Soumyajit PAUL

« Sur la complexité des jeux à somme nulle à deux joueurs de durée finie avec information imparfaite »

Supervision : *Olivier LY*

Le 12/12/2023, à l'Université de Bordeaux



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Camille RUPPLI

« [Methods and frameworks of annotation cost optimization for deep learning algorithms applied to medical imaging](#) »

Supervision : *Isabelle BLOCH*

Roberto ARDON

Le 13/12/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Théo DUCHATELLE

« [Argumentation, logique et explicabilité](#) »

Supervision : *Marie-Christine LAGASQUIÉ-SCHIEX*

Le 13/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Cédric TARBOURIECH

« [Avoir une partie \$2 \times 2 = 4\$ fois : vers une métréologie des slots](#) »

Supervision : *Laure VIEU*

Jean-François ETHIER

Le 13/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Julie CAILLER

« [Designing an automated concurrent tableau-based theorem prover for first-order logic](#) »

Supervision : *David DELAHAYE*

Le 13/12/2023, à l'Université de Montpellier

Nicolas ZAMPIERI

« [Détection des discours haineux dans les réseaux sociaux : apport des expressions polylexicales](#) »

Supervision : *Irina ILLINA*

Dominique FOHR

Le 13/12/2023, à l'Université de Lorraine

Trong Hieu TRAN

« [Méthodes d'optimisation hybrides pour des problèmes de routages avec profits](#) »

Supervision : *Hélène FARGIER*

Cédric PRALET

Le 13/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Xuanxiang HUANG

« [Recent advances in formal explainability](#) »

Supervision : *Joao MARQUES-SILVA*

Nicholas ASHER

Le 14/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Vivien BEUSELINCK

« [Contribution aux fondements formels de l'argumentation et du raisonnement basé sur des cas](#) »

Supervision : *Leïla AMGOUD*

Le 15/12/2023, à l'Université Toulouse 3

Axel MASCARO

« [Matchmaking multicritère basé sur une différence sémantique pour la logique de description EL. Application à la recommandation de documents en ligne dans le domaine de la métrologie](#) »

Supervision : *Farouk TOUMANI*

Le 15/12/2023, à l'Université Clermont Auvergne

Keshia MEKEMEZA ONA

« [Photonic spiking neuron network](#) »

Supervision : *Maxime JACQUOT*

Le 18/12/2023, à l'Université Bourgogne Franche-Comté



Guillaume PÉRUTION-KIHLI

« [Data management in the existential rule framework: translation of queries and constraints](#) »

Supervision : *Marie-Laure MUGNIER*

Le 18/12/2023, à l'Université de Montpellier

Marc HULCELLE

« [Automatic analysis of trust over the course of a human-robot interaction using multimodal features and recurrent neural architectures](#) »

Supervision : *Chloé CLAVEL*

Giovanna VARNI

Le 18/12/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Ruta BINKYTE-SADAUSKIENE

« [Advancing Ethical AI: Methods for fairness enhancement leveraging on causality and under privacy constraints](#) »

Supervision : *Catuscia PALAMIDESSI*

Le 19/12/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Emile MARDOC

« [Exploitation des outils statistiques pour l'intégration des données omiques en biologie végétale et animale](#) »

Supervision : *Jérôme SALSE*

Le 19/12/2023, à l'Université Clermont Auvergne

Anissa KHEIREDDINE

« [Contribution to SAT-based bounded model checking](#) »

Supervision : *Souheib BAARIR*

Etienne RENAULT

Le 19/12/2023, à Sorbonne Université

Florent LÉOTY

« [Vers le couplage sémantique de planifications de tâches et de trajectoires pour la validation de tâches complexes sous fortes contraintes spatiales](#) »

Supervision : *Bernard ARCHIMÈDE*

Philippe FILLATREAU

Le 20/12/2023, à Toulouse INP

Junkang LI

« [Games with incomplete information: complexity, algorithmics, reasoning](#) »

Supervision : *Bruno ZANUTTINI*

Le 21/12/2023, à Normandie Université

Parham SHAMS

« [Procedures based on exchanges and new relaxations of envy-freeness in fair Division of indivisible goods](#) »

Supervision : *Nicolas MAUDET*

Aurélien BEYNIER

Sylvain BOUVERET

Le 21/12/2023, à Sorbonne Université

Meriana KOBESSI

« [A conversational AI framework for cognitive process analysis](#) »

Supervision : *Bruno DEFUDE*

Bassem HAIDAR

Le 21/12/2023, à l'Institut Polytechnique de Paris

Marie GRIBOUVAL

« [Conception d'un système prédictif pour évaluer l'impact d'un dispositif numérique pour l'orientation des lycéens](#) »

Supervision : *Davy MONTICOLO*

Eric BONJOUR

Le 22/12/2023, à l'Université de Lorraine



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Manal ELIMADI

« Modélisation et la simulation à base d'agents : affectation dynamique des véhicules autonomes et connectés »

Supervision : *Abdel Jalil ABBAS-TURKI*
Abderrafiaa KOUKAM

Le 22/12/2023, à l'Université Bourgogne Franche-Comté

Henri TRENQUIER

« Analyse et explication par des techniques d'argumentation de modèles d'intelligence artificielle basés sur des données »

Supervision : *Leïla AMGOUD*
Philippe MULLER

Le 22/12/2023, à l'Université Toulouse 3

■ Habilitations à Diriger les Recherches

Violaine ANTOINE

« Classification and uncertainty modeling »

Le 13/10/2023, à l'Université Clermont-Auvergne



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

À PROPOS DE L'AFIA

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

L'AFIA anime la communauté par l'organisation de grands rendez-vous. Se tient ainsi chaque été une semaine de l'IA, la Plate-forme IA (PFIA 2022 à Saint-Étienne, PFIA 2023 à Strasbourg, PFIA 2024 à La Rochelle) au sein de laquelle se tiennent la Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle (CNIA), les Rencontres des Jeunes Chercheurs en IA (RJCIA) et la Conférence sur les Applications Pratiques de l'IA (APIA) ainsi que des conférences/journées thématiques hébergées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, PFIA 2024 hébergera du 1 au 5 juillet 2024 à La Rochelle, outre la 27^e CNIA, les 22^{es} RJCIA et la 10^e APIA : les 2 conférences IC et JIAF, 4 journées thématiques (Agents & IA, Réseaux complexes & IA, Santé & IA, Société & IA), et plusieurs tutoriels hébergés.

Fort de soutien de ses 435 adhérents à jour de leur cotisation en 2023, l'AFIA assure :

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

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

L'AFIA organise aussi des *journées communes* avec d'autres associations. Pour 2023 : *EGC & IA* avec *EGC et Groupe de Travail GAST* ; *IHM & IA* avec *l'AFIHM* ; *Jeux & IA* avec le *GDR RADIA (GT Jeux et MAFTEC)* ; *Santé & IA* avec *l'AIM* ; *Modèles hybrides & IA* avec le *GDR RADIA*.

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 2024 sur 5 jours au tarif de 123€ TTC !

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



CONSEIL D'ADMINISTRATION

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

Autres membres :

Azzedine BENABBOU, Zied BOURAOUI, Gayo DIALLO, Bernard GEORGES, Domitile LOURDEAUX, Frédéric MARIS, Davy MONTICOLO, Jose MORENO Gauthier PICARD, Valérie REINER, Céline ROUVEIROL, Fatiha SAÏS, Ahmed SAMET.

COMITÉ DE RÉDACTION

redaction@afia.asso.fr

Emmanuel ADAM
Rédacteur

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

Gaël LEJEUNE
Rédacteur

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

LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

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

Pour contacter l'AFIA

Président

Benoit LE BLANC
ENSC / Bordeaux-INP
109 avenue Roul, 33400 Talence
Tél. : +33 (0) 5 57 00 67 00
president@afia.asso.fr

Serveur WEB

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

Adhésions, liens avec les adhérents

Isabelle SESÉ
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