



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Bulletin N° 114

Association française pour l'Intelligence Artificielle

AfIA



PRÉSENTATION DU BULLETIN

Le [Bulletin](#) de l'Association française pour l'Intelligence Artificielle vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés. Le [Bulletin](#) de l'AfIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

■ Édito

Ce [Bulletin](#) de l'AfIA sera le dernier publié en 2021. Son dossier porte ce trimestre sur la Plate-forme Intelligence Artificielle qui s'est déroulée du 28 juin au 2 juillet 2021 à Bordeaux ([PfIA 2021](#)). Ce dossier est structuré selon trois parties.

La première partie regroupe les comptes rendus relatifs aux différentes conférences hébergées par [PfIA 2021](#). Ces conférences ne sont pas toujours les mêmes d'une année à l'autre, ce qui correspond à une volonté de l'AfIA de faire des PfIA successives un événement annuel incontournable pour la communauté mais sachant évoluer et se renouveler. En 2021, les conférences qui étaient présentes étaient : [APIA](#), [CNIA](#), [IC](#), [JFPDA](#), [JFSMA](#), [JIAF](#), et [RJCIA](#).

La seconde partie du dossier regroupe un compte rendu des journées qui se sont déroulées pendant [PfIA 2021](#) en partenariat avec d'autres institutions : « Jeux et IA » (en partenariat avec le [Groupe de Travail IA des jeux](#) du [GDR IA](#) du CNRS) ; « Santé et IA » (en partenariat avec l'[Association française d'Informatique Médicale](#)) ; « Défense et IA » (en partenariat avec l'[ONERA](#)).

La troisième partie regroupe une présentation des trois prix de thèse décernés par l'AfIA et récompensant des travaux de thèse brillants dans le domaine de l'IA. Cette année, le 1^{er} prix a été décerné à Erwan LECARPENTIER (ISAE-SUPAERO, ONERA, Université de Toulouse) pour sa thèse intitulée « Apprentissage par renforcement en environnement non stationnaire ». Deux prix Accessits *ex-æquo* ont été décernés à Thibault GROUEIX (LIGM, École Nationale des Ponts et Chaussées) pour sa thèse « Reconstruction et correspondance de formes par apprentissage » et à Romain WALLON (LIX, École Polytechnique), pour sa thèse « Raisonnement à partir de contraintes pseudo-bouliennes et compilation ».

Ce [Bulletin](#) inclut également le compte rendu de la journée nationale [PDIA 2021](#), co-organisée par l'AfIA et le GDR IA, et qui s'est déroulée le 8 avril 2021 et dont le thème



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

était « Explicabilité des systèmes d'IA ».

Enfin, comme c'est la tradition, nous publions en fin de [Bulletin](#) une liste de thèses soutenues durant le trimestre dans le domaine de l'IA. Cette liste n'est probablement pas complète, et c'est l'occasion pour nous de vous inciter à nous faire connaître les différentes thèses soutenues dans vos établissements.

Ce bulletin a été relu avant publication par Emmanuel ADAM, et Engelbert Mephu NGUIFO s'est chargé de rassembler les contributions du dossier de ce [Bulletin](#). Qu'ils soient remerciés pour leur travail.

Bonne lecture à tous !

Dominique LONGIN
Rédacteur



SOMMAIRE

DU BULLETIN DE L'AFIA

4		« PFIA 2021 »	
	Présentation de PfIA 2021		5
I -	Conférences hébergées par PFIA 2021.		6
	APIA : Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle		6
	CNIA : Conférence Nationale en Intelligence Artificielle		7
	IC : journées francophones d' <i>Ingénierie des Connaissances</i>		10
	JFPDA : Journées Francophones Planification, Décision et Apprentissage		11
	JFSMA : Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents		13
	JIAF : Journées d'Intelligence Artificielle Fondamentale		16
	RJCIA : Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle.		18
II -	Journées de PFIA 2021		20
	Journée « Jeux et IA »		20
	Journée « Santé et IA »		24
	Journée « Défense et IA »		27
III -	Prix de thèse Afia décernés lors de PFIA 2021		30
	1 ^{er} prix : apprentissage par renforcement en environnement non stationnaire		30
	Accessit <i>ex-æquo</i> : reconstruction et correspondance de formes par apprentissage		33
	Accessit <i>ex-æquo</i> : raisonnement à partir de contraintes pseudo-booléennes et compilation		36
44		Comptes rendus de journées, événements et conférences	
	PDIA 2021 : « Explicabilité des systèmes d'IA »		45
49		Thèses et HDR du trimestre	
	Thèses de Doctorat		50
	Habitations à Diriger les Recherches		51



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

« PFIA 2021 »

Dossier réalisé par

Engelbert Mephu NGUIFO
LIMOS, CNRS UMR 6158/SIC
Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP
engelbert.mephu_nguifo@uca.fr

■ Présentation de PfIA 2021

La Plate-forme Intelligence Artificielle (PfIA) a pour but de réunir chercheurs, industriels et étudiants autour de conférences et d'évènements consacrés à l'Intelligence Artificielle (IA).

La 14^e PfIA prévue à Bordeaux, a été finalement virtualisée, du 28 juin au 2 juillet 2021, du fait de la pandémie de la Covid-19. Comme la précédente 2020, cette édition appelle à envisager de formes nouvelles pour la tenue des futures conférences.

La [PfIA 2021](#) a été organisée conjointement par Bordeaux INP (Benoit LE BLANC et Laurent SIMON), l'Université de Bordeaux (Fleur MOUGIN), l'INRIA (Nicolas ROUSSEL), et l'AfIA (Yves DEMAZEAU, Thomas GUYET et Frédéric MARIS).

Elle fait suite aux précédentes éditions ayant eu lieu respectivement à Angers (2020) en virtuel, Toulouse (2019), Nancy (2018), Caen (2017), Rennes (2015), Lille (2013), Chambéry (2011), Hammamet (2009), Grenoble (2007), Nice (2005), Laval (2003), Grenoble (2001) et Palaiseau (1999).

Depuis 2017, la PfIA est dans un cycle annuel après un rythme bisannuel du fait de l'alternance de la tenue de la PfIA (en année impaire) et du congrès national RFIA (en année paire) de 1999 à 2016, et est ainsi le lieu de rencontre annuelle de la communauté IA dans son ensemble. La PfIA est la plate-forme qui permet une convergence entre les différentes disciplines de l'IA et un lieu d'émulation et d'effervescence pour les problématiques d'IA au sein de la communauté francophone.

C'est bien ce qui ressort du riche programme de [PfIA 2021](#) qui a hébergé 7 conférences ([APIA](#), [CNIA](#), [IC](#), [JFPDA](#), [JFSMA](#), [JIAF](#) et [RJCIA](#)), 1 conférence spéciale sur l'IA en Nouvelle-Aquitaine, et plusieurs autres évènements thématiques parmi lesquels : les journées bilatérales ([Santé & IA](#), [Jeux & IA](#) et [Dé-](#)

[fense & IA](#)), et 6 tutoriels sur des sujets variés tels que : l'apprentissage automatique causal, la fouille de données déclarative, l'information algorithmique, la planification multi-agent, la programmation multi-agent et le " *reservoir computing*".

Ce regroupement a ainsi permis la programmation de sessions communes entre conférences. Le programme est synthétisé à travers les comptes-rendus de ces conférences et évènements qui constituent l'essentiel de ce dossier [PfIA 2021](#) dans les pages qui suivent. Les comptes-rendus ont été rédigés par les président(e)s des conférences hébergées et des évènements associés, que nous remercions. Cette année aussi, à travers ses huit conférenciers invités dont six venant entre autres de Belgique, des États-Unis, du Portugal, et du Royaume-uni, la PfIA poursuit sa volonté de s'inscrire dans une dimension internationale.

[PfIA 2021](#) a été organisée avec le concours de nombreux soutiens, sponsors et institutionnels que nous tenons à remercier. Ces soutiens permettent à PfIA de poursuivre sa politique de tarification faible des inscriptions (gratuité pour cette édition), permettant à un grand nombre de pouvoir y participer, particulièrement les doctorants et postdoctorants. C'est ainsi que [PfIA 2021](#) a vu la participation de 1336 personnes (doctorants, post-doctorants, enseignants-chercheurs, chercheurs et industriels) dont 289 industriels.

Merci donc aux organisateurs de [PfIA 2021](#) pour le riche programme proposé et la promotion de PfIA sans oublier les nombreux volontaires ayant contribué à la réalisation de cette édition de Bordeaux. Merci aussi à l'ensemble des participants à [PfIA 2021](#) dont la présence montre l'importance sans cesse croissante de PfIA pour la communauté. Rendez-vous à la prochaine édition, PfIA 2022, du 27 juin au 1^{er} juillet 2022 à Saint-Etienne.



■ APIA : Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle

Stéphan BRUNESSAUX

Airbus Defense and Space

stephan.brunessaux@airbus.com

Par

Céline ROUVEIROL

LIPN

Université Paris 13

celine.rouveirol@lipn.univ-paris13.fr

L'intelligence artificielle poursuit son essor sans précédent dans les laboratoires privés et publics et en entreprise. Les recherches menées ces dernières années ont abouti à des résultats spectaculaires dans certains domaines et très prometteurs dans d'autres. Aujourd'hui, l'IA se trouve au cœur de nombreuses applications très performantes qui révolutionnent notre vie quotidienne.

Plus que jamais, l'objectif de cette 6^e Conférence Nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle (APIA) était de donner une tribune dans le cadre de la **Pfia 2021** aux applications concrètes de l'IA qui couronnent de succès l'opérationnalisation de l'IA et les travaux de recherche dans ce domaine. APIA ciblait des contributions décrivant des applications qui s'appuient sur une ou plusieurs méthodes de l'IA quel que soit le domaine applicatif.

Cette année, les 12 papiers retenus et inclus dans ces actes abordent principalement les aspects suivants :

- Agents autonomes et systèmes multi-

agents ;

- Aide à la décision ;
- Apprentissage automatique ;
- Fouille de données ;
- IA de confiance ;
- Ontologies ;
- Programmation par contraintes ;
- Robotique ;
- Traitement automatique du langage ;
- Traitement de l'image ;
- Traitement de la parole.

Qu'elles soient industrielles, sociétales, économiques, politiques, environnementales, artistiques ou autres, cette conférence a été l'occasion de présenter des applications concrètes et des travaux dont l'objet d'étude adresse des problèmes et/ou des données opérationnelles.

Du suivi de la faune en milieu forestier aux robots tactiques autonomes en passant par les satellites d'observation de la Terre, les applications présentées cette année étaient variées et complexes.

La présentation du tout nouveau programme *Confiance.AI* a permis d'aborder les questions très actuelles de l'IA de confiance : l'IA est-elle fiable et robuste ? Peut-on utiliser l'IA dans des systèmes critiques ? Quels sont les problèmes éthiques liés à son utilisation ? Comment garantir l'interprétabilité ou l'explicabilité des modèles produits par les systèmes d'IA ?



Ces thèmes ont également été repris dans la conférence invitée du professeur Stuart RUSSEL de l'Université de Californie à Berkeley, intitulée « *How not to Destroy the world with AI?* ».

Afin de favoriser encore davantage l'échange entre académiques et industriels, **APIA** accueillait cette année trois présentations invitées de membres du Collège Industriel de l'AfIA : ENGIE, JellySmack et Michelin.

Nous tenons à remercier ici toutes les personnes qui ont participé au succès de cette conférence : les membres du comité de programme, les auteurs des articles, les conférenciers et conférencières invités et plus largement les acteurs de la communauté francophone en IA.

Nous vous donnons rendez-vous en 2022 à Saint-Etienne pour la 7^e édition de la conférence APIA.

■ CNIA : Conférence Nationale en Intelligence Artificielle

Par **Olivier BOISSIER**
LIMOS
Mines Saint-Etienne
olivier.boissier@emse.fr

Présentation

La 6^e édition de la Conférence Nationale en Intelligence Artificielle (**CNIA**) a eu lieu du 28 juin au 30 juin 2021 au sein de la Plateforme Intelligence Artificielle (**PfIA 2021**), à distance du fait des conditions sanitaires. Elle a été organisée par Olivier BOISSIER, Mines Saint-Etienne / LIMOS, avec le soutien de Grégory BONNET, Université Caen Normandie / GREYC pour la composante CNIA à l'International avec, cette année, des articles écrits par des équipes françaises, acceptés à **AAAI** ou à **IJCAI**.

Je tiens à remercier ici les auteurs qui ont soumis et présenté des articles, les évaluateurs, qui ont permis de construire un programme de qualité pour cette 6^e édition de la conférence, ainsi que les présidents de session et les participants qui ont nourri les sessions de présentation avec des questions et discussions riches. Je tiens également à remercier Grégory BONNET pour la collecte des articles écrits par des équipes françaises, acceptés dans des conférences internationales. Je remercie les or-

ganisateurs de **PfIA 2021** qui ont su mettre en place les outils adéquats pour le bon déroulement à distance de cette conférence. Bien qu'à distance, les présentations ont donné lieu à de bonnes discussions démontrant la richesse des contributions.

L'intelligence artificielle (IA) connaît un essor important ces dernières années. Les recherches menées dans les différentes disciplines de l'IA produisent des résultats importants dans différents domaines. Alors que l'IA se trouve au cœur d'un nombre de plus en plus important d'applications, il est nécessaire de croiser ses différentes disciplines, de les intégrer et d'aborder les enjeux scientifiques, technologiques et sociétaux qui découlent du développement de ces systèmes dont l'impact sur notre quotidien est de plus en plus fort.

CNIA s'adresse ainsi à l'ensemble de la communauté en Intelligence Artificielle (IA) afin de faire connaître les dernières avancées dans les différentes disciplines de l'IA, de renforcer les liens et les interactions entre ces différentes disciplines. Elle souhaite aussi être un point de rencontre pour la communauté IA afin de rapprocher, croiser les recherches disciplinaires et établir des passerelles entre elles. En plus d'articles relevant des différentes sous-branches de l'IA, **CNIA** encourage tout parti-



culièrement les soumissions à la frontière entre ces sous-branches, ainsi que les soumissions à la frontière de l'IA et d'autres disciplines. CNIA accueille également les soumissions d'articles présentant un panorama ou une synthèse d'un domaine ainsi que des articles prospectifs présentant des idées et visions qui incitent la communauté à poursuivre de nouvelles voies de recherche (nouveaux problèmes, nouveaux domaines d'application, nouvelles méthodologies).

Programme

Cette année, les processus de soumission et de relecture par les membres du comité de programme ont permis de sélectionner 12 articles sur les 17 articles soumis. La présentation de ces articles lors de la conférence a été complétée avec les présentations de 4 articles acceptés à AAI et de 7 articles acceptés à IJCAI, écrits par des équipes françaises. Quelques mots-clés caractéristiques des présentations de cette année : Apprentissage Automatique, Décision, Révision de croyances, Représentation et raisonnement, Explication, Éthique, Humain dans la boucle, Développement durable.

Les actes ainsi que le programme de CNIA sont accessibles depuis le site web de PfIA 2021.

La session plénière (28 juin 14h00 - 15h00)

a été l'occasion de découvrir les travaux de Justine CASSEL, Professeure à l'Université Carnegie Mellon de Pittsburgh, États-Unis et Directrice de recherche à Inria Paris, France, portant sur le développement de « *Socially-Aware Artificial Intelligence* ». Cette présentation a permis d'approfondir et d'ouvrir de multiples questions sur les impacts et les implications de l'IA en lien avec les interactions avec les humains dans le contexte de l'exécution de tâches quotidiennes.

Les présentations des articles ont été regroupées selon les 10 sessions suivantes.

Session 1.

Président : Laurent NAVARRO

28 Juin 2021, 10h30 – 11h30

- « Trouver un équilibre de Nash mixte algébrique dans les jeux sous forme normale et succincts », Hélène FARGIER, Paul JORDAN, Régis SABBADIN ;
- « *Making use of partially observed states in Markov switching autoregressive models : application to machine health diagnosis* », Fatoumata DAMA, Christine SINOQUET.

Session 2.

Président : Laurent VERCOUTER

28 Juin 2021, 11h30 – 12h30

- « Éthique et IA : analyse et discussion », Catherine TESSIER ;
- « *A Machine Learning approach to improve the monitoring of Sustainable Development Goals : a case study in Senegalese artisanal fisheries* », Theophile BAYET, Timothee BROCHIER, Christophe CAMBIER, Alassane BAH, Christophe DENIS, Ndiaga THIAM, Jean-Daniel ZUCKER.

Session 3.

Président : Catherine TESSIER

28 Juin 2021, 15h30 – 16h30

- « *Transition between cooperative and collaborative interaction modes for human-AI teaming* », Adrien METGE, Nicolas MAILLE, Benoit LE BLANC ;
- « Le coaching : un nouveau cadre pour la recommandation automatique en vue de modifications durables du comportement », Jules VANDEPUTTE, Antoine CORNUÉJOLS, Nicolas DARCEL, Fabien DELAERE, Christine MARTIN.

Session 4.

Président : Grégory BONNET

28 Juin 2021, 16h30 – 17h30



- « Bandits-manchots combinatoires : du retour utilisateur à la recommandation », Alexandre LETARD, Tassadit AMGHAR, Olivier CAMP, Nicolas GUTOWSKI ;
- « *Dynamical system approach to explainability in recurrent neural networks* », Alexis DUBREUIL.

Session 5.

Président : Olivier BOISSIER

29 Juin 2021, 10h30 – 11h30

- « *Fast and memory efficient AUC-ROC approximation in Stream Learning* », Subhy ALBAKOUR, Erick ALPHONSE, Alain-Pierre MANINE ;
- « Génération aléatoire d'un graphe spatio-temporel localement cohérent », Aurélie LEBORGNE, Marija KIRANDJISKA, Florence LE BER.

Session 6.

Président : Mohamed DAOUDI

29 Juin 2021, 11h30 – 12h20

- « Réseaux de neurones convolutifs pour la caractérisation d'anomalies magnétiques », Julio José CÁRDENAS, Christophe DENIS, Hajar MOUSANNIF, Christian CAMERLYNCK, Nicolas FLORSCH ;
- « *Augmented Experiment in Material Engineering Using Machine Learning* » (article accepté à AAI), Aomar OSMANI, Massinissa HAMIDI, Salah BOUHOUCHE.

Session 7.

Président : Odalric-Ambrym MAILLARD

29 Juin 2021, 15h30 – 17h00

- « Vers l'application de l'apprentissage par renforcement inverse aux réseaux naturels d'attention », Bertille SOMON, Aurélien FERMO, Frédéric DEHAIS, Caroline PONZONI CARVALHO CHANEL ;
- « *Lipschitz Lifelong Reinforcement Learning* » (article accepté à AAI), Erwan LECARPENTIER, David ABEL, Kavosh

ASADI, Yuu JINNAI, Emmanuel RACHELSON, Michael L. LITTMAN ;

- « *On Lipschitz Regularization of Convolutional Layers Using Toeplitz Matrix Theory* » (article accepté à AAI), Alexandre ARAUJO, Benjamin NEGREVERGNE, Yann CHEVALEYRE, Jamal ATIF ;
- « *Parallel Constraint Acquisition* » (article accepté à AAI), Nadjib LAZAAR.

Session 8.

Président : Salima HASSAS

30 Juin 2021, 10h30 – 11h30

- « *Mean Field Games Flock! The Reinforcement Learning Way* » (article accepté à IJCAI), Sarah PERRIN, Mathieu LAURIÈRE, Julien PÉROLAT, Matthieu GEIST, Romuald ÉLIE, Olivier PIETQUIN ;
- « *Don't Do What Doesn't Matter : Intrinsic Motivation with Action Usefulness* » (article accepté à IJCAI), Mathieu SEURIN, Florian STRUB, Philippe PREUX, Olivier PIETQUIN ;
- « *Topological Uncertainty : Monitoring Trained Neural Networks through Persistence of Activation Graphs* » (article accepté à IJCAI), Théo LACOMBE, Yuichi IKE, Mathieu CARRIÈRE, Frédéric CHAZAL, Marc GLISSE, Yuhei UMEDA.

Session 9.

Président : Christophe LETURC

30 Juin 2021, 11h30 – 12h10

- « *Multi-Agent Belief Base Revision* » (article accepté à IJCAI), Emiliano LORINI, Francois SCHWARZENTRUBER ;
- « *Multi-Agent Abstract Argumentation Frameworks With Incomplete Knowledge of Attacks* » (article accepté à IJCAI), Andreas HERZIG, Antonio YUSTE GINEL.

Session 10.

Président : Antoine ZIMMERMANN

30 Juin 2021, 15h30 – 16h10



- « *On Belief Change for Multi-Label Classifier Encodings* » (article accepté à IJCAI), Sylvie COSTE-MARQUIS, Pierre MARQUIS;

- « *Cardinality Queries over DL-Lite Ontologies* » (article accepté à IJCAI), Meghyn BIENVENU, Quentin MANIÈRE, Michaël THOMAZO.

■ IC : journées francophones d'Ingénierie des Connaissances

Par

Maxime LEFRANÇOIS
LIMOS
IMT - MINES Saint-Étienne
maxime.lefrancois@emse.fr

Présentation

Les journées francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC) sont organisées chaque année depuis 1997, d'abord sous l'égide du Gracq (Groupe de Recherche en Acquisition des Connaissances) puis sous celle du collège SIC (Science de l'Ingénierie des Connaissances) de l'AfIA. Cette année encore, IC est hébergée par la plateforme [PfIA 2021](#), avec plusieurs autres conférences francophones dans le domaine de l'intelligence artificielle.

L'ingénierie des connaissances peut être vue comme la partie de l'intelligence artificielle se préoccupant des connaissances selon les points de vue de la représentation, l'acquisition et l'intégration dans des environnements numériques. Sa finalité est la production de méthodes et outils « intelligents », capables d'aider l'humain dans ses activités et ses prises de décisions.

La conférence « Ingénierie des Connaissances » réunit la communauté francophone et est un lieu d'échanges et de réflexions, de présentation et de confrontation des théories, pratiques, méthodes et outils. Cette communauté doit désormais prendre en compte l'essor des algorithmes d'apprentissage et leurs retombées sur les pratiques individuelles et collectives, tout en conservant l'humain au centre des systèmes de données et connaissances.

Pour cette édition 2021 de la conférence, nous avons eu l'honneur de recevoir Elena SIMPERL, professeure au King's College London, qui a donné une conférence invitée intitulée « *What Wikidata teaches us about knowledge engineering?* ».

Programme scientifique

Concernant les contributions scientifiques, 22 articles ont été soumis. Au total 15 articles ont été acceptés et constituent le contenu des actes de la conférence. 10 articles longs présentent des contributions originales dans les thèmes de la conférence. 4 articles sont dérivés d'une publication dans les conférences et journaux internationaux du domaine, et contribuent ainsi à leur diffusion et à leur discussion dans la communauté francophone. Enfin, 1 article est un papier court.

Ces articles ont été regroupés comme suit pendant la conférence :

- Sémantisation et *FAIRification* de données ;
- Ontologies et Systèmes Cyber-physiques ;
- Raisonnement, découverte de connaissances, classification ;
- Edition des connaissances et graphes de connaissances.

Le programme détaillé est disponible sur le site web de [IC](#) et les actes sont disponibles sur [HAL](#).

Pour la seconde fois consécutive, [PfIA 2021](#) s'est déroulée de manière virtuelle sur fond de pandémie de Covid-19. Nous constatons néanmoins un maintien de l'intérêt



des auteurs pour diffuser leurs contributions originales à la communauté, et un maintien également de l'implication des membres du comité de programme et du comité de pilotage IC. Le résultat est une collection d'articles scientifiques de haute qualité, qui intègrent les commentaires de leurs quatre évaluations constructives et bienveillantes, de haute qualité également. Je remercie chaleureusement l'ensemble des acteurs de la communauté francophone d'Ingénierie des Connaissances, et je nous souhaite de pouvoir nous réunir à nouveau en présentiel dès l'année prochaine pour l'édition 2022 de IC.

Prix

Le prix du meilleur article original IC a été remis à Emna AMDOUNI et Clément JONQUET, pour leur article : « Une méthodologie et un outil d'évaluation du niveau de "FAIR-

ness" pour les ressources sémantiques : le cas d'AgroPortal ». Les auteurs ont été récompensés par un prix de 500 euros, offert par l'AfIA.

Une mention spéciale prix du meilleur article publié à l'international a été décernée à Franck MICHEL, Fabien GANDON, Valentin AH-KANE, Anna BOBASHEVA, Elena CABRIO, Olivier CORBY, Raphaël GAZZOTTI, Alain GIBOIN, Santiago MARRO, Tobias MAYER, Mathieu SIMON, Serena VILLATA et Marco WINCKLER pour leur article : « *Covid-on-the-Web : graphe de connaissances et services pour faire progresser la recherche sur la COVID-19* ».

En plus de ces deux articles, le comité de programme a sélectionné l'article de Grégory BOURGUIN, Arnaud LEWANDOWSKI, Mourad BOUNEFFA et Adeel AHMAD : « Vers des classifieurs ontologiquement explicables », pour publication dans l'ouvrage de promotion annuel de l'AfIA.

■ JFPDA : Journées Francophones Planification, Décision et Apprentissage

Par

François SCHWARZENTRUBER
IRISA
ENS Rennes
francois.schwarzentruber@ens-rennes.fr

Présentation

À l'origine, le groupe de travail PDM et IA a été fondé en 2001 dans le but de mettre en contact des chercheurs français s'intéressant aux processus décisionnels de Markov et à l'intelligence artificielle, autant d'un point de vue pratique que théorique. La communauté française travaillant sur ce thème étant de plus en plus nombreuse, que ce soit en apprentissage par renforcement, en planification dans l'incertain, en contrôle, etc.. Il est donc apparu né-

cessaire d'organiser une structure, légère toutefois, qui permettrait de mieux nous connaître, de mieux développer, faire partager et valoriser nos recherches. Il y a quinze ans, le groupe PDM et IA a donc évolué pour s'ouvrir aux thématiques de la planification, de la décision et de l'apprentissage pour la conduite de systèmes (d'où le fait que ses journées annuelles et sa liste de diffusion aient été renommés). La communauté concernée par les JFPDA, et plus généralement par les thématiques correspondantes, se retrouve sur [la liste de diffusion \(inscriptions\)](#). Les journées sont organisées chaque année par un comité. Les JFPDA ont été organisées par François SCHWARZENTRUBER avec l'aide du comité de programme (voir le [site web](#) de l'événement).



Après Toulouse (2006), Grenoble (2007), Metz (2008), Paris (2009), Besançon (2010), Rouen (2011), Nancy (2012), Lille (2013), Liège (2014), Rennes (2015), Grenoble (2016), Caen (2017), Nancy (2018) et Toulouse (2019), Angers (2020, virtualisée), les **JFPDA** dans le cadre de **PfIA 2021** ont été virtualisées en raison de la pandémie de Covid-19.

Objectif des journées

Les Journées Francophones Planification, Décision et Apprentissage (**JFPDA**) ont pour but de rassembler la communauté de chercheurs francophones travaillant sur les problèmes d'apprentissage par renforcement, de la théorie du contrôle, de programmation dynamique et plus généralement dans les domaines liés à la prise de décision séquentielle sous incertitude et à la planification. Les travaux présentés traitent aussi bien d'aspects purement théoriques que de l'application de ces méthodes à la conduite de systèmes virtuels (jeux, simulateurs) et réels (robots, drones). Ces journées sont aussi l'occasion de présenter des travaux en cours de la part de doctorants, doctorantes, postdoctorants, postdoctorantes, chercheurs et chercheuses confirmés dans un cadre laissant une large place à la discussion constructive et bienveillante. La conférence **JFPDA** est soutenue par le Collège Représentation et Raisonnement de l'AfIA.

Une liste (non exhaustive) des thèmes abordés aux JFPDA est la suivante :

- processus décisionnels de Markov, totalement ou partiellement observables, factorisés ou hiérarchiques, centralisés ou décentralisés,
- programmation dynamique approchée (ADP), apprentissage par renforcement (RL) :
 - RL Bayésien, RL inverse, RL batch, RL multi-agents, RL multi-objectifs,

- apprentissage statistique, bornes PAC en RL/ADP,
- méthodes de Monte Carlo et quasi Monte Carlo,
- recherche directe de politiques, architectures acteur-critique,
- apprentissage de fonctions de valeurs, généralisation, représentations parcimonieuses, méthodes à base de noyaux en RL/ADP ;
- planification :
 - planification classique, planification temporelle,
 - planification dans l'incertain, planification épistémique, conformante ou contingente,
 - planification multi-agent, planification à initiative-mixte, interaction à initiative-mixte ;
 - génération et exécution de plans flexibles ;
 - replanification, planification en ligne ;
- contrôle de systèmes continus ou discrets, réels ou simulés, mono- ou multi-agents,
- jeux séquentiels ou simultanés, à information parfaite ou imparfaite ;
- approches d'inspiration biologique,
- applications et confrontations au monde réel

Déroulement des journées

Les **JFPDA** ont rassemblé une vingtaine de participants, pour une conférence plénière à **PfIA 2021**, pour deux exposés invités et pour six exposés techniques. La conférence plénière a été donnée par Ann NOWÉ (*Vrije Universiteit Brussels*) et a permis à l'ensemble des participants de **PfIA 2021** d'avoir un aperçu des dernières avancées et défis dans le domaine de l'explicabilité et la transparence en apprentissage par renforcement. Elle a été suivie par trois sessions englobants exposés invités et exposés techniques.



Session 1 (Session plénière).

Président : François SCHWARZENTRUBER
mercredi 30 juin, 9h00 à 10h00

- « *Aspects of transparency in Reinforcement Learning* », Ann NOWÉ.

Session 2.

Président : Bruno ZANUTTINI
mercredi 30 juin, 10h30-12h30

- « *Grounding Language to Autonomously-Acquired Skills via Goal Generation* », Ahmed AKAKZIA, Cédric COLAS, Pierre-Yves OUDEYER, Mohamed CHETOUANI, Olivier SIGAUD ;
- « *HSVI for zs-POSGs using Convexity, Concavity and Lipschitz Properties* » Aurelien DELAGE, Olivier BUFFET, Jilles DIBANGOYE ;
- « *Planning for Connected Agents in a Partially Known Environment* » Arthur QUEFFELEC, Ocan SANKUR, Francois SCHWARZENTRUBER.

Session 3.

Président : François SCHWARZENTRUBER
mercredi 30 juin, 15h30-17h30

- Exposé invité de Thomas BOLANDER (DTU, Denmark) ;
- « *Explicit Representations of Persistency for Propositional Action Theories* », Sergej SCHECK, Alexandre NIVEAU, Bruno ZANUTTINI ;
- « Vérification symbolique de modèles pour la logique épistémique dynamique probabiliste », Sébastien GAMBLIN, Alexandre NIVEAU, Maroua BOUZID.

Session 4.

Président : François SCHWARZENTRUBER
jeudi 1^{er} juillet, 10h30-12h30

- Exposé invité de Odalric-Ambrym MAILLARD (INRIA, Lille) ;
- « *Solving infinite-horizon Dec-POMDPs using Finite State Controllers within JESP* », Yang YOU, Vincent THOMAS, Francis COLAS, Olivier BUFFET ;
- Table ronde ;
- Clôture des journées.

Les actes de JFPDA ne sont pas édités, mais ils sont disponibles en téléchargement sur le [site web](#) de l'événement.

■ JFSMA : Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents

Par **Jean-Paul JAMONT**
LCIS
Université Grenoble Alpes
Jean-Paul.Jamont@univ-grenoble-alpes.fr

Présentation

Les Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA) sont un moment privilégié d'échanges scientifiques transversaux. Elles réunissent chaque année des chercheurs qui étudient, utilisent et font évoluer le paradigme multi-agent pour adresser des problématiques issues de domaines liés à l'informatique

(intelligence et vie artificielle, génie logiciel, robotique collective, etc.), à l'automatique et aux sciences humaines et naturelles (économie, sociologie, éthologie, etc.).

Le paradigme multi-agent, pluridisciplinaire, fournit un cadre conceptuel pour l'étude et la conception de systèmes dont la dynamique globale est le fruit d'entités autonomes – agents – qui interagissent dans un environnement commun. Les travaux de recherche qui sont associés à ce paradigme proposent ainsi des modèles, des méthodologies, des techniques et des outils qui permettent notamment le développement de systèmes informa-



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

tiques décentralisés, la résolution collective de problèmes, la simulation de phénomènes complexes et le développement de systèmes médiatisés où utilisateurs humains et agents artificiels interagissent directement ou indirectement.

Par tradition, chaque édition des JFSMA met en exergue une thématique spécifique que les auteurs sont invités à prendre en compte dans leurs contributions, s'ils le souhaitent. Cette année, le thème des journées était « Collectifs cyber-physiques ». Les contributions dans lesquelles des agents autonomes logiciels et matériels, plongés dans des environnements mixtes virtuels et physiques, interagissent et coopèrent ont été donc mises à l'honneur.

À l'issue du processus de sélection, sur les 26 articles soumis, 8 articles ont été retenus en présentation longue (35 minutes) et 6 articles en présentation courte (25 minutes). Ces articles et la présentation invitée ont permis de bâtir l'ossature de ces journées en 6 sessions. Une 7^e session, dédiée à la présentation de travaux en cours de jeunes chercheurs, a permis à des doctorants travaillant dans le domaine des SMA de présenter l'état d'avancement de leurs travaux selon un format court (5 minutes suivies par un temps d'échange).

Programme

Session 1 (Collectifs cyber physiques).

Président : Vincent CHEVRIER

Lundi 28 juin - 10h30 à 11h45

Nombre de participants : 46

- « Extension des modèles de *flocking* aux environnements avec obstacles et communications dégradées », Alexandre BONNEFOND, Olivier SIMONIN, Isabelle GUERIN-LASSOUS ;
- « Modèle générique inclusif de système ambiant dédié à l'assistance basée sur le paradigme multi-agent », Nathan AKY, Sylvain GIROUX, Denis PAYET, Rémy COUR-

DIER.

Session 2 (Coordination et planification).

Président : Frédéric MIGEON

Lundi 28 juin - 15h30 à 17h05

Nombre de participants : 38

- « Une stratégie de négociation multi-agents pour réduire la durée moyenne de réalisation », Ellie BEAUPREZ, Anne-Cécile CARON, Maxime MORGE, Jean-Christophe ROUTIER ;
- « Enchères pour le Maintien des Communications lors de l'Allocation de Tâches », Félix QUINTON, Christophe GRAND, Charles LESIRE ;
- « Réaffectation de tâches de la théorie à la pratique : état de l'art et retour d'expérience », Ellie BEAUPREZ, Luc BIGAND, Anne-Cécile CARON, Maxime MORGE, Jean-Christophe ROUTIER.

Conférence invitée JFSMA.

Président : Jean-Paul JAMONT

Mardi 29 juin - 9h00 à 10h00

Nombre de participants : 112

- « *Multi-agent Systems to Distribute Intelligence in Industrial Cyber-Physical Systems* », Paulo LEITÃO.

Session 3 (Simulation multi-agents).

Président : Gildas MORVAN

Mardi 29 juin - 10h30 à 11h45

Nombre de participants : 46

- « COMOKIT : un environnement générique et modulaire pour analyser les impacts des politiques d'intervention contre l'épidémie de COVID-19 », Kevin CHAPUIS, Patrick TAILLANDIER, Benoit GAUDOU, Brugière ARTHUR, Drogoul ALEXIS ;
- « L'organisation comme Design Pattern dans les systèmes multi-agents multi-niveaux », Vianney SICARD, Mathieu ANDRAUD, Sébastien PICAULT ;
- « Usage des parkings relais dans les comportements de déplacements intermodaux : Génération de demande de population d'agents



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

à partir de données réelles », Azise Oumar DIALLO, Guillaume LOZENGUEZ, Arnaud DONIEC, René MANDIAU.

Session 4 (Modèle d'agent et comportements sociaux).

Président : Domitile LOURDEAUX

Mardi 29 juin - 15h30 à 16h40

Nombre de participants : 45

- « ABSG : un modèle d'agent socialement inspiré pour la formation de coalitions », Mickaël BETTINELLI, Michel OCCELLO, Damien GENTHIAL ;
- « Approche multi-agent combinant raisonnement et apprentissage pour un comportement éthique », Rémy CHAPUT, Jérémy DUVAL, Olivier BOISSIER, Mathieu GUILLERMIN, Salima HASSAS.

Session 5 (Résolution collective de problèmes et optimisation).

Président : Clément RAÏEVSKY

Mardi 29 juin - 16h40 à 17h40

Nombre de participants : 45

- « Planification multi-utilisateurs et multi-satellites de tâches d'observation dans des constellations avec portions d'orbites exclusives », Gauthier PICARD ;
- « Un modèle agent générique pour la comparaison d'approches d'allocation de ressources dans le domaine du transport à la demande », Alaa DAOUD, Flavien BALBO, Paolo GIANESSI, Gauthier PICARD.

Session 6 (Théorie des jeux).

Président : Aurélie BEYNIER

Mercredi 30 juin - 10h30 à 11h30

Nombre de participants : 41

- « Coopération généralisée et attracteurs au dilemme itéré du prisonnier », Jean-Paul DELAHAYE, Philippe MATHIEU ;
- « De la diversité des jeux de coalitions à utilité transférable », Josselin GUÉNERON, Grégory BONNET.

Session 7 (« Jeunes Chercheurs »).

Président : Laurent VERCOUTER

Mercredi 30 juin - 15h30 à 17h30

Nombre de participants : 50

- « Allocation de tâches décentralisée dans un environnement dynamique », Douae AHMADOUN, LIPADE, Univ. de Paris ;
- « Collaboration entre un système multi-agents et une équipe de développement pour une gestion pragmatique de maintenabilité logicielle, vers une interaction dialogique », Sébastien BERTRAND, IMS, Bordeaux ;
- « Amélioration et diversité résultant de l'adaptation d'ontologies apprises », Yasser BOURAHLA, LIG, Université Grenoble Alpes ;
- « Simulation multi-agent et multi-échelles pour le trafic urbain », Jean-François ERDELYI, IRIT, Université Toulouse I Capitole ;
- « Les avantages d'oublier des connaissances », Alban FLANDIN, LIG, Université Grenoble Alpes ;
- « De l'utilisation des systèmes de réputation dans les jeux de coalitions répétés », Josselin GUÉNERON, GREYC (UMR 6072), Université de Caen Normandie ;
- « Impact des variations inter-individuelles sur l'évolution du langage », Mathilde JOSSERAND, Laboratoire Dynamique du Langage UMR 5596 Université Lumière Lyon 2 ;
- « Une approche modélisation à base d'agents cognitifs intégrant les dimensions acteur et spatiale pour la simulation de la gestion des ressources territoriales », Severin Vianey KAKEY TUEKAM, Université de Dschang, Cameroun ;
- « Effets de la collaboration et de la spécialisation sur l'évolution des connaissances des agents », Andrea KALAITZAKIS, LIG, Université Grenoble Alpes ;
- « Gestion transversale de la confiance dans les systèmes embarqués communicants », Romain LIÉVIN, LCIS, Univ. Grenoble



- Alpes ;
- « *Regulation of hybrid communities on the web* », Adnane MANSOUR, LIMOS UMR 6158 / Mines Saint-Etienne, WIMMICS INRIA Sophia Antipolis ;
 - « *Deep Multi Agent Reinforcement Learning quantifying uncertainties in blockchain systems* », Hector ROUSSILLE, LIRMM - Université de Montpellier ;
 - « Utilisation de la simulation à base d'agents et de la théorie de l'argumentation pour mieux appréhender la diffusion et l'appropriation des outils numériques en agriculture », Loïc SADOU, Laboratoire MIAT de l'INRAE Toulouse.

Quatre articles tous méritants ont été retenus pour être soumis au vote de 38 des membres du CP. Le prix du meilleur papier **JF-SMA** a été attribué à Mickaël BETTINELLI, Michel OCCELLO et Damien GENTHIAL pour leur article intitulé « ABSG : un modèle d'agent socialement inspiré pour la formation de coalitions ».

Les actes de ces journées ont été édités par Cépaduès et les versions préliminaires des articles soumis aux JFSMA sont disponibles sur [le site](#) des journées.

Cette édition aura été l'occasion de faire le point et de générer des échanges sur les méthodes, les modèles, les architectures et les ou-

tils que nécessitent les spécificités induites par les approches multi-agents. La forte implication des comités de programmation et d'organisation de la plate-forme IA a permis que la conférence se déroule dans d'excellentes conditions au vu du contexte sanitaire : je remercie chaleureusement les membres de ces comités au nom de la communauté francophone des SMA.

Je félicite le comité de programme notamment pour la qualité de son arbitrage dans le processus de relecture des articles soumis. Je remercie aussi les bergers qui accompagnent la révision de certains articles et les relecteurs sollicités tardivement pour proposer de nouveaux éclairages sur certaines contributions.

Je remercie également les membres du comité consultatif pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en me proposant la présidence des **JFSMA**.

Enfin mes remerciements vont aux 91 chercheurs francophones d'universités du Cameroun, du Canada, de France, du Luxembourg, de Madagascar, du Sénégal, de Suède et du Vietnam pour avoir participé au processus de soumission, à Paulo LEITÃO notre conférencier invité, aux jeunes chercheurs qui ont relevé le défi de présenter leurs travaux en cinq minutes et plus généralement à l'ensemble des participants.

Rendez-vous l'année prochaine à Saint-Etienne pour la 30^e édition des JFSMA.

■ JIAF : Journées d'Intelligence Artificielle Fondamentale

Par **Zied BOURAOUI**
CRIL
Université d'Artois, Lens
zied.bouraoui@cril.fr

Sylvie DOUTRE
IRIT
Université Toulouse 1 Capitole
doutre@irit.fr

Présentation

Les Journées d'Intelligence Artificielle Fondamentale (**JIAF**) constituent un rendez-vous annuel pour la communauté française sur les méthodes et outils fondamentaux de l'intelligence artificielle. L'édition 2021 a été hébergée par la Plate-Forme Intelligence Artificielle (**PfIA 2021**), organisée en ligne par l'Université



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

de Bordeaux, les 1^{er} et 2 juillet 2021.

Les thématiques de recherche abordées lors des JIAF portent généralement sur :

- La définition de modèles de *représentation des informations* (croyances, connaissances, préférences, obligations et permissions, actions, incertitude, confiance, réputation) : langages des logiques classiques ou non classiques, modèles possibilistes, ontologies, langages à base de contraintes, représentations graphiques, etc.
- La définition et l'automatisation de *raisonnements* sur ces informations : raisonnement spatio-temporel, dynamique des informations, révision de croyances, fusion d'informations symboliques, raisonnement par argumentation, raisonnement causal, raisonnement abductif, raisonnement à partir de cas, etc.
- La mise au point de méthodes de *codage* des informations et d'*algorithmes* de traitement efficaces : compilation de connaissances, SAT, contraintes, ASP, etc.
- La modélisation formelle de l'*interaction* : entre utilisateurs et systèmes informatiques, entre entités informatiques autonomes (agents), intégration de ces deux aspects dans les divers agents conversationnels, agents de recherche, assistants personnels.
- Le choix social, la théorie des jeux, les algorithmes pour les *jeux*.
- Des objectifs de décision, planification, ordonnancement, diagnostic, apprentissage et dans différents contextes d'*application*, comme par exemple le Web sémantique.

Les JIAF entretiennent des liens privilégiés avec le collège « Représentation et Raisonne-

ment » de l'AfIA, et avec le GDR IA, groupe de recherche sur les « Aspects Formels et Algorithmiques de l'Intelligence Artificielle » du CNRS. Le comité de programme des journées est composé d'une vingtaine de membres, et a été animé pour [JIAF](#) par Sylvie DOUTRE (IRIT, Toulouse) et Zied BOURAOU (CRIL, Lens).

Programme

Sept articles techniques ont été acceptés et exposés lors de cette édition 2021 des JIAF. Se sont ajoutés deux exposés invités, dont celui de Steven SCHOCKAERT intitulé « *Combining symbolic knowledge and neural representations* », qui a fait l'objet d'une présentation plénière à [PfIA 2021](#). L'édition a rassemblé une quarantaine de participants.

Les exposés ont porté en particulier sur les thèmes suivants (liste non exhaustive) : logique modale, raisonnement qualitatif, planification, jeux, argumentation, choix social.

Ces thématiques sont représentatives de sujets abordés de façon récurrente aux JIAF. Une grande partie des travaux s'intéresse à des questions d'ordre sémantique (par exemple, pour la révision de croyance, pour l'argumentation), logique (méthodes de preuve, inférence, complexité), ou calculatoire (par exemple, complexité des jeux), sans oublier des aspects plus applicatifs.

Les actes [JIAF](#) sont disponibles sur [le site](#) des journées.

Conclusion

La prochaine édition des JIAF se tiendra à Saint-Etienne, dans le cadre de la Plate-Forme Intelligence Artificielle PFIA 2022.



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

■ RJCIA : Rencontres des Jeunes Chercheurs en IA

Par **Abir KARAMI**
FGES/ Smart and Sustainable Cities
Université Catholique de Lille
abir.karami@univ-catholille.fr

Présentation

La dix-neuvième édition des Rencontres des Jeunes Chercheur.se.s en Intelligence Artificielle (RJCIA) s'est déroulée dans le cadre de la Plate-Forme de l'Intelligence Artificielle **PfIA 2021** à Bordeaux. Les RJCIA ont eu lieu les deux derniers jours de PFIA, les 1^{er} et 2 juillet 2021. Ces rencontres sont soutenues par l'Association Française d'Intelligence Artificielle depuis leur commencement. Pour cette année, RJCIA, comme toutes les conférences et événements hébergés de la **PfIA 2021**, s'est déroulé de manière virtuelle.

L'objectif principal des RJCIA est d'offrir un espace de communication et de discussion interdisciplinaire aux jeunes chercheurs (thésards ou jeunes docteurs), leur permettant de présenter des travaux préliminaires, former des contacts et élargir leurs perspectives. La spécificité de ces rencontres par rapport aux autres conférences de la plate-forme est qu'elle offre un panorama transverse de la recherche francophone en intelligence artificielle, vu par les communications des jeunes chercheurs de la communauté.

Le comité de programme de ces dix-neuvièmes RJCIA est constitué de seize chercheurs qui ont participé à la relecture des articles d'une manière quasiment équitable. L'attribution des articles a eu lieu en respectant les intérêts et en évitant les conflits déclarés par les membres du comité. Le comité de programme était constitué des personnes suivantes : Grégory BONNET, Université de Caen Normandie ; Zied BOURAOUI, Université d'Ar-

tois ; Olivier CHAMPALLE, Université Paris Est ; Mathieu CHOLLET, IMT Atlantique ; Anthony FLEURY, IMT Lille Douai ; Emmanuelle GRISLIN, Université de Valenciennes ; Julie JACQUES, Université Catholique de Lille ; Abir KARAMI, Université Catholique de Lille (Présidente du comité) ; Alexis LEBIS, IMT Lille Douai ; Guillaume LOZENGUEZ, IMT Lille Douai ; Jean-Guy MAILLY, Université de Paris Descartes ; Laetitia MATIGNON, Université de Lyon 1 ; Anastasia PAPARRIZOU, Université d'Artois ; Alexandre PAUCHET, INSA Rouen ; Karim SEHABA, Université Lumière Lyon 2 ; Nicolas VERSTAEVEL, Université Toulouse 1 Capitole.

Programme

Pour cette dix-neuvième édition des RJCIA, dix-neuf articles ont été soumis, 11 longs de 6 à 8 pages et 8 courts de 2 à 3 pages. Chaque soumission longue a été relue par trois membres du comité de programme, et par deux membres pour les soumissions courtes. Le comité de programme a fourni un travail sérieux avec des rapports de lecture détaillés. Parmi les soumissions, seize ont été acceptées (8 longues et 8 courtes). En plus des papiers issus du processus de sélection régulier, il avait été proposé de rediriger vers les RJCIA des articles de jeunes chercheurs issus d'autres conférences hébergées. Trois soumissions ont été reçues et acceptées par ce biais-là (une longue et deux courtes), portant à dix-neuf le nombre de communications (9 longues et 10 courtes). Notons enfin que les communications acceptées ont fait l'objet d'un archivage sous HAL, et qu'une sélection de 4 articles emblématiques a été faite pour paraître dans l'ouvrage de promotion annuel de l'Afia.

Les dix-neuf communications acceptées ont donné lieu à neuf présentations, correspondant



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

aux neuf articles longs et réparties sur trois sessions thématiques. Les papiers courts ont été sujets d'une session « *Teaser* » permettant aux auteurs de présenter leurs sujets en trois minutes et une autre session d'échange « *Poster* » via l'espace virtuel « *Wonder me* ». Cette dernière était commune avec des échanges thématiques de la conférence IC. L'étendue des thématiques abordées par les communications de RJCIA couvre assez bien les domaines au cœur de l'IA : systèmes multi-agents, systèmes interagissant avec l'humain, extraction de connaissances, représentation des connaissances et planification, l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond.

Nous vous invitons à consulter le site web de RJCIA qui contient à la fois le programme des rencontres ainsi que les actes.

La session « IA et Industrie 4.0 » a regroupé deux présentations sur l'application des méthodes d'apprentissage automatique dans des cas d'usage industriel robotique. La session « IA fondamentale » a regroupé quatre présentations sur les modèles théoriques, les jeux bayé-

siens et les hyperréseaux, leurs limites et potentiels. La session « IA centrée humain » a regroupé deux présentations sur l'IA appliquée dans les domaines de l'éducation et la domotique et une présentation sur l'impact de biais cognitifs des individus qui conçoivent des systèmes d'intelligence artificielle.

Ce programme est complété d'une conférence invitée. RJCIA a eu l'honneur de recevoir la professeur Manuela VELOSO (*Head de J.P. Morgan AI Research* et professeur à *Carnegie Mellon University*), qui a donné une conférence intitulée « *AI in Finance : Scope and Examples* ».

Pour résumer, RJCIA'21 s'est déroulé avec succès malgré la virtualisation et grâce aux auteurs et aux participants, notamment les présidents de sessions. Le nombre de participants a permis des échanges intéressants autour des présentations. La session poster sur « *Wonder me* » a permis aux jeunes thésards d'échanger entre eux et avec quelques participants/chercheurs sur leurs sujets de thèse.



■ Journée « Jeux et IA »

Par **Christophe REY**
LIMOS
Université Clermont Auvergne
christophe.rey@uca.fr

Présentation

Cette journée a été organisée à l'initiative de l'Association Française d'Intelligence Artificielle (AfIA) et du [Groupe de Travail IA des jeux](#) du Groupe De Recherche en Intelligence Artificielle du CNRS ([GDR IA](#)). Le but de cette journée était de rapprocher les communautés académiques et industrielles sur la thématique de l'IA dans les jeux (surtout les jeux vidéo), et ce au moyen de deux présentations longues invitées, d'une session de neuf courtes présentations de travaux de recherche en cours dans le domaine, et d'une table ronde réunissant un panel de 8 experts (5 industriels et 3 universitaires). La journée s'adressait aussi bien aux jeunes chercheurs qu'aux chercheurs plus avancés et aux industriels.

Les organisateurs de cette journée ont été, pour le GT IA des jeux du GDR IA, Christophe REY (maître de conférences en informatique à l'Université Clermont Auvergne, laboratoire LIMOS) assisté de Sylvain LAPEYRADE (UCA, LIMOS) et, pour l'AfIA, Tristan CAZENAVE (Professeur en informatique à l'Université Paris Dauphine, laboratoire LAMSADE).

Programme de la journée

Le matin a été dédié à des présentations courtes de chercheurs en *game AI* (10mn de présentation et 5mn de questions), et l'après-midi a été consacré à des exposés invités et une table ronde.

10h30. « L'intelligence artificielle dans les jeux vidéo », par Axel BUENDIA, Stéphane NATKIN

10h45. « Génération automatique de dialogues entre personnages non-joueurs », par Josselin SOMERVILLE, Qinpei DU, Olivier LEPEL, Joachim PELADAN, Tanguy SCHMIDTLIN, Raphaël GRANIER DE CASSAGNAC

11h00. « Apprendre à des créatures virtuelles à marcher », par Lilian BICHOT, Marie BIENVENU, Mohamed DHOUB, Simon DREYER, Nathan PELUSO, Raphaël GRANIER DE CASSAGNAC, Robert FALCE

11h15. « Raisonnements ontologiques pour la crédibilité des IA dans les jeux vidéo », par Sylvain LAPEYRADE, Christophe REY, Bruno BACHELET, Loic YON

11h30. « A 3D brawler game using a hybrid planning approach », par Mael AHMAD ADDOUM, Maxime ROUFFET, Éric JACOPIN

11h45. « Double-objective in a GOAP planner : procedural dungeons level generation and NPC planning », par Mael AHMAD AD-



DOUM, Jannah MEKHAEMAR, Maxime ROUFFET, Eric JACOPIN

12h00. « Conception de l'apparence d'un agent virtuel grâce à l'apprentissage automatique interactif », par Iyo BISSECK, Brian RAVENET

12h15. « Nonverbal behavior reinforcement in VR », par Miriam PUNZI, Brian RAVENET, Nicolas LADEVEZE, Huyen NGUYEN

12h30. « Configurable agent with reward as input : a play-style continuum generation », par Pierre LE PELLETIER DE WOILLEMONT, Rémi LABORY, Vincent CORRUBLE

15h30 - 16h30. « *Abstract forward models and strategy games* », par Diego PEREZ-LIEBANA, présentation invitée, *Senior Lecturer* à *School of Electronic Engineering and Computer Science, Queen Mary University of London*

16h30 - 17h30. « Apprentissage par renforcement efficace sans utilisation de connaissance pour les jeux », par Quentin COHEN-SOLAL, présentation invitée, post-doctorant au LAMSADE, Université Paris-Dauphine

17h30 - 18h30. « Table ronde : De l'IA académique à l'IA dans les jeux vidéo : quelles approches passent ? Quelles approches ne passent pas ? Comment l'industrie des jeux envisage le futur de l'IA dans les jeux ? Quelles réponses des chercheurs en IA ? », par Christophe REY, modérateur (MCF LIMOS, Université Clermont Auvergne), et à laquelle ont participé : Charlotte BUCHET (Game designer(s) - Wako Factory, Nantes); Julien MILLET, Guillaume MAGNIES et Guillaume RIPOLL (Président, Trésorier et Référent R&D, Online et IA - Game Only, Auvergne Rhône Alpes); Guillaume GAUDRON (Director development - Ubisoft La Forge); Tristan CAZENAVE (Pr - LAMSADE, Univ. Paris Dau-

phine); Anne-Gwenn BOSSER (MCF - Lab-STICC, ENIB); Éric JACOPIN (HDR - Centre de recherche des écoles de Saint-Cyr Coëtquidan)

18h30. Clôture de la journée

Synthèse de la table ronde

« De l'IA académique à l'IA dans les jeux vidéo : quelles approches passent ? Quelles approches ne passent pas ? Comment l'industrie des jeux envisage le futur de l'IA dans les jeux ? Quelles réponses des chercheurs en IA ? »

Dans le domaine des jeux vidéo, on constate un certain décalage entre les travaux universitaires en intelligence artificielle (qu'on qualifiera d'IA « moderne ») et les techniques d'IA concrètement utilisées dans les jeux vidéo. Par exemple, la planification (*Goal Oriented Action Planning*), la recherche arborescente (*MiniMax*, *Monte Carlo Tree Search*) voire même l'apprentissage profond (*deep learning*, DL) sont très peu utilisés. Les techniques actuelles généralement utilisées en IA des jeux sont les machines à états finis (*finite state machines*, FSM) ou les arbres de comportement (*behaviour trees*, BT) qui sont essentiellement des méthodes de programmation visuelle à destination des *game designers*. **D'où les questions suivantes :**

- ce constat est-il correct ?
- la non utilisation d'approches d'IA moderne est-elle liée à des problèmes de performances par rapport à des impératifs d'exécution en temps réel ?
- que faire pour faciliter la prise en main des approches d'IA moderne ?

Les **difficultés pour l'utilisation d'IA moderne dans l'industrie des jeux vidéo** sont les suivantes :

- il existe des différences de culture entre l'université et l'industrie :
 - la formation en IA des acteurs industriels peut induire une certaine inertie :



- il existe une certaine tendance à rester sur les techniques que l'on connaît, associée à une difficulté de prendre en main des technologies inconnues ;
- il y a une certaine méconnaissance du monde académique par l'industrie et vice versa (surtout chez les petits et moyens studios qui n'ont pas de service de R&D) ;
 - réciproquement, les universitaires sont peu nombreux à appliquer et/ou à vulgariser leurs travaux dans le domaine du game AI ;
 - différences notables entre l'industrie et la recherche, notamment au niveau : des *indicateurs de performance* (publications pour la recherche, et engagement des joueurs et rentabilité pour l'industrie) et de la *temporalité* (la recherche prend du temps que l'industrie n'a pas forcément : par exemple trois ans pour une thèse, premiers résultats au bout d'un an et demi à deux ans).
- Souvent, les approches universitaires en IA ne sont pas mûres
- en termes scientifiques, il reste des verrous à faire sauter comme les questions de l'explicabilité, des garanties de robustesse et des protocoles de certification encore souvent inexistant (notamment pour les approches de type boîte noire comme le *deep learning*) ;
 - la conséquence est une incertitude quant aux bénéfices potentiels de l'IA pour les concepteurs et les développeurs de jeux, et donc les commerciaux et les décideurs.
- Donc l'IA peut apparaître comme un risque :**
- risque créatif :
 - il y a une peur légitime de certains *game designers* de ne plus avoir le contrôle total de leur IA, de ne plus pouvoir la personnaliser et la corriger comme ils le souhaitent ;
 - l'existence de technologies avancées en IA n'induit pas automatiquement de nouvelles idées en game design. Des temps de recherche spécifique en game design sont nécessaires pour trouver des innovations de game design basées sur l'usage d'IA. Comme toute recherche, le succès n'est pas assuré. Autrement dit, même si on espère que de nouvelles IA permettent de créer de nouvelles expériences de jeu, on ne sait pas encore comment y arriver, et si même les technologies existantes le permettent ou bien s'il faut attendre d'autres avancées.
- risque économique :
- pour les structures moyennes et petites, les dispositifs existants de financement permettant le rapprochement avec l'université ne sont pas toujours adaptés : 1) pour les travaux de thèse (CIFRE ou autre), il peut être compliqué d'attendre deux ans pour de petites structures avant d'avoir de premiers résultats tangibles ; 2) les aides habituelles à la conception de jeux vidéo (CNC par exemple) sont bien connues des studios, mais sont centrées sur le contenu (créatif, artistique) du jeu ; 3) d'autres dispositifs plus focalisés sur la technique sont peut-être moins connus. Les dispositifs recherche (ANR, LabCom, Européen) sont parfois bloquants pour les petites structures.
 - pour toutes les entreprises : 1) l'intégration de nouvelles technologies d'IA dans les chaînes de production impliquent des investissements non négligeables car cela revient en général à



développer des écosystèmes complets d'outils spécifiques (temps de développement et de formation aux nouveaux outils, et bien entendu argent nécessaire), cf. par exemple la difficulté pour développer et utiliser un plug-in de planification dans un moteur type *Unreal Engine* ou *Unity*; 2) ou alors il faut prendre la décision stratégique de se lancer dans la recherche et développement, ce qui est une décision majeure réservée aux plus gros studios; 3) comme toute innovation, la part d'imprédictabilité de l'utilisation d'une nouvelle IA se heurte aux contraintes classiques de production (calendrier fiscal, dates de sorties, etc.); 4) il peut y avoir aussi une résistance dans l'utilisation des plugins (*Unreal, Unity*) non développés en interne pour des raisons de propriété industrielle et de droits associés.

Malgré toutes ces difficultés, **l'IA est de plus en plus utilisée dans le développement de jeu.**

- Son utilisation est variable selon sa place dans le processus de création :
 - au sein du *game design* : 1) si l'IA n'est pas centrale dans le jeu, pourquoi s'embêter à utiliser une IA complexe. Si les joueurs sont satisfaits avec une IA simple, pas de besoin d'une IA différente de ce que l'on sait faire; 2) une IA innovante occupe souvent une place centrale dans le *game design* dès le début du projet, dans sa définition même, dans ses arguments marketing, sinon très peu de chance de bousculer un processus de développement déjà établi, surtout dans un grand studio. Dans les faits, ce sont souvent les studios plus petits (« indépendants ») qui articulent leur *game design* autour d'une

IA innovante, par exemple dans le domaine de la narration adaptative et générée par la machine (*computational narratives*).

- dans le processus de développement : 1) en préproduction : des outils d'IA évolués sont couramment utilisés (auto-tests, *debug, game balancing*, création de contenus, etc.) parce que les imperfections des IA modernes ne sont pas très graves dans ce contexte. En préproduction, on a surtout besoin d'identifier des problèmes de conception ou de générer des données à peu près cohérentes. Exemple : certains systèmes de génération de dialogues, vérifiés à la main *a posteriori*; 2) les risques évoqués précédemment sont plus critiques dans les problématiques d'IA pour les NPC (*game playing*) et toutes celles intimement liées à l'expérience de jeu.

- Exemples :

- domaines où l'IA moderne est utilisée : 1) la génération procédurale de contenus dans : l'animation (avec des techniques de *deep learning*), la génération de narrations (*computational narratives*) et le rendu d'images; 2) les tests automatiques; 3) le *pathfinding*; 4) l'IA des PNJ (*game playing*) avec l'objectif de performance (être meilleur que les joueurs humains).
- domaines où l'IA moderne pose encore question : IA des PNJ (*game playing*) avec un objectif de crédibilité et de jouabilité, (et non un objectif de performance).

Malgré ce constat en demie teinte, **les attentes par rapport à l'IA restent grandes :**

- utiliser l'IA pour générer des expériences nouvelles pour les joueurs



- créer des interactions nouvelles entre les joueurs et l'IA ;
 - concevoir des jeux qui soient des expérimentations, des explorations de *game designs* ;
 - personnaliser l'expérience de chaque joueur : 1) générer du contenu personnalisé, par exemple créer des narrations qui s'adaptent à chaque joueur, à sa façon de jouer, à ses valeurs ; 2) essayer d'établir un réel échange entre le joueur et la machine ;
 - remplacer les « fausses » IA qui trichent en ayant plus de connaissances qu'elles ne sont censées avoir.
- utiliser les IA pour améliorer le développement d'un jeu (rapidité, réutilisabilité, etc.)
- améliorer les outils de production pour être plus concentré sur la création et ne plus se préoccuper d'éléments « normaux » (le réalisme d'un personnage qui monte un escalier, qui trouve son chemin dans un environnement, etc.) ;
 - améliorer les outils de génération de contenu ;
 - donner envie aux *game designers* d'utiliser ces nouvelles approches d'IA et les outils qui vont avec : 1) répondre et surmonter les verrous scientifiques qui restent entre les approches d'IA moderne et leur utilisation ⇒ assurer que ces IA peuvent être utilisées dans de bonnes conditions (explicabilité, etc.) ; 2) rassurer les concepteurs et développeurs.

■ Journée « Santé et IA »

Par

Fleur MOUGIN
BPH/ERIAS
Université de Bordeaux & Inserm
fleur.mougin@u-bordeaux.fr

Lina SOUALMIA
LITIS & LIMICS
Normandie Universités
lina.soualmia@chu-rouen.fr

Présentation

La journée « Santé & IA », qui s'est déroulée le 29 juin 2021, a été organisée avec le soutien de l'Association française d'Informatique Médicale (AIM) et le Collège Science de l'Ingénierie des Connaissances de l'AfIA dans le cadre de la Plate-Forme Intelligence Artificielle (PfiA 2021) nationale. Du fait de l'évolution de la situation sanitaire, la journée a été totalement virtualisée, tout comme PfiA 2021, et sans frais d'inscriptions. Nous remercions le co-

mité d'organisation de l'Université de Bordeaux pour avoir fourni l'infrastructure technique de la journée, ainsi que pour son soutien. Ce format en virtuel a permis de réunir jusqu'à 80 participants.

Toutes les soumissions ont été évaluées par au moins deux membres du comité de programme, membres que nous souhaitons remercier ici pour leurs relectures dans des délais assez restreints. Compte-tenu des contributions retenues pour présentation orale, la journée s'est déroulée suivant quatre sessions organisées selon le type de données manipulées dans les travaux proposés et non selon les techniques d'IA (proposées ou réutilisées). Nous avons aussi choisi d'alterner des présentations longues (20 min + 10 min de questions) avec des présentations courtes (10 min + 5 min de questions) afin de permettre une dynamique d'échanges avec l'auditoire.



Programme

Session Urgences.

10h30. « Modélisation du raisonnement du médecin urgentiste : système d'aide au diagnostic MedVir », par Loïc ETIENNE, Francis FAUX, Olivier ROECKER

11h00. « Traitement automatique des résumés de passages aux urgences par apprentissage profond : point d'étape et focus sur la dé-identification », par Loïck BOURDOIS, Marta AVALOS, Gabrielle CHENAIS, Benjamin CONTRAND, Cédric GIL-JARDINE, Antoine GUENNEC-JACQUES, Philippe REVEL, Frantz THIESSARD, Héléne TOUCHAIS, Emmanuel LAGARDE

11h15. « *Anticipating emergency patient journeys with artificial intelligence* », par Antoine FRIANT, Hugo FLAYAC

11h45. « Performance en classification de données textuelles des passages aux urgences des modèles BERT pour le français », par Gabrielle CHENAIS, Héléne TOUCHAIS, Marta ALVALOS-FERNANDEZ, Loïck BOURDOIS, Philippe REVEL, Cédric GIL-JARDINÉ, Emmanuel LAGARDE

Session Ressources termino-ontologiques.

12h00. « Correspondance entre les terminologies médicales standards et locales : le cas du Gabon », par Aimé Patrice KOU-MAMBA, Sébastien COSSIN, Edgard Brice NGOUNGOU, Ulrick BISVIGOU, * Gayo DIALLO

12h15. « Vers une petite ontologie fondationnelle », par Jacques HILBEY, Xavier AIMÉ, Jean CHARLET

Session Données Patients.

15h30. « *An open generator of synthetic administrative healthcare databases* », par Thomas GUYET, Tristan ALLARD, Johanne BAKALARA, Olivier DAMERON

16h00. « Le système d'information multi-sources du registre général des cancers de

Poitou-Charentes : une approche intégrée pour la surveillance et l'évaluation des parcours en vie réelle », par Gautier DEFOSSEZ, Pierre INGRAND

16h15. « Prédiction des facteurs de risque de chute chez les seniors à partir d'informations partielles », par Véronique DELCROIX, Gulshan SIHAG, Emmanuelle GRISLIN, Xavier SIEBERT, Sylvain PIECHOWIAK, Cédric GAXATTE, François PUISIEUX

16h45. « *Semi-automatic extraction of abbreviations and their senses from electronic health records* », par Sébastien COSSIN, Margaux JOLLY, Iban LARROUTURE, Romain GRIFFIER, Vianney JOUHET

Session Thérapies.

17h00. « Impact clinique des interventions pharmaceutiques : développement d'un algorithme prédictif de significativité clinique », par Justine CLARENNE, Sonia PRIOU, Aymeric ALIXE, Olivier MARTIN, Céline MONGARET, Pierrick BEDOUCH

17h15. « Kalya Research : un assistant de recherche bibliographique dédié aux thérapies non médicamenteuses », par Jessica PINAIRE, Jean-Marc DURAND, Philippe LE-NOIR, Frédéric ASSIÉ, Waleed RAGHEB, Loric RIVIÈRE, Guillaume SOULIÉ, Yves DJERMIDJIAN, Anthony FRAISSE

Compte rendu

La première session, intitulée « Urgences », comportait quatre présentations – deux longues et deux courtes.

Francis FAUX, de l'équipe ADRIA de l'IRIT (CNRS UMR 5505), a débuté la journée avec un travail réalisé en collaboration avec la société *Medical Intelligence Service*. Il a présenté MedVir, un système d'aide au diagnostic dédié aux médecins urgentistes. Celui-ci modélise le raisonnement des urgentistes suivant 10 étapes de la plainte du patient à la prise de décision tout en prenant en compte le besoin d'interven-



nir rapidement et le fait que de nombreux éléments soient incertains au moment de la prise en charge.

Antoine GUENNEC-JACQUES a ensuite exposé une étude menée par des membres du centre de recherche Inserm *Bordeaux Population Health* (BPH U1219). Cette présentation portait sur la désidentification de résumés de passage aux urgences du CHU de Bordeaux dans le cadre du projet TARPON (Traitement Automatique des Résumés de Passages aux urgences pour un Observatoire National). Les auteurs de l'article se sont intéressés à plusieurs méthodes (expressions régulières, reconnaissance d'entités nommées FLAIR et transformeur FlauBERT) et ont montré que la combinaison des trois obtenait les meilleurs résultats.

Puis, Antoine FRIANT a décrit l'approche proposée par l'entreprise suisse à laquelle il appartient, à savoir Calyps, pour prédire la trajectoire des patients admis aux urgences. Ils se basent sur une architecture constituée de réseaux de neurones en modélisant les parcours sous la forme d'une séquence d'entiers pour modéliser les différentes étapes de la prise en charge.

Cette session s'est achevée avec la présentation d'un travail mené également dans le cadre du projet TARPON par Gabrielle CHENAIS (BPH - Inserm U1219). L'objectif était de comparer les performances des transformeurs entraînés pour le français FlauBERT et CamemBERT à la combinaison d'un classifieur de type SVM avec la méthode TF-IDF pour classifier des résumés de passage aux urgences dans huit grandes catégories de traumatisme.

La deuxième session, intitulée « Ressources termino-ontologiques », était composée deux présentations courtes.

Aimé Patrice KOUMAMBA, également rattaché au BPH - Inserm U1219, a exposé

un outil d'aide à la mise en correspondance de termes locaux utilisés dans des centres hospitaliers gabonais avec des termes de terminologies standards. Celui-ci s'appuie sur un appariement manuel réalisé pour quelques centaines de termes fréquemment utilisés.

Jacques HILBEY, de Sorbonne Université, a ensuite décrit une petite ontologie fondationnelle (POF) de 34 classes visant à proposer une représentation différente de certaines facettes de l'ontologie de haut niveau de référence, Basic Formal Ontology (BFO). Le but est de garantir une meilleure appropriation des notions fondamentales décrites dans ce type d'ontologie.

La troisième session s'est déroulée l'après-midi autour du thème des « Données patients ». Elle était également organisée suivant quatre présentations (deux longues et deux courtes).

Thomas GUYET, de l'équipe LACODAM à l'IRISA, a commencé cette session en exposant l'utilisation d'un modèle probabiliste relationnel pour construire une base de données équivalente à une version synthétique du Système National des Données de Santé (SNDS) à partir de données agrégées (concernant les parcours patients) disponibles en ligne gratuitement.

Gautier DEFOSSEZ a ensuite décrit le principe de constitution du Registre Général des Cancers de Poitou-Charentes, où il exerce, ainsi que des exemples d'utilisation des données collectées dans le cadre du parcours de soins des patients qui ont été valorisés dans diverses publications scientifiques.

Gulshan SIHAG, remplaçant Véronique DELCROIX du LAMIH (CNRS URM 8201), a présenté (en anglais) une proposition de système d'aide à la prévention des chutes sur la base d'observations partielles. Ce travail utilise un réseau bayésien pour prédire les facteurs de risque de chute et une comparaison avec des



classifieurs a été réalisée.

Cette session données patients s'est achevée avec l'exposé de Sébastien COSSIN (BPH - Inserm U1219) concernant une méthode basée sur l'usage d'un dictionnaire de syntagmes nominaux permettant d'extraire semi-automatiquement les abréviations et leur sens dans les dossiers patients électroniques du CHU de Bordeaux.

La dernière session de la journée portait sur les « Thérapies » avec deux présentations courtes reposant sur des outils de traitement automatique du langage naturel.

Justine CLARENNE (Département de pharmacie, CHU de Reims) a présenté une étude expérimentale mixant des outils de traitement du langage et un algorithme prédictif de classification. Intégré dans un système d'aide à la décision, l'approche permet d'évaluer la significativité de l'impact clinique d'interventions pharmaceutiques.

Jessica PINAIRE, de l'entreprise Kalya, a présenté l'assistant de recherche bibliographique *Kalya Research*. Les fonctionnalités de l'outil, destiné à identifier les publications relatives aux thérapies non-médicamenteuses, reposent sur des modèles de traitement du langage naturel et une ontologie.

Le mot de la fin

Toutes les présentations ont donné lieu à d'enrichissantes sessions de questions et d'échanges entre les participants et les intervenants que nous remercions. Dans la continuité des journées « Santé & IA » hébergées par PFIA en 2020 et 2021, une troisième journée « Santé & IA » est d'ores et déjà planifiée pour la prochaine PFIA qui aura lieu à Saint-Étienne en juillet 2022. Nous remercions à ce titre l'AIM et le collège Science et Ingénierie des Connaissances de l'AfIA. Nous espérons vous y retrouver nombreuses et nombreux !

■ Journée « Défense et IA »

Par

Philippe BIDAUD

ONERA

philippe.bidaud@onera.fr

Stéphan BRUNESSAUX

Airbus (collège industriel de AfIA)

stephan@brunessaux.com

Présentation

Le 30 juin 2021 se tenait la première édition de la journée « Défense & IA » dans le cadre de la Plate-forme Intelligence Artificielle (*PfIA 2021*). Cette journée était organisée avec le soutien de l'Association française d'Intelligence Artificielle (AfIA) et l'Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales (ONERA).

Présidée par Philippe BIDAUD (ONERA) et Stéphan BRUNESSAUX (Airbus, membre du collège industriel de l'AfIA), l'objectif de cette journée était de dresser un état des lieux des enjeux liés à l'utilisation des techniques de l'IA dans le domaine de la défense, en permettant aux différents orateurs invités de présenter des travaux en cours en contexte national ou international.

Programme et résumé des interventions

La journée a démarré avec une présentation de l'Agence de l'Innovation de Défense (AID) qui a entre autres rappelé l'enjeu de souveraineté que représente le traitement massif de données. L'AID a annoncé la publication prochaine d'une nouvelle version de son



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

guide de recommandations pour la qualification des systèmes à base d'IA ainsi qu'une mise à jour de son document d'orientation et d'innovation de la défense (DROID). L'exposé s'est terminé avec une présentation des différents mécanismes de l'AID pour accélérer les projets d'innovation.

Cette première session s'est poursuivie avec la présentation de différents accélérateurs de recherche. Le CNRS a exposé ses activités en IA qui regroupent 110 chercheurs et des moyens dédiés (calculateur Jean Zay). La présentation s'est ensuite axée sur les collaborations internationales avec notamment l'IRL *Crossing* créé en janvier 2021 avec Adélaïde en Australie. L'INRIA a ensuite pris la parole en se focalisant sur sa mission Sécurité Défense. Des exemples ont été donnés tels que le laboratoire commun autour de l'IA avec Naval Group lancé fin 2019 et le centre d'excellence dédié au domaine de la sécurité défense et l'espace commun de formation et d'expérimentation. L'ONERA a terminé cette première avec une présentation des travaux IA@ONERA qui occupent plus de 30 ETPs. Cette initiative propose différentes plateformes expérimentales et logicielles ainsi que différents *datasets* (simulation, scènes radar, compréhension de scènes, etc.).

La session 2, intitulée « La recherche en IA pour les besoins militaires », a permis aux différentes chaires de recherche financées par l'AID de se présenter :

- ADSIL (*Advanced Submarine Intelligent Listening*) qui s'intéresse à l'écoute de bruits sous-marins afin de prévenir les risques de collision grâce à l'utilisation de modèles de *deep learning* pour la détection et classification des signaux biophoniques et anthropophoniques ;
- NoRDF (*Modeling and Extracting Complex Information from Natural Language Text*) qui s'intéresse au raisonnement sur

les connaissances et plus spécifiquement à la vérification des faits (*fact checking*), à l'analyse des fausses informations (*fake news*) afin de comprendre l'argumentation des deux parties en cas de controverse ;

- SAIDA (*Security of AI for Defense Applications*) qui est axé sur les besoins de sécurité et a rappelé comment une perturbation infinitésimale suffit pour tout perturber (exemple des images adversaires) ; ces travaux visent à établir des principes pour concevoir des systèmes d'IA fiables et sécurisés ;
- SourcesSay (*Intelligent Analysis and Interconnection of Heterogeneous Contents in Digital Arenas*) qui se focalise sur les données hétérogènes (excel, html, JSON, XML, CSV, PDF, etc.) et sur l'importance de les sourcer pour connaître leur provenance et être capable de déterminer quelle confiance leur accorder.

La matinée s'est terminée avec la session 3 « IA de Défense à l'international ». Le premier temps était consacré à la présentation par l'ENSC Bordeaux des travaux de l'OTAN. L'exposé a démarré par un état des lieux de l'intelligence artificielle en France et à l'étranger avant d'enchaîner avec la vision de l'OTAN telle que publiée (cf. rapport « *STO Science & Technology Trends 2020-2040* »). La présentation s'est ensuite focalisée sur la vision C2 et sur l'expérimentation ANTICIPE. L'orateur a regretté que les laboratoires académiques ne soient pas plus représentés dans les différents groupes OTAN. Le second temps était consacré à *Airbus Defense & Space* qui a enchaîné avec un exposé sur les challenges éthiques et légaux liés à l'utilisation de l'IA dans le système de combat aérien du futur (SCAF). Ces travaux publiés sur le site du FCAS Forum s'appuient sur les lignes directrices en matière d'éthique pour une IA de confiance développée par le AI HLEG avec le soutien de la Commission Euro-



Afia

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

péenne.

L'après-midi a démarré avec la session 4 « IA et Systèmes cyber-physiques et IA pour la robotique » qui a vu se succéder trois présentations. La première faite par l'université de Limoges était focalisée sur les métriques de combat à haute intensité et sur la cybersécurité des drones aériens légers (de 100 g à 10 kg). Une analyse des vulnérabilités des drones couplée à une évaluation des risques et de leur impact a ensuite été proposée. La seconde faite *Safran Electronics & Défense* s'est focalisée sur les différentes techniques d'IA mise en œuvre chez Safran sur le domaine de la robotique terrestre autonome. Les différentes problématiques ont été présentées : représentation de l'environnement, interprétation sémantique, mise en œuvre d'une plate-forme robotisée, etc. ainsi que les résultats obtenus. La dernière faite par l'ONERA était centrée sur l'utilisation du *deep learning* pour la navigation basée vision autonome. Plusieurs classes d'applications ont été passés en revue : détection d'objets, segmentation sémantique, navigation, reconstruction 3D, estimation de pose, etc. La présentation a conclu sur le manque de garanties pour les applications critiques.

La dernière session était consacrée à l'IA et la surveillance. Il s'agissait d'un exposé de synthèse réalisé conjointement par l'ONERA, *Airbus Defense & Space* et Thales, structuré autour de trois axes : 1) les spécificités du contexte défense ; 2) l'IA embarquée pour la surveillance appliquée aux domaines radar, sonar et caméra ; 3) l'IA pour la surveillance appliquée aux domaines Image et Renseignement Multi-Sources. La présentation a démarré avec la question suivante : le *deep learning* est-il au-dessus de l'humain ? Puis les enjeux du

contexte défense ont été présentés : manque de données, contre-mesures (camouflage, etc.), multi-modalité et multi-temporalité. La présentation s'est ensuite focalisée sur l'utilisation de l'IA embarquée pour augmenter les capacités opérationnelles en particulier grâce à l'utilisation de différents types de senseurs augmentés : enactifs, proactifs, meta, sémantiques, distribués. Différents exemples ont été donnés dans les domaines radar, sonar et caméra. La présentation s'est terminée avec l'usage de l'IA pour le renseignement image, le traitement automatique des langues, le traitement de pistes et la fusion de données. Pour chaque domaine, une liste des points durs résiduels a été donnée : apprentissage frugal, explicabilité et interprétabilité, etc. L'exposé s'est terminé en concluant notamment sur les besoins de confiance, qualification et certification, ainsi que le besoin de normes et de standards. Le cadre méthodologique proposé par la DGA pour le développement de systèmes à base d'IA a également rappelé.

La journée s'est terminée par une table ronde sur l'IA de confiance et l'IA embarquée. La richesse du panel des intervenants qui regroupait représentants étatiques, donneurs d'ordre, académiques, industriels, PME, a permis un débat extrêmement intéressant. Le programme *confiance.ai* dont la réunion de lancement avait lieu le lendemain a fait l'objet d'une présentation rapide. La question de la normalisation a également été au centre des préoccupations et l'AFNOR a rappelé l'objectif de la consultation qu'elle a lancé.

Vous pourrez retrouver toutes les présentations faites de la journée [Défense & IA](#) sur [cette page](#).



■ 1^{er} prix : apprentissage par renforcement en environnement non stationnaire

Par

Erwan LECARPENTIER
ISAE-SUPAERO / DISC
ONERA – The French Aerospace Lab
Université de Toulouse
erwanlecarpentier@mailbox.org
[erwanlecarpentier.github.io](https://github.com/erwanlecarpentier)

Cadre

Comment un agent autonome doit-il agir, étant donné que son environnement évolue dans le temps de manière incertaine ? Cette thèse de doctorat fournit une réponse à cette question des points de vue de deux domaines de l'intelligence artificielle : la planification et l'apprentissage par renforcement. Ces deux domaines s'attachent à la résolution des problèmes de prise de décision séquentielle dans l'incertain. Le premier, la planification, suppose que l'agent dispose d'un modèle de son environnement et qu'il l'utilise pour raisonner afin de prendre ses décisions. Le second, l'apprentissage par renforcement, suppose que l'agent apprend de ses interactions avec l'environnement afin de construire sa règle de décision. Notons que la frontière entre planification et apprentissage par renforcement est parfois mince, car, dans un sens, un modèle peut être appris à partir d'interactions, tandis que dans l'autre sens, le processus de planification peut lui-même être vu comme un processus d'apprentissage [7].

Dans ces travaux, l'environnement est modélisé par un processus de décision Markovien (MDP) [6]. Un tel modèle est composé de quatre éléments :

1. un espace d'état, dont les éléments décrivent intégralement la configuration de l'environnement et de l'agent ;
2. un espace d'action, décrivant les décisions possibles de l'agent, appelées donc actions ;
3. une fonction de transition, qui détermine l'état résultant de la prise d'une certaine décision dans un certain état ;
4. une fonction de récompense, qui assigne un signal de récompense à chaque paire état-action.

La récompense obtenue lors de l'application d'une action dans un état donne à l'agent une indication quant au fait que cette action est bénéfique à réaliser dans cet état, vis-à-vis de l'objectif final. Par exemple, si le problème de décision séquentielle est le jeu d'échecs, on pourrait imaginer une récompense de 1 si l'action mène à la victoire et de 0 autrement. Dans cette thèse de doctorat, une attention toute particulière est portée à l'aspect *temporalité*. Précisément, on supposera parfois que les fonctions de transition et de récompense du MDP varient avec le temps.

Ces travaux ont été réalisés sous la direction d'Emmanuel RACHELSON, professeur



d'apprentissage automatique et d'optimisation à l'ISAE-SUPAERO, Université de Toulouse, ainsi que de Guillaume INFANTES, chercheur à JoliBrain, Toulouse. L'encadrement a également été assuré par Charles LESIRE, chercheur en intelligence artificielle et robotique à l'ONERA de Toulouse. Cette thèse a été effectuée dans les laboratoires d'accueil de l'ONERA et de l'ISAE-SUPAERO, avec le suivi de l'école doctorale Systèmes (EDSYS). Le financement a été partagé équitablement entre l'ONERA et la région Occitanie.

Motivation

L'aspect temporel est rarement au centre des discussions dans les domaines de la planification et de l'apprentissage par renforcement. D'abord parce qu'il existe une infinité de façons de rendre un problème « dépendant du temps » et donc une multitude de cadres d'étude, qui rendent le consensus sur un problème particulier difficile. Ensuite parce que la dépendance temporelle peut parfois simplement être "absorbée" dans un problème stationnaire, où chacune des facettes peut être associée à un ou plusieurs instants de l'exécution. Pourtant, certains problèmes ne peuvent se passer de cette considération du temps. Dans ces travaux, nous nous sommes attachés à définir ces cadres d'étude, à les formuler mathématiquement et à proposer des solutions pour les résoudre.

Contributions

Le problème est vu sous trois aspects différents qui ont donné lieu à trois contributions schématisées en Figure 1.

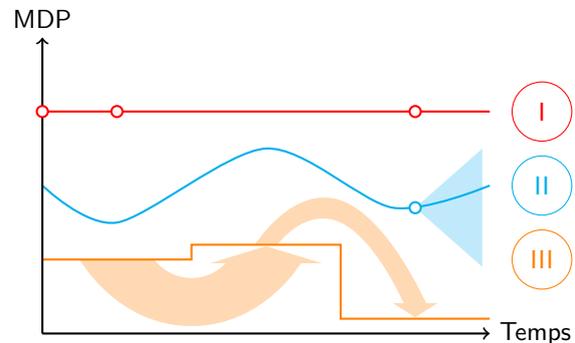


Figure 1 : les trois contributions de cette thèse, illustrées schématiquement.

I. Dans un premier temps, nous considérons la question de la validité dans le temps d'une séquence d'actions proposée par un algorithme de planification. Classiquement, la première action de la séquence est réalisée et le processus de planification est réitéré à l'étape de décision suivante [1]. Il est néanmoins possible de réaliser un compromis "planification vs replanification" en appliquant plusieurs actions de la séquence avant réitération du processus. En figure 1, ceci est schématisé par un MDP n'évoluant pas avec le temps, mais pour la résolution duquel les étapes de planification (ronds rouges) sont irrégulièrement espacées dans le temps. Cette approche a pour avantage la réduction de la complexité de calcul, qui peut être très bénéfique, par exemple pour les systèmes de prise de décision à haute fréquence. Dans ce cadre, nous proposons une analyse fournissant des garanties théoriques sur l'optimalité d'une séquence d'actions [4]. Cette analyse est appliquée à l'algorithme UCT [2] ainsi qu'à sa version en boucle ouverte OLUCT [4]. Une fois ces garanties obtenues, nous proposons une méthode pratique permettant de prendre la décision de replanifier ou non, ce qui réalise le compromis entre la réduction du coût de calcul et l'optimalité des décisions.

II. Le second cadre d'étude étend le premier en ajoutant l'hypothèse que l'environnement évolue au cours du temps. Plus particuliè-



rement, les fonctions de transition et de récompense du MDP ne sont pas les mêmes d'une étape de décision à une autre. Néanmoins, nous supposons ici que les changements sont progressifs, traduisant ainsi des problèmes à évolution bornée. Par exemple, lors de la planification d'itinéraire en milieu urbain, le niveau de congestion des routes est un paramètre variant relativement lentement : le trafic s'intensifie progressivement. Dans ce cadre d'étude, nous proposons un algorithme de planification "pire cas". Nous faisons l'hypothèse qu'un modèle de l'environnement est connu à l'instant de la décision, mais que son évolution demeure incertaine. En prévoyant la pire évolution possible, l'agent construit une trajectoire *prudente* lui permettant d'éviter les pires scénarios [5]. Nous montrons que l'algorithme développé converge vers la décision optimale de ce scénario pire-cas. Sur la figure 1, l'évolution progressive est représentée par la régularité de la courbe du MDP évoluant en fonction du temps. Le cône de prédiction en bleu correspond à l'ensemble des possibles à partir duquel l'agent planifie. Pour reprendre l'exemple de planification d'itinéraire, lorsque l'itinéraire le plus rapide risque de devenir congestionné, l'agent lui préférera un itinéraire plus long, présentant un moindre risque.

III. Enfin, le troisième cadre d'étude étend le second en supprimant l'hypothèse d'évolution progressive. Les fonctions de transition et de récompense du MDP sont donc autorisées à évoluer du tout au tout d'une étape de décision à l'autre. En pratique, le cadre le plus commun est celui de « l'apprentissage tout au long de la vie », où un agent doit résoudre une série de tâches différentes les unes des autres. Nous proposons ici une méthode de transfert de connaissances d'une tâche à l'autre, permettant d'accélérer l'apprentissage après un changement. Spécifiquement, l'agent mesure le degré de ressemblance entre la tâche courante et

les tâches déjà expérimentées, puis il transfère une quantité de connaissance proportionnelle à ce degré de ressemblance [3]. Théoriquement, nous montrons que le transfert ne peut en aucun cas ralentir l'apprentissage de la nouvelle tâche. En figure 1, l'illustration de cette troisième contribution montre un MDP qui change drastiquement avec le temps. Les flèches représentent le transfert de connaissances après chacun de ces changements.

Conclusion et perspectives

Dans l'ensemble, cette dissertation propose des réponses à la question de la résolution des processus de décision Markoviens non stationnaires dans trois cadres d'hypothèses. L'environnement est vu comme étant soit fixé, soit évoluant progressivement, soit évoluant de manière abrupte avec le temps. Les questions de la validité temporelle d'un plan d'action, de la robustesse d'une action par rapport à l'incertitude sur l'évolution ainsi que du transfert de connaissances sont traitées. Dans l'ensemble de ces travaux, les approches développées sont des méthodes exactes, apportant un soin particulier aux garanties théoriques que l'on peut obtenir en appliquant les algorithmes développés. Une perspective naturelle est celle de l'extension de ces méthodes à des méthodes approchées. La question qui se pose alors et celle du devenir de ces garanties théoriques.

Références

- [1] Malik Ghallab, Dana Nau, and Paolo Traverso. *Automated Planning and Acting*. Cambridge University Press, 2016.
- [2] Levente Kocsis and Csaba Szepesvári. Bandit Based Monte Carlo Planning. In *European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML PKDD 2006)*, volume 6, pages 282–293. Springer, 2006.



- [3] Erwan Lecarpentier, David Abel, Kavosh Asadi, Yuu Jinnai, Emmanuel Rachelson, and Michael L. Littman. Lipschitz Lifelong Reinforcement Learning. In *Proceedings of the 35th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2021)*, 2021.
- [4] Erwan Lecarpentier, Guillaume Infantes, Charles Lesire, and Emmanuel Rachelson. Open Loop Execution of Tree Search Algorithms. In *Proceedings of the 27th International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI 2018)*, 2018.
- [5] Erwan Lecarpentier and Emmanuel Rachelson. Non-Stationary Markov Decision Processes, a Worst-Case Approach using Model-Based Reinforcement Learning. In *Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NeurIPS 2019)*, pages 7214–7223, 2019.
- [6] Martin L. Puterman. *Markov Decision Processes : Discrete Stochastic Dynamic Programming*. John Wiley & Sons, 2014.
- [7] Richard S. Sutton and Andrew G. Barto. *Reinforcement Learning : An Introduction*. MIT press, Cambridge, 2018.

■ Accessit ex-æquo : reconstruction et correspondance de formes par apprentissage

Thibault GROUEIX

LIGM/IMAGINE

Par thibault.groueix.2012@polytechnique.org
<https://imagine.enpc.fr/~groueix/>

Cadre

La thèse est dirigée par Mathieu Aubry et Renaud Marlet. Elle se déroule au sein de l'équipe IMAGINE de l'École des Ponts et en partenariat avec Adobe Research. Le doctorant est accueilli dans les labos californiens d'Adobe les étés 2017 et 2019. La thèse se concentre sur une question émergente et encore ouverte en 2016 : alors que leurs succès sont déjà clairs en 2D, peut-on utiliser les réseaux neuronaux pour générer et analyser des formes 3D ?

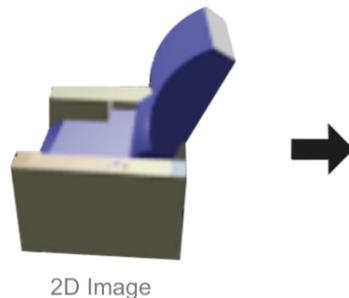
Motivation

La création artistique 3D est la première motivation de ce travail. Actuellement, un long apprentissage de logiciels techniques est indispensable pour créer du contenu 3D. C'est une véritable affaire d'experts. Afin de rendre cet

art de niche accessible à tous, cette thèse a visé à développer des algorithmes permettant à un amateur d'effectuer des tâches complexes automatiquement. Nous nous sommes concentrés sur deux tâches. Notre premier objectif : prendre une photo d'un objet avec son portable et pouvoir directement commencer à éditer une première estimation automatique de la géométrie 3D. Notre second objectif : peindre de la géométrie 3D en choisissant une texture dans une base de données et en faisant un simple glisser/déposer. Ces deux outils reposent en fait sur deux tâches classiques en computer vision : reconstruire un modèle 3D à partir d'une seule image et mettre des modèles 3D en correspondance. Après une brève mise en contexte de ces deux tâches, nous présentons nos contributions.

Contexte

Une méthode de reconstruction 3D à partir d'une seule image (SVR) est un algorithme qui prend en entrée une image et prédit un modèle virtuel en 3D du monde physique qui a engen-



(a) **Reconstruction 3D à partir d'une seule image** : Notre approche, AtlasNet, reconstruit un maillage paramétrique de l'objet. Notez que même les parties non visibles dans l'image sont reconstruites.

(b) **Correspondances de formes** : Notre approche, 3D-CODED, établit automatiquement des correspondances entre deux formes, suggérées par la couleur.

Figure 1.1 – Les deux tâches centrales de cette thèse. Acrobat Reader recommandé pour une visualisation animée (puis cliquer sur les images).

dré cette image. Ce problème remonte aux premiers jours de la vision par ordinateur, et il est très difficile. En effet, plusieurs configurations de formes, de textures et d'éclairages peuvent expliquer la même image et il y a donc une infinité de solutions au problème. La clef pour attaquer ce problème mal-posé est donc de formuler des hypothèses sur ce qu'est un environnement 3D réaliste et d'utiliser ces hypothèses pour sélectionner une parmi toutes les solutions du problème. Dans cette thèse, nous apprenons ces hypothèses directement à partir de grandes bases de données, au lieu de les concevoir de façon *ad-hoc*. L'apprentissage sur les données permet de formuler des hypothèses très puissantes, qui permettent même de reconstruire les parties non-visibles des objets. L'intérêt de la SVR ne s'arrête pas à la modélisation 3D.

En robotique par exemple, il est critique que les agents autonomes disposent en temps réel d'une représentation de leur environnement à partir de leurs capteurs visuels.

La mise en correspondance de formes vise à établir des bijections entre des objets 3D, qui respecte la sémantique. Cette tâche se pose traditionnellement sous forme d'un problème d'optimisation non-convexe, dont la convergence est sujette aux minima locaux. La mise en correspondance de formes a de nombreuses applications en modélisation 3D telles que le transfert d'attributs, le gréement automatique pour l'animation ou l'édition de maillage. C'est l'une des briques élémentaires de l'analyse de forme.



Contributions

Nous présentons à présent les contributions principales de la thèse. La figure 1.1 illustre les résultats.

La contribution-clé de cette thèse est une nouvelle représentation paramétrique des surfaces 3D, qui repose sur des réseaux neuronaux. Le choix de la représentation des données est un aspect critique de tout algorithme de reconstruction 3D. Jusqu'à récemment, la plupart des approches profondes prédisaient des grilles volumétriques de voxel ou des nuages de points, qui sont des représentations discrètes. Au lieu de cela, nous présentons une approche qui prédit une déformation paramétrique de surface. Notre approche, baptisée AtlasNet [2], est la première approche profonde de SVR capable de reconstruire des maillages à partir d'une seule image sans s'appuyer sur un post-traitement. En particulier, comme la représentation est analytique et pas discrète, elle peut le faire à une résolution arbitraire sans problème de mémoire. De plus, AtlasNet est remarquablement simple : au cœur de l'approche, il y a simplement un *Multi-Layered Perceptron* qui prend en entrée des coordonnées (u,v) et qui prédit un point en 3D (x,y,z) .

Notre seconde contribution principale est une nouvelle approche de correspondance de formes, appelée 3D-CODED [1]. Entièrement basée sur AtlasNet, la clé de voûte de notre raisonnement est de lier correspondances et reconstruction : nous montrons que la qualité des correspondances prédites dépend de la qualité des reconstructions 3D. Nous mettons ainsi en relation deux grands problèmes de 3D. Sur le plan technique, nous introduisons également une optimisation au moment de l'inférence pour affiner les déformations apprises, combinant ainsi apprentissage et optimisation. 3D-CODED se décline en deux versions. Tout d'abord, pour les humains et d'autres catégo-

ries qui diffèrent d'une quasi-isométrie, notre approche peut tirer parti d'un modèle de forme. Pour les autres catégories [3], celles présentant des variations non isométriques, telles les chaises, nous apprenons à déformer n'importe quelle forme en n'importe quelle autre et introduisons des contraintes de cohérence du cycle pour apprendre des correspondances respectant la sémantique. 3D-CODED fonctionne directement sur les nuages de points, elle est robuste à de nombreux types de perturbations et a surpassé l'état de l'art de 15% sur des scans d'humains réels.

Conclusion et perspectives

Les algorithmes développés dans cette thèse ont suscité l'intérêt dans plusieurs groupes de recherches. AtlasNet [2] est devenu une méthode de base pour la déformation de surfaces par réseaux de neurones. Le code est libre d'accès sur GitHub¹ et activement utilisé pour explorer de nouvelles pistes de recherche.

L'une des directions qui m'inspire est l'utilisation sur d'autres types de données de Multi-Layered Perceptron qui prennent des coordonnées en entrée, notamment pour la prédiction de signed-distance functions et de radiance fields. Ces idées sont toujours au cœur de ma recherche ; n'hésitez pas à me contacter pour en parler.

Références

- [1] **Thibault Groueix**, Matthew Fisher, Vladimir G. Kim, Bryan Russell, and Mathieu Aubry. 3d-coded : 3d correspondences by deep deformation. In *ECCV*, 2018.
- [2] **Thibault Groueix**, Matthew Fisher, Vladimir G. Kim, Bryan Russell, and Mathieu Aubry. AtlasNet : A Papier-Mâché Approach to Learning 3D Surface Generation. In *CVPR*, 2018.

1. <https://github.com/ThibaultGROUEIX>



[3] **Thibault Groueix**, Matthew Fisher, Vladimir G. Kim, Bryan Russell, and Mathieu Aubry. Unsupervised cycle-consistent de-

formation for shape matching. In *SGP*, 2019.

■ Accessit ex-æquo : raisonnement à partir de contraintes pseudo-booléennes et compilation

Par

Romain WALLON

LIX (Laboratoire d'Informatique de l'X)

École Polytechnique

wallon@lix.polytechnique.fr

www.lix.polytechnique.fr/~wallon

Cadre

Cette thèse a été préparée au CRIL (CNRS UMR 8188, Université d'Artois), sous la direction conjointe de Daniel Le Berre et Pierre Marquis, et co-encadrée par Stefan MENGEL. Elle porte sur le langage des conjonctions de contraintes pseudo-booléennes, formées d'équations ou inéquations linéaires en variables booléennes, qui généralisent le format CNF très répandu. Notre contribution à l'étude des contraintes pseudo-booléennes se compose de deux parties, l'une portant sur l'utilisation de ces contraintes pour la représentation de connaissances, et l'autre sur la résolution pratique de problèmes de décision encodés sous cette forme.

Motivation

La représentation d'informations de nature propositionnelle est une tâche importante en intelligence artificielle, et de nombreux langages ont été mis au point à cet égard. Ces langages correspondent à différents compromis entre expressivité (c'est-à-dire, ce qu'il est possible de représenter avec ces langages) et efficacité du raisonnement sur l'information représentée. Parmi les langages existants, celui des formules en *forme normale conjonctive* (ou CNF pour

Conjunctive Normal Form) est largement utilisé, car il fournit une manière à la fois simple et pratique de représenter des contraintes portant sur des variables booléennes. Étant donnée une formule CNF, il est fréquent de se demander si cette formule possède une solution ou non. Ce problème est connu sous le nom de *problème de cohérence propositionnelle*, plus communément nommé *problème SAT*.

Il s'agit du premier problème à avoir été démontré comme NP-complet par Stephen Cook en 1971 [4]. Ce problème possède de nombreuses applications en intelligence artificielle et en informatique, par exemple dans le cadre de la vérification formelle et de la planification [1, 25, 15, 32]. Les dernières décennies ont vu le développement d'importantes améliorations dans la résolution pratique du problème SAT, de sorte que les solveurs SAT dits « modernes » sont capables de résoudre efficacement de nombreuses instances qui étaient complètement hors d'atteinte trente ans plus tôt [14]. Cette « révolution » peut être expliquée par le développement de l'architecture CDCL (*Conflict-Driven Clause Learning*, apprentissage de clauses guidé par les conflits) [20] et par celui de structures de données efficaces et d'heuristiques performantes [23, 9]. Cependant, certaines instances restent difficiles à résoudre pour les solveurs SAT actuels, en particulier celles nécessitant de « savoir compter », comme par exemple les formules dites du *principe du pigeonnier* (aussi appelé *principe des tiroirs* en français), encodant le fait qu'il n'est pas possible de pla-



cer n pigeons dans $n - 1$ boulines [13].

Ce constat a motivé le développement d'une nouvelle famille de solveurs, pouvant raisonner sur des *contraintes pseudo-booléennes*. Il s'agit d'équations ou d'inéquations linéaires en variables booléennes, ayant la forme $\sum_{i=1}^n \alpha_i \ell_i \geq \delta$, où les ℓ_i sont des littéraux (un littéral étant une variable booléenne v ou sa négation $\bar{v} = 1 - v$), les α_i sont des entiers naturels appelés *coefficients* et δ est un entier naturel appelé *degré*. Parmi ces contraintes, nous trouvons en particulier les *contraintes de cardinalité*, ayant la forme $\sum_{i=1}^n \ell_i \geq \delta$, ainsi que les *clauses*, ayant la forme $\sum_{i=1}^n \ell_i \geq 1$. Ces représentations généralisent donc le format CNF, tout en présentant plusieurs avantages. Tout d'abord, il est bien connu que les contraintes pseudo-booléennes sont plus concises que les clauses : une seule contrainte pseudo-booléenne peut représenter un nombre exponentiel de clauses [8]. Ces contraintes permettent de plus l'utilisation du système de preuve des *plans-coupes* [12], qui est en théorie plus puissant que celui de la *résolution* traditionnellement utilisé pour raisonner avec des clauses. Formellement, le système de preuve des plans-coupes *p-simule* la résolution [5], c'est-à-dire que toute preuve par résolution peut être simulée dans le système des plans-coupes par une preuve de taille polynomiale par rapport à celle de la preuve originale.

Ce système de preuve permet aux solveurs pseudo-booléens d'étendre l'inférence clausale des solveurs SAT à l'inférence pseudo-booléenne, tout en héritant des nombreuses techniques utilisées dans les solveurs SAT. En particulier, le système des plans-coupes est utilisé par les solveurs pseudo-booléens au cours d'*analyses de conflits* pour apprendre des nouvelles contraintes [7, 2, 29, 18, 10]. Plus précisément, chaque fois qu'un *conflit* (c'est-à-dire, une contrainte falsifiée) est rencontré, une combinaison linéaire entre la contrainte conflic-

tuelle et la raison de la falsification de l'un de ses littéraux est calculée, ce qui conduit à inférer une nouvelle contrainte conflictuelle. Lorsque la contrainte produite est *assertive* (c'est-à-dire, lorsqu'elle propage au moins l'un de ses littéraux à un certain niveau de décision), cette contrainte est *apprise* et un retour-arrière est effectué au niveau de décision où le littéral est propagé, avant de reprendre la recherche.

Cependant, les implantations actuelles des solveurs pseudo-booléens ne parviennent pas à capturer la totalité de la puissance du système des plans-coupes [31]. Ceci est en partie dû à la difficulté d'implanter efficacement les règles du système des plans-coupes, et à celle de choisir quelles règles il convient d'appliquer. De plus, l'analyse de conflit dans les solveurs pseudo-booléens requiert un certain nombre d'opérations supplémentaires pour maintenir les invariants de l'architecture CDCL (par exemple, pour s'assurer que le conflit est préservé pendant cette analyse). En pratique, les solveurs fondés sur le système de preuve de la résolution sont donc souvent plus efficaces, de sorte qu'il peut être préférable d'encoder les formules pseudo-booléennes données au solveur sous la forme de formules CNF *équisatisfiables* plutôt que de les résoudre avec un solveur pseudo-booléen natif.

Contributions

Du point de vue de la représentation des connaissances, le langage des contraintes pseudo-booléennes n'est pas adapté à la compilation de connaissances [16], le test de cohérence d'une formule pseudo-booléenne étant NP-complet. Plus précisément, si l'on considère les critères de la carte de compilation [6], les contraintes pseudo-booléennes n'offrent pas de requêtes supplémentaires comparé au langage CNF, tandis que des transformations offertes par ce dernier langage ne sont plus traitables lorsque l'on considère des contraintes



pseudo-booléennes en plus des clauses (c'est le cas, par exemple, de l'oubli d'une variable ou de la clôture par disjonction bornée). Le principal avantage des contraintes pseudo-booléennes, du point de vue de la représentation des connaissances, est donc leur concision : une seule contrainte pseudo-booléenne peut représenter un nombre exponentiel de clauses. Le diagramme à la figure 1.2 permet de comparer la concision (ou efficacité spatiale) de divers langages propositionnels aux langages CARD et PBC, composés respectivement de conjonctions de contraintes de cardinalité et de contraintes pseudo-booléennes.

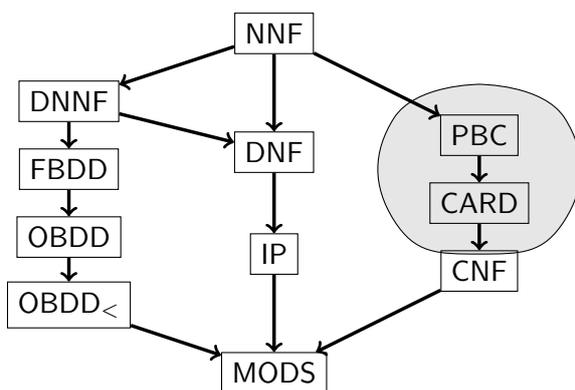


Figure 1.2 – Concision de différents langages propositionnels. Une flèche $L_1 \rightarrow L_2$ indique que L_1 est strictement plus concis que L_2 . L'absence de flèche entre deux langages indique que ceux-ci sont incomparables. La zone grise met en évidence nos contributions (y compris les résultats d'incomparabilité).

Comme le critère de concision ne considère que des formules équivalentes, il ne tient pas compte des encodages autorisant l'ajout de variables auxiliaires. Il est bien connu que l'utilisation de telles variables peut permettre de réduire fortement la taille des formules encodées. Pour étudier ces encodages, il est fréquent d'associer des graphes aux formules CNF qu'ils produisent, notamment le graphe primal (dont les nœuds correspondent aux variables

et les arêtes représentent le fait que deux variables apparaissent conjointement dans une même clause) ou le graphe d'incidence (dont les nœuds sont des variables ou des clauses et les arêtes relient chaque variable aux clauses où elle apparaît). La largeur de ces graphes, évaluée *via* différentes mesures telles que la largeur d'arbre ou la largeur de clique, donne souvent des informations relatives à la difficulté du problème considéré : lorsque la largeur est petite, il existe des algorithmes efficaces en pratique permettant de résoudre SAT, mais aussi des problèmes plus complexes tels que #SAT, MAX-SAT ou même QBF [28, 11, 30, 24, 27, 3]. Dans ce contexte, nous avons étudié les formules pour lesquelles il existe des encodages de faible largeur. En particulier, nous avons montré que, si la largeur des encodages est bornée, alors l'expressivité de ces encodages devient limitée, de sorte que ces encodages ne peuvent plus être utilisés que pour représenter des formules ayant une faible complexité de communication [21, 22].

D'un point de vue pratique, nous avons étudié différentes approches pour améliorer les performances des solveurs pseudo-booléens. En particulier, nous avons découvert et étudié l'impact de la présence de littéraux dits *non pertinents* dans les contraintes apprises par le solveur [17]. Ces littéraux se caractérisent par le fait que leur valeur de vérité n'a pas d'impact sur celle de la contrainte dans laquelle ils apparaissent : ils peuvent alors être supprimés de cette contrainte tout en préservant l'équivalence logique.

Exemple 1. *Considérons la contrainte $10a + 5b + 5c + 2d + e + f \geq 15$, dont les littéraux sont a, b, c, d, e et f (rappelons qu'ils prennent leur valeur dans $\{0, 1\}$). Parmi eux, d, e et f ne sont pas pertinents. La contrainte est en effet équivalente aux deux contraintes $10a + 5b + 5c \geq 15$ (où d, e et f ont été af-*



fectés à 0) et $10a + 5b + 5c \geq 11$ (où d , e et f ont été affectés à 1).

Nous avons montré que de tels littéraux peuvent être introduits par l'application de règles du système des plans-coupes. Lorsque ces littéraux deviennent *artificiellement pertinents*, ils peuvent conduire à l'inférence de contraintes plus faibles que ce qu'elles pourraient être si les littéraux non pertinents n'étaient pas présents. En conséquence, supprimer ces littéraux peut permettre d'améliorer la puissance du solveur.

Exemple 2. Soit la contrainte $\chi \doteq 6a + 6b + 3d + 3e + 2f \geq 6$, dans laquelle f n'est pas pertinent. Supposons que cette contrainte soit ajoutée à la contrainte et $4a + 4b + 3\bar{e} + 3g + 3h + 2i + 2j \geq 16$. Nous obtenons alors la contrainte $10a + 10b + 3d + 3g + 3h + 2f + 2i + 2j \geq 19$, dans laquelle f est devenu artificiellement pertinent (rappelons que $a + \bar{a} = 1$). Maintenant, supposons que f ait été retiré de χ (par exemple, en l'affectant à 1), produisant une contrainte équivalente à $\chi' \doteq 4a + 4b + 3d + 3e \geq 4$. Si cette contrainte est maintenant utilisée à la place de χ dans l'opération ci-dessus, nous obtenons la contrainte $8a + 8b + 3d + 3g + 3h + 2i + 2j \geq 17$, qui est strictement plus forte que la contrainte obtenue précédemment.

Cependant, le traitement des littéraux non pertinents reste difficile en pratique : leur détection est NP-difficile. Une solution possible pour supprimer efficacement ces littéraux est de tirer parti de la règle d'affaiblissement (qui consiste à affecter localement des littéraux à 1), afin d'affaiblir les littéraux qui n'ont pas d'effet sur le conflit en cours d'analyse, peu importe leur affectation courante. Nous avons étudié différentes stratégies d'affaiblissement et montré que, malgré le fait qu'aucune des stratégies étudiées n'est meilleure que

les autres sur l'ensemble des instances considérées, la manière d'appliquer cette règle peut avoir un impact important sur les performances du solveur. De manière surprenante, nos expérimentations ont révélé que, alors que la plupart des implantations des solveurs pseudo-booléens appliquent la règle d'affaiblissement sur la *raison* lors de l'analyse de conflit (*RoundingSat* [10] est le premier solveur à l'appliquer à la fois sur la raison et le conflit), il peut en fait être préférable de l'appliquer sur le *conflit* pour obtenir de meilleures performances.

Nous avons de plus proposé différentes approches pour adapter à la résolution de problèmes pseudo-booléens les divers composants de l'algorithme CDCL, de façon à en tirer le meilleur parti possible. C'est notamment le cas de l'heuristique de choix de variables, qui ne tient pas compte de la forme particulière des contraintes pseudo-booléennes et de leurs propriétés. Il en va de même pour les stratégies de suppression des contraintes apprises, qui permettent de limiter leur nombre pour éviter de saturer la mémoire, ainsi que des politiques de redémarrage, qui permettent au solveur de ne pas rester

bloqué dans une partie de l'espace de recherche. Dans ces deux derniers cas, il est fréquent de considérer la *qualité* des contraintes apprises. Pour évaluer au mieux cette qualité, il semble également important de considérer les particularités des contraintes pseudo-booléennes.

Nous avons donc proposé différentes variantes de ces stratégies, en prenant notamment en compte l'affectation courante et la taille des coefficients apparaissant dans les contraintes. Toutes ces stratégies ont été implantées dans le solveur pseudo-booléen *Sat4j* [18] et sont disponibles sur son dépôt². La figure 1.3 permet d'observer les améliora-

2. <https://gitlab.ow2.org/sat4j/sat4j>



tions apportées par l'utilisation des différentes stratégies sus-mentionnées sur des instances des compétitions pseudo-bouloennes [19, 26]. Il est intéressant de noter que ces stratégies permettent aux différentes variantes de *Sat4j* d'être compétitives par rapport à différents solveurs de l'état de l'art (y compris ceux fondés sur la résolution).

Conclusion et perspectives

Le principal avantage des contraintes pseudo-bouloennes, en plus de leur concision, est la possibilité qu'elles offrent d'utiliser le système de preuve des plans-coupes, plus puissant que la résolution implantée dans les solveurs SAT. De nombreux solveurs pseudo-bouloens tirent parti de cette puissance, et nous avons contribué à leur amélioration en proposant plusieurs nouvelles stratégies, pour produire de nouvelles contraintes pendant l'analyse de conflit, mais aussi pour mieux adapter différentes approches utilisées par le solveur au cas particulier des contraintes pseudo-bouloennes.

Nous avons par ailleurs identifié plusieurs pistes pour améliorer les performances des solveurs pseudo-bouloens. L'une d'entre elles consiste à exploiter la complémentarité des différentes approches de résolution présentées ici, notamment en déterminant *dynamiquement* les meilleures stratégies à adopter pour résoudre une instance donnée. D'autres pistes visent à étudier l'impact de différents invariants de l'architecture CDCL sur le solveur. En effet, au cours de nos expérimentations, nous avons pu identifier plusieurs invariants de CDCL qui ne sont pas respectés par les solveurs pseudo-bouloens. Bien que la violation de ces invariants ne rende pas le sol-

veur incorrect, elle peut néanmoins nuire aux performances du solveur, dans une mesure qui reste à déterminer. Enfin, une dernière perspective est de tirer parti des améliorations récentes des solveurs pseudo-bouloens pour réaliser des tâches plus complexes, telles que la résolution de problèmes d'optimisation ou la compilation de formules pseudo-bouloennes.

Références

- [1] Armin Biere. Bounded model checking. In Armin Biere, Marijn Heule, Hans van Maaren, and Toby Walsh, editors, *Handbook of Satisfiability*, volume 185 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 457–481. IOS Press, 2009.
- [2] Donald Chai and Andreas Kuehlmann. A fast pseudo-Boolean constraint solver. *IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems*, pages 305–317, 2005.
- [3] Hubie Chen. Quantified constraint satisfaction and bounded treewidth. In *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence, ECAI 2004*, 2004.
- [4] Stephen A. Cook. The Complexity of Theorem-proving Procedures. In *Proceedings of the Third Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC '71*, pages 151–158, New York, NY, USA, 1971. ACM.
- [5] W. Cook, C. R. Coullard, and G. Turán. On the Complexity of Cutting-plane Proofs. *Discrete Appl. Math.*, 18(1) :25–38, November 1987.
- [6] Adnan Darwiche and Pierre Marquis. A knowledge compilation map.

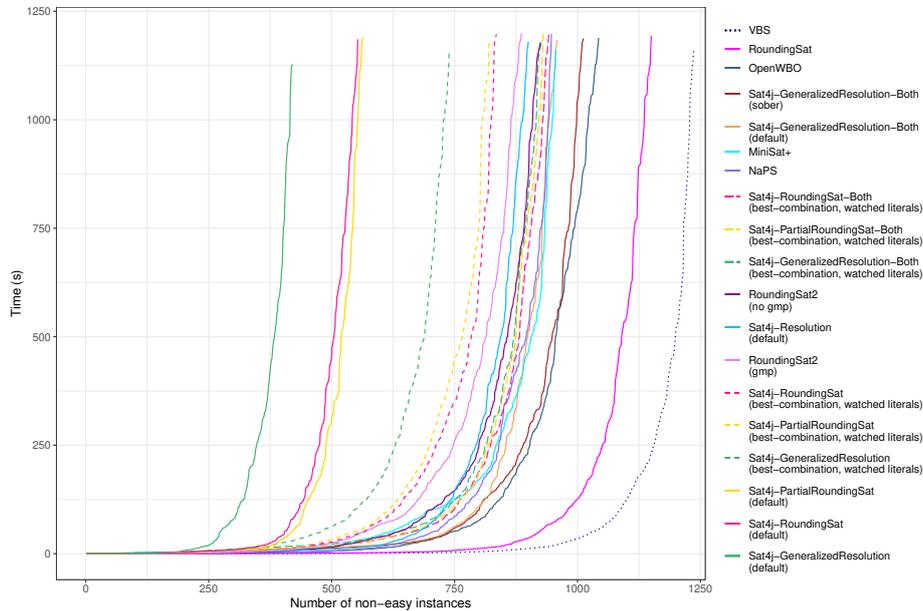


Figure 1.3 – « Cactus plot » comparant différentes configurations de *Sat4j* (utilisant des *littéraux surveillés*) avec différents solveurs de l'état de l'art. Chaque courbe correspond au profil d'exécution d'un solveur, et un point sur la courbe donne le nombre d'instances que ce solveur est capable de résoudre dans une limite de temps fixée.

J. Artif. Intell. Res., 17 :229–264, 2002.

- [7] Heidi E. Dixon and Matthew L. Ginsberg. Inference methods for a pseudo-boolean satisfiability solver. In *AAAI'02*, pages 635–640, 2002.
- [8] Heidi E. Dixon, Matthew L. Ginsberg, and Andrew J. Parkes. Generalizing boolean satisfiability I : background and survey of existing work. *Journal of Artificial Intelligence Research*, pages 193–243, 2004.
- [9] Niklas Eén and Niklas Sörensson. An extensible sat-solver. In *Theory and Applications of Satisfiability Testing*, pages 502–518, 2004.
- [10] Jan Elffers and Jakob Nordström. Divide and conquer : Towards faster pseudo-boolean solving. In *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-18*, pages 1291–1299, 2018.
- [11] E. Fischer, J.A. Makowsky, and E.V. Ravve. Counting truth assignments of formulas of bounded tree-width or clique-width. *Discrete Applied Mathematics*, 156(4) :511–529, 2008.
- [12] Ralph E. Gomory. Outline of an algorithm for integer solutions to linear programs. *Bulletin of the American Mathematical Society*, pages 275–278, 1958.
- [13] Armin Haken. The intractability of resolution. *Theoretical Computer Science*, pages 297–308, 1985.



- [14] Matti Järvisalo, Daniel Le Berre, Olivier Roussel, and Laurent Simon. The international SAT solver competitions. *AI Magazine*, 33(1), 2012.
- [15] Daniel Kroening. Software verification. In Armin Biere, Marijn Heule, Hans van Maaren, and Toby Walsh, editors, *Handbook of Satisfiability*, volume 185 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 505–532. IOS Press, 2009.
- [16] Daniel Le Berre, Pierre Marquis, Stefan Mengel, and Romain Wallon. Pseudo-boolean constraints from a knowledge representation perspective. In Jérôme Lang, editor, *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2018, July 13-19, 2018, Stockholm, Sweden*, pages 1891–1897. ijcai.org, 2018.
- [17] Daniel Le Berre, Pierre Marquis, Stefan Mengel, and Romain Wallon. On irrelevant literals in pseudo-boolean constraint learning. In Christian Bessière, editor, *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 2020*, pages 1148–1154. ijcai.org, 2020.
- [18] Daniel Le Berre and Anne Parrain. The SAT4J library, Release 2.2, System Description. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation*, pages 59–64, 2010.
- [19] Vasco Manquinho and Olivier Roussel. The first evaluation of pseudo-boolean solvers (pb'05). *JSAT*, pages 103–143, 2006.
- [20] João P. Marques-Silva and Karem A. Sakallah. Grasp : A search algorithm for propositional satisfiability. *IEEE Trans. Computers*, pages 220–227, 1999.
- [21] Stefan Mengel and Romain Wallon. Revisiting graph width measures for cnf-encodings. In Mikolás Janota and Inês Lynce, editors, *Theory and Applications of Satisfiability Testing - SAT 2019 - 22nd International Conference, SAT 2019, Lisbon, Portugal, July 9-12, 2019, Proceedings*, volume 11628 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 222–238. Springer, 2019.
- [22] Stefan Mengel and Romain Wallon. Graph width measures for cnf-encodings with auxiliary variables. *J. Artif. Intell. Res.*, 67 :409–436, 2020.
- [23] Matthew W. Moskewicz, Conor F. Madigan, Ying Zhao, Lintao Zhang, and Sharad Malik. Chaff : Engineering an efficient sat solver. In *Proceedings of the 38th Annual Design Automation Conference*, pages 530–535, 2001.
- [24] Daniël Paulusma, Friedrich Slivovsky, and Stefan Szeider. Model counting for CNF formulas of bounded modular treewidth. *Algorithmica*, 76(1) :168–194, 2016.
- [25] Jussi Rintanen. Planning and SAT. In Armin Biere, Marijn Heule, Hans van Maaren, and Toby Walsh, editors, *Handbook of Satisfiability*, volume 185 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 483–504. IOS Press, 2009.
- [26] Olivier Roussel. Pseudo-boolean competition 2016, 2016.
- [27] Sigve Hortemo Sæther, Jan Arne Telle, and Martin Vatshelle. Sol-



- ving #SAT and MAXSAT by dynamic programming. *J. Artif. Intell. Res.*, 54 :59–82, 2015.
- [28] Marko Samer and Stefan Szeider. Algorithms for propositional model counting. *J. Discrete Algorithms*, 8(1) :50–64, 2010.
- [29] Hossein M. Sheini and Karem A. Sakallah. Pueblo : A Hybrid Pseudo-Boolean SAT Solver. *JSAT*, pages 165–189, 2006.
- [30] Friedrich Slivovsky and Stefan Szeider. Model counting for formulas of bounded clique-width. In *Algorithms and Computation - 24th International Symposium, ISAAC 2013*, 2013.
- [31] Marc Vinyals, Jan Elffers, Jesús Giráldez-Crú, Stephan Gocht, and Jakob Nordström. In between resolution and cutting planes : A study of proof systems for pseudo-boolean SAT solving. In *Theory and Applications of Satisfiability Testing*, pages 292–310, 2018.
- [32] Hantao Zhang. Combinatorial designs by SAT solvers. In Armin Biere, Marijn Heule, Hans van Maaren, and Toby Walsh, editors, *Handbook of Satisfiability*, volume 185 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 533–568. IOS Press, 2009.



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Comptes rendus de journées, événements et conférences



■ PDIA 2021 : « Explicabilité des systèmes d'IA »

Par

Stéphan BRUNESSAUX

Airbus

Antoine CORNUÉJOLS

AgroParisTech

Nicolas MAUDET

LIP6

Sorbonne Université

Engelbert Mephu NGUIFO

LIMOS

Université Clermont Auvergne

Amedeo NAPOLI

LORIA

CNRS

Christel VRAIN

LIFO

Université d'Orléans

Contexte et objectifs de la journée

Dans la dernière décennie, l'utilisation des systèmes d'apprentissage et d'aide à la décision est devenue courante et touche de nombreux domaines comme la banque, les assurances, la surveillance des soins médicaux, les admissions à l'université, etc. Une telle utilisation peut apporter une aide non négligeable mais elle n'est pas sans risques. Ainsi l'étude de la fiabilité et de la précision des systèmes concernés est devenue un sujet d'intérêt majeur, par exemple pour mesurer les risques éthiques, légaux, la transparence des décisions, les biais des systèmes, ou encore les atteintes possibles à la vie privée. Ces risques sont d'autant plus sensibles que les systèmes concernés sont souvent des boîtes noires dont le fonctionnement est la plupart du temps relativement obscur. Et de fait, le besoin de comprendre comment un tel système d'IA fonctionne, apprend ou prend des décisions est devenu primordial.

C'est ainsi que tout un courant de recherche a vu le jour ces dernières années dont les préoccupations tournent justement autour des notions d'explication, de transparence, d'éthique, etc. Ces préoccupations ne sont pas tout à fait nouvelles en IA mais ce qui est nouveau c'est que chacun de nous peut être potentiellement touché par une décision due à un système d'IA. Il est donc devenu indispensable que des explications sur une décision puissent être délivrées si le besoin s'en fait sentir ou encore si les personnes concernées le demandent. Il existe bien sûr des garde-fous sous la forme de recommandations et de guides de bonne pratique qui règlent l'usage des données, ou des contraintes légales comme la loi sur le « règlement général sur la protection des données » (GDPR) qui donne un droit de regard aux personnes sur l'utilisation des données qui

Introduction

La journée « Perspectives et Défis de l'Intelligence Artificielle » (PDIA 2021) était cette année sur le thème « Explicabilité des systèmes d'IA » et s'est déroulée le 8 avril 2021, en distanciel.

Cette journée a été conjointement organisée par plusieurs collègues de l'AFIA :

- Apprentissage (C2A) : A. CORNUÉJOLS, E. M. NGUIFO, A. NAPOLI, C. VRAIN ;
- Systèmes Multi-Agents et Agents Autonomes (SMAA) : N. MAUDET ;
- Collège Industriel : S. BRUNESSAUX ;

et le groupe de travail « Explicabilité » du GDR IA : N. MAUDET, C. VRAIN.

Nous remercions Marie LEFEVRE (LIRIS, Université de Lyon) pour la mise en place de la plateforme de visioconférence WebEx.



les concernent. Mais construire des systèmes d'IA qui soient fiables, transparents et qui respectent une certaine éthique, représente un véritable défi qui reste à surmonter.

L'objectif de la journée PDIA de l'AfIA sur le thème : « Explicabilité des systèmes d'IA », est d'étudier et de discuter toutes ces questions, et de rassembler les chercheurs qui s'intéressent à la question en France. Cette journée, réalisée en distanciel, a eu 364 inscrits et 193 participants.

Programme

La journée a été organisée sur la base de présentations orales invitées, suivant le planning ci-après.

09h00-09h30. « Accueil et introduction », par A. CORNUÉJOLS

Session 1. Animateurs A. CORNUÉJOLS et C. VRAIN

- 09h30-10h15 : P. MARQUIS (CRIL, Université d'Artois) ;
- 10h20-11h05 : M.-J. LESOT (LIP6, Sorbonne Université) ;
- 11h05-11h25 : Discussion.

11h25-11h40. Pause

Session 2. Animateurs E. M. NGUIFO

- 11h40-12h25 : M. WINSTON et A. BERTRAND (I3, Télécom Paris, CNRS, Institut Polytechnique de Paris).

12h30-14h00. Déjeuner

Session 3. Animateurs S. BRUNESSAUX

- 14h00-14h45 : G. ALVES (Orpailleur, LORIA, Université de Lorraine).

14h45-15h00. Pause

Session 4. Animateurs N. MAUDET

- 15h00-15h45 : D. VIGOUROUX (IRT, Toulouse).

Session 5. Animateurs A. NAPOLI

- 15h45-16h30 : échanges & discussion.

16h30. Clôture de la journée

Résumé des exposés

« A Pinch of eXplainable AI from a Knowledge Representation Perspective », par P. MARQUIS (CRIL, Université d'Artois).

Résumé : *I present part of the work carried out in the CRIL lab, within the framework of the ANR "EXPEKCTATION" chair, which got started 6 months ago. Our purpose is to leverage the concepts and algorithms developed in the knowledge representation (KR) field to address eXplainable AI (XAI) issues. The focus is on classifiers, and more precisely on defining XAI queries for classifiers, identifying their computational complexity (and suggesting how to deal with their intractability), as well as on the computation of intelligible explanations from the predictions made.*

« Explications de données et de classifieurs : quelques méthodes et risques notables », par M.-J. LESOT (LIP6, Sorbonne Université).

Résumé : Les explications fournies dans le cadre de l'apprentissage automatique peuvent se porter à plusieurs niveaux. Cet exposé s'intéresse d'abord à la compréhension des données elles-mêmes, dans un but d'analyse exploratoire et de description intelligible, qui s'inscrit dans les problématiques de type *data-to-text* : l'objectif est de permettre à un utilisateur de comprendre le contenu des données en les résumant par le biais de formulations linguistiques, ce qui soulève en particulier les problèmes de choix des mots et de cohérence des résumés. Le second niveau considéré est celui de tâches de classification, dans le cadre classique de l'interprétation locale, *post-hoc* et agnostique de la prédiction d'une classe pour une donnée. Les questions soulevées sont celles des risques liés à la définition de la localité et à la génération



d'explications non justifiées.

« Identifying the “right” level of explanation in a given situation », par W. MAXWELL et A. BERTRAND (I3, Télécom Paris, CNRS, Institut Polytechnique de Paris).

Résumé : *My presentation will cover AI Explainability from a law and social sciences perspective, including the following points :*

- *What purposes do explanations serve ?*
- *What audience(s) ?*
- *What costs and benefits, and when are explanations worth the costs ?*
- *What legal texts impose algorithmic explanations ?*
- *How can explanations help mitigate human biases (such as automation bias) ?*

« Making ML Models fairer through explanations, feature dropout, and aggregation », par G. ALVES, F. BERNIER, V. BHARGAVA, M. COUCEIRO, A. NAPOLI (équipe Orpailleur, Université de Lorraine - CNRS - Inria - LORIA Nancy).

Résumé : *Algorithmic decisions are now being used on a daily basis, and based on Machine Learning (ML) processes that may be complex and biased. This raises several concerns given the critical impact that biased decisions may have on individuals or on society as a whole. Not only unfair outcomes affect human rights, they also undermine public trust in ML and AI. In this talk, we will address fairness issues of ML models based on decision outcomes, and we will show how the simple idea of feature dropout followed by an ensemble approach can improve model fairness without compromising its accuracy. To illustrate we will present a general workflow that relies on explainers to tackle process fairness, which essentially measures a model's reliance on sensitive or discriminatory features. We will present different applications and empirical settings that show improvements not only with respect to process fairness but*

also other fairness metrics.

« DEEL Challenge : Explainability », par D. VIGOUROUX (IRT Saint-Exupéry, Toulouse).
Résumé : *The adoption of machine learning in critical contexts requires a reliable explanation of why the algorithm makes certain predictions. To address this issue, many methods have been proposed to explain the predictions of these black box models. An overview of the explainability methods will be presented first. Following this presentation, a focus will be done on the measure of “performance” of these explanations. While it is possible to establish a number of desirable properties of a good explanation, it is more difficult to evaluate them. As a result, no measures are actually associated with the properties of the consistency and the generalization of explanations. We will introduce a new procedure to compute these two new measures, Relative Consistency ReCo and Mean Generalization MeGe, respectively for consistency and generalization of explanations. We will demonstrate the potential of the measures by applying them to different families of models, revealing an interesting link between gradient-based explanations methods and 1-Lipschitz networks.*

Quelques liens utiles

- <http://XAI-project.eu/>
- <https://sites.google.com/view/tailorwp3/home>
- <http://www.tailor-network.eu/>
- <http://www.cril.univ-artois.fr/en/2020/03/13/taylor/>
- <https://www.kuleuven.be/english/research/EU/p/horizon2020/es/erc/CHAT-Opt>
- workshop NIST : <https://www.nist.gov/news-events/events/2021/01/explainable-ai-workshop>
- Projet DEEL : <https://www.deel.ai/>
- Projet Humane-AI-Net : <https://www.>



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

humane-ai.eu/

- Sites web Action Fender GdR Madics : <https://sites.google.com/view/fender-madics/accueil>, <https://www.humane-ai.eu/>

madics.fr/ateliers/fender/

- Sites web GT Explicabilité GdR IA : <https://www.gdria.fr/gt-explicabilite/>, <https://gt-explication.gitlab.io/>



Afia
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Thèses et HDR du trimestre

Si vous êtes au courant de la programmation de soutenances de thèses ou HDR en Intelligence Artificielle cette année, vous pouvez nous les signaler en écrivant à redacteur@afia.asso.fr.



■ Thèses de Doctorat

Victor DAVID

« [Traitement de la similarité en argumentation](#) »

Supervision : *Leila AMGOUD*

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

William HAVARD

« [L'émergence du lexique en contexte : apport des méthodes non supervisées sur grands corpus de données multimodales](#) »

Supervision : *Jean Pierre CHEVROT*
Laurent BESACIER

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

Enhui HUANG

« [Active Learning Methods for Interactive Exploration on Large Databases](#) »

Supervision : *Yanlei DIAO*
Anna LIU

Le 06/07/2021, à l'Institut Polytechnique de Paris

Jonathan DEBURE

« [Identification de rôle et détection de comportement dans les réseaux sociaux](#) »

Supervision : *Cedric Du MOUZA*

Le 06/07/2021, au CNAM, Paris

Guillaume RENTON

« [Réseaux de neurones sur graphes : analyse et contributions](#) »

Supervision : *Sebastien ADAM*

Le 08/07/2021, à l'Université de Normandie

Marcelly Zanon BOITO

« [Modèles et ressources pour la segmentation non supervisée des mots basée sur l'attention](#) »

Supervision : *Laurent BESACIER*

Le 09/07/2021, à l'Université Grenoble Alpes

Mohamed amine HAYTOM

« [Surveillance d'examens à distance par analyse comportementale](#) »

Supervision : *Christophe ROSENBERGER*
Christophe CHARRIER

Le 09/07/2021, à l'Université de Normandie

Erwan MAHE

« [An operational semantics of interactions for verifying partially observed executions of distributed systems](#) »

Supervision : *Pascale Le GALL*
Christophe GASTON

Le 15/07/2021, à l'Université Paris-Saclay

Abdelkarim KASSEM

« [Système intelligent basé sur des techniques d'apprentissage automatique pour l'évaluation de la sécurité et la détection des cyber-intrusions](#) »

Supervision : *Pierre CHAUVET*
Bassam DAYA

Mhammad SAADELDINE

Le 23/07/2021, à l'Université d'Angers



Siti MUTMAINAH

« Apprentissage de l'ajustement d'une source d'information crédibiliste à l'aide de données partiellement étiquetées et de décisions partielles »

Supervision : *David MERCIER*

Frederic PICHON

Le 07/09/2021, à l'Université d'Artois

Alexander PASHEVICH

« Des robots qui voient : apprentissage de comportements guidés par la vision »

Supervision : *Cordelia SCHMID*

Le 29/09/2021, à l'Université Grenoble Alpes

Yacine El HADDAD

« Integrating Automated Theorem Provers in Proof Assistants »

Supervision : *Frederic BLANQUI*

Guillaume BUREL

Le 09/09/2021, à l'Université Paris-Saclay

Shadi Baghernezhad TABASI

« Modélisation et mise à jour d'ontologies interactives : application à la formation par simulation de gestes médicaux »

Supervision : *Marie Christine ROUSSET*

Le 30/09/2021, à l'Université Grenoble Alpes

Hazem Khaled Mohamed ABDELKAWY

« Approches hybrides pour la reconnaissance du contexte dans les systèmes d'assistance à l'autonomie à domicile : application à la reconnaissance des émotions et à la reconnaissance et l'anticipation de l'activité humaine »

Supervision : *Yacine AMIRAT*

Le 16/09/2021, à l'Université de Paris 12

■ Habilitations à Diriger les Recherches

Nous n'avons malheureusement pas eu connaissance ce trimestre d'HDR dans le domaine de l'IA. N'hésitez pas à nous envoyer les informations concernant celles dont vous avez entendu parler. (redacteurs-bulletins@afia.asso.fr)



À PROPOS DE L'AfIA

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

L'AfIA anime la communauté par l'organisation de grands rendez-vous. Se tient ainsi chaque été une semaine de l'IA, la « Plate-forme IA » ([PfIA 2019](#) à Toulouse, [PfIA 2020](#) à Angers, [PfIA 2021](#) à Bordeaux) au sein de laquelle se tiennent la Conférence Nationale d'Intelligence Artificielle ([CNIA](#)), les Rencontres des Jeunes Chercheurs en IA ([RJCIA](#)) et la Conférence sur les Applications Pratiques de l'IA ([APIA](#)) ainsi que des conférences thématiques hébergées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, [PfIA 2021](#) a hébergé du 28 juin au 2 juillet 2021 à Bordeaux, outre la 24^e [CNIA](#), les 19^{es} [RJCIA](#) et la 7^e [APIA](#) : les 32^{es} [IC](#), les 16^{es} [JFPDA](#), les 29^{es} [JFSMA](#) et les 15^{es} [JIAF](#), trois journées thématiques ([Défense & IA](#), [Jeux & IA](#), [Santé & IA](#)) et section de 6 [tutoriels](#).

Forte du soutien de ses 340 adhérents à jour de leur cotisation en 2020, l'AfIA assure :

- le maintien d'un [site web](#) dédié à l'IA reproduisant également les [Brèves](#) de l'IA ;
- une [journée industrielle](#) « Forum Industriel en IA » ([FIIA 2021](#)) ;
- une [journée enseignement](#) « Enseignement et Formation en IA » ([EFIA 2021](#)) ;
- une [journée recherche](#) « Perspectives et Défis en IA » ([PDIA 2021](#)) ;
- la remise annuelle d'un [prix de thèse](#) en IA ;
- le soutien à plusieurs collèges, actuellement au nombre de 8, ayant leur propre activité :
 - Collège [Industriel](#) (depuis janvier 2016) ;
 - Collège [Apprentissage Artificiel](#) (depuis janvier 2020) ;
 - Collège [Interaction avec l'Humain](#) (depuis juillet 2020) ;
 - Collège [Représentation et Raisonnement](#) (depuis avril 2017) ;

- Collège [Science de l'Ingénierie des Connaissances](#) (depuis avril 2016) ;
- Collège [Systèmes Multi-Agents et Agents Autonomes](#) (depuis octobre 2016) ;
- Collège [Technologies du Langage Humain](#) (depuis juillet 2019) ;
- Collège [Compétitions](#) (depuis octobre 2018).

- la parution trimestrielle des [Bulletins](#) de l'AfIA ;
- un lien entre ses membres et sympathisants sur les réseaux sociaux [LinkedIn](#), [Facebook](#) et [Twitter](#) ;
- le [parrainage](#) scientifique, mais aussi éventuellement financier, d'événements en IA ;
- la diffusion mensuelle de [Brèves](#) sur les actualités de l'IA en France ([abonnement](#) ou [envoi](#) à la liste) ;
- la réponse aux consultations officielles ou officieuses (Ministères, Missions, Organismes) ;
- la réponse aux questions de la presse, écrite ou orale, également sur internet ;
- la divulgation d'offres de [collaborations](#), de [formations](#), d'[emploi](#), de [thèses](#) et de [stages](#).

L'AfIA organise aussi mensuellement des [journées communes](#) avec d'autres associations. Pour 2021 : [TAL & IA](#) avec [ATALA](#) ; [IHM & IA](#) avec [AFIHM](#) ; [EGC & IA](#) avec [EGC](#).

Enfin, l'AfIA encourage la participation de ses membres aux grands événements de l'IA, dont PfIA. Ainsi, les membres de l'AfIA, pour leur inscription à PfIA, bénéficient d'une réduction équivalente à deux fois le coût de leur adhésion, leur permettant d'assister à [PfIA 2021](#) sur 5 jours au tarif de 0€ !

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

Merci également de susciter de telles adhésions en diffusant ce document autour de vous !



CONSEIL D'ADMINISTRATION

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

Autres membres :

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

COMITÉ DE RÉDACTION

redaction@afia.asso.fr

Emmanuel ADAM
Rédacteur

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

Gaël LEJEUNE
Rédacteur

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

Laurent SIMON
Rédacteur

LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

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

■ Pour contacter l'Afia

Président

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

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