

Projet KidLearn : Vers une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage

Pierre-Yves Oudeyer, Benjamin Clément, Didier Roy, Hélène Sauzéon

▶ **To cite this version:**

Pierre-Yves Oudeyer, Benjamin Clément, Didier Roy, Hélène Sauzéon. Projet KidLearn : Vers une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage. Education & IA, 2020, pp.51-55. hal-03116423

HAL Id: hal-03116423
https://inria.hal.science/hal-03116423

Submitted on 20 Jan 2021

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

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



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Bulletin N° 108

Association française pour l'Intelligence Artificielle

AfIA

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

PRÉSENTATION DU BULLETIN

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

Édito

Ce second numéro de l'année du Bulletin de AfIA est consacré à un dossier thématique monté par Marie LEFEVRE (Université Claude Bernard Lyon 1, LIRIS) sur « IA & Éducation ». Il s'agit un dossier très complet qui est présenté ici, avec pas moins de 15 contributions provenant d'autant d'équipes ou laboratoires français (voir page 5).

Ce Bulletin vous présente également le compte rendu de la seconde journée « Philosophie des sciences et intelligence artificielle » du 6 février 2020 (voir page 61). Vous y trouverez enfin la liste des thèses et HDR soutenues lors du trimestre écoulé.

La composition actuelle du Conseil d'Administration se trouve en quatrième de couverture de tous nos bulletins (voir page 66).

Encore un grand merci à tous les contributeurs de ce numéro, sans oublier Claire LEFÈVRE pour sa relecture assidue.

Bonne lecture à tous !

Grégory BONNET
Rédacteur

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

SOMMAIRE

DU BULLETIN DE L'AfIA

4 Dossier « IA & Éducation »

Édito 5
Équipe CAPE - Lab-STICC : Expliquer pour favoriser l'autonomie dans les apprentissages 6
Équipe IEIAH - LIUM : IA pour l'instrumentation et l'analyse d'activités pédagogiques 9
Équipe KIWI - LORIA : Analyse automatique de traces d'apprentissage 13
Équipe MIND - LITIS : Multi-Agent, Interaction, Décision 16
Équipe MOCAH - LIP6 : Modèles et Outils en ingénierie des Connaissances pour l'Apprentissage Humain 21
Équipe Mnémosyne - LINE : Des neurosciences computationnelles aux sciences de l'éducation computationnelles pour la modélisation du cerveau de l'apprenant et du contexte de l'activité d'apprentissage 24
Equipe MS AIMove : Intelligence Artificielle et Mouvement Humain dans l'Industrie et la Création 28
Équipe SequeL - CRIStAL : Apprentissage séquentiel 30
Équipe SICAL - LIRIS : Adaptation des systèmes interactifs aux comportements utilisateurs et au contexte 33
Équipe SIERA-education - IRIT : Les *learning analytics* au soutien de l'apprentissage humain dans les environnements numériques 37
Équipe TWEAK - LIRIS : Co-construction de systèmes pour soutenir les différents acteurs des situations d'apprentissage/enseignement 41
Laboratoire TECFA : Des tuteurs intelligents à l'intelligence narrative 44
Chaire de recherche Educ0Num : Approche interdisciplinaire de l'éducation à l'intelligence artificielle 48
Projet KidLearn : Vers une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage . 51
Projet MEMORAe : Plateforme de collaboration support à un écosystème apprenant . 55
Projet SIDES 3.0 : Vers une plateforme d'apprentissage personnalisé en médecine fondée sur l'intelligence artificielle 57

60 Comptes rendus de journées, événements et conférences
Journée Philosophie des sciences et intelligence artificielle : « Prédire et expliquer les phénomènes sociaux » 61

62 Thèses et HDR du trimestre
Thèses de Doctorat 63
Habilitations à Diriger les Recherches 64



AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Dossier

« IA & Éducation »

Dossier réalisé par

Marie LEFEVRE
LIRIS / TWEAK
Université Claude Bernard Lyon 1
marie.lefevre@liris.cnrs.fr

Édito

Ce dossier thématique est consacré aux recherches associant *Intelligence Artificielle et Éducation*. Il fait suite à de multiples journées « EIAH & IA » (2013, 2015, 2017) et « IA pour l'Éducation 2018 ».

Les journées EIAH & IA sont des journées bilatérales organisées par l'AfIA et l'ATIEF dans l'objectif de rassembler les chercheurs issus des communautés de l'Intelligence Artificielle et des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain pour échanger autour de problématiques, concepts et techniques communs à ces deux communautés de recherche et faciliter l'émergence des nouveaux enjeux pour la recherche en EIAH et en IA. Pourtant le lien entre IA et éducation est bien plus ancien, avec le début des travaux appliquant de l'IA à l'éducation dès les années 70 (voir le Bulletin AfIA numéro 9 d'avril 1992 pour un historique de ces travaux).

Le terme *EIAH (Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain)* désigne à la fois le système informatique (logiciel et support informatique) destiné à favoriser l'apprentissage humain, et le champ de recherche concernant ces systèmes.

Ces systèmes informatiques doivent être des systèmes intelligents puisqu'ils doivent s'adapter à l'utilisateur (apprenant, enseignant, tuteur, *etc.*). Ils doivent être capables de fournir des explications appropriées à l'apprenant, et donc d'effectuer un diagnostic de ses connaissances pour élaborer un modèle de l'apprenant. Ils doivent également s'adapter aux spécificités de l'apprenant, au niveau de leurs interfaces et de leur fonctionnalités, en particulier dans des situations de handicap, ou dans des situations d'apprentissage collaboratif. Ils doivent enfin s'adapter aux équipes pédagogiques, pour prendre en compte leur besoin et habitudes de travail, et leur fournir une assistance adéquate dans leur pratiques pédagogiques.

La conception d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain est donc nécessairement *pluridisciplinaire* et le domaine de recherche des EIAH fait intervenir des chercheurs en Sciences Humaines et Sociales (sciences de l'éducation, didactique, psychologie cognitive...), et des chercheurs en Informatique. Les chercheurs en SHS s'intéressent essentiellement aux aspects psychologiques, pédagogiques et didactiques de l'apprentissage humain dans un contexte informatique ; les chercheurs en Informatique aux problèmes d'ergonomie, d'IHM, d'ingénierie logicielle, et à l'utilisation de l'IA dans les solutions proposées. Les EIAH constituent en effet un excellent terrain d'application pour l'IA et soulèvent régulièrement de nouvelles problématiques s'inscrivant dans le champ de l'IA.

L'objectif de ce Bulletin est de recenser les *équipes de recherche francophones* travaillant actuellement à l'intersection de l'IA et de l'éducation, ainsi que les projets en cours. Il présente donc des travaux d'équipes de recherche de France mais également de Belgique et de Suisse.

Parmi les nombreuses thématiques présentées dans ce bulletin, liant des problématiques d'IA aux problématique d'éducation, on peut mentionner :

- L'ingénierie et la modélisation des connaissances à travers le Web sémantique, les graphes de connaissances et les ontologies ;
- Les algorithmes d'apprentissage automatique et semi-supervisés utilisés notamment pour la fouille de données : *Educational Data Mining* et *Learning Analytics* ;
- Les systèmes décisionnels ;
- L'intelligence narrative ;
- Les modèles de collaboration, les systèmes

multi-agents et les agents autonomes ;
- Les Interactions Humain-Machine, et les systèmes de réalité virtuelle ;
- La reconnaissance de la parole et du mouvement ;
- Et bien sûr, les sciences cognitives et les neurosciences computationnelles.

Ce Bulletin regroupe ainsi la présentation de 12 équipes de recherche, d'une chaire de recherche et de 3 projets mêlant IA et Éducation.

Je remercie vivement les auteurs pour leur contribution ainsi que le rédacteur en chef du bulletin pour sa bienveillance.

Marie LEFEVRE

Équipe CAPE - Lab-STICC : Expliquer pour favoriser l'autonomie dans les apprentissages

Lab-STICC / CAPE
IMT Atlantique - UBO - UBS
www.labsticc.fr/

Jean-Marie GILLIOT
jm.gilliot@imt-atlantique.fr

Franck POIRIER
franck.poirier@univ-ubs.fr

Fahima DJELIL
fahima.djelil@imt-atlantique.fr

Laurence DUVAL
laurence.duval@univ-brest.fr

Serge GARLATTI
serge.garlatti@imt-atlantique.fr

Sophie GIRE
sophie.gire@univ-brest.fr

Issam REBAÏ
issam.rebai@imt-atlantique.fr

Maria Teresa SEGARRA
mt.segarra@imt-atlantique.fr

Introduction

L'équipe CAPE [1] est une équipe en cours de création au sein du Lab-STICC se réclamant du domaine des EIAH [2] et visant à proposer des outils, des méthodes et des modèles centrés humains pour favoriser l'autonomie dans les apprentissages.

Dans ce cadre, l'intelligence artificielle nous permet d'apporter du soutien aux enseignants et à la réflexivité des apprenants. L'explicabilité, au sens de pouvoir expliquer, argumenter, justifier un résultat, une décision ou une action à prendre par un raisonnement ou un algorithme d'analyse de données est ici une

1. Collaboration Assessment Personalization for Education
2. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

propriété importante pour l'acceptabilité et la construction de collaborations fructueuses.

Nous présentons dans cette contribution quatre projets mettant en avant des points clés pour la mise en place d'intelligences artificielles favorisant l'autonomie des apprenants en toute confiance. Nous présentons ainsi une infrastructure fondée sur les technologies de l'IA pour proposer des interactions adaptées dans un cadre de confiance. Deux études mixant ingénierie des connaissances et apprentissage automatique démontrent comment associer l'expertise humaine et les capacités d'analyse automatique, pour permettre de construire des outils de décision actionnables et explicables. Pour finir, nous abordons également la construction de visualisations pertinentes pour supporter l'explicabilité.

Des espaces personnels et sémantiques pour des modèles d'autonomie

Le développement de modèles d'autonomie dans le cadre de l'apprentissage tout au long de la vie pose plusieurs questions liées (i) à la capacité pour l'apprenant d'alimenter, de contrôler et d'analyser ses données, (ii) à la qualité des services proposés, (iii) à la confiance qu'il peut accorder au système de stockage et d'analyse, (iv) à la pérennité des données récoltées. Pour pouvoir proposer des services de qualité partagés basés sur des modèles apprenants signifiants, nous avons proposé dans le cadre du projet SEDELA [4] une infrastructure basée sur un cloud personnel permettant de gérer des données organisées selon des modèles basés sur le web sémantique, interrogeables au travers de requêtes fédérées respectant des contrats d'usage. Une telle infrastructure permet de déployer des *modèles apprenants ouverts*[3] dans un cadre porteur de sens pour les utilisateurs, et permet d'inférer des modèles de connaissance en fédérant les données.

Combiner analyse prédictive et explicative pour diminuer l'attrition dans les MOOC

L'attrition est une des analyses les plus développées dans les MOOC[4]. Comprendre l'abandon ou l'empêchement pour proposer des mesures pour encourager la réussite a effectivement été considéré comme un enjeu central par des nombreux acteurs du monde des MOOC. Les travaux menés dans notre équipe ont visé à combiner l'analyse prédictive et l'analyse explicative [5]. En effet, les analyses prédictives s'avèrent proposer effectivement les meilleurs résultats du risque d'abandon, les analyses explicatives permettent de personnaliser les retours motivationnels vers les apprenants.

Des modèles explicatifs pour mieux comprendre des dynamiques collaboratives d'apprentissage

Un des enjeux des approches de l'intelligence artificielle est de nous aider à mieux évaluer la pertinence des pratiques pédagogiques. Ainsi l'apprentissage par l'enseignement, comme par exemple la démarche de validation mutuelle de compétences, proposée par Michel AUTHIER et Philippe LÉVY [1], est identifié comme démarche favorable à la capacité d'agir des apprenants. Mais les dynamiques effectivement mises en jeu dans des dispositifs de formation n'ont pas encore été analysées quantitativement. En analysant les données de la plateforme Sqily qui supporte ces démarches, nous avons pu tester des méthodes de clustering et d'analyses temporelles issues de l'analyse des réseaux sociaux grâce à l'apport de membres de l'équipe DECIDE de notre laboratoire. Ces résultats ont été analysés par des

3. mieux connus au travers de leur acronyme anglais OLM pour Open Learner Models
4. nous conservons ici l'acronyme anglais pour Massive Open Online Course

experts du domaine, dans une démarche d'explicabilité, pour proposer une première compréhension des trajectoires de collaboration fructueuses [2].

Des visualisations adaptées orientées utilisateurs

Les retours proposés aux différents utilisateurs des EIAH (apprenant, enseignant, responsable de formation, *etc.*) se doivent d'être informatifs pour leur permettre de soutenir leur action. Ils sont d'ailleurs au centre des modèles apprenants ouverts (ou OLM). Les tableaux de bord proposés par les EIAH se doivent donc d'être pertinents et dédiés suivant les décisions d'actions nécessaires. Basées sur les méthodes issues des hypermédias adaptatifs, nous avons contribué à proposer un processus de construction de visualisations adaptées aux besoins des utilisateurs et à leur contexte d'action [3]. La variété des usages, le nombre réduit de données disponibles, oblige à développer des modèles croisant l'expertise des concepteurs de tableaux de bord et la compréhension fine des besoins utilisateurs. Ce processus a donc été complété par une démarche participative de conception.

IA en éducation : l'explication pour développer l'apprentissage humain

Ces différents exemples permettent de mettre en avant les apports potentiels des méthodes de l'intelligence artificielle pour soutenir l'autonomie dans les apprentissages. Pour cela, les solutions proposées se construisent en suivant le paradigme de collaboration homme-machine, à toutes les phases de leur développement et de leur utilisation. Deux axes de recherche paraissent particulièrement pertinents pour soutenir ces travaux. D'une part, dans le cadre des recherches en intelligence artificielle, l'explicabilité, permet de développer cette collaboration tant pour le développement des solutions que pour l'accompagnement et la compréhension des apprentissages. D'autre part, au croisement de l'intelligence artificielle et des technologies éducatives, les modèles apprenants ouverts, issus des travaux des tuteurs intelligents [5] nous permettent d'approfondir les interactions fructueuses pour les apprentissages humains.

Références

[1] Lévy Pierre Authier Michel. *Les arbres de connaissances*. La Découverte, Paris.

[2] Raphaël Charbey, Laurent Brisson, Cécile Bothorel, Philippe Ruffieux, Serge Garlatti, Jean-Marie Gilliot, and Antoine Mallégol. Roles in social interactions : Graphlets in temporal networks applied to learning analytics. In Hocine Cherifi, Sabrina Gaito, José Fernendo Mendes, Esteban Moro, and Luis Mateus Rocha, editors, *Complex Networks and Their Applications VIII*, pages 507–518, Cham, 2020. Springer International Publishing.

[3] Inès Dabbebi, Sébastien Iksal, Jean-Marie Gilliot, Madeth May, and Serge Garlatti. Towards Adaptive Dashboards for Learning Analytic : An Approach for Conceptual Design and implementation. In *9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)*, pages 120–131, Porto, Portugal, 2017.

[4] Jean-Marie Gilliot, Nour El Mawas, and Serge Garlatti. Towards Personal infrastructure to manage long term open learner models. In *PALE 2016 : Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments, part of 24th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalisation (UMAP 2016)*, volume UMAP

5. mieux connus au travers de leur acronyme anglais ITS pour Intelligent Tutoring System

2016 Extended Proceedings, page ., Halifax, Canada, 2016.

[5] Alya ITANI, Laurent Brisson, and Serge Garlatti. Understanding Learner's Drop-Out in MOOCs. In Yin Hujun, Camacho David, Novais Paulo, Antonio J, and Tallón-Ballesteros, editors, *Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2018*, Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 11314), pages 233–244. Springer International Publishing, November 2018.

Équipe IEIAH - LIUM : IA pour l'instrumentation et l'analyse d'activités pédagogiques

Christophe CHOQUET
Quentin COULAND
Jean D. DJADJA
Sébastien GEORGE
Ludovic HAMON
Sébastien IKSAL
Pierre LAFORCADE
Rémi VENANT
prenom.nom@univ-lemans.fr

LIUM / IEIAH
Le Mans Université
https://lium.univ-lemans.fr/lium/ieiah/

Introduction

L'équipe Ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage (IEIAH) du Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM) propose des méthodes et des langages pour aider les enseignants à concevoir, réviser ou adapter des applications éducatives. En particulier, l'équipe travaille sur les outils auteurs, les *learning analytics* et les interactions avancées pour l'apprentissage (*serious games*, réalité mixte, *mobile learning*, *etc.*). Nous synthétisons dans cet article les travaux de l'équipe qui font appel à des techniques d'intelligence artificielle.

Modélisation de l'observation et analyse de traces

L'exploitation de traces informatiques issues de l'activité des utilisateurs dans les environnements informatiques en vue d'améliorer l'apprentissage et l'enseignement est un domaine de recherche que notre équipe aborde pleinement. Guidés par les besoins d'observation des enseignants, mais également par les théories de l'apprentissage, nous fournissons des solutions pour faciliter la description d'indicateurs pédagogiques et identifier les sources de données pertinentes sur lesquelles s'appuyer. Un second axe de recherche vise l'ingénierie d'environnements de restitution adaptés aux utilisateurs, à travers des tableaux de bord ou intégrés à des environnements d'apprentissage. Dans un troisième axe, nous explorons l'in-

telligence artificielle pour permettre l'analyse structurelle ou prédictive à partir de ces indicateurs pour permettre la prévention ou la recommandation automatique à l'enseignant comme à l'apprenant [6].

À travers le prisme des *learning analytics*, où les activités des étudiants sont au centre, nous collaborons actuellement avec plusieurs établissements du secondaire dans le cadre de deux projets DNE pour analyser les activités des lycéens et doter les enseignants de tableaux de bord afin de faciliter leur prise de décision à partir d'indicateurs qu'ils ont eux-mêmes définis. Un autre travail porte sur l'analyse des échanges dans les forums afin d'identifier et de visualiser les pratiques collectives [4]. Nous contribuons également aux *teaching analytics*, pour lesquels l'objet d'étude est cette fois-ci centré sur l'enseignant et les activités pédagogiques qu'il met en œuvre sur une plateforme numérique. En collaboration avec le pôle ressources numériques de l'université du Mans, au sein du projet TABA, nous analysons la manière dont les enseignants déploient un scénario pédagogique, son impact sur l'activité étudiante et les possibles recommandations que nous pourrions émettre à ceux-ci, mais également aux ingénieurs pédagogiques de l'université.

Adaptation et génération de scénarios d'apprentissage

La scénarisation *a priori* de la tâche de l'apprenant est une activité de conception complexe car elle nécessite de prendre en compte de nombreuses dimensions transversales en rapport avec l'activité d'apprentissage (didactique), la méthode d'apprentissage (pédagogie), l'environnement informatique de formation (technique), le profil des apprenants (motivation), *etc.* Les enseignants ont besoin d'être assistés par des langages et outils-supports adaptés à ces différents contextes. La représentation des connaissances en jeu dans la scénarisation de l'apprentissage (formalisation) et son interprétation informatique (raisonnement) à des fins d'opérationnalisation et d'exécution, ont été au cœur de nombreux travaux de l'équipe : approches par méta-modélisation, par patrons d'analyse, *domain specific modeling*, *etc.*

Plus récemment, des thématiques autour de l'adaptation et de la génération de scénarios sont abordées : représentation des éléments impliqués dans l'adaptation, utilisation des modèles pour diriger la mise en œuvre (projet *Escape it !* [5]). La modélisation des règles de génération selon l'intention d'usage (explicitation, exploitation ou explicabilité) est actuellement à l'étude.

Apprentissage de gestes en environnement réel et virtuel

De nombreux domaines font usage d'environnements numériques dédiés à l'apprentissage du geste : sport, chirurgie, ré-éducation, danse, musique, *etc.* L'analyse du mouvement, dans l'objectif de donner un retour sur la qualité du geste de l'apprenant, peut se faire à l'aide de techniques d'apprentissage automatique. Les systèmes utilisant des techniques d'apprentissage supervisé, bien qu'efficaces, nécessitent un grand volume de données gestuelles étiquetées, ainsi qu'une connaissance *a priori* des classes qualifiant ces mouvements. Par ailleurs, les frontières de décision ne sont pas toujours facilement interprétables. L'utilisation d'algorithmes d'apprentissage non supervisés ou semi-supervisés permet, à partir des besoins d'observation et d'analyse de l'expert, de regrouper les mouvements selon certaines caractéristiques communes [2]. Il est ainsi possible : (i) d'obtenir des regroupements correspondants à des stratégies différentes, pour un même geste, sans *a priori* sur ces groupes, (ii) d'intégrer les besoins d'observation de l'expert

en tant que critère de séparation des gestes, et (iii) d'utiliser ces critères afin d'évaluer le geste automatiquement. L'utilisation d'algorithmes de *clustering* permet également d'offrir une certaine généricité, en ne nécessitant que d'intégrer la connaissance experte du geste au sein du système pour une nouvelle tâche à apprendre.

Les *environnements virtuels* (EV) pour l'apprentissage humain nous permettent de créer des environnements contrôlés, paramétrables et augmentés de retours pédagogiques issus de l'analyse automatique des traces de l'activité. Ainsi, nous proposons une méthode d'extraction et d'analyse semi-automatique des mouvements du corps et des objets manipulés en EV par l'apprenant, afin d'évaluer plus globalement les activités 3d+t de ce dernier [3]. L'algorithme *Dynamic Time Warping* (DTW), nous permet de comparer la forme des trajectoires des artefacts impliqués dans l'apprentissage avec ceux de l'enseignant ayant réalisé une démonstration de la tâche. Grâce à la méthode d'extraction semi-automatique des trajectoires analysables que nous proposons [3], les enseignants peuvent collecter des données d'apprentissage issues de la démonstration des apprenants afin de les évaluer spatialement dans un premier temps. Un réseau de neurones récurrents peut être ensuite entraîné afin de prendre en compte l'aspect temporel des trajectoires générées, grâce à des cycles contenus dans l'architecture.

Transcription automatique de la parole pour l'enseignement

Le projet PASTEL (*Performing Automated Speech Transcription for Enhancing Learning*), financé par l'ANR depuis 2016, est porté par le LIUM, en collaboration avec le CREN (Centre de Recherche en Éducation de Nantes), le LS2N (Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes) et la société ORANGE. C'est un projet ayant pour objectif scientifique d'explorer le potentiel de la transcription automatique de la parole dans diverses situations d'enseignement, notamment en *blended learning*.

Trois situations d'apprentissage types sont particulièrement étudiées : le cours magistral en amphithéâtre, présentiel ou à distance, le travail collaboratif en petit groupe, présentiel ou à distance, l'apprentissage en ligne. Nous avons pu tester différentes fonctionnalités dans plusieurs prototypes instrumentant les deux premières situations [1]. Le cours magistral est capté (audio et vidéo) et transcrit en temps réel. Les étudiants ont à disposition un *plugin* Moodle leur permettant de naviguer dans la vidéo, les documents supports et la transcription, d'éventuellement consulter des ressources pédagogiques additionnelles en ligne, recherchées en temps réel à l'aide de techniques d'analyse sémantique de la transcription, de prendre des notes en commentant ou synthétisant la transcription.

La captation, la transcription et les ressources additionnelles découvertes en ligne sont rassemblées dans un *plugin* Moodle instrumentant la consultation du cours pendant les séances de travail collaboratif. Cette navigation se fait sur la base de mots-clés extraits automatiquement de la transcription. Nous finalisons actuellement l'instrumentation de la dernière situation. L'effort est ici principalement porté sur la mise à disposition de l'enseignant de fonctionnalités d'édition d'un SPOC (*Small & Private Online Course*) réutilisant l'ensemble des matériaux collectés – y compris les traces d'utilisation – produits à l'occasion des sessions synchrones. Nous développons une chaîne éditoriale d'utilisation, d'édition et d'assemblage de ces différentes ressources et permettant la génération d'un cours sous Moodle. Pour mieux exploiter ces différents matériaux, nous avons proposé deux nouvelles activités Moodle, l'une permettant la navigation dans une vidéo et des

ressources pédagogiques par mots-clés, l'autre permettant l'annotation collaborative d'une vidéo.

Dans ce projet, l'équipe IEIAH apporte son expertise en conception d'environnements éducatifs et favorise le dialogue entre les partenaires IA d'un côté et les partenaires du domaine métier. L'équipe LST du LIUM s'attache à l'étude de la transcription temps réel de la parole, la fouille automatique de ressources pédagogiques en ligne est mise en œuvre par le LS2N, et la navigation par mots-clés dans un cours par Orange Labs. Le CREN et l'équipe IEIAH elle-même sont responsables de l'intégration et l'expérimentation des prototypes sur le terrain afin de mesurer l'utilisabilité des différentes techniques, ainsi que leurs limites et contraintes chez l'utilisateur final.

Références

[1] Vincent Bettenfeld, Christophe Choquet, and Claudine Piau-Toffolon. Lecture instrumentation based on synchronous speech transcription. In *18th International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages pp. 11–15, Bombay, India, July 2018.

[2] Quentin Couland, Ludovic Hamon, and Sébastien George. Clustering and Analysis of User Motions to Enhance Human Learning : A First Study Case with the Flip Bottle Challenge. In *In 15th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA) 2018*, pages 145–152, Budapest, Hungary, October 2018.

[3] Djadja Jean Delest Djadja, Ludovic Hamon, and Sébastien George. Modeling and Evaluating of Human 3d+t Activities in Virtual Environment. In *The 14th European Conference on Technology Enhanced Learning*, Transforming Learning with Meaningful Technologies, EC-TEL 2019, pages 696–700, Delft, Netherlands, September 2019. Springer.

[4] Malik Koné, Madeth May, Sébastien Iksal, and Souleymane Oumtanaga. Towards Visual Explorations of Forums' Collective Dynamics in Learning Management Systems. In *CSEDU 2019 : 11th International Conference on Computer Supported Education*, volume 2 of *CSEDU 2019*, pages 67–78, Heraklion, Greece, May 2019.

[5] Pierre Laforcade and Youness Laghouaouta. Supporting the Adaptive Generation of Learning Game Scenarios with a Model-Driven Engineering Framework. In *European Conference on Technology Enhanced Learning*, pages 151–165, Leeds, United Kingdom, September 2018.

[6] Rémi Venant and Mathieu d'Aquin. Towards the Prediction of Semantic Complexity Based on Concept Graphs (regular paper). In Michel Desmarais, Collin F. Lynch, Agathe Merceron, and Roger Nkambou, editors, *International Conference on Educational Data Mining (EDM 2019), Montréal, 02/07/19-05/07/19*, pages 188–197, https ://uqam.ca/, juillet 2019. UQAM : Université du Québec à Montréal.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Équipe KIWI - LORIA : Analyse automatique de traces d'apprentissage

LORIA/KIWI
Université de Lorraine
http://kiwi.loria.fr

Anne BOYER
anne.boyer@loria.fr

Armelle BRUN
armelle.brun@loria.fr

Azim ROUSSANALY
azim.roussanaly@loria.fr

Thèmes de recherche

L'équipe KIWI : Knowledge, Information, Web Intelligence a été créée en 2008 et est dirigée par Anne BOYER, professeur en informatique à l'université de Lorraine. KIWI est une des 28 équipes qui constituent le Laboratoire lOrrain de Recherche en Informatique et ses Applications (LORIA), unité mixte (UMR 7503) commune à plusieurs établissements : l'université de Lorraine, le CNRS et l'Inria. KIWI est composée d'une vingtaine de chercheurs, doctorants, post-doctorants et ingénieurs spécialisés dans le domaine de l'intelligence artificielle. KIWI s'intéresse principalement à la conception de systèmes d'aide à la décision humaine et à la personnalisation de services. Pour cela, ses recherches reposent sur l'exploitation de traces d'usage pour former des modèles descriptifs (modèles utilisateurs), diagnostics (expliquer ces modèles), prédictifs (prédire l'évolution future) ou prescriptifs (recommander pour atteindre un objectif). Les travaux conduits rentrent dans le champs de l'apprentissage automatique et de la fouille de données. Les défis auxquels s'attaquent KIWI sont variés, ils concernent la qualité et la complexité des modèles, le volume de données ou à l'opposé le manque de données, leur incertitude, leur hétérogénéité, *etc.*

Les modèles élaborés trouvent leur place dans diverses applications comme l'e-commerce, la culture, les loisirs et la santé. L'éducation est le domaine applicatif principal de l'équipe. KIWI travaille avec de nombreux partenaires, académiques et industriels, nationaux et internationaux.

Projets en éducation

Ces dernières années, KIWI a porté et a été impliquée dans de nombreux projets en IA et éducation, qu'ils visent l'enseignement secondaire ou supérieur, les apprenants, les enseignants ou les gouvernances.

Les problématiques et les contributions de ces projets sont brièvement décrites ici.

PERICLES (PIA, 2012-2016)

Le projet PERICLES a pour objectif la création d'un outil universel d'évaluation de la qualité des enseignements. Entre autres partenaires, se trouvent plusieurs universités numériques thématiques (UNT), productrices de ressources éducatives libres (REL) pour l'enseignement supérieur. Une des tâches du projet visait à concevoir et expérimenter un système de recommandations (SR) de REL personnalisées et adaptatives pour des apprenants [4][3]. Ce SR s'appuie sur des traces recueillies dans une plate-forme d'apprentissage (*learning management system* ou LMS). L'expérimentation s'est déroulée au sein du LMS de l'université de

Lorraine. PERICLES est actuellement en exploitation.

D-TRANSFORM (ERASMUS+, 2014-2017)

Le projet D-Transform est à destination des gouvernances de l'enseignement supérieur et vise à étudier et maîtriser la transformation digitale, notamment en terme d'impact dans les universités. KIWI a été en charge d'une étude sur les ressources éducatives numériques et leurs usages [6].

METAL (PIA2 e-Fran, 2016-2020)

Le projet METAL se situe dans le champ de l'enseignement secondaire. Il se déroule en collaboration avec le rectorat de l'académie de Nancy-Metz et d'une douzaine d'établissements scolaires locaux, et des laboratoires de recherche en SHS et en droit, et comporte également un volet *learning analytics*. Parmi les problématiques traitées, nous pouvons mentionner la collecte des données dans un écosystème complexe engendré par la multiplicité des acteurs et de la spécificité de la population (des élèves mineurs) impliquée (interopérabilité, standards, réglementation sur données personnelles et éthique). Mentionnons également la conception de tableaux de bord, à destination des enseignants et/ou des élèves, et qui visent à l'affichage d'indicateurs d'activité, de difficulté, d'engagement, à la proposition de recommandations, *etc.* Citons également l'objectif de fouille de données multi-sources et hétérogènes que sont les données d'apprentissage [1, 2].

EOLE (PIA2 DUNE, 2017-2021)

Toujours dans le champ de l'enseignement supérieur, en collaboration avec les universités de la région Grand Est, EOLE vise à construire une approche différente de la formation universitaire, tant dans ses modalités que dans l'élargissement des publics destinataires pour développer l'apport des universités dans le secteur de la formation tout au long de la vie. EOLE comporte un axe d'étude et d'expérimentation des *learning analytics*. Le travail se concrétise par la conception et la réalisation d'un tableau de bord à destination des étudiants afin que ceux-ci puissent se positionner relativement à leurs parcours et leurs objectifs. Les problématiques abordées concernent la collecte des données (standards, massivité), l'étude des indicateurs basés sur les traces d'apprentissage et la co-conception, avec les étudiants, de tableaux de bord [5].

BACANALYTICS (2017)

Le projet BACANALYTICS vise à aider le service d'organisation des examens du rectorat de l'académie de Nancy-Metz dans l'estimation du nombre d'enseignants à mobiliser dans chaque centre et pour chaque discipline au moment du second groupe d'épreuves du baccalauréat. Nous avons choisi d'aborder ce problème par l'exploitation de méthodes de *machine learning*, partant des traces des résultats et disciplines choisies par les élèves les années passées. Le prototype a été expérimenté sur le terrain pour les sessions du baccalauréat de 2018 et 2019.

CNED (2019-2022)

Ce projet, en collaboration avec le CNED (Centre National d'Enseignement à Distance) vise à l'analyse prédictive et prescriptive des données d'apprentissage, en situation d'enseignement à distance. Il s'appuie sur les données disponibles dans différentes applications utilisées conjointement par les apprenants et les formateurs du centre dans un objectif de fournir aux enseignants des indicateurs de suivi des

élèves afin de les assister dans leur prise en charge de populations à risque d'échec.

PEACE (Numérilab, 2019-2022)

PEACE est un projet de l'incubateur numérique du ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse (MENJ), en collaboration avec le rectorat Nancy-Metz. Il vise à l'étude de la consommation des manuels numériques, dans un objectif de recommandation à plusieurs acteurs de ces manuels : élèves, enseignants, éditeurs, *etc.* Le défi ici concerne non seulement la possibilité d'une capture fine de la consommation, mais également la modélisation de la consommation et la génération de recommandations « cohérentes » entre les différents acteurs.

LOLA (2019)

Le projet LOLA (Laboratoire Ouvert de Learning Analytics) est un projet de *learning analytics* mené en étroite collaboration avec le MENJ. Il ambitionne de mettre à la disposition des chercheurs et des entreprises de l'EdTech des données d'apprentissage. L'objectif est ensuite de partager des process, des algorithmes de traitement et des résultats.

Références

[1] Armelle Brun, Geoffray Bonnin, Sylvain Castagnos, Azim Roussanaly, and Anne Boyer. Learning Analytics Made in France : The METAL project. *International Journal of Information and Learning Technology*, 3(36) :16, 2019.

[2] J. Budaher, A. Brun, and A. Boyer. Multi-source Data Mining for e-Learning. In *From Data to Models and Back (DataMod)*, 2018.

[3] Nguyen Ngoc Chan, Azim Roussanaly, and Anne Boyer. Learning resource recommendation : An orchestration of content-based filtering, word semantic similarity and page ranking. In *9th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2014, Graz, Austria, September 16-19, 2014, Proceedings*, volume 8719 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 302–316. Springer, 2014.

[4] Nguyen Ngoc Chan, Azim Roussanaly, and Anne Boyer. Studying relations between e-learning resources to improve the quality of searching and recommendation. In *CSEDU 2015 - Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education, Volume 1, Lisbon, Portugal, 23-25 May, 2015*, pages 119–129. SciTePress, 2015.

[5] B. Gras, A. Brun, and A. Boyer. For and by student dashboards design to address dropout. In *Proceedings of the Workshop ADORE@LAK2020*, 2020.

[6] Nathalie Tingry, Anne Boyer, and Azim Roussanaly. Open educational ressource, a lever for digital transition of higher education ? Report o1a3, Erasmus+ DTRANSFORM Project, 2016.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Équipe MIND - LITIS : Multi-Agent, Interaction, Décision

Cecilia ZANNI-MERK
cecilia.zanni-merk@insa-rouen.fr
Hadhoum BOUKACHOUR
Nicolas DELESTRE
Jean GRIEU
Florence LECROQ
Nicolas MALANDAIN
Alexandre PAUCHET
Julien SAUNIER

LITIS / MIND
INSA Rouen Normandie
Université Le Havre Normandie
https://www.litislab.fr/equipe/index/mind

Introduction

L'équipe MIND est l'une des sept équipes du Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes (LITIS). Elle mène des recherches dans les domaines des Systèmes Multi-Agents et des Agents Autonomes, des Technologies Sémantiques, et des Interactions Humain-Machine. Ces recherches portent sur l'étude et le développement des processus d'interaction et de décision dans des communautés mixtes ou dans des systèmes cyber-physiques.

La spécificité des travaux de l'équipe MIND est de placer l'utilisateur au centre de ses approches, depuis la collecte et le traitement des données, l'élicitation de connaissances, la validation expérimentale des modèles jusqu'à la capitalisation de l'expérience, pour l'aide à la prise de décisions. Il s'agit de définir des processus de raisonnement mixte où s'articulent des phases de décision automatique ou avec l'intervention d'utilisateurs humains, éventuellement assistés ou conseillés par des agents logiciels.

La reconnaissance des situations et la prise de décision des agents s'appuient sur des modèles de raisonnement issus de l'intelligence artificielle distribuée et de technologies sémantiques couvrant la modélisation formelle des connaissances et de différents types de raisonnement. Des approches de capitalisation de l'expérience et d'utilisation de méta-connaissances sont aussi utilisées pour améliorer l'efficacité de la reconnaissance des situations et de l'aide à la décision.

Enfin, les interactions entre utilisateurs et agents logiciels dans les systèmes étudiés doivent être considérées aussi bien du point de vue de l'utilisateur que de celui des agents. Il s'agit de capter, représenter et interpréter les messages et signaux provenant des utilisateurs de façon pertinente, dans le but d'adapter la réponse logicielle. En d'autres termes, il s'agit d'ajuster le mode de communication à l'utilisateur et à la situation de décision à la fois sur le fond et sur la forme.

Ces dernières années, l'équipe MIND a participé à trois projets dans le domaine des EIAH dont voici les résumés.

CLASSE (2014-2019)

Le projet CLASSE succède aux projets du GRR LMN (Logistique, Mobilité, Numérique) « Passage Portuaire », « Amélioration de la performance logistique globale » et « CLASSE phase 1 », labellisé par le Pôle de Compé-

titivité Novalog. L'objet d'étude de ce projet est d'associer des spécialistes en logistique afin d'améliorer les flux maritimes et terrestres sur l'Axe Seine. Notre contribution se situe surtout au niveau de l'action (appréhender la vulnérabilité des chaînes logistiques). Dans cette action, nous avons développé des environnements virtuels pour permettre aux utilisateurs/apprenants d'appréhender de nouveaux environnements de travail, et pour étudier leurs réactions dans cet environnement simulé.

Le seul fait de placer un apprenant dans un environnement virtuel ne suffit pas à son apprentissage, le dispositif doit proposer des fonctionnalités pédagogiques. Nous travaillons en parallèle sur le développement d'un système tutoriel intelligent (STI) indépendant de l'objet d'apprentissage. Le STI proposé offre une articulation entre le tutorat machine et le tutorat humain [1].

Jumeaux Numériques et Automates Programmables Industriels

Nous avons conçu un entrepôt logistique virtuel entièrement automatisé. Nous avons proposé un modèle hybride associant de vrais automates programmables industriels pilotant des parties opératives virtuelles (bras robotisés, convoyeurs, palettiseurs, transstockeurs, racks de stockage, *etc.*). Grâce à cette application, nous avons démontré l'intérêt de réaliser des connexions entre environnement virtuel et du matériel physique. L'application proposée a permis d'enrichir les connaissances sur les démarches d'apprentissage de l'automatisme et ainsi faciliter la compréhension de processus logistiques complexes par les apprenants, et ce, grâce à ces nouvelles technologies [2].

La réalité augmentée au service du passage portuaire

Nous avons développé une application qui a pour objectif de réaliser une modélisation 3D des aménagements portuaires et maritimes du PORT 2000 et du terminal multimodal. Nous avons réalisé des supports ludiques et pédagogiques pour faciliter la compréhension du passage portuaire : (1) une application de réalité augmentée utilisable sur téléphone portable ou tablette, (2) une brochure papier utilisable avec l'application mobile de réalité augmentée et (3) un site web en complément de l'application « HAVREALITY ».

IFLOT & LOFAR (2015-2019)

De nos jours les établissements d'enseignement publient leurs offres de formation uniquement sur le Web historique, celui des documents, à destination des humains.

Pour que des programmes informatiques puissent tirer parti de ces informations, il faut qu'elles soient aussi publiées sur le Web des données [4]. Malheureusement il n'existe pas d'ontologie permettant de bien décrire la diversité de ces offres et les évolutions des modalités d'enseignement.

Pour répondre à cette problématique, nous proposons un modèle conceptuel de description des éléments de formation. Nous l'avons concrétisé par un schéma OWL2, utilisé pour décrire plusieurs types d'offres de formation : initiale, continue, en présentiel, à distance, proposées par un ou plusieurs établissements.

De plus, pour démontrer l'utilité de cette publication d'information, nous avons développé un moteur de recherche liant éléments de formation et ressources pédagogiques. Cette preuve de concept permet de trouver des ressources pédagogiques, indexées par des Universités Numériques Thématiques et Sup Numérique, compatibles avec les cours dispensés à l'INSA Rouen Normandie.

Le projet IFLOT

Après une étude des différents langages, schémas et modèles permettant de décrire des éléments de formations (CDM, CDM-fr, LHEO, MLO, *etc.*), nous avons constaté qu'il était impossible, à l'aide d'un seul modèle, de représenter convenablement différents types de formations (initiale, continue, professionnelle, en présentiel, à distance, *etc.*).

Dans le cadre du projet IFLOT [3], pour Indexation des Formations en Ligne Ouvertes à Tous, nous avons conçu un modèle conceptuel décrivant les éléments de formation. Son architecture à trois niveaux repose sur une analyse *bottom-up*. Le premier niveau décrit l'acte de formation en termes d'action (qui, quand, où). Ce premier niveau est une instanciation du deuxième niveau qui décrit l'activité pédagogique en terme de paradigme pédagogique, de ressources utilisées, de prérequis et d'acquis. Ces deux dernières descriptions sont partagées avec le troisième niveau qui décrit l'élément de formation aussi en termes d'organisation temporelle des activités. Ce modèle a été instancié pour le Web Sémantique. Nous avons développé un schéma OWL2 que nous avons utilisé pour décrire plusieurs éléments de formations (des cours dispensés à l'INSA Rouen Normandie, différentes sessions du MOOC « Soyez Acteur du Web » disponibles sur France Université Numérique, et les formations en ligne professionnelles proposées par le projet UTOP). Le schéma OWL2, sa documentation et les descriptions de ces formations, avec les entrées SPARQL, sont accessibles sur : http://iflot.insa-rouen.fr/.

Le projet LOFAR

Pour montrer l'utilité de ce type de publication, dans le cadre du projet LOFAR, pour Liaison entre Offres de FormAtion et Ressources pédagogiques, nous avons développé un moteur de recherche de ressources pédagogiques. LOFAR relie des données structurées, publiées dans le Web des données, qui décrivent d'une part des éléments de formations et d'autre part des ressources pédagogiques. L'utilisateur n'a plus à deviner quels mots clés utiliser pour trouver une ressource pédagogique. Il sélectionne juste le cours concerné et LOFAR lui propose des ressources pédagogiques compatibles. Ce moteur est facilement paramétrable, il permet ainsi d'interroger des entrepôts de données RDF utilisant des schémas RDFS ou OWL2 divers. Une preuve de concept de ce moteur de recherche est accessible sur : http://lofar2.insa-rouen.fr.

SimError (2019-2022)

L'explosion du nombre d'objets connectés, de robots assistants et d'interfaces humain-machine intuitives et naturelles a permis une démocratisation croissante des systèmes cyber-physiques et socio-techniques. Il s'agit de systèmes constitués à la fois d'utilisateurs humains, de robots et d'agents artificiels en interactions sociales. Si la démocratisation de ces outils est un élément majeur pour proposer de nouveaux services au quotidien, sa diffusion se heurte à deux verrous principaux : d'une part, la reconnaissance de l'activité humaine reste imprécise, tant au niveau opérationnel (localisation, cartographie, identification d'objets et d'utilisateurs) que cognitif (reconnaissance et suivi d'intention). D'autre part, l'interaction passe par des vecteurs différents qu'il faut adapter en fonction du contexte (robotique, réalité mixte, réalité virtuelle), de l'utilisateur et de la situation ou tâche en cours.

Le projet INCA (Interactions Naturelles avec des Compagnons artificiels) a pour objectif de développer les connaissances scientifiques et les technologies liées aux compagnons artificiels. Un de ses axes applicatifs est un environnement informatique pour l'apprentissage

humain en santé, en y intégrant une dimension d'interaction sociale.

Les verrous scientifiques se déclinent autour de la conception et l'évaluation d'environnements virtuels et mixtes pour l'apprentissage, de façon à évaluer l'impact d'agents conversationnels au sein de simulations immersives et interactives.

Thématiques abordées

Apprentissage de modèles de comportement. Cette action s'appuie sur des approches mixant technologies sémantiques, fouille et apprentissage pour la construction de modèles de comportement robustes à partir d'historiques de données horodatées. Ces données sont issues des séries d'actions effectuées par les utilisateurs dans un environnement virtuel ou mixte. Le suivi a pour objectif d'adapter de façon dynamique l'environnement et la réponse des agents assistants [5]. Par exemple, dans le cas d'un suivi intra-session dans un environnement pour l'apprentissage humain, un tuteur/pair virtuel peut sélectionner de façon dynamique des aides adaptées (contenu et modalité de transmission) au profil de l'utilisateur au cours de la session, à l'aide de scénarios pédagogiques adaptés [6]. Les données considérées dans cette action scientifique sont des séries temporelles dont l'exploitation en temps réel doit permettre la détection de situations d'intérêt notamment sur des interactions.

Interaction et navigation sociales. Les compagnons artificiels, qu'ils soient virtuels (Agents Conversationnels Animés – ACA) ou réels (robots), visent à renforcer l'interactivité avec les utilisateurs, de façon à d'une part engager émotionnellement ceux-ci, et d'autre part d'intégrer un ensemble de compétences relationnelles. Une des difficultés majeures réside en la gestion de dialogues sociaux d'initiative mixte avec les utilisateurs. Les verrous portent à la fois sur les stratégies pour la coordination et l'optimisation du fonctionnement collectif de groupes d'utilisateurs humains, de robots et/ou d'agents artificiels, et sur les mécanismes d'interaction sociale adaptés (dialogue, indices verbaux, non verbaux ou co-verbaux) en fonction du profil de l'utilisateur et de la situation courante inférée. Concernant la gestion du dialogue social, notre approche exploite les travaux passés de l'équipe MIND par apprentissage et extraction de motifs dialogiques, formalisée par jeux de dialogues, avec un focus sur la composante émotionnelle.

Application. Un environnement d'apprentissage dans le domaine de la santé sert de cadre applicatif. La simulation concerne une chambre des erreurs virtuelle, dans laquelle sont placées de façon volontaire des erreurs sur différents thèmes comme l'hygiène, l'identitovigilance, le circuit du médicament, la bientraitance, l'hémovigilance, *etc.* Sa mise en place, en physique, se heurte à plusieurs difficultés (contraintes logistiques, moyens humains, accès limité aux structures hospitalières, difficile adaptation des erreurs aux publics visés). La transposition et l'adaptation de cet outil dans des environnements immersifs (virtuels ou mixtes) permet d'évaluer l'impact de ceux-ci sur la motivation et les résultats des apprenants à l'aide de tuteurs virtuels.

Les apports réels du numérique sur les apprentissages n'ont été que peu évalués, que ce soit chez les adultes ou en milieu scolaire, et les résultats obtenus sont souvent contradictoires entre l'impact sur l'engagement des apprenants, positif, et celui sur les connaissances réellement acquises, neutre ou négatif. Dans ce cadre, le développement d'un même environnement d'apprentissage selon deux modalités (2D, 3D) permet d'évaluer comparativement les dispositifs numériques et physiques de simu-

lation pour l'apprentissage humain, leurs résultats et le transfert des acquis en situation de travail.

Références

[1] P. Person, T. Galinho, H. Boukachour, F. Lecrocq, J. Grieu. Dynamic representation and interpretation in a multiagent 3D tutoring system In *Intelligent Systems*, ed V. Sgurev, R. R. Yager, J. Kacprzyk, K. T. Atanassof, Springer Publisher, Switzerland, pages 205-227, 2017

[2] F. Lecroq, J. Grieu, H. Boukachour. Teaching Automation and Logistics with Virtual Process In *15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2018* Dusseldorf, Germany, 21-23 march 2018, in 'Smart Industry & Smart Education' pages 57-65, ed. Springer, DOI : 10.1007/978-3-319-95678-7_7.

[3] D. Antelme and N. Delestre and N. Malandain. Un schéma OWL pour la description d'éléments de formation In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Paris, 2019.

[4] N. Delestre and Y. Bourda and E .Le Gall and R-M. Gomez De Regil and Y. Colmant and M. Peterlongo and R. Verrier NoDEfr-1 : Métadonnées pédagogiques et Web des données In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Paris, 2019.

[5] M. Barange, J. Saunier, and A. Pauchet. Pedagogical Agents as Team Members : Impact of Proactive and Pedagogical Behavior on the User. In *Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, pp 791–800, May, 2017

[6] J. Saunier, M. Barange, B. Blandin, R. Querrec. [PDF] A methodology for the design of pedagogically adaptable learning environments. *International Journal of Virtual Reality* 16(1), pp 15–21, 2016.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Équipe MOCAH - LIP6 : Modèles et Outils en ingénierie des Connaissances pour l'Apprentissage Humain

Vanda LUENGO
vanda.luengo@lip6.fr
François BOUCHET
Thibault CARRON
Mathieu MURATET
Yves NOEL
Amel YESSAD
Jean-Marc LABAT
Odette AUZENDE
Monique BARON
Hélène GIROIRE

LIP6
Sorbonne Université, CNRS
https://www.lip6.fr/recherche/team.php?acronyme=MOCAH

Introduction

L'équipe MOCAH fait partie de l'axe de recherche IA du laboratoire LIP6. Le cœur de notre recherche est de proposer des modèles, méthodes et algorithmes qui intègrent des connaissances dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). En particulier nous travaillons sur la modélisation des apprenants, sur des algorithmes pour le diagnostic et le suivi, ainsi que sur des systèmes décisionnels pour la rétroaction (ou *feedback*). Les connaissances sont (1) collectées directement auprès d'humains (experts du domaine), en utilisant des techniques d'ingénierie des connaissances, et/ou (2) extraites de données, en utilisant des techniques d'exploration de données éducatives.

Ces modèles sont associés à des environnements hautement interactifs ouverts tels que des simulations, des jeux sérieux ou des systèmes de réalité virtuelle. D'autres environnements moins interactifs comme les MOOC nous intéressent également, pour répondre aux problèmes qu'ils soulèvent de modélisation à partir de grandes quantités de données.

Enfin, l'analyse descriptive, diagnostique et prédictive des traces d'interaction pour accompagner les décideurs (*learning analytics*) est également au centre de nos recherches.

Quelques projets en cours ou récents

Projet MindMath (2018-2021)

MindMath (financé par la BPI et la région IdF) est un projet de plateforme gamifiée et adaptative pour l'apprentissage des mathématiques au collège. Ce projet implique plusieurs partenaires industriels (Cabrilog, Tralalere, Domoscio et Bayard) et académiques (LDAR – Université Paris Diderot et LIP6 – Sorbonne Université).

Nous développons des algorithmes pour décider, en fonction des activités des élèves au sein de tâches de résolution de problèmes en mathématiques, du *feedback* le plus adapté pour les aider à progresser dans leurs appren-

tissages. La décision s'appuie à la fois sur une ontologie construite avec des experts en didactique des mathématiques et sur des approches d'apprentissage automatique. La recherche des *feedbacks* optimaux se fait par apprentissage par renforcement, avec un système de récompense basé sur la réussite des élèves dans les activités. Ces propositions sont expérimentées dans différents contextes scolaires et parascolaires.

Projet Adaptiv'Math (2019-2021)

Adaptiv'Math, obtenu dans le cadre du Partenariat d'Innovation Intelligence Artificielle (P2IA) du ministère de l'éducation nationale et porté par la startup EvidenceB, implique des entreprises (Nathan, Daesign, Schoolab, Isograd, BlueFrog), deux laboratoires (LIP6 et Inria Bordeaux), l'APMEP (association des professeurs de mathématiques) ainsi que des chercheurs en psychologie cognitive (E. SANDER) et en neurosciences (A. KNOPF). Il vise à réaliser un assistant pédagogique pour les mathématiques du cycle 2 (CP, CE1, CE2) s'appuyant sur des algorithmes d'IA et sur un ensemble d'exercices définis à partir d'avancées en sciences cognitives.

Nous travaillons sur une brique IA visant à proposer des regroupements d'élèves (*clustering*) appris sur l'ensemble des classes sur la base de critères de maîtrise de compétences en mathématiques. Ce *clustering* est ensuite appliqué classe par classe à intervalles réguliers pour proposer à l'enseignant un suivi de l'évolution de ses groupes d'élèves, afin de faciliter la mise en place de stratégies de pédagogie différenciée.

Projet LEA4PA (2016-2021)

Le projet *LEarning Analytics for Personalization and Adaptation* a pour objectif de proposer des visualisations et des analyses du comportement de l'étudiant à destination des décideurs (enseignants,apprenants, *etc.*). Il s'applique à plusieurs niveaux d'enseignement.

Pour le niveau collège, la recherche est menée dans le cadre d'une collaboration soutenue par la direction du numérique pour l'éducation (MEN). Dans ce contexte, nous proposons des analyses (descriptives et diagnostiques) des compétences des apprenants en algèbre, ainsi que des visualisations, pour assister l'enseignant dans l'adaptation des activités [4].

Pour l'enseignement supérieur, la recherche est menée en s'appuyant sur la plateforme LAPAD développée par CAPSULE (centre d'innovation pédagogique de Sorbonne Université). Dans ce contexte, nous nous intéressons à comprendre les parcours des apprenants à partir de techniques d'analyse séquentielle et de règles d'association.

Projet McCoy Critical (2015-2019)

Dans le cadre du projet MacCoy Critical (projet ANR), l'équipe MOCAH, en collaboration avec le LIG, s'est focalisée d'abord sur la conception d'une architecture de diagnostic des compétences non-techniques (CNT) de l'apprenant. L'architecture conçue [1] associe connaissances du domaine, apprentissage machine et un réseau bayésien, afin de franchir l'important gap sémantique séparant l'activité perceptivo-gestuelle de l'apprenant, produite au sein d'un environnement virtuel, de l'évaluation épistémique de ses compétences.

Dans un second temps, nous avons conçu un module pédagogique capable de raisonner, sur la base du module de diagnostic, pour proposer à chaque apprenant un parcours à travers la criticité qui lui soit adapté. Ce module utilise les connaissances issues du réseau bayésien et un algorithme d'apprentissage par renforcement de type « bandit manchot » pour guider l'apprenant vers une maîtrise de ses CNT.

Projet E-LearningScape (2018-2021)

E-LearningScape est un Serious Escape Game sur le thème de la pédagogie. Ce jeu, soutenu par Sorbonne Université, est une adaptation du jeu LearningScape conçu par SAPIENS et le CRI.

Nous travaillons sur la conception d'un module de suivi des actions du joueur, afin de générer en temps réel des aides contextualisées selon les difficultés rencontrées par les joueurs [3]. Les algorithmes que nous avons développés s'appuient sur une modélisation des énigmes du jeu à l'aide de réseaux de Petri, ce qui nous a amenés à concevoir un outil générique d'aide à la construction de ceux-ci. La démarche consiste à exprimer des liens entre des comportements génériques à l'aide d'un langage spécifique et de relations logiques. Ces expressions sont ensuite analysées pour générer automatiquement un réseau de Petri qui modélise tous les parcours possibles. Ce réseau est utilisé pour analyser le parcours du joueur et pour proposer des aides adaptées.

Quelques thèses en cours ou récentes

Parmi les thèses en cours au sein de MOCAH, plusieurs mettent en jeu l'application et l'adaptation d'algorithmes d'IA.

La **thèse de Fatima HARRAK** (2015-2019) est centrée sur l'analyse de questions posées par les étudiants dans des classes hybrides (présentiel et distanciel) ou en ligne (MOOC). Elle a proposé un schéma de codage de questions d'étudiants, reposant sur des modèles d'annotation et d'apprentissage automatique, qui a fait l'objet d'une évaluation par des enseignants. Sur la base de *clustering* sur les questions des années passées, ce travail a montré la possibilité de caractériser de nouveaux étudiants en termes de performance, présence ou capacités d'auto-régulation [2].

La **thèse de Camila MORAIS CANELLAS** (débutée en 2018, convention CIFRE avec Kelis) s'inscrit dans la thématique des *learning analytics* et vise à étudier les apports d'un modèle d'émission de traces pédagogiques s'appuyant sur une chaîne éditoriale. En effet, la connaissance fine de la structure du document permet de proposer des algorithmes de transformations successives des traces, ainsi que la mise en place d'un traçage au besoin, défini en fonction des indicateurs désirés.

La **thèse de Thomas SERGENT** (débutée en 2019, convention CIFRE avec Lalilo) se concentre sur l'analyse de traces d'apprentissage dans l'objectif d'améliorer l'apprentissage de la lecture chez les jeunes enfants (6-8 ans) en français et en anglais. Elle s'intéresse en particulier aux questions de *knowledge tracing* et du *feedback* aux élèves pour améliorer l'adaptivité de la plateforme et le développement chez l'enfant des fonctions exécutives.

La **thèse d'Olivier ALLÈGRE** (débutée en 2020, convention CIFRE avec Kartable) concerne l'adaptation automatique de graphes de connaissances aux caractéristiques de l'apprenant. Initialement, ces graphes sont construits de manière supervisée par des experts et utilisés pour calculer des parcours d'apprentissage. L'adaptation de ces graphes a pour objectif d'optimiser les parcours d'apprentissage et s'appuie sur des modèles probabilistes de diagnostic des connaissances des apprenants, tels que les réseaux bayésiens et les chaines de Markov cachées.

Références

[1] Yannick Bourrier, Jambon Francis, Catherine Garbay, and Vanda Luengo. A multi-layered architecture for analysis of non-technical-skills in critical situations. In *Artificial Intelligence In Education*, AIED 2017, Wuhan, China, June 2017.

[2] Fatima Harrak, François Bouchet, and Vanda Luengo. From Student Questions to Student Profiles in a Blended Learning

Environment. *Journal of Learning Analytics*, 6(1) :54–84, 2019.

[3] Mathieu Muratet, Amel Yessad, Thibault Carron, and Arthur Ramolet. Un système d'aide à l'analyse des traces des apprenants dans les jeux sérieux. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 25, 2018.

[4] Iryna Nikolayeva, Amel Yessad, Marie Thuet, Françoise Chenevotot, Julia Pilet, Dominique Prévit, Brigitte Grugeon-Allys, and Vanda Luengo. How to help teachers adapt to learners ? Teachers' perspective on a competency and error-type centered dashboard for algebra. In *TEL-STEM Workshop at ECTEL 2018*, Leeds, United Kingdom, September 2018.

Équipe Mnémosyne - LINE : Des neurosciences computationnelles aux sciences de l'éducation computationnelles pour la modélisation du cerveau de l'apprenant et du contexte de l'activité d'apprentissage

Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Education/ Équipe projet Mnémosyne Inria
Université Côte d'Azur - EducAzur

http://unice.fr/laboratoires/line

https://team.inria.fr/mnemosyne

Margarida ROMERO
margarida.romero@univ-cotedazur.fr

Frédéric ALEXANDRE
frederic.Alexandre@inria.fr

Thierry VIEVILLE
thierry.vieville@inria.fr

Gérard GIRAUDON
gerard.giraudon@inria.fr

Introduction

D'une part, en neurosciences computationnelles et en intelligence artificielle (IA) bio-inspirée, il y a de nombreux de travaux visant à comprendre les mécanismes de perception et de coordination sensorimotrice ainsi que les tâches de reconnaissance de forme et de contrôle moteur associées. Une originalité de l'équipe Mnemosyne est de viser plutôt les mécanismes cognitifs sous-jacents à la résolution de problèmes, ce qui permet d'interroger les circuits cérébraux responsables du raisonnement et de positionner l'IA sur des sujets au moins aussi centraux que la perception intelligente.

D'autre part, le laboratoire LINE développe des protocoles de recherche pour l'étude de la résolution de problèmes sous une approche centrée sur la tâche, ce qui permet de combiner des approches basées dans les sciences de l'éducation et les sciences cognitives. Les tâches de résolution de problèmes étudiées utilisent des objets technologiques qui permettent de combiner des affordances aussi bien physiques que informatiques. Ces expérimentations permettent en particulier d'ouvrir cinq chantiers dans l'avancée des sciences computationnelles de l'éducation (*Computational Educational Learning Sciences*).

À travers une collaboration récente, nous visons à étudier la manière dont les modèles informatiques en neurosciences computationnelles que nous développons pour les circuits cérébraux et pour les fonctions cognitives qu'ils

émulent, peuvent être utiles pour la modélisation des processus de résolution de problèmes en sciences de l'éducation et, en retour, si la grille de lecture théorique et la pratique expérimentale des sciences de l'éducation peuvent améliorer notre activité de modélisation et lui offrir des données qui permettent de calibrer et valider nos modèles.

Un défi : modéliser les apprentissages

Résoudre des problèmes est une compétence clé soulignée par l'ensemble des référentiels de compétences contemporains [11, 5]. Cependant, même sur des tâches simples de résolution de problèmes, nous ne disposons pas aujourd'hui d'un modèle qui puisse rendre compte des processus cognitifs du cerveau lui-même de l'apprenant de manière combinée à celui de l'état dynamique de l'évaluation du système d'activité qui a lieu au niveau de la tâche. Nous ne disposons pas à ce jour de modèles combinant l'activité cérébrale de l'apprenant et la situation d'apprentissage dans laquelle il développe son activité. Face à ce défi, notre programme de recherche vise à prendre appui sur les modélisations développées en neurosciences computationnelles et en intelligence artificielle bio-inspirée pour analyser une activité de résolution de problèmes spécifique qui présente un modèle de tâche bien définie. L'application d'un modèle cognitif neuro-inspiré du cerveau de l'apprenant [4] devrait permettre de rendre compte des processus se produisant en situation d'apprentissage tandis que l'observation de son activité de résolution de problèmes sous une approche épigénétique doit pouvoir modéliser l'interaction entre les processus cérébraux et l'activité de résolution de problèmes.

Le cas de la résolution de problèmes

Faire résoudre des problèmes avec des objets interactifs non familiers par le sujet nécessite aussi bien des processus d'exploration (compréhension des affordances des objets pour la résolution de problèmes) que des processus hypothético-déductifs donnant lieu à des épisodes de résolution de problèmes au sein de l'activité complète de résolution de problèmes. Au cours du processus d'exploration, les processus de pensée divergente requièrent la génération d'une première idée, mais ensuite une prise en considération des idées préalables et leur inhibition volontaire pour permettre à des nouvelles idées d'être générées. Les hypothèses testées et leur évaluation doivent être prises en compte afin de permettre au sujet de réduire l'espace du problème tout en développant un modèle interne du problème. C'est exactement ce qui se passe au niveau des boucles cortico-thalamiques impliquant les ganglions de la base, le cortex et l'hippocampe, et qui sont aujourd'hui reliées à des modèles d'apprentissage par renforcement (y compris ceux dits épisodiques et impliquant du *meta-learning* au sens donné en apprentissage machine).

Notre étude se concentre sur la manipulation d'objets de constructions visuo-spatiales (tâche CréaCube) (*visuo-spatial constructive play objects*, VCPOs) [7] ayant des affordances d'objets physiques (roulettes, connexions magnétiques, bouton on/off) mais aussi des affordances informatiques (capteur de distance, inverseur de signal, programmation du système selon la position des pièces). Ces affordances sont liées à la fois à la mémoire épisodique (mémorisation d'exemples qui lient un objet avec son rôle possible) et sémantique (mise en place de règles par rapport à cette relation objet - usage).

Travailler avec une approche de neurosciences computationnelles

Au cours des dernières décennies les neurosciences computationnelles ont permis de modéliser le cerveau dans des tâches liées à des buts primaires comme assouvir la faim ou

la soif. Ces modèles sont issus souvent des modèles animaux dans une visée de simplification des processus et la possibilité d'intervenir de manière invasive sur le cerveau. Si certains travaux en neurosciences ont pu conduire à des préconisations et des activités concrètes d'apprentissage pour améliorer certains processus comme l'attention, étudiés par l'équipe de Jean-Philippe LACHAUX [6], ou des études un peu généralistes menées autour des travaux de Stanislas DEHAENE [2], il reste encore peu de développements visant à relier la modélisation neurocomputationelle du cerveau et la pratique des enseignants dans les classes et les stratégies d'apprentissage des apprenants eux-mêmes [1], au-delà de quelques neuromythes [9].

Si les sciences de l'éducation et de la formation (SEF) se développent depuis une approche transdisciplinaire afin de comprendre tant les situations d'enseignement et d'apprentissage que les processus d'apprentissage, à l'heure actuelle, la diversité des approches disciplinaires en SEF est à la fois une grande richesse épistémologique et historico-culturelle, un garde-fou pour éviter la pensée unique en éducation, mais pose également la difficulté d'un travail interdisciplinaire pour la compréhension basée sur des modèles communs.

Un exemple : la persévérance

Maintenir un but pour atteindre un objectif est un grand enjeu dans les activités d'apprentissage. La modélisation de la persévérance dans le cadre d'une activité de résolution de problèmes reste encore à définir. Dans le cadre des observations de la tâche CréaCube, nous observons que la persévérance est maintenue tant que la personne a la perception qu'elle avance sur la réduction de l'espace problème et s'approche de son objectif. Cependant, quand la personne a la perception de stagner ou ne pas pouvoir avancer vers l'objectif, au bout de quelques minutes (deux à trois sans avancement), elle abandonne. Au cours de la phase de stagnation, nous observons également un changement émotionnel et des jugements métacognitifs qui reflètent une décroissance sur le jugement de sa propre capacité à finaliser la tâche. La modélisation des processus de persévérance au cours de la tâche est également un chantier important dans la visée de modéliser des tâches de résolution de problèmes sur lesquelles les sujets peuvent abandonner.

Des consignes aux buts. Pour renforcer cette persévérance, on doit étudier, entre autres, le cheminement du sujet des consignes aux buts. Face à une consigne, si simple soit elle, la manière dont le sujet interprète cette consigne et la traduit dans un objectif ou but personnel n'est pas clairement explicitée. L'évocation d'un terme comme *« construire un véhicule qui se déplace tout seul »* provoquera un ensemble de concepts très différents selon les sujets (un train pour les uns, une voiture pour les autres) mais également se traduira par des buts qui pourraient être orientés vers la performance (réussir la tâche au plus vite), ou la maîtrise (bien comprendre les apprentissages proposées par la tâche) ou encore une combinaison de buts avec des valences dynamiques selon le moment de la tâche et l'état de régulation socio-émotionnelle de l'apprenant. Les modèles de motivation et de régulation des apprentissages issus des sciences cognitives [3, 8, 10] doivent pouvoir être pris en compte pour la compréhension plus fine du passage entre les consignes et les buts du sujet.

Buts et sous-buts. Une situation d'apprentissage de résolution de problèmes se compose d'un objectif principal (*« construire un véhicule qui se déplace tout seul »*) mais la manière dont le sujet s'engage dans la tâche se décline sur des épisodes (sous-tâches) qui ont des sous-buts. La prise en considération des épisodes au sein d'une plus large tâche doit pouvoir être

prise en compte. En matière de sciences cognitives, cela se traduit par la mise en place de sous-buts au sein du mécanisme de contrôle de l'action.

Les « trouvailles ». Au cours d'une démarche de résolution de problèmes certaines « trouvailles » sont réalisées sans que le sujet se soit donné ce but. Ces trouvailles contribuent à la réduction de l'espace problème et au maintien de l'engagement sur la tâche. En matière de sciences cognitives cela se traduit par un comportement exploratoire (*foraging*) en équilibre avec le mécanisme d'exploitation pour optimiser son comportement.

Conclusion

Face au défi de comprendre les processus d'apprentissage humain, notre programme de recherche interdisciplinaire vise donc à combiner d'une part des modélisations développées en neurosciences computationnelles et en intelligence artificielle bio-inspirée et d'autre part la modélisation en sciences de l'éducation de la personne apprenante et la situation d'apprentissage dans une tâche bien définie. Ce programme doit contribuer aux travaux initiés dans ce domaine émergent des sciences computationnelles de l'éducation (*Computational Learning Sciences*).

Références

[1] J.L. Berthier, G. Borst, and O. Houdé. *Les neurosciences cognitives dans la classe : Guide pour expérimenter et adapter ses pratiques pédagogiques*. ESF Sciences humaines, 2018.

[2] S. Dehaene. *Apprendre ! : les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob, 2018.

[3] S. Järvelä J. Malmberg E. Panadero, P. A. Kirschner and H. Järvenoja. How individual self-regulation affects group regulation and performance a shared regulation intervention. *Small Group Res*, 2015.

[4] C. Carvajal F. Alexandre and T. Viéville. Comprendre le système le plus complexe de notre planète ? *Mathématique Pour Planete Terre Un Jour Une Breve*, 2013.

[5] Patrick Griffin, Barry McGaw, and Esther Care. *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Springer Publishing Company, Incorporated, 2011.

[6] J.P. Lachaux. *Le Cerveau attentif : Contrôle, maîtrise et lâcher-prise*. Odile Jacob, 2011.

[7] D. Ness and S. J. Farenga. Blocks, bricks, and planks : Relationships between affordance and visuo-spatial constructive play objects. *Am. J. Play*, 8(2) :201–227, 2016.

[8] R. M. Ryan and E. L. Deci. Promoting self-determined school engagement. *Handb. Motiv. Sch.*, pages 171–195, 2009.

[9] Emmanuel Sander, Hippolyte Gros, Katarina Gvozdic, and Calliste Scheibling-Sève. *Les neurosciences en éducation*. Retz, Paris, 2018. ID : unige :112419.

[10] D.H. Schunk and B. Zimmerman. *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*. Educational Psychology Handbook. Taylor & Francis, 2011.

[11] R.J. Sternberg and P.A. Frensch. *Complex Problem Solving : Principles and Mechanisms*. Taylor & Francis, 2014.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Equipe MS AIMove : Intelligence Artificielle et Mouvement Humain dans l'Industrie et la Création

Centre de Robotique/ Equipe Mastère
Spécialisé AIMove
MINES ParisTech, PSL Université Paris
www.aimove.eu

Sotiris MANITSARIS
sotiris.manitsaris@mines-paristech.fr

Alina GLUSHKOVA
alina.glushkova@mines-paristech.fr

Introduction

Les progrès récents des technologies de capture du mouvement humain et de l'apprentissage automatique ont accru le potentiel de l'intelligence artificielle pour l'amélioration notre qualité de vie, l'augmentation de la productivité dans plusieurs secteurs industriels, tels que ceux de la fabrication mais aussi les industries culturelles et créatives. Afin d'atteindre cet objectif, l'humain doit rester à l'épicentre des recherches et développements liées à l'intelligence artificielle (IA) et celle-ci doit apprendre à collaborer efficacement avec l'humain. Grâce à l'IA centrée sur l'humain, de nouvelles opportunités se créent actuellement et de nouveaux défis se présenteront dans l'avenir sans qu'il ne soit possible de les prédire. Quel que soit le type de machine (par exemple robot, ordinateur, véhicule autonome, drone, IoT, *etc.*), elle disposera de différentes couches de perception et d'algorithmes sophistiqués, qui détecteront les intentions et les comportements humains et en apprendront en continu. Ainsi, chaque machine et objet intelligents pourra capturer le mouvement humain, l'analyser, détecter les postures, reconnaître les gestes et actions, y compris les expressions faciales et le regard, permettant ainsi une collaboration naturelle avec les humains.

L'IA est actuellement au centre des débats scientifiques et des expositions technologiques. Développer et déployer des machines intelligentes est à la fois un défi économique (par exemple flexibilité, simplification, ergonomie) et sociétal (comme la sécurité ou la transparence). Depuis quelques années déjà, le Centre de Robotique de MINES ParisTech mène des activités de recherche et d'enseignement sur l'IA centrée sur l'humain et plus précisément sur la collaboration naturelle entre l'humain et les machines.

Thématiques de recherche

Le périmètre de la collaboration homme-machine, basé sur le comportement corporel humain, implique plusieurs sous-thématiques de recherche. La méthodologie générique à six étapes constitue le fil conducteur des recherches :

1. **Capture du mouvement :** enregistrement du geste à l'aide des *wearables* ou des caméras RGB-D ;
2. **Analyse du signal :** segmentation de la scène à travers de l'imagerie et/ou des séries temporelles de mouvement ;
3. **Extraction des caractéristiques :** exportation des descripteurs de la scène et du mouvement humain ;
4. **Représentation et modélisation :** modèles stochastiques pour la représentation du mouvement humain ;
5. **Reconnaissance de formes :** apprentissage statistique et architectures d'apprentissage profond pour la reconnaissance précoce et l'alignement des séries temporelles ;
6. **Collaboration :** interaction naturelle, implicite ou explicite.

Le Centre de Robotique mène ses re-

cherches en IA centrée sur le comportement corporel humain à travers de nombreux projets de recherche Européens (FP7 et H2020) et des Chaires industrielles pour la recherche et l'enseignement. Voici quelques exemples :

- Collaborate H2020 : la contribution du Centre s'articule autour de la capture et reconnaissance de gestes et actions professionnels des opérateurs des chaînes de montage et assemblage de l'industrie automobile, aéronautique et des appareils électroménagers, avec comme objectifs la collaboration homme-robot et la formation professionnelle [1].
- Mingei H2020 : la contribution du Centre porte sur la capture, modélisation et augmentation par le son de gestes et actions professionnels avec comme objectif, entre autres, la transmission des savoir-faire du patrimoine culturel immatériel [2, 4].

La contribution du Centre de Robotique à la formation professionnelle assistée par l'IA vise le développement de systèmes interactifs qui sont capables de comparer le geste de l'apprenti avec le geste de l'expert et générer un retour sensori-moteur en temps-réel afin que l'apprenti puisse faire des micro-ajustements de mouvement pour qu'il (ou elle) atteigne une performance optimale. Par ailleurs, ces mêmes intelligences artificielles sont entraînées pour distinguer le « bon » du « mauvais » geste du point de vue de l'ergonomie au travail et par conséquent générer des retours aux opérateurs pour diminuer les risques de troubles musculosquelettiques [3].

Aperçu de la formation AIMove

Fidèle au modèle « enseignement par la recherche orientée vers l'industrie » de MINES ParisTech, le Centre de Robotique a fondé le Mastère Spécialisé (MS) anglophone AIMove : « Artificial Intelligence and Movement in Industries and Creation ». Le MS répond aux besoins industriels et scientifiques en apportant des solutions concrètes en termes de compétences métier, de connaissances techniques et scientifiques, à travers des partenariats académiques et professionnels européens.

AIMove permet aux professionnels de haut niveau d'acquérir une expertise dans un domaine en plein essor, en abordant une multitude de sujets à travers des cours tels que l'apprentissage artificiel, la reconnaissance de formes, l'analyse du mouvement, la robotique collaborative mais aussi la sociologie de l'interaction homme-machine, jusqu'à la protection des données. À l'issue de la formation, les diplômés sont des experts en IA centrée sur l'humain, capables de prendre en charge des projets en robotique collaborative, en développement des systèmes interactifs basés sur le geste, en conception des solutions innovantes pour l'usine de futur. L'accès des étudiants au marché du travail est facilité par le stage et la thèse professionnelle.

La spécialisation des étudiants s'articule autour de trois défis industriels :

- **Les défis des Industries Culturelles et Créatives (ICC) :** La capture de mouvement et l'IA en général créent de nouvelles perspectives pour la préservation et la transmission des savoir-faire manuels à l'aide d'interfaces interactives pour l'apprentissage sensori-moteur humain. Par ailleurs, les ICC couvrent un large spectre de domaines, tels que la publicité, les arts visuels, les arts du spectacle, l'artisanat, le design, la mode et le luxe, la musique, la télévision, les jeux vidéos, les Entreprises de Patrimoine Vivant (EPV). L'IA révolutionne la façon dont le contenu numérique, y compris pédagogique, est produit, utilisé, géré et réutilisé.
- **Les défis des Véhicules Intelligents :** Ces véhicules intègrent de plus en plus de fonctions d'aide à la conduite dites « intelligentes », et les véhicules autonomes font

déjà leur apparition sur le marché. Tout cela est rendu possible notamment grâce à l'analyse des vidéos en temps réel et de l'apprentissage profond. Par ailleurs, dans un contexte industriel, l'interaction des usagers de l'usine avec des robots mobiles de type AGV (Automated Guided Vehicle) se fait également à travers le développement de couches de perception qui permettent aux véhicules de détecter la présence humaine et anticiper leur mouvement dans l'usine.

- **Les défis de l'Industrie 4.0 :** Les étudiants sont introduits aux enjeux des processus industriels de demain. De nombreuses entreprises témoignent et présentent leurs projets en cours ainsi que les difficultés rencontrées dans le déploiement de ces projets impliquant de l'IA. L'objectif est d'aborder, au regard de la notion d'Industrie 4.0, les principaux défis et opportunités liés aux différents secteurs industriels : automobile, agroalimentaire, commerce de détail, luxe, *etc.*

Références

[1] Eva Coupeté, Fabien Moutarde, and Sotiris Manitsaris. Multi-users online recognition of technical gestures for natural Human-Robot Collaboration in manufacturing. *Autonomous Robots*, 2018.

[2] Kosmas Dimitropoulos, Sotiris Manitsaris, Filareti Tsalakanidou, Bruce Denby, Lise Buchman, Stéphane Dupont, Spiros Nikolopoulos, Yiannis Kompatsiaris, Vasileios Charisis, Leontios Hadjileontiadis, Francesca Pozzi, Marius Cotescu, Selami Ciftci, Anastasios Katos, Athanasios Manitsaris, and Nikolaos Grammalidis. A Multimodal Approach for the Safeguarding and Transmission of Intangible Cultural Heritage : The Case of i-Treasures. *IEEE Intelligent Systems*, January 2018.

[3] Sotiris Manitsaris and Alina Glushkova. Gesture recognition and sensorimotor learning-by-doing of motor skills in manual professions : A case study in the wheel-throwing art of pottery. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(1) :20 – 31, February 2018.

[4] Sotiris Manitsaris, Alina Glushkova, Frédéric Bevilacqua, and Fabien Moutarde. Capture, modeling and recognition of expert technical gestures in wheel-throwing art of pottery. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 7(2), July 2014.

Équipe SequeL - CRIStAL : Apprentissage séquentiel

CRIStAL/ SequeL
Inria Lille
https://team.inria.fr/sequel/

Jill-Jênn VIE
jill-jenn.vie@inria.fr

Introduction

Les travaux de l'équipe SequeL se situent en apprentissage séquentiel, avec des applications notamment pour l'éducation. Plus précisément, nous nous intéressons aux problèmes de décision séquentielle dans l'incertain (modèles de bandits ou apprentissage par renforcement) dans des environnements non stationnaires.

En évaluation adaptative, l'idée consiste à apprendre une politique pour poser des questions à un apprenant afin de récolter de l'infor-

mation sur ses connaissances. Plusieurs objectifs sont possibles selon le type de test :

Test de positionnement pour explorer les connaissances d'un apprenant.
Test de certification pour garantir en peu de questions qu'un apprenant a au moins un certain niveau.
Test de progression pour optimiser l'apprentissage de l'apprenant.

On peut apprendre un modèle génératif des données observées, ou bien ne pas supposer de modèle explicite et directement optimiser une fonction objectif (l'information apportée par le test, le nombre de bonnes réponses, ou bien la progression de l'apprenant). Nous détaillons ces deux approches.

Modèles génératifs de l'apprentissage humain

Le problème du *traçage des connaissances* [7] est une tâche de classification séquentielle qui consiste à savoir si un apprenant va réussir à répondre correctement à un ensemble de questions, étant donné son historique de réponses passées. Si l'on connaît les connaissances d'un étudiant, on peut lui recommander des ressources pour le faire progresser. C'est un problème difficile dans la mesure où les connaissances peuvent évoluer dans le temps : on est donc loin d'un simple problème de complétion de matrice comme ceux habituellement rencontrés dans les systèmes de recommandation.

Il s'agit de modéliser l'évolution des connaissances d'un apprenant au cours du temps. Divers modèles ont été proposés, soit s'appuyant sur des réseaux neuronaux pas toujours rigoureux [9], soit sur des modèles plus simples appelés des *factorization machines* [5, 7], généralisant les modèles de théorie de réponse à l'item. Les *factorisation machines* permettent d'encoder de l'information auxiliaire telle que des caractéristiques temporelles.

Différentes hypothèses peuvent être faites pour modéliser l'évolution des apprenants :

- l'incertitude de la mesure augmente avec le temps (mouvement brownien),
- les apprenants s'améliorent à chaque essai, succès ou échec,
- et ils peuvent oublier au cours du temps (décroissance exponentielle).

Nous avons montré que modéliser l'oubli au niveau de la compétence plutôt qu'au niveau de la tâche permettait d'améliorer les prédictions effectuées [1]. Notre modèle DAS3H cherche à identifier à partir des données à quelle vitesse chaque composante de connaissance est oubliée ou renforcée, voir figure ci-dessous. Ces travaux ont été récompensés du *Best Full Paper Award* à la conférence *Educational Data Mining 2019*.

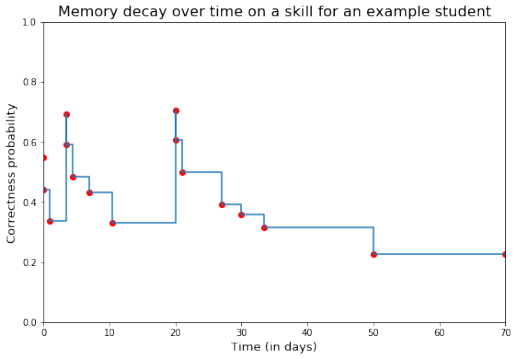


Figure – Courbe d'oubli et d'apprentissage pour un étudiant sur une composante de connaissance

Cette approche basée sur les données se comporte mieux que des heuristiques façonnées par des experts, comme celles actuellement implémentées dans les systèmes de cartes mémoire (*flashcards*) comme Anki.

Modélisation des récompenses pour l'apprentissage par renforcement

Que l'on suppose ou non un modèle des données observées, il faut définir l'objectif à optimiser à court terme, la *récompense* à maximiser, et à long terme, par exemple minimiser

le *regret* cumulé des récompenses (c'est-à-dire, comment on s'est comporté face à la meilleure politique possible, ici le meilleur examinateur possible).

En ce qui concerne la récompense, si par exemple l'on cherche strictement à minimiser le nombre de questions, ou à avoir le plus d'information sur un apprenant, alors on risque de souvent le mettre en échec au cours de l'évaluation. Si l'on cherche à ne pas décourager les apprenants, il y a donc un premier compromis à exprimer entre plusieurs récompenses.

Si l'on adopte la politique gloutonne naïve de choisir à chaque étape l'exercice qui apporte la meilleure récompense espérée, on risque de ne pas minimiser le regret, notre réel objectif. Il faut donc s'autoriser à explorer d'autres exercices, moins connus : c'est le compromis *exploration-exploitation*.

Les modèles de bandits permettent de proposer des stratégies pour apprendre des politiques avec des garanties sur le regret. Clement et al. [2] ont ainsi présenté des politiques (ε-*greedy*) pour faire progresser les étudiants en peu de questions personnalisées. L'une des récompenses qu'ils proposent est l'accroissement du taux de succès de l'apprenant, et ils ont pu expérimenter leurs politiques dans de véritables classes d'élèves apprenant à compter.

Dans notre équipe, Seznec et al. [6] ont proposé des stratégies efficaces minimisant le regret même dans le modèle de bandits plus général où la récompense de chaque exercice peut diminuer chaque fois qu'il a été présenté.

Minimiser le regret crée un biais dans la collecte d'observations. Ainsi si l'on souhaite, tout en minimisant le regret, minimiser l'erreur d'estimation des récompenses des autres exercices, diverses politiques ont été proposées [3].

Ces questions sont au cœur de la recherche que nous menons à SequeL et de nos ateliers sur l'optimisation de l'apprentissage humain [4].

Cas d'usage : Pix

La certification Pix est le cadre de référence des compétences numériques et s'adresse à tous les citoyens français. Ce service public remplace le B2i au lycée depuis septembre 2019, et plusieurs entreprises s'en servent déjà pour évaluer l'impact d'une formation au numérique sur leurs employés. Avec Pix, nous avons proposé une modélisation du référentiel des compétences numériques permettant une évaluation adaptative des connaissances [8].

Références

[1] Benoît Choffin, Fabrice Popineau, Yolaine Bourda, and Jill-Jênn Vie. DAS3H : Modeling Student Learning and Forgetting for Optimally Scheduling Distributed Practice of Skills. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Educational Data Mining (EDM 2019)*, pages 29–38, 2019. Best Full Paper Award.

[2] Benjamin Clement, Didier Roy, Pierre-Yves Oudeyer, and Manuel Lopes. Multi-armed bandits for intelligent tutoring systems. *Journal of Educational Data Mining*, 7(2), 2015.

[3] Akram Erraqabi, Alessandro Lazaric, Michal Valko, Emma Brunskill, and Yun-En Liu. Trading off rewards and errors in multi-armed bandits. In *Artificial Intelligence and Statistics*, pages 709–717, 2017.

[4] Fabrice Popineau, Michal Valko, and Jill-Jênn Vie, editors. *Proceedings of the 1st International Workshop eliciting Adaptive Sequences for Learning (WeASeL)*, number 1 in CEUR Workshop Proceedings, 2018.

[5] Steffen Rendle. Factorization machines with libfm. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 3(3) :57 :1–57 :22, 2012.

[6] Julien Seznec, Andrea Locatelli, Alexandra Carpentier, Alessandro Lazaric, and Michal Valko. Rotting bandits are no harder than stochastic ones. In *The 22nd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, pages 2564–2572, 2019.

[7] Jill-Jênn Vie and Hisashi Kashima. Knowledge Tracing Machines : Factorization Machines for Knowledge Tracing. In *33th AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2019.

[8] Jill-Jênn Vie, Fabrice Popineau, Françoise Tort, Benjamin Marteau, and Nathalie Denos. A heuristic method for large-scale cognitive-diagnostic computerized adaptive testing. In *Proceedings of the Fourth (2017) ACM Conference on Learning @ Scale*, pages 323–326. ACM, 2017.

[9] Kevin H. Wilson, Yan Karklin, Bojian Han, and Chaitanya Ekanadham. Back to the basics : Bayesian extensions of IRT outperform neural networks for proficiency estimation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining (EDM)*, pages 539–544, 2016.

Équipe SICAL - LIRIS : Adaptation des systèmes interactifs aux comportements utilisateurs et au contexte

LIRIS / SICAL
Université de Lyon, CNRS
liris.cnrs.fr/equipe/sical

Benoît ENCELLE
Benoit.Encelle@liris.cnrs.fr

Élise LAVOUÉ
Elise.Lavoue@liris.cnrs.fr

Jean-Charles MARTY
Jean-Charles.Marty@liris.cnrs.fr

Karim SEHABA
Karim.Sehaba@liris.cnrs.fr

Audrey SERNA
Audrey.Serna@liris.cnrs.fr

Introduction

L'équipe SICAL du laboratoire LIRIS propose des approches, modèles et outils génériques pour améliorer la capacité de l'humain à interagir, apprendre et s'adapter dans des contextes changeants et/ou collaboratifs. SICAL s'intéresse à l'interaction en tant que phénomène socio-technique où utilisateurs et systèmes co-évoluent. L'un des axes de recherche concerne le développement de systèmes interactifs adaptables et adaptatifs reposant sur l'analyse des comportements utilisateurs à partir de traces d'interaction et l'adaptation au contexte d'usage - notamment pour l'assistance aux personnes en situation de handicap. Les recherches de l'équipe portant sur l'interaction située, les outils développés ont pour but d'être testés en contexte, afin d'évaluer leur appropriation et comprendre les usages émergeants. Trois approches ont été proposées.

Gamification adaptative

Un modèle de gamification adaptative permet d'adapter des éléments ludiques au « profil joueur » de l'apprenant, afin de susciter un engagement et une motivation accrus. Ce résultat est le fruit de la thèse Cifre de Baptiste MONTERRAT conduite avec l'entreprise Woonoz et d'une collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal. Il se poursuit dans le cadre du projet LudiMoodle, avec la thèse de Stuart HALLIFAX. L'approche de gamification adaptative a été l'une des premières au niveau international, l'adaptation des EIAH étant auparavant essentiellement centrée sur les connaissances de l'apprenant et non son profil de joueur. La difficulté principale réside en la modélisation du profil intégrant cette nouvelle dimension, ainsi qu'en la qualification de règles d'adaptation génériques adaptées à la fois à l'apprenant-joueur et à l'élément ludique à adapter. Plusieurs expérimentations ont été conduites pour évaluer la généricité et l'impact de l'approche de gamification adaptative dans différents contextes pédagogiques, donnant lieu à plusieurs publications internationales [8, 9, 7]. Cette approche est également l'un des éléments fondateurs du projet e-FRAN LudiMoodle (PIA 2), porté par l'université de Lyon et coordonné scientifiquement par l'équipe SICAL. Dans le cadre de ce projet, une approche de conception participative a été proposée pour co-concevoir les éléments ludiques avec les enseignants et concepteurs pédagogiques [1]. Plusieurs expérimentations en collège ont été conduites en 2018 et 2019, avec des résultats très encourageants visant une adaptation dynamique des éléments ludiques [2, 3]. Le modèle de gamification adaptative a également fait l'objet d'une déclaration d'invention dans le cadre du projet de maturation avec la start-up SameSame, avec pour objectif d'adapter les éléments ludiques proposés à des personnes aphasiques utilisant l'application de rééducation Gong.

Analyse de comportements de l'utilisateur et adaptation au contexte d'usage

Une autre approche, proposée dans le cadre du FUI Robot Populi, vise à *apprendre les préférences et habitudes des utilisateurs d'un système à l'aide de leurs retours (feedback)*. L'objectif est d'améliorer le comportement du système face à différents contextes d'usage. L'originalité de l'approche développée dans Robot Populi réside dans la constante généralisation/mise à jour des connaissances d'adaptation du système (qui guident son comportement), effectuée à l'aide des traces d'interaction (passées et en cours, celles-ci pouvant notamment être en contradiction). La difficulté réside dans le fait de proposer des actions toujours plus pertinentes face à des contextes d'usage donnés - éventuellement non encore rencontrés. L'approche Robot Populi a été validée suite à plusieurs expérimentations, dont une sur un robot compagnon adaptatif proposant des activités ludiques. Ces travaux ont donné lieu à plusieurs publications [6, 5], citées dans des revues internationales, et sont à l'origine d'une thèse Cifre (avec un des partenaires du projet) et du projet FUI SIM2B. SIM2B vise à doter les personnages non joueurs d'un jeu (PNJs) de personnalités, de relations sociales et d'émotions adaptées aux situations rencontrées, afin de favoriser l'immersion et l'engagement des joueurs. Dans le cadre de ce projet, l'équipe SICAL a développé une approche d'identification du profil joueur à partir de ses traces d'interaction [4]. Le profil est représenté à l'aide d'un modèle sociopsychologique, modèle dispositionnel, proposé par le laboratoire GREPS de Lyon 2. L'analyse de traces, basées sur des algorithmes de *Machine Learning*, a également permis de prédire le comportement du joueur. L'intérêt de la prédiction est, d'une part, de faire un retour aux concepteurs

sur les usages de son jeu (afin d'identifier par exemple des situations de blocage) et d'autre part, à terme, d'adapter le jeu aux profils et stratégies des joueurs. Afin de valider nos propositions, trois expérimentations ont été menées. La première a utilisé le premier démonstrateur de jeu, développé par la société Artefacts, contenant une scène de jeu, la deuxième est basée sur vingt mini-scènes élaborées par le LIRIS, le GREPS et Artefacts et la troisième a porté sur le demi-démonstrateur d'Artefacts contenant dix-neuf scènes.

Analyse des usages de supports pédagogiques et assistance à leur re-conception

Une troisième approche vise à la *création de systèmes d'analyse des usages de supports pédagogiques en ligne et d'assistance à leur révision/re-conception*. L'objectif de ces systèmes est d'améliorer l'adéquation entre des ressources pédagogiques et les besoins/capacités des apprenants, *via* des outils d'analyse et d'assistance destinés aux auteurs de ces ressources (tableaux de bord « intelligents », dotés de fonctions de révision automatique, de recommandation). Cette approche se différencie des approches courantes - visant à personnaliser des supports pédagogiques/des parcours de formation – puisqu'il s'agit ici d'analyser et réviser ces supports en étudiant leurs usages, *i.e.* les lectures qui en sont faites sur une période temporelle donnée. Plus précisément, les différents comportements de lecture que peuvent avoir des apprenants sur un ensemble donné de supports sont premièrement observés, caractérisés et analysés d'un point de vue statistique (« *reading analytics* »). Ensuite, un processus d'assistance est déclenché à la suite de ces analyses, détectant d'éventuels problèmes de lecture de ces supports pouvant conduire à 1) l'application automatique d'actions de révision (e.g. suppression d'un passage jamais lu) ou 2) la recommandation d'actions de révision (e.g. illustrer un propos à l'aide d'exemples, simplifier une partie, modifier un plan de cours, *etc.*). Ces travaux ont été menés dans le cadre de la thèse de Madjid SADALLAH intitulée «*Models and Tools for Usage-based e-Learning Documents Reengineering*», impliquant les universités de Nantes, Lyon 1 et le Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST, Algérie) et ont fait l'objet de plusieurs publications internationales [10, 11, 12]. Une étude portant sur la transposition des propositions effectuées dans le cadre de cette thèse à un autre domaine d'application (en muséologie, pour l'assistance à la re-conception de parcours de visites) est actuellement en cours.

Quelques pistes pour l'apprentissage collaboratif dans ce cadre

Certains nouveaux dispositifs interactifs, tels que des murs tactiles, permettent d'envisager de nouveaux usages pour un apprentissage collaboratif dans des environnements immersifs multi-dispositifs. ARK'ED est un nouveau projet financé par la région Rhône-Alpes qui se propose d'examiner des scénarios permettant à des groupes d'apprenants d'évoluer dans de tels environnements. L'adaptation aux actions d'un groupe d'apprenants se fera en fonction d'un modèle de groupe et de la nature des activités pédagogiques proposées (monitoring effectué par un enseignant piloté par des méthodes de « learning analytics » ou auto-régulation du groupe). Une attention particulière sera apportée à la prise en compte d'espaces personnels et d'espaces de groupes reconfigurables dynamiquement au cours des activités d'apprentissage collaboratif.

Références

[1] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean-Charles Marty, and Élise Lavoué. A Design Space For Meaningful Structural Gamifi-

cation. In *CHI '18 Extended Abstracts*, page LBW073. ACM, 2018.

[2] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean-Charles Marty, and Élise Lavoué. Adaptive gamification in education : A literature review of current trends and developments. In *European Conference on Technology Enhanced Learning*, pages 294–307. Springer, 2019.

[3] Stuart Hallifax, Audrey Serna, Jean-Charles Marty, Guillaume Lavoué, and Elise Lavoué. Factors to consider for tailored gamification. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pages 559–572, 2019.

[4] Abir-Beatrice Karami, Benoît Encelle, and Karim Sehaba. A pilot study on estimating players dispositional profiles from game traces analysis. In *Intelligent Systems and Applications - Proceedings of the 2019 Intelligent Systems Conference, IntelliSys 2019, London, UK, September 5-6, 2019, Volume 1*, pages 1101–1120, 2019.

[5] Abir-Beatrice Karami, Karim Sehaba, and Benoît Encelle. Learn to adapt based on users' feedback. In *The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, IEEE RO-MAN 2014, Edinburgh, UK, August 25-29, 2014*, pages 625–630, 2014.

[6] Abir-Beatrice Karami, Karim Sehaba, and Benoît Encelle. Adaptive artificial companions learning from users' feedback. *Adaptive Behaviour*, 24(2) :69–86, 2016.

[7] Elise Lavoué, Baptiste Monterrat, Michel Desmarais, and Sébastien George. Adaptive gamification for learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1) :16–28, 2018.

[8] Baptiste Monterrat, Michel Desmarais, Élise Lavoué, and Sébastien George. A player model for adaptive gamification in learning environments. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education*, pages 297–306. Springer, 2015.

[9] Baptiste Monterrat, Elise Lavoué, and Sébastien George. Adaptation of gaming features for motivating learners. *Simulation & Gaming*, 48(5) :625–656, 2017.

[10] Madjid Sadallah, Benoît Encelle, Azze-Eddine Maredj, and Yannick Prié. A framework for usage-based document reengineering. In *Proceedings of the 2013 ACM Symposium on Document Engineering*, DocEng '13, page 99–102, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.

[11] Madjid Sadallah, Benoît Encelle, Azze-Eddine Maredj, and Yannick Prié. Towards reading session-based indicators in educational reading analytics. In *Design for Teaching and Learning in a Networked World*, pages 297–310. Springer International Publishing, 2015.

[12] Madjid Sadallah, Benoît Encelle, Azze-Eddine Maredj, and Yannick Prié. Leveraging learners' activity logs for course reading analytics using session-based indicators. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 12 :53, 01 2020.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Équipe SIERA-education - IRIT : Les learning analytics au soutien de l'apprentissage humain dans les environnements numériques

IRIT / SIERA-education
https://www.irit.fr/domaine-education

Julien BROISIN
julien.broisin@irit.fr

Mar PÉREZ-SANAGUSTÍN
mar.perez-sanagustin@irit.fr

Franck SILVESTRE
franck.silvestre@irit.fr

Introduction

L'équipe SIERA-education est un groupe de recherche en informatique qui applique des méthodologies, techniques et théories issues des domaines de l'informatique, de la psychologie et des sciences de l'éducation afin de comprendre et soutenir l'apprentissage humain supporté par les environnements numériques. Ces recherches s'intègrent dans le domaine d'application stratégique e-Education de l'IRIT.

Au cours des dernières années, les recherches de l'équipe se sont focalisées sur le domaine de l'analyse des apprentissages (*learning analytics* – LA). Les LA sont définis comme la mesure, la collecte, l'analyse et la communication de données éducatives dans le but de comprendre et d'optimiser l'apprentissage et les environnements dans lesquels il se déroule [6]. Ce domaine utilise des techniques de fouille de données combinées à des statistiques et à des algorithmes d'intelligence artificielle pour soutenir les enseignants, les apprenants, le personnel administratif ou les chercheurs.

Dans ce domaine, l'équipe a organisé ses recherches selon trois axes principaux : (1) LA pour soutenir l'apprentissage actif ; (2) LA pour l'analyse du comportement ; et (3) LA pour la personnalisation de l'apprentissage.

Learning analytics pour soutenir l'apprentissage actif

Cet axe de recherche étudie les approches pédagogiques dites actives, c'est-à-dire maximisant l'engagement des apprenants dans des tâches d'apprentissage. L'équipe s'est particulièrement intéressée à l'ingénierie d'environnements numériques pour fournir des solutions dans un contexte d'apprentissage massif.

Le premier environnement propose un système d'évaluation d'audience pour promouvoir l'évaluation formative aussi bien pendant des cours se déroulant en face-à-face, que dans des contextes d'apprentissage en ligne ou mixtes. Tsaap-Notes [9] s'appuie sur l'apprentissage et l'évaluation par les pairs pour assurer en temps réel l'évaluation des contributions écrites des apprenants. L'autre originalité du système réside dans la restitution des activités à travers un *feedback* enrichi sous la forme d'indicateurs numériques et textuels.

Le deuxième système, Lab4CE [4], est un environnement web pour l'apprentissage de l'informatique qui fournit aux étudiants des ressources et des fonctionnalités virtuelles pour permettre la collaboration et la coopération en ligne. Ce système est également pourvu de tableaux de bord exposant différents indicateurs favorisant l'engagement des apprenants dans la

6. traduit de https ://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/

réflexion et l'apprentissage approfondi [3].

Ces deux environnements reposent sur la capture des interactions entre les utilisateurs et le système, et utilisent des techniques de fouille de données pour inférer de nouvelles connaissances et fournir des visualisations offrant un *feedback* approprié aux utilisateurs.

Learning analytics pour l'analyse du comportement d'apprentissage

L'objectif de cet axe de recherche est d'analyser le comportement des utilisateurs lorsqu'ils réalisent des tâches d'apprentissage, afin de leur apporter un *feedback* et des outils de soutien adaptés. Ces recherches sont principalement menées dans deux contextes distincts : l'apprentissage de l'informatique et les cours en ligne ouverts et massifs (*Massive Open Online Course* – MOOC).

L'apprentissage de l'informatique prend une place de plus en plus importante dans le système éducatif, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Dans ce contexte, nous avons l'objectif de fournir des outils et méthodes adaptées au soutien des différents acteurs. Nous avons étudié, dans le cadre des réseaux et systèmes, quelles sont les stratégies d'apprentissage mises en oeuvre par les apprenants [10]. Nous avons appliqué une analyse de fouille de motifs séquentiels et montré l'existence de corrélations entre certaines stratégies et la performance des apprenants à l'évaluation pratique finale : la construction progressive d'une action complexe, ou la réflexion avant l'exécution d'une action, sont deux stratégies appliquées plus fréquemment par les étudiants performants. Ces résultats nous ont permis d'implanter de nouveaux outils de guidage et de tutorat sous la forme de visualisations au sein de notre plateforme Lab4CE. En ce qui concerne l'apprentissage de la programmation, nous nous intéressons à la spécification de méthodes génériques pour la classification automatique d'apprenants novices. Nous avons défini un processus d'analyse dans lequel des techniques de classification non supervisées sont mises en oeuvre pour identifier le comportement des apprenants [1]. L'étude que nous avons menée nous a permis d'identifier (i) une liste d'indicateurs améliorant la qualité de la classification automatique des apprenants, et (ii) différentes trajectoires comportementales corrélées avec la performance des apprenants à l'évaluation terminale. Des travaux sont en cours pour concevoir un système intelligent capable d'inciter les apprenants engagés dans des trajectoires non appropriées à modifier leurs stratégies d'apprentissage. Enfin, des premières recherches nous ont permis de concevoir un indicateur reflétant la proximité sémantique de deux codes source distincts, dans l'objectif d'exprimer la capacité d'un apprenant à résoudre un problème donné [2]. Cet indicateur s'appuie sur la distance d'édition et applique une approche par apprentissage automatique pour déterminer certaines caractéristiques de cette distance. Les premiers résultats sont encourageants : l'indicateur permet de classer correctement un code source d'un point de vue sémantique dans 58% des cas, et il est corrélé avec les évaluations sommatives réalisées par les enseignants.

Le second domaine d'investigation concerne le soutien à l'apprentissage autorégulé dans les cours en ligne ouverts et massifs. Deux études ont été menées dans ce contexte. Dans la première, impliquant 4831 apprenants inscrits dans six MOOC différents, nous avons utilisé des techniques de fouille de données pour analyser les traces d'interaction et identifier les stratégies d'apprentissage auto-régulé qui permettent de prédire les performances des apprenants dans un MOOC [5, 6]. Les résultats indiquent que l'établissement d'objectifs et la planification représentent deux stratégies permettant de prédire l'atteinte

des objectifs personnels du cours, alors que la recherche d'aide semble contre-productive. Dans la deuxième étude, nous avons proposé une approche méthodologique fondée sur des techniques de *process mining* pour identifier et classer les patterns d'auto-régulation des apprenants. Nous avons extrait des modèles d'interaction à partir de données issues de 3458 apprenants inscrits dans trois MOOC distincts, et les avons utilisés pour classer les étudiants en trois groupes [7] : les apprenants « consciencieux » qui suivent la structure séquentielle des matériels du cours ; les apprenants « sélectifs » qui s'engagent de manière stratégique en se focalisant sur les contenus de cours spécifiques qui les aideront à passer avec succès les évaluations ; et les apprenants « désordonnés » qui présentent un comportement plus chaotique et moins orienté vers un objectif, et qui présentent des performances moindres comparées à celles des deux autres groupes. Les résultats de ces deux études ont servi de base à la conception de l'outil NoteMyProject (NMP) [8], soutenue par le projet européen Erasmus+ *Learning Analytics for Latin America* en cours. NMP est un outil en ligne conçu pour soutenir l'auto-régulation dans les MOOC et les pratiques d'apprentissage mixtes. Il offre aux apprenants des visualisations interactives et personnalisées pour les aider à développer des stratégies d'auto-régulation. Cet outil a été utilisé dans les MOOC déployés dans la plateforme Coursera, et adapté à la plateforme Moodle.

Learning analytics pour la personnalisation

L'objectif principal de cet axe de recherche est d'étudier comment les données reflétant les interactions des utilisateurs avec les systèmes éducatifs peuvent être exploitées pour soutenir la personnalisation et l'adaptation de l'apprentissage afin de développer les compétences professionnelles du XXIe siècle.

Les travaux de l'équipe dans ce domaine sont principalement liés au projet ANR COMPER (2018-2022) qui vise à concevoir et évaluer des modèles ouverts et des outils intelligents pour personnaliser les parcours d'apprentissage et aider les apprenants à auto-réguler leur propre processus d'apprentissage, c'est-à-dire leur capacité à activer les aspects cognitifs, méta-cognitifs, comportementaux et motivationels pour planifier, gérer et contrôler leur apprentissage. Nos contributions en cours dans ce projet sont doubles, et menées en collaboration avec l'équipe TWEAK du laboratoire LIRIS de Lyon. Nous nous attachons d'une part à définir un méta-modèle capable de modéliser des référentiels de compétences indépendants des disciplines et des niveaux scolaires dans lesquelles elles sont enseignées. Sur la base de ce méta-modèle et en considérant le contexte d'apprentissage des apprenants (*i.e.* leur équipement terminal, le temps disponible pour la session d'apprentissage, *etc.*), nous définissons d'autre part un processus semi-automatique de personnalisation des parcours d'apprentissage. Ce processus s'appuie sur un méta-modèle permettant aux équipes pédagogiques de concevoir des stratégies de personnalisation exprimées sous la forme de règles, et sur un algorithme capable d'exploiter ces stratégies pour proposer à chaque apprenant des activités adaptées à leur profil de compétences. L'objectif final des travaux est de concevoir un système auto-adaptatif, c'est-à-dire capable d'analyser son propre fonctionnement pour optimiser son efficacité. Pour cela, le système devra analyser les décisions qu'il a prises afin d'identifier quelles stratégies de personnalisation favorisent effectivement l'acquisition de compétences, puis suggérer aux équipes pédagogiques des améliorations concernant les stratégies de personnalisation mises en oeuvre.

Références

[1] Anis Bey, Mar Pérez-Sanagustín, and Julien Broisin. Unsupervised automatic detection of learners' programming behavior. In *EC-TEL 2019*, pages 69–82. Springer, 2019.

[2] Julien Broisin and Clément Hérouard. Design and evaluation of a semantic indicator for automatically supporting programming learning. In *EDM 2019*, 2019.

[3] Julien Broisin, Rémi Venant, and Philippe Vidal. Awareness and Reflection in Virtual and Remote Laboratories : the case of Computer Education. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 9(2/3) :254–276, 2017.

[4] Julien Broisin, Rémi Venant, and Philippe Vidal. Lab4CE : a Remote Laboratory for Computer Education. *IJAIED*, 27(1) :154–180, 2017.

[5] René F. Kizilcec, Mar Pérez-Sanagustín, and Jorge J. Maldonado. Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in massive open online courses. *Computers & Education*, 104 :18 – 33, 2017.

[6] Jorge Maldonado-Mahauad, Mar Pérez-Sanagustín, Pedro Manuel Moreno-Marcos, Carlos Alario-Hoyos, Pedro J. Muñoz Merino, and Carlos Delgado Kloos. Predicting learners' success in a self-paced MOOC through sequence patterns of self-regulated learning. In *EC-TEL 2018*, pages 355–369. Springer, 2018.

[7] Jorge Maldonado-Mahauad, Mar Pérez-Sanagustin, René Kizilcec, Nicolás Morales, and Jorge MUÑOZ-GAMA. Mining theory-based patterns from Big data : Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses. *Computers in Human Behaviour*, 80 :179–196, 2018.

[8] Ronald Pérez-Álvarez, Mar Pérez-Sanagustín, and Jorge Javier Maldonado Mahauad. Notemyprogress : Supporting learners' self-regulated strategies in moocs. In *EC-TEL 2017*, pages 517–520. Springer, 2017.

[9] Franck Silvestre, Philippe Vidal, and Julien Broisin. Un nouveau processus d'évaluation pour améliorer la qualité des feedbacks dans les tests en ligne. *STICEF*, vol. 24 :pp. 181–203, 2017.

[10] Rémi Venant, Kshitij Sharma, Philippe Vidal, Pierre Dillenbourg, and Julien Broisin. Using sequential pattern mining to explore learners' behaviors and evaluate their correlation with performance in inquiry-based learning. In *EC-TEL 2017*, pages pp. 286–299. Springer, 2017.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Équipe TWEAK - LIRIS : Co-construction de systèmes pour soutenir les différents acteurs des situations d'apprentissage/enseignement

LIRIS / TWEAK
https://liris.cnrs.fr/equipe/tweak

Pierre-Antoine CHAMPIN
Béatrice FUCHS
Nathalie GUIN
Stéphanie JEAN-DAUBIAS
Marie LEFEVRE
Alain MILLE
prenom.nom@liris.cnrs.fr

Thématique générale de l'équipe

Les travaux de l'équipe TWEAK s'inscrivent dans les disciplines de l'intelligence artificielle et de l'ingénierie des connaissances (IC) et explorent plus spécifiquement deux dimensions : les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) et le Web. L'équipe TWEAK s'intéresse en particulier à la co-évolution des systèmes utilisateurs-machines au sein des environnements informatisés, en adoptant un point de vue orienté connaissances.

Les travaux de l'équipe dans le domaine des EIAH visent à proposer des modèles permettant de fournir aux différents acteurs d'une situation d'apprentissage (auteurs de contenus pédagogiques, enseignants, apprenants) des outils destinés à soutenir l'apprentissage. Nous défendons que c'est l'acquisition de connaissances auprès de ces différents acteurs qui leur permet de contribuer à la mise en œuvre d'un environnement d'apprentissage adapté aux besoins de chacun.

Dans un contexte où l'apprentissage tout au long de la vie est devenu un enjeu clé pour l'évolution de notre société, et donne à chacun la chance d'acquérir de nouvelles compétences, nous souhaitons par nos travaux contribuer à y préparer nos étudiants en leur apprenant à être acteurs de leurs apprentissages, en proposant des outils favorisant l'auto-régulation des apprenants ou le développement de leurs capacités métacognitives. Ainsi, l'exploitation des traces d'interaction entre un apprenant et un EIAH permet de soutenir l'auto-régulation de l'apprentissage, à travers la constitution de profils ouverts de compétences [8], permettant à la fois à l'apprenant de se fixer des objectifs et au système de lui recommander des activités personnalisées. Toujours dans ce contexte, nous souhaitons également assister l'enseignant dans la création d'activités pédagogiques [6], le suivi de ses élèves, et la mise en œuvre d'un enseignement adaptatif [7].

L'analyse de traces pour les différents acteurs des EIAH

Afin de découvrir et comprendre les phénomènes d'apprentissage et d'enseignement qui surviennent au sein des EIAH, nous travaillons sur l'analyse des traces d'interaction des différents acteurs (chercheurs, enseignants, apprenants, *etc.*) des environnements de e-learning.

Notre équipe travaille depuis de nombreuses années sur la notion de **traces modélisées** et des **systèmes à base de traces** qui offrent plu-

sieurs outils et méthodes pour transformer et analyser les traces d'interaction [2]. Ces outils, fondés sur les standards du web sémantique, permettent aux informaticiens de manipuler et d'analyser des traces. Pour pouvoir exploiter, dans le cadre des EIAH, la richesse apportée par la modélisation des traces tout en offrant l'opportunité à des analystes « non-développeurs » de travailler avec une implémentation de système à base de traces, nous avons proposé la plateforme d'analyse de traces kTBS4LA (kernel for Trace-Based Systems for Learning Analytics) [1]. Cette plateforme logicielle permet à un utilisateur de définir un modèle des traces qu'il souhaite analyser, de visualiser ses traces pour les explorer, d'effectuer des transformations de traces et de calculer des indicateurs sur l'activité des apprenants. kTBS4LA permet une **manipulation graphique** des données collectées et propose plusieurs outils de visualisation des traces et des indicateurs définis. Pour une recherche plus fine d'indicateurs, kTBS4LA propose également l'outil SPARE [4], qui permet de générer des requêtes SPARQL à partir d'un **langage naturel contrôlé**. Dans le même esprit, *Transmute* propose une approche visuelle et interactive de découverte de connaissances à partir de traces qui donne à l'utilisateur une place centrale et lui propose une assistance à l'interprétation des résultats issus de la fouille de données [3]. Transmute comporte notamment un mécanisme de filtrage sophistiqué pour aider à maîtriser l'abondance des résultats de fouille et assister la construction d'un modèle à partir de motifs séquentiels choisis par l'utilisateur. Le modèle ainsi construit est ensuite mémorisé dans une base de traces, en lien avec la trace dont il est issu.

Dans le cadre du projet ANR HUBBLE, nous avons pu observer que la définition et la mise en œuvre des processus d'analyse de traces confronte les analystes à divers problèmes. Parmi ces problèmes l'on peut citer : exprimer formellement son besoin, choisir une plateforme d'analyse, choisir comment représenter les traces à utiliser, ou encore représenter le processus d'analyse lui-même. Pour assister les différents acteurs, nous avons proposé des modèles et méthodes, réifiés au sein d'outils, pour capitaliser les processus d'analyse de ces traces d'interaction. Notre approche repose sur une **représentation narrative**, plutôt que technique, des processus d'analyse [5]. Pour cela, elle s'appuie sur un cadre ontologique permettant une représentation formelle des concepts de haut niveau mis en œuvre dans l'analyse. L'objectif est de permettre à tous les acteurs impliqués, experts ou non-experts, de décrire et partager des processus d'analyse, en s'abstrayant des spécificités techniques de la plateforme utilisée. Les processus ainsi décrits peuvent alors être réutilisés dans d'autres contextes, et modifiés ou enrichis par la communauté.

Les profils d'apprenant pour personnaliser l'apprentissage

Pour élaborer un profil des connaissances et savoir-faire de l'apprenant, nous travaillons à mettre en œuvre des techniques de diagnostic permettant d'estimer la maîtrise de l'apprenant sur un élément de connaissance ou de savoir-faire, à partir de l'analyse de ses productions.

Dans le cadre du projet *Cartographie des Savoirs*, nous avons proposé une technique de diagnostic des compétences de l'apprenant fondée sur une représentation ontologique des savoirs et savoir-faire du domaine. Ce référentiel, modélisé par le LIG, s'appuie sur le modèle praxéologique. Pour chaque élément de ce référentiel, notre **technique de diagnostic**, qui est indépendante du domaine, calcule plusieurs valeurs estimant le taux de maîtrise de l'apprenant, en fonction de ses réponses à des activités mettant en œuvre les savoir-faire recensés

au sein du référentiel [8].

Ces travaux se poursuivent au sein du projet ANR COMPER qui vise à concevoir des modèles et des outils permettant de mettre en œuvre une approche par compétences pour accompagner l'apprentissage de manière personnalisée. Nous proposons pour cela une représentation de référentiels de compétences qui permettra de lier aux compétences les activités pédagogiques proposées aux apprenants, afin d'élaborer pour chacun d'eux un profil de compétences. Ces profils seront exploités pour personnaliser les activités et les parcours d'apprentissage, ainsi que pour aider l'apprenant à réguler son apprentissage, en incluant des leviers motivationnels. Cette personnalisation de l'apprentissage s'appuie sur le modèle PERSUA2 [7], qui permet à une équipe pédagogique d'exprimer une **stratégie de personnalisation** décrivant quelle activité proposer à l'apprenant en fonction du contenu de son profil. Une stratégie pédagogique de personnalisation est un ensemble de règles qui définissent des contraintes sur les activités à proposer à l'apprenant en fonction de sa progression dans l'acquisition de compétences, exprimées par des contraintes sur le profil.

Pour poursuivre nos travaux sur la personnalisation de l'apprentissage, nous souhaitons concevoir des méthodes permettant à nos outils de suggérer à l'équipe pédagogique des modèles de personnalisation des activités proposées aux étudiants, ou des améliorations de stratégies de personnalisation définies par l'équipe pédagogique. Une piste pour cette identification est d'analyser les traces des apprenants lors de leurs activités au sein des différents environnements intervenant dans leur apprentissage, ou les traces d'exécution du système de personnalisation. Cette analyse de traces se fera en exploitant nos savoir-faire en IA symbolique, mais également en exploitant les travaux récents en IA numérique. Notre objectif en combinant ces deux approches est d'alléger la tâche des équipes pédagogiques tout en permettant l'explicabilité de nos modèles, afin de favoriser l'acceptation des recommandations faites aux apprenants lors de leur apprentissage, que ce soit par les enseignants ou les apprenants.

La génération d'exercices

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

Nos travaux sur la génération d'exercices sont génériques et peuvent s'appliquer à de multiples domaines d'apprentissage et à différents niveaux scolaires. La contrepartie est que nos générateurs d'exercices sont dépourvus de connaissances du domaine. Ces générateurs étant utilisés par des équipes pédagogiques au lycée et à l'université, *via* le déploiement de la plateforme ASKER, nous souhaitons à présent mettre en place des mécanismes d'acquisition et de découverte des connaissances du domaine pour assister les équipes pédagogiques lors de la création des modèles permettant de générer des exercices. Cette acquisition pourra se faire *via* des outils auteurs dédiés aux enseignants, non experts en informatique, mais également *via* des **mécanismes de raisonnement à partir de l'expérience tracée** s'appliquant aux traces

d'interaction des enseignants lors de la création des exercices, combinées aux traces des apprenants lors de la résolution de ces exercices.

Références

[1] Rémi Casado, Nathalie Guin, Pierre-Antoine Champin, and Marie Lefevre. kTBS4LA : une plateforme d'analyse de traces fondée sur une modélisation sémantique des traces. In *ORPHEE-RDV*, Font-Romeu, France, January 2017.

[2] Pierre-Antoine Champin, Alain Mille, and Yannick Prié. Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau. *Intellectica (ARCo)*, (59) :171–204, June 2013.

[3] Béatrice Fuchs and Amélie Cordier. Interactive interpretation of serial episodes : experiments in musical analysis. In *EKAW-2018*, pages 131–146, 2018.

[4] Bryan Kong Win Chang, Marie Lefevre, Nathalie Guin, and Pierre-Antoine Champin. SPARE-LNC : un langage naturel contrôlé pour l'interrogation de traces d'interactions stockées dans une base RDF. In *IC2015*, Rennes, France, June 2015.

[5] Alexis Lebis, Marie Lefevre, Vanda Luengo, and Nathalie Guin. Capitalisation of Analysis Processes : Enabling Reproducibility, Openess and Adaptability thanks to Narration. In *LAK '18*, pages 245–254, Sydney, Australia, March 2018. ACM.

[6] Marie Lefevre, Nathalie Guin, Baptiste Cablé, and Brice Buffa. ASKER : un outil auteur pour la création d'exercices d'auto-évaluation. In *Atelier EAEI - Conférence EIAH 2015*, Agadir, Morocco, June 2015.

[7] Marie Lefevre, Nathalie Guin, and Stéphanie Jean-Daubias. Personnaliser des activités pédagogiques de manière unifiée : une solution à la diversité des dispositifs. *STICEF*, 19 :309–351, November 2012.

[8] Sonia Mandin and Nathalie Guin. Basing learner modelling on an ontology of knowledge and skills. In *ICALT'14*, pages 321–323. IEEE Computer Society, July 2014.

Laboratoire TECFA : Des tuteurs intelligents à l'intelligence narrative

TECFA/FPSE
Université de Genève
http://tecfa.unige.ch

Nicolas SZILAS
nicolas.szilas@unige.ch

Daniel SCHNEIDER
daniel.schneider@unige.ch

Plus de 30 ans au service des technologies éducatives

Le TECFA — Technologies pour la Formation et l'Apprentissage — est une unité d'enseignement et de recherche de l'université de Genève, spécialisée dans le domaine de technologies éducatives. Elle fait partie de la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation. Fondé en 1989, à une époque où le Web n'avait pas encore été inventé, mais où l'intelligence artificielle (IA) nourrissait beaucoup d'espoirs pour l'éducation, le TECFA a vu se succéder les grands mouvements du domaine des technologies éducatives et les accompagner : enseignement (intelligent) assisté par ordinateur, tuteurs et environnements in-

telligents, hypertexte, multimédia, e-learning, communautés de pratiques, apprentissage à distance et hybride, apprentissage collaboratif, espaces d'écriture partagée, jeux éducatifs/sérieux, environnements virtuels d'apprentissage, réalité augmentée, fabrication digitale.

Quelle que soit la technologie considérée, la position du TECFA reste la même : la technologie n'est jamais à elle seule un élément discriminant dans l'efficacité pédagogique : c'est la manière dont elle sera scénarisée qui fera toute la différence. Cette vision est à réaffirmer dans une époque où les fantômes d'une IA omnipotente remplaçant l'humain n'ont jamais été aussi présents. Les recherches du TECFA en matière d'IA sont donc placées sous le signe de la collaboration entre les acteurs humains et la machine intelligente, dans l'optique de fournir des services innovants et potentiellement efficace pour l'apprentissage.

Environnements d'apprentissage intelligents

Le système *MEMOLAB* (initié en 1990) avait pour objectif l'acquisition de compétences en psychologie expérimentale à travers la création et la simulation d'expériences sur la mémoire. Le système intégrait les approches tutorielles et les micro-mondes. Des agents (tuteurs intelligents) étaient susceptibles de fournir une aide à l'élève (explications, guidage, feedback, *etc.*). Un deuxième apport était de structurer l'environnement d'apprentissage qui permettait de concevoir et de simuler des expériences en difficulté croissante tout en permettant la consultation d'un hypertexte résumant la littérature du domaine. Un curriculum était défini comme un ensemble d'objectifs à atteindre connectés par des relations de prérequis. Chaque but est défini par quatre composantes : les problèmes, le contexte, l'expertise et la théorie.

La première version du système implémentait le tutorat avec une seule base de connaissance qui encodait des savoirs sur le domaine, les interactions d'apprentissage et des styles d'enseignement avec des règles exécutées par un moteur « système expert ». La version finale, développée en 1993, était conçue comme système généralisable. Le système *ETOILE* (Experimental Toolbox for Intelligent Learning Environments) [2] distinguait expert du domaine (capable de résoudre un problème), tuteurs (capables de fournir une aide à l'apprenant en exploitant l'interaction élève-expert) et coach (capable d'ajuster la démarche pédagogique). Le coach est hiérarchiquement supérieur aux tuteurs et experts et gère le curriculum : il sélectionne les buts, décide des changements d'interface, sélectionne l'expert si plusieurs experts sont disponibles pour l'objectif courant et enfin sélectionne le tuteur. Le tuteur gère l'interaction locale avec l'apprenant, détermine les activités d'apprentissage, sélectionne le problème à résoudre et le mode de collaboration entre l'expert et l'apprenant. L'expert informatisé a pour but de résoudre des problèmes conjointement avec son partenaire humain, il cherche à réaliser la tâche qui lui est proposée. Les interactions « adidactiques » entre l'expert et l'apprenant sont interceptées par le tuteur qui leur attribue un sens en fonction de ses intentions didactiques. Cette architecture souple permettait à l'apprenant de mener à bien des expériences virtuelles dans esprit relativement ouvert et authentique. L'IA était au service de ce processus.

L'intelligence narrative

Aujourd'hui, les recherches du TECFA en matière d'intelligence artificielle se concentrent sur le thème de l'intelligence narrative. Le terme de « *narrative intelligence* » a vu le jour à la fin des années quatre-vingt-dix aux États-Unis et a donné lieu au colloque éponyme en 1999, qui a marqué un démarrage de ce thème

de recherche à travers le monde. Né de la rencontre entre littéraires et chercheurs en IA, la « *narrative intelligence* », qui bien-sûr rime avec « *artificial intelligence* », vise à prendre la mesure d'une dimension importante de la cognition humaine, le récit, dans la conception d'algorithmes dits intelligents. Nourrie de travaux en psychologie tels que ceux de J. BRUNER [1], l'intelligence narrative considère que l'humain perçoit, interagit avec et donne sens à son environnement de manière fondamentalement narrative. Si cette vision est loin encore d'avoir porté ses fruits en matière de conception d'algorithmes généraux en IA [5], elle a surtout motivé un certain nombre de recherches liées au récit interactif [3], dont celles effectuées dans notre laboratoire [4, 7, 6].

Le récit interactif

La question du récit interactif est issue des différentes formes de récits nées à la fin du XX^{e} siècle : hypertexte narratif, jeu vidéo, fiction interactive. Ces formes ont vu dans le média informatique une opportunité de permettre au lecteur d'influencer l'histoire traditionnellement imposée par l'auteur. Or cette influence s'est avérée très limitée, car l'écriture par bifurcation, représentant une histoire sous forme de graphe, n'apporte qu'un faible degré d'interactivité. Il fallait trouver un autre moyen de gérer l'histoire dynamique, ce que seuls des algorithmes plus complexes issus de l'IA pouvaient assumer. La problématique du récit interactif rejoint ainsi celle, plus ancienne, de la génération d'histoires, tout en incorporant des contraintes d'interface personne-machine et de temps-réel. L'approche choisie par le TECFA est de s'appuyer sur des théories issues de la narratologie, et d'opérer ainsi une véritable simulation narrative. *IDtension* est ainsi un moteur narratif qui s'inspire de différentes théories du récit, et incorpore un modèle de tâches (avec objectifs et obstacles), un modèle d'actions narratives (s'apparentant aux implémentations de la théorie des actes de langage dans les modèles d'agents) et un modèle utilisateur (collectant des informations lors de l'interaction pour estimer l'impact des actions sur différentes dimensions, comme la pertinence ou le conflit dramatique) [4]. Ainsi, IDtension reprend un certain nombre de caractéristiques de différents systèmes de raisonnement symbolique, mais notre approche est de ne pas réduire le récit interactif à une problématique établie de l'IA (planification, agents autonomes, etc.) mais de rechercher une véritable intelligence narrative derrière les algorithmes.

Nous sommes actuellement en cours de développement de deux nouveaux moteurs narratifs. Le premier s'appuie notamment sur un modèle de représentation du récit sous forme de conflit, qui devient le critère principal de génération de l'histoire. Le second moteur au contraire suit une approche plus linéaire dans le modèle de tâche, tout en insistant sur les possibilités de personnalisation du moteur, selon les caractéristiques de l'utilisateur et de son environnement social.

Applications pédagogiques

Nos moteurs narratifs sont appliqués à l'apprentissage de compétences sociales. L'approche narrative permet d'augmenter l'impact des situations vécues par l'apprenant dans la simulation, tandis que la forte interactivité participe d'un apprentissage expérientiel.

Dans *Nothing For Dinner*, un jeu destiné à des adolescents dont l'un des parents est atteint d'un traumatisme crânien, il s'agit de s'entraîner à gérer un père « difficile », dans des situations dynamiques et interactives (une vingtaine d'options possibles en moyenne tout au long du jeu) [7]. Si une évaluation qualitative a montré que les jeunes appréciaient la simulation narrative, nous essayons maintenant d'identifier le rôle précis que joue le fort de-

gré d'interactivité rendu possible par les algorithmes génératifs.

Dans l'*Alzheimer Care Trainer*, un autre récit interactif sur lequel nous travaillons, il s'agit de construire un récit interactif destiné aux proche aidants de patients atteints de la maladie d'Alzheimer, qu'il s'agisse d'aidants familiaux (conjoint, enfant, *etc.*) ou de professionnels (aide-soignant, auxiliaire de santé, *etc.*). Ici, la générativité du moteur narratif est exploitée pour personnaliser la simulation en fonction des symptômes du patient (qui vont de l'apathie à l'agitation, en passant par l'agressivité) et de l'attitude typiquement adoptée par l'aidant (par exemple facilitatrice, défensive, *etc.*), selon un modèle psychologique de soin [6]. Le moteur narratif génère l'histoire à partir d'actes de dialogues adaptés au type d'apprenant et qui, explicités dans l'interface, permettent à l'apprenant d'adopter une posture réflexive sur la manière dont il interagit avec le patient.

Le récit au service de l'IA ?

Si les recherches menées aujourd'hui autour du récit interactif sont de l'ordre de l'applicatif — il s'agit d'appliquer certaines approches d'IA aux simulations narratives pédagogiques —, qu'en est-il de l'intelligence narrative, en tant qu'approche fondamentale de l'IA ? En ce sens, notre laboratoire conçoit des modèles computationnels de récit qu'il confronte à des modèles cognitifs d'apprentissage pour ouvrir la voie à des modèles plus généraux de représentation des connaissances fondés sur le récit.

Références

[1] Jerome Bruner. The narrative construction of reality. *Critical Inquiry*, 18 :1–21, 1991.

[2] Pierre Dillenbourg, Patrick Mendelsohn, and Daniel Schneider. The distribution of pedagogical roles in a multi-agent learning environment. In *Lessons from learning*, pages 199–216. North-Holland, Amsterdam, 1993.

[3] Michael Mateas and Phoebe Sengers. Narrative Intelligence . In Michael Mateas and Phoebe Sengers, editors, *Narrative Intelligence - Papers from the 1999 AAAI Fall Symposium - TR FS-99-01*, pages 1–10, Menlo Park, CA, 1999. AAAI Press.

[4] Nicolas Szilas. A Computational Model of an Intelligent Narrator for Interactive Narratives. *Applied Artificial Intelligence*, 21(8) :753–801, 2007.

[5] Nicolas Szilas. Towards Narrative-Based Knowledge Representation in Cognitive Systems. In Mark A. Finlayson, Ben Miller, Antonio Lieto, and Remi Ronfard, editors, *6th Workshop on Computational Models of Narrative (CMN 2015)*, volume 45 of *OpenAccess Series in Informatics (OASIcs)*, pages 133–141, Dagstuhl, Germany, 2015. Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik.

[6] Nicolas Szilas, Lucie Chauveau, Kasper Andkjaer, Anna Laura Luiu, Mireille Bétrancourt, and Frédéric Ehrler. In *19th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*, pages 91–93, New York, 2019. ACM Press.

[7] Nicolas Szilas, Jean Dumas, Urs Richle, and Nicolas Habonneau. Apports d'une simulation narrative pour l'acquisition de compétences sociales. *Sticef*, 24(1) :123–151, 2017.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Chaire de recherche Educ0Num : Approche interdisciplinaire de l'éducation à l'intelligence artificielle

Chaire de recherche en éducation au numérique
NAmur Digital Institute (NADI) - Université de Namur Belgique

Anne-Sophie COLLARD
anne-sophie.collard@unamur.be

Julie HENRY
julie.henry@unamur.be

Alyson HERNALESTEEN
alyson.hernalesteen@unamur.be

Benoit FRÉNAY
benoit.frenay@unamur.be

Introduction

L'éducation à l'intelligence artificielle (IA) est une thématique de recherche abordée à l'université de Namur (Belgique) au sein d'une équipe interdisciplinaire, la chaire de recherche en éducation au numérique.

Qu'est-ce que l'éducation à l'IA ? Quelles en sont les finalités ? Quelles sont les problématiques liées à l'IA auxquelles il est important d'éduquer ? Quel contenu relatif à l'IA enseigner à l'école et comment l'aborder ? La chaire de recherche en éducation au numérique aborde ces questions en décloisonnant les disciplines qui sont traditionnellement dédiées à l'éducation et au numérique, ce qui en constitue son originalité. Elle cherche en particulier à croiser les concepts, les cadres de compétences et les approches de l'éducation à l'informatique, de l'éducation aux médias numériques et de l'éducation soutenue par le numérique. À travers différentes initiatives, son objectif est de développer des cadres conceptuels et des méthodologies permettant d'appuyer la conception d'activités éducatives dont l'IA est l'objet.

L'équipe

Les membres de la chaire proviennent principalement de deux instituts de recherche au sein de l'université de Namur :

- le *Namur Digital Institute* (NaDI) dont les recherches se consacrent aux différentes problématiques des technologies numériques, dans leurs aspects tant techniques, que sociétaux, éducatifs, éthiques, médiatiques, réglementaires et de management ;
- l'Institut de Recherche en Didactiques et Éducation (IRDENA) qui a pour mission de favoriser l'émergence de nouveaux objets et de nouvelles méthodologies de recherche dans le domaine de l'éducation, issus d'ancrages disciplinaires variés.

La vingtaine de membres, académiques et chercheurs, actifs au sein de la chaire s'inscrivent dans sept champs disciplinaires : les sciences informatiques, la didactique de l'informatique, la littératie médiatique et numérique, la littératie informationnelle, les sciences de l'éducation, les *science and technology studies* et les *gender studies*.

Les axes de recherche

Les recherches de la chaire se développent autour de trois finalités de l'éducation au numérique, en s'appuyant sur les axes stratégiques présents dans les politiques et les dis-

cours actuels [4] : un enseignement fondamental, un développement des filières TIC/STEM et une éducation citoyenne.

La première finalité concerne l'introduction dans les cursus scolaires d'une formation à l'informatique comme discipline fondamentale. Comme le dit De la Higuera [5], « le numérique s'accompagne d'un changement de paradigme, de façon de penser ; l'éducation à l'informatique permet d'accompagner ce changement ». Il s'agit notamment de former aux concepts de la pensée informatique (algorithmes, patterns, abstraction, *etc.*), à la résolution de problèmes et à la démarche procédurale. Aborder des notions telles que la reproduction de biais ou la valeur des données permet également de comprendre en profondeur notre environnement numérique contemporain, dont l'intelligence artificielle fait désormais partie.

La deuxième finalité recouvre les initiatives d'éducation aux technologies numériques à l'école en vue du développement des filières dans les domaines TIC/STEM. Selon le rapport sur l'attractivité des études et des métiers scientifiques et techniques publié par le Conseil wallon de la Politique Scientifique [2], le nombre de jeunes s'orientant vers les études scientifiques et techniques, et particulièrement vers l'informatique, en Fédération Wallonie-Bruxelles est insuffisant pour couvrir les besoins des entreprises. Les initiatives d'éducation au numérique, et en particulier à l'intelligence artificielle, qui s'inscrivent dans cette perspective visent dès lors à donner le goût aux études en informatique et à en construire une représentation qui correspond à leur but, à leurs exigences et à leur contenu. La problématique du genre est ici un enjeu important. Modifier les représentations de ces filières, c'est aussi déconstruire les stéréotypes genrés liés au numérique, faire prendre conscience aux filles que ces formations leur sont également destinées et soutenir *in fine* la conception de technologies qui seraient elles-mêmes plus diversifiées au niveau du genre.

La troisième finalité vise à éduquer des citoyens autonomes et réflexifs en se centrant notamment sur la compréhension et l'analyse du fonctionnement et des enjeux des médias et des technologies numériques dans notre société. Le cadre de départ est celui de l'éducation à la littératie médiatique telle qu'elle a été modélisée par Fastrez et De Smedt [3] et reprise par le Conseil Supérieur de l'Education aux Médias (CSEM) en Fédération Wallonie-Bruxelles. Ce modèle identifie notamment trois dimensions de tout objet médiatique sur lesquelles portent les compétences médiatiques : technique, informationnelle et sociale. En partant de ces dimensions, la chaire a développé un modèle élargi qui vise une éducation critique, non seulement aux médias numériques, mais aussi plus largement aux technologies, celles-ci étant définies comme des « systèmes sémiotiques qui soutiennent les interactions » [1]. Ce modèle s'empare de problématiques liées aux médias numériques, envisagés au sens large, et au développement d'une éducation centrée sur ces objets. Il vise par ailleurs à considérer les technologies sous-jacentes telles que l'intelligence artificielle, les algorithmes, les robots, *etc.* Il s'agit dès lors d'initier une éducation citoyenne critique [6] qui cherche à développer la compréhension et l'analyse des médias et technologies numériques (1) en tant que dispositifs techniques, faisant appel à l'informatique et constituant l'infrastructure technologique sous-tendant les pratiques et les interactions médiatiques ; (2) en tant que systèmes de représentation socialement construits (sémiotiques), véhiculant des normes et des valeurs ; (3) en tant que constructions humaines et subjectives, produites par des acteurs porteurs d'intentions et situés au sein d'un système social.

Les projets

Les projets de recherche portés par la chaire abordent différentes thématiques : la cybersécurité, les algorithmes de recommandation, l'identité numérique, la question du genre, *etc.* En particulier, plusieurs projets se centrent sur l'éducation à l'IA.

Le projet **Quel animal est-ce ?** vise à améliorer la compréhension qu'ont les enfants de 10-14 ans de l'IA et à provoquer chez eux un questionnement critique sur leurs représentations.

Il s'agit d'un jeu de rôle en débranché, basé sur le jeu « Qui est-ce ? », et durant lequel les enfants vont prendre successivement le rôle d'un développeur et le rôle d'un testeur ou d'une IA. Leur mission est de créer et tester une IA capable d'identifier un animal sur base de questions. Outre le développement et l'optimisation de l'IA, cette activité comporte des phases de mise en contexte et de débriefing cruciales pour atteindre les niveaux d'apprentissage complémentaires ciblés : technique et critique.

Au niveau technique, les enfants vont découvrir la notion de *machine learning* et se rendre compte de la manière dont l'IA fonctionne. Au niveau critique, ils sont amenés à se questionner sur les représentations qu'ils ont d'une IA, nourries en grande partie par les médias et les productions culturelles, et la place de celle-ci dans leur quotidien. Ils prennent aussi conscience de la subjectivité et « non-neutralité » de chaque IA construite par un (groupe de) développeur(s), aspect souvent rendu invisible.

À côté de l'objectif éducatif, le projet de recherche vise également à évaluer le sentiment de compétence des enseignants amenés à conduire cette activité dans leur classe et à leur proposer des ressources adaptées.

Le projet **School-IT** vise à sensibiliser les enfants aux sciences informatiques, pour que chacun devienne acteur de la transformation numérique. Les activités développées dans ce cadre ciblent un niveau d'apprentissage technique, en privilégiant la variété dans les domaines abordés (sécurité, communication, réseau, interaction homme-machine, *etc.*), dans les processus mis en évidence (analyse, codage, test, *etc.*) et dans le matériel utilisé (activités débranchées, micro:bit, Makeblock, Thymio, *etc.*). En particulier, certaines sont consacrées à l'IA et en impliquent différents aspects tels que la synthèse des émotions, l'apprentissage machine, la robotique ou encore la détection d'images. Toutes s'appuient sur une compréhension technique de ce qu'est l'IA, avec des exemples qui font sens pour les enfants, puisés dans leur quotidien : jeux vidéo, reconnaissance vocale, reconnaissance faciale ou robots, entre autres.

La médiation scientifique

Les membres de la chaire interviennent régulièrement pour des actions de médiations à destination du grand public, à destination d'enseignants ou de futurs enseignants, à destination de professionnels, dans des contextes divers (salons, formations, journée de réflexion, *etc.*). En outre, elle organise chaque année une université d'été pour former les enseignants aux problématiques et activités qu'elle développe.

Références

[1] Anne-Sophie Collard and Jerry Jacques. Enseigner la robotique pour développer les compétences critiques des apprenants. Communication au 4ème Colloque international en éducation : enjeux actuels et futurs de la formation et de la profession enseignante, 2017.

[2] CPWS. Attractivité des études et métiers scientifiques et techniques. http://www.

cesw.be/uploads/publications/CPS, 2014. Accessed : 2020-02-15.

[3] Pierre Fastrez and Thierry De Smedt. Une description matricielle des compétences en littératie médiatique. In *Colloque ACFAS# 536 : la littératie médiatique multimodale à l'école et hors de l'école*, 2011.

[4] Julie Henry, Alyson Hernalesteen, Bruno Dumas, and Anne-Sophie Collard. Que signifie éduquer au numérique ? Pour une approche interdisciplinaire. In *Didapro 7 – DidaSTIC. De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école*, Lausanne, Switzerland, February 2018.

[5] Colin De la Higuera. À l'école, doit-on enseigner l'informatique ou le coding ? http://www.slate.fr/story/110897/ecole-enseigner-informatique-coding. Accessed : 2020-02-15.

[6] Minna Saariketo. Imagining alternative agency in techno-society : outlining the basis of critical technology education (en). *Media practice and everyday agency in Europe*, pages 129–138, 2014.

Projet KidLearn : Vers une personnalisation motivante des parcours d'apprentissage

Pierre-Yves OUDEYER
pierre-yves.oudeyer@inria.fr

Benjamin CLÉMENT
benjamin.clement@iria.fr

Didier ROY

Hélène SAUZÉON

Cécile CÉCILE

Équipe projet Inria Flowers
INRIA Bordeaux Sud-Ouest, ENSTA, Paris-Tech et Université de Bordeaux 1
https://flowers.inria.fr/

Introduction

Le projet Inria FLOWERS vise à développer les fondations d'une nouvelle approche scientifique de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage autonome basée sur la modélisation de l'apprentissage et du développement cognitif chez l'enfant, en particulier les mécanismes de curiosité. En parallèle, FLOWERS développe des recherches appliquées pour sonder la validité terrain de son approche *via* des collaborations avec les milieux éducatifs.

Avec la croissance soutenue des applications pédagogiques sur supports mobiles et des formations en ligne, la recherche d'efficacité des STI (systèmes tutoriels intelligents) représente un enjeu majeur. Elle passe par une bonne calibration des contenus, une personnalisation des parcours d'apprentissage au plus près de l'apprenant et une optimisation de la motivation de celui-ci. De là, les objectifs visés par le projet sont :

- optimiser et personnaliser automatiquement les parcours d'apprentissage dans les STI, en minimisant les présupposés sur les apprenants et le domaine de connaissance ;
- proposer une nouvelle approche avec des algorithmes de type bandit multi-bras ;
- optimiser l'engagement des apprenants avec la théorie des motivations intrinsèques.

Description du projet KidLearn

Dans un premier temps l'approche STI adoptée et les algorithmes développés sont présentés, suivis de leur validation à travers une étude à grande échelle réalisée auprès de 1000 enfants de 6 à 8 ans. Puis, la capacité de généralisation de cette approche est illustrée à travers son transfert à un public cognitivement hétérogène (*i.e.* étude en éducation spécialisée), et son transfert à un autre domaine d'apprentissage (*i.e.* éducation thérapeutique d'enfants avec asthme chronique).

Approche STI, algorithme ZPDES, et étude à grande échelle. Notre stratégie est de proposer à chaque apprenant les activités maximisant ses progrès. Ces activités ne sont pas nécessairement celles définies *a priori* dans les modèles cognitifs et apprenants, ce sont celles repérées en temps réel, grâce aux résultats de l'étudiant, comme étant les plus efficaces pour celui-ci. Cette approche présente trois principaux avantages :

1. *Une faible dépendance vis-à-vis des modèles cognitifs et apprenant*. Il est souvent très difficile pour l'enseignant d'identifier précisément les points forts et les points faibles de l'élève, et donc de déterminer quelles activités seront profitables. De là, un premier prérequis est que le STI explore et expérimente diverses activités afin d'évaluer leur potentiel didactique pour faire progresser l'apprenant concerné.
2. *La possibilité d'utiliser des méthodes efficaces d'optimisation*, qui ne font pas d'hypothèses spécifiques sur la façon dont les élèves apprennent et qui ont seulement besoin d'informations sur la progression de l'apprentissage estimée pour chaque activité. Nous faisons la simple hypothèse que les activités et leurs paramètres qui sont repérés comme fournissant un bon gain d'apprentissage, doivent être choisis prioritairement. Un formalisme efficace et bien étudié pour ce type de problèmes est celui du bandit multi-bras. Suivant une analogie avec des bandits manchots dans un casino, à chaque étape du processus d'optimisation nous choisissons une des machines à sous, nous misons puis nous observons le gain qui s'ensuit, l'objectif étant de découvrir le meilleur bras. Nous sommes dans un processus d'exploration / expérimentation.
3. *Une motivation accrue*. Dans notre approche, les activités choisies doivent être en permanence celles qui possèdent le meilleur gain d'apprentissage pour être motivantes. Cette théorie des motivations intrinsèques renvoie à la zone proximale de développement (ZPD).

Dans le cadre de simulations d'étudiants virtuels, nous avons construit le logiciel KidLearn sur l'apprentissage de l'utilisation de la monnaie (lecture, composition, addition, soustraction de nombres entiers ou décimaux) et implémenté trois approches :

- une séquence d'exercices prédéfinie construite par un expert en didactique,
- la même séquence optimisée par un algorithme, RiARiT, utilisant des informations préalables sur la difficulté et les caractéristiques des tâches proposées,
- la même séquence optimisée par un autre algorithme, ZPDES, sans information sur les tâches.

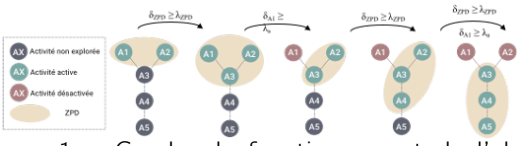


Figure 1 – Graphe de fonctionnement de l'algorithme ZPDES

Nos simulations concernaient une population de 1000 étudiants, chaque étudiant étant amené à résoudre 100 exercices afin d'évaluer comment et à quelle vitesse chaque algorithme

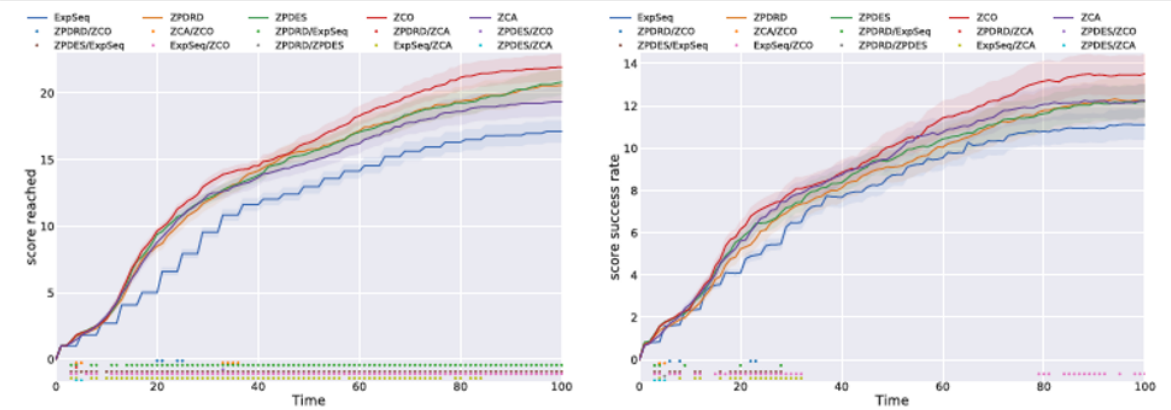


Figure 2 – Évolution dans le temps des scores atteints et scores de succès selon les 5 stratégies proposées (Exseq- Séquence prédéfinie ; ZPDRD- ZPD sans optimisation ; ZPDES ; ZCO- ZPDES avec choix d'objets ; ZCA – ZPDES avec choix d'activité Achat/Vente). Les zones ombrées correspondent à l'erreur standard ; les points colorés en bas indiquent la présence de différences significatives entre conditions

estimait et proposait les activités les plus pertinentes aux étudiants. RiARiT et ZPDES se sont avérées plus efficaces que la séquence prédéfinie ; les algorithmes pouvaient effectuer une réorganisation dynamique et modifier les paramètres des exercices, en exploitant pour cela leur exploration des résultats de l'élève [3].

Après une première expérimentation en situation réelle avec 100 élèves de CE1 ayant donné des résultats similaires aux simulations, nous avons réalisé une expérimentation auprès de 1000 élèves de CE1, basée sur le logiciel KidLearn en y incluant des activités plus variées et élaborées. Des évaluations pré-/post-interventions ont été ajoutées pour renseigner les progrès réels des élèves et leur motivation selon cinq stratégies (cf. figure 2) [1].

Les résultats ont confirmé les résultats positifs obtenus précédemment : ZPDES permet aux élèves d'accéder à des activités plus diverses et plus difficiles, d'avoir un meilleur apprentissage et d'être plus motivés qu'avec une séquence experte. Les résultats montrent même que ces effets sont encore plus marqués lorsque les élèves ont la possibilité de faire des choix sur les objets impliqués de la transaction monétaire.

Généralisation de notre approche STI. Fort de ces résultats, pour en vérifier la généralisation possible, nous avons opté pour deux cas d'étude : 1) éprouver l'approche auprès d'apprenants atypiques (*i.e.* résistance à la diversité cognitive des apprenants) ; et 2) la tester dans un autre domaine de connaissance (*i.e.* transfert inter-domaine).

Nous avons ainsi proposé la version ZPDES de KidLearn à des enfants avec autisme scolarisés en Unité Locale d'inclusion Scolaire. Du fait de la forte variabilité cognitive dans l'autisme, de nombreux enfants et adolescents éprouvent des difficultés dans l'apprentissage des mathématiques, et sont même en retard sur leurs camarades à l'école.

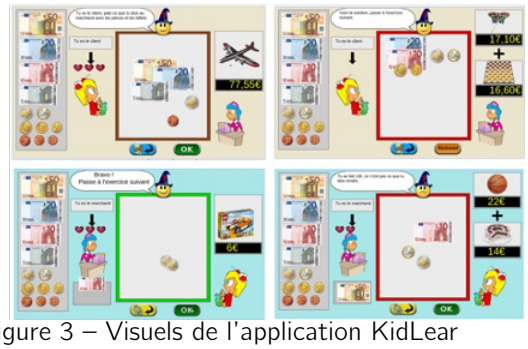


Figure 3 – Visuels de l'application KidLear

Une étude de faisabilité a alors été menée auprès de 24 élèves (13-14 ans) atteints d'autisme avec déficience intellectuelle (QI autour de 60, équivalent à un âge mental de 7-8 ans) : 14 élèves ont reçu l'application KidLearn-ZPDES, et les dix autres une application « contrôle » (jeu sans calcul). Les mesures de calcul et surtout de motivation intrinsèque ont été améliorées dans la condition KidLearn comparé à la condition contrôle. Aussi, l'amélioration en calcul était de même amplitude que celle observée pour les enfants de 6-9 ans. Pris ensemble, cela indique que ZPDES est une intervention prometteuse pour l'apprentissage du calcul dans le cadre de l'éducation spécialisée.

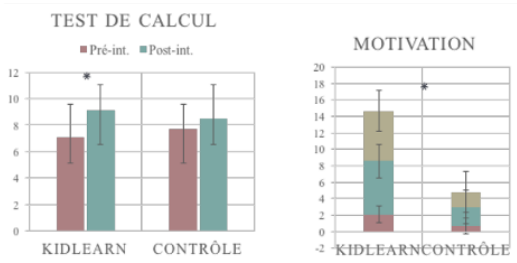


Figure 4 – Score en calcul et motivation (kaki : motivation extrinsèque ; vert : motivation intrinsèque et rose : amotivation) post-exposition à ZPDES vs. application contrôle

Dans le cadre d'un programme d'éducation thérapeutique d'enfants asthmatiques de 8 à 11 ans, le logiciel KidBreath, embarquant l'algorithme ZPDES, a été conçu et déployé pendant un mois auprès de 29 enfants en condition réelle d'usage et dans un environnement non contrôlé, soit selon une séquence prédéfinie de progression d'apprentissage, soit selon une séquence personnalisée avec ZPDES [2]. Pour chaque condition, l'impact de la pratique de KidBreath a été évalué en termes d'efficacité pédagogique (connaissance de la maladie), et d'efficience pédagogique (*e.g.*, type de motivation suscitée). En condition personnalisée avec ZPDES, l'efficacité pédagogique a été légèrement moins concluante que la condition prédéfinie : bien que les enfants améliorent leur connaissance générale sur l'asthme, cette amélioration n'est pas significative. De manière intéressante, le niveau atteint de connaissance avec ou sans personnalisation était similaire alors que le nombre de contenus et le temps consacré dans la condition « ZPDES » étaient bien inférieurs à ceux observés dans la condition prédéfinie. Aussi, un plus fort impact de la condition ZPDES est observé sur la motivation intrinsèque. Ainsi, l'apprentissage personnalisé *via* ZPDES a produit une efficience pédagogique accrue en termes de motivation intrinsèque, de durée d'apprentissage et d'étendue des contenus explorés, mais sans augmentation significative de l'efficacité pédagogique comparé à la condition prédéfinie. Une durée d'apprentissage plus longue qu'un mois aurait sans doute permis de mieux démontrer la meilleure efficacité pédagogique de ZPDES, du fait de l'impact de la motivation dans le temps.

Perspectives. Dans une visée éducative, l'algorithme ZPDES fait aujourd'hui l'objet d'une intégration dans une suite d'outils d'apprentissage des mathématiques (programme « adaptative math »). Enfin, pour aller plus loin dans sa généralisation, il fait aussi l'objet d'un projet applicatif au domaine de la rééducation cognitive visant un public varié en âge et en profil cognitifs.

Références

[1] Benjamin Clement. *Adaptive Personalization of Pedagogical Sequences using Machine Learning*. PhD thesis, 2018. Thèse de doctorat dirigée par Oudeyer, Pierre-Yves Informatique Bordeaux 2018.

[2] Alexandra Delmas, Benjamin Clement, Pierre-Yves Oudeyer, and Helène Sauzéon. Fostering health education with a serious game in children with asthma : Pilot studies for assessing learning efficacy and automa-

tized learning personalization. *Frontiers in Education*, 3 :99, 2018.

[3] Manuel Lopes, Benjamin Clement, Didier Roy, and Pierre-Yves Oudeyer. Multi-armed bandits for intelligent tutoring systems. *CoRR*, abs/1310.3174, 2013.

Projet MEMORAe : Plateforme de collaboration support à un écosystème apprenant

Heudiasyc / CID
Université de technologie de Compiègne
www.hds.utc.fr

Marie-Hélène ABEL
marie-helene.abel@utc.fr

Introduction

À l'ère du tout numérique, les apprenants évoluent au sein d'un écosystème comprenant l'apprenant lui-même et son environnement physique et social. Les connaissances sont aussi bien accessibles *via* la mémoire de l'apprenant lui-même que via ses outils, ses ressources ou les membres de sa communauté. Savoir ne se limite pas à répéter, expliquer ou faire, c'est pouvoir également à tout moment actionner les connaissances distribuées de son écosystème.

MEMORAe

MEMORAe est une plateforme web de collaboration permettant de gérer l'ensemble des ressources hétérogènes de connaissances circulant dans une organisation, produites et stockées dans différents systèmes. Elle constitue un système de systèmes d'information développé selon l'approche *leader-follower* [1].

Elle a été pensée comme un support à un écosystème apprenant visant à faciliter l'apprentissage organisationnel et la capitalisation sur les connaissances à partir du modèle sémantique de collaboration memorae-core2. Ce modèle est une ontologie modulaire exploitant les standards du web sémantique (foaf, sioc, bibo, vcard, oa, *etc.*). C'est à partir de ce dernier que les fonctionnalités de la plateforme ont été développées. Il permet également de tracer qui fait quoi avec qui sur quoi, quand, comment et pourquoi. Ces traces peuvent non seulement être consultées selon des droits d'accès mais également utilisées pour effectuer des recommandations de ressources d'apprentissage au sens large (livre, activités, personne compétente, constitution de groupes, *etc.*) [3, 2].

Le cœur de l'innovation de la plateforme concerne l'organisation autour d'une carte de connaissances de l'ensemble des ressources privées ou partagées, issues d'un processus formel ou informel d'échange au sein d'un groupe d'utilisateurs (équipe, service, projet, organisation, *etc.*).

L'usage d'une carte de connaissances permet de définir un référentiel commun dans lequel il est possible de naviguer. Les nœuds représentent le vocabulaire partagé et servent d'index pour accéder aux ressources capitalisées dans différents espaces de partage. A chacun de ces espaces est associé un groupe d'utilisateurs. Les espaces sont visibles en parallèle afin de faciliter le transfert de connaissances entre utilisateurs y ayant accès. Les ressources peuvent être accédées selon différents points de vue : une même ressource peut être indexée par plusieurs nœuds de la carte et différemment selon les espaces de partage.

Références

[1] Mohamed Ali Ben Ameur, Majd Saleh, Marie-Hélène Abel, and Elsa Negre. Recommendation of Pedagogical Resources within a Learning Ecosystem. In *9th International Conference on Management of Digital EcoSystems (MEDES '17)*, pages 14–21, Bangkok, Thailand, November 2017.

[2] Elsa Negre and Marie-Hélène Abel. Context-based decision support to form relevant groups of learners. In *23rd IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD 2019)*, pages 75–80, Porto, Portugal, May 2019.

[3] Majd Saleh and Marie-Hélène Abel. System of information systems to support learners (a case study at the university of technology of compiègne). *Behaviour & Information Technology*, 37(10-11) :1097–1110, 2018.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Projet SIDES 3.0 : Vers une plateforme d'apprentissage personnalisé en médecine fondée sur l'intelligence artificielle

LADAF, LJK / IMAGINE
CHU, Université Grenoble Alpes, UNESS

LIG / SLIDE
Université Grenoble Alpes & IUF
http://lig-membres.imag.fr/rousset/

LIG / SLIDE
Université Grenoble Alpes
http://lig-membres.imag.fr/jouanot/

LSCP
CNRS, EHESS & ENS, Université PSL
https://lscp.dec.ens.fr/en/member/663/franck-ramus

I3S / SPARKS, WIMMICS
Université de Nice & Inria
http://www.i3s.unice.fr/~faron/

Inria Rhone Alpes / Privatics
Inria
https://planete.inrialpes.fr/~lauradou/

Olivier PALOMBI
Olivier.Palombi@univ-grenoble-alpes.fr

Marie-Christine ROUSSET
Marie-Christine.Rousset@univ-grenoble-alpes.fr

Fabrice JOUANOT
Fabrice.Jouanot@univ-grenoble-alpes.fr

Franck RAMUS
franck.ramus@ens.fr

Catherine FARON ZUCKER
faron@i3s.unice.fr

Cédric LAURADOUX
cedric.lauradoux@inria.fr

Introduction

Dans le cadre du projet SIDES 3.0, nous développons les briques de base d'une plateforme de e-learning en médecine où nous combinons des techniques de représentation de connaissances et des techniques d'apprentissage automatique. Nous visons la construction d'un environnement numérique normalisé de partage de savoir et de contenu docimologique sur lequel greffer des services à haute valeur ajoutée pour les usagers (étudiants ou enseignants) comme la génération automatique de quiz d'auto-entrainement personnalisés, des tableaux de bord enrichis, ainsi que des outils d'analyse de traces à la demande, mais aussi le déploiement d'expérimentations *in situ* pour des chercheurs en science de l'éducation.

SIDES 3.0 est un projet piloté au niveau national par l'UNESS (Université Numérique en Santé et Sport) et financé pour une durée de 3 ans (Aout 2017-Juillet 2020) par l'ANR dans le cadre du programme d'investissement d'avenir DUNE pour le développement des universités numériques expérimentales.

Aperçu de l'approche

Le cœur de SIDES 3.0 est le graphe de connaissances OntoSIDES [3] résultant de l'extraction, par une approche à base d'ontologie et de mappings, de données provenant de la plateforme nationale SIDES utilisée depuis 2013 par l'ensemble des facultés de médecine de France.

Nous avons suivi les standards du Web sémantique [1] et du *Linked Open Data* [2] pour construire de façon semi-automatique et mo-

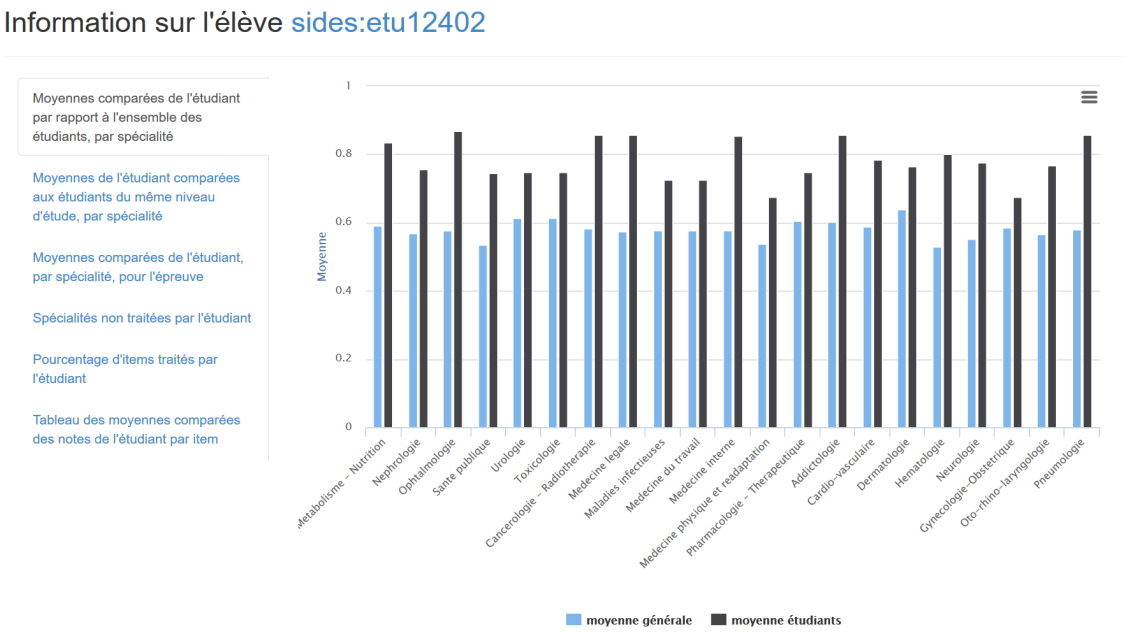


Figure 1 – Comparaison des moyennes par spécialités obtenues par l'étudiant `etu12402` comparé à tous les étudiants

dulaire OntoSIDES, un graphe RDF [5] comprenant une ontologie légère servant de vocabulaire pivot pour l'interface de requêtes avec les utilisateurs, ainsi qu'un gros jeu de données RDF qui est extrait automatiquement de la base de données relationnelle de SIDES à l'aide de mappings. L'ontologie, décrite en RDFS [6], est enrichie par onze règles.

La version courante de OntoSIDES est stockée dans un serveur de triplets Virtuoso qui contient 6,5 milliards de triplets décrivant les activités d'entraînement et d'évaluation effectuées sur la plateforme SIDES par plus de 145 000 étudiants sur une période de 6 ans. Dans OntoSIDES, la plupart des examens et des tests d'entraînement sont constitués de séries de questions à choix multiples (QCM), et les activités des étudiants sont décrites au niveau de granularité des clics horodatés effectués par chaque étudiant pour choisir sa ou ses réponses à chaque question.

Il est important de noter que SIDES manipule les données personnelles des étudiants. Il est donc important que les traitements effectués dans le cadre de SIDES 3.0 soient conformes au RGPD. La figure 1 présente les résultats agrégés (moyenne de l'étudiant et moyenne de tous les étudiants). Les instances de la classe des étudiants sont référencées par des URIs internes de la forme etu12402 (comme dans la figure 1). L'étudiant est désigné par un pseudonyme afin de préserver sa vie privée.

Le langage de requêtes SPARQL [7] permet d'exprimer des requêtes complexes qui peuvent être évaluées par un moteur de requêtes standard sur le graphe de données saturé par les règles et les axiomes RDFS de l'ontologie. Le pouvoir expressif de SPARQL 1.1 permet de demander quelles sont les parties du programme qu'un étudiant donné n'a pas encore étudié, ou de lancer une analyse comparative

de ses résultats sur telle ou telle partie du programme. De manière analogue, et à l'aide de requêtes SPARQL, les enseignants peuvent comparer les moyennes obtenues par leurs étudiants avec la moyenne d'autres groupes d'étudiants d'autres universités par exemple, pour une spécialité donnée ou pour toutes les spécialités.

Premiers résultats

Pour éviter aux utilisateurs (étudiants ou enseignants) de devoir maîtriser la syntaxe de SPARQL, nous avons défini un ensemble de requêtes paramétrées que les utilisateurs peuvent choisir et instancier à l'aide d'une interface graphique. La figure 1 montre l'interface qui permet à chaque étudiant de choisir une des requêtes de la colonne de gauche qui sera alors instanciée avec l'URI qui l'identifie dans OntoSIDES (un étudiant donné ne peut poser des questions spécifiques que sur ses propres résultats). Le graphique à droite de la figure montre la visualisation des résultats retournés par l'évaluation de la première requête, qui renvoie la moyenne des résultats de l'étudiant par spécialité, comparée à la moyenne globale par spécialité de l'ensemble des étudiants.

L'exploitation du graphe de connaissances OntoSIDES a donné lieu à une première analyse des résultats de l'apprentissage des étudiants [4] qui va permettre la conception et la mise en oeuvre de fonctionnalités d'auto-entraînement personnalisé et adaptatif.

Conclusion

La méthodologie que nous avons suivie n'est pas spécifique à l'enseignement de la médecine. Elle peut être appliquée à d'autres disciplines, à condition qu'un référentiel partagé par la communauté existe pour définir de manière précise et consensuelle le programme et les objectifs pédagogiques sous-jacents aux questionnaires d'évaluation ou d'entraînement pour cette discipline.

Références

[1] Dean Allemang and James Hendler. *Semantic Web for the Working Ontologist : Modeling in RDF, RDFS and OWL*. Morgan Kaufmann, 2011.

[2] Tom Heath and Christian Bizer. *Linked Data : Evolving the Web into a Global Data Space*. Morgan and Claypool, 2011.

[3] Olivier Palombi, Fabrice Jouanot, Nafissetou Nziengam, Behrooz Omidvar-Tehrani, Marie-Christine Rousset, and Adam Sanchez. Ontosides : Ontology-based student progress monitoring on the national evaluation system of french medical schools. *Artificial Intelligence in Medicine*, 96 :59–67, 2019.

[4] Oscar Rodríguez Rocha and Catherine Faron Zucker. Analyse de l'apprentissage humain dans la plateforme sides 3.0 : une approche basée sur la sémantique. Atelier IA & Santé, PFIA 2019, 2019.

[5] W3C. RDF Description Format. http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/, 2004.

[6] W3C. RDF Schema 1.1. http://www.w3.org/TR/rdf-schema/, 2004.

[7] W3C. SPARQL 1.1 Overview. https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/, 2013.



AfIA

Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Comptes rendus de journées, événements et conférences

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Journée Philosophie des sciences et intelligence artificielle : « Prédire et expliquer les phénomènes sociaux »

Par

Isabelle DROUET
Université Paris IV
Robin.Lamarche-Perrin@lip6.fr

Robin LAMARCHE-PERRIN
LIP6 / ISC-PIF
CNRS
Robin.Lamarche-Perrin@lip6.fr

Marion VORMS
IHPST
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
mvorms@gmail.com

Introduction

La seconde journée « Philosophie des sciences et intelligence artificielle » été organisée le 6 février 2020 dans les locaux de l'Institut des systèmes complexes de Paris Île-de-France par l'AfIA et la SPS. Cette journée a reçu le soutien de l'ISC-PIF, l'IHPST, SDN et le LIP6 (dans le cadre du H2020 ODYCCEUS). La journée a été annoncée sur les listes de diffusion des institutions partenaires et a finalement accueilli 80 personnes.

Outre la présentation des institutions en début de matinée (Francesca MERLIN pour la SPS, Pierre FEILLET pour l'AfIA et David CHAVALARIAS pour l'ISC-PIF), la journée a fait l'objet de six exposés de 60 minutes qui ont tous soulevé de nombreuses questions et de nombreuses remarques de la part du public.

Les diapositives des interventions seront bientôt disponibles sur le site de l'AfIA.

Programme

9h15. « Présentation de l'ISC-PIF, de l'AfIA et de la SPS », par David CHAVALARIAS (directeur de l'ISC-PIF), Pierre FEILLET (membre du CA de l'AfIA) et Francesca MERLIN (présidente de la SPS)

9h30. « Silicone prophète. L'IA face aux défis de la prédiction en sciences sociales », par Henri GALINON (Université Clermont-Auvergne)

10h30. Pause-café

10h50. « Les défis d'une aide à la décision intelligente : de la modélisation des jugements humains à l'explication des recommandations », par Wassila OUERDANE (CentraleSupélec)

11h50. « Comprendre et prédire : étude de cas sur la prédiction du vote à l'aide de modèles statistiques du langage », par Denis BONNAY (Université Paris Nanterre)

12h50. Pause

14h00. « Justice & Intelligence artificielle : qu'est-ce que l'informatique se propose d'apporter au droit ? », par Fabien TARISSAN (CNRS Paris)

15h00. « Le succès des algorithmes prédictifs remet-il en cause notre notion de connaissance scientifique ? », par Anouk BARBEROUSSE (Sorbonne Université Paris)

16h00. Pause-café

16h30. « Pourquoi la société ne se laisse pas mettre en équations », par Pablo JENSEN (CNRS Lyon)

17h30. Clôture de la journée



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

Antoine GREA
« Metalangage endomorphe et planification abstraite pour la reconnaissance des intentions en temps réel »
Supervision : *Samir AKNINE*
Le 30/01/2020, à l'Université de Lyon

Jingshu LIU
« Unsupervised cross-lingual representation modeling for variable length phrases »
Supervision : *Emmanuel MORIN*
Le 29/01/2020, à l'Université de Nantes

Alnour RIBAULT
« Optimisation de la consommation d'énergie dans des processus industriels complexes multi-sites et multi-énergies : une approche par la modélisation numérique et l'optimisation multi-criteres »
Supervision : *Yacine OUZROUT*
Le 27/01/2020, à l'Université de Lyon

Evangelia TRIPERINA
« Visual interactive knowledge management for multicriteria decision making and ranking in linked open data environments »
Supervision : *Olivier TERRAZ*
Georges MIAOULIS
Le 24/01/2020, à l'Université de Limoges

Edwin BOURGET
« Diagnostic de défaillance et de malveillance dans les systèmes de contrôle industriel »
Supervision : *Frederic CUPPENS*
Le 23/03/2020, à l'École nationale superieure Mines-Telecom Atlantique Bretagne Pays de la Loire

Dorian Kodelja Kodelja BONAN
« Prise en compte du contexte interphrastique pour l'extraction d'événements supervisée »
Supervision : *Olivier FERRET*
Le 17/01/2020, à l'Université Paris-Saclay (ComUE)

Marko MLADENOVIC
« Le problème d'affectation de place de stationnement dynamique : solutions pratiques et théoriques »
Supervision : *Thierry DELOT*
Le 14/01/2020, à l'Université de Valenciennes

Khadidja MEGUELATI
« Clustering massivement distribué via mélange de processus de Dirichlet »
Supervision : *Florent MASSEGLIA*
Nadine HILGERT
Le 13/03/2020, à l'Université de Montpellier

Jacobo Levy ABITBOL
« Computational detection of socioeconomic inequalities »
Supervision : *Marton KARSAI*
Le 09/01/2020, à l'Université de Lyon

Mohamed Bachir BELAID
« Fouille de données declarative basée sur la programmation par contraintes »
Supervision : *Christian BESSIERE*
Le 08/01/2020, à l'Université de Montpellier

Fenemedre QAEZE

« Planification sous incertitude d'un complexe minier »
Supervision : *Caroline THIERRY*
Romain GUILLAUME
Le 07/02/2020, à l'Université Toulouse 2

Jose GRIMALDO DA SILVA FILHO

« Vers une collaboration naturelle entre homme et robot lors de la prévention des collisions »
Supervision : *James CROWLEY*
Le 06/02/2020, à l'Université de Grenoble Alpes

Yiru ZHANG

« Modeling and management of imperfect preferences with the theory of belief functions »
Supervision : *Arnaud MARTIN*
Le 03/02/2020, à l'Université de Rennes 1

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

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

À PROPOS DE
L'AfIA

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

L'AfIA anime la communauté par l'organisation annuelle de grands rendez-vous. Se tient ainsi chaque été une semaine de l'IA, la « Plate-forme IA » (PfIA 2018 Nancy, PfIA 2019 Toulouse, PfIA 2020 Angers) 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 invitées qui évoluent d'une année à l'autre, sans récurrence obligée.

Ainsi, PfIA 2020 hébergera du 29 juin au au 3 juillet 2020 à Angers, outre la 23es CNIA, les 18es RJCIA et la 6e APIA, les 31es IC, les 15es JFPDA, et les 28es JFSMA, mais aussi trois journées thématiques (Agronomie & IA, Éducation & IA, IoT & IA), une section tutorielle, une compétition et une exposition industrielle.

Forte du soutien de ses 414 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 recherche* Perspectives et Défis en IA (PDIA 2019) ;
- une *journée enseignement* Enseignement et Formation en IA (EFIA 2020) ;
- une journée industrielle Forum Industriel en IA (FIIA 2020) ;
- la remise annuelle d'un prix de thèse de Doctorat en IA ;
- le soutien à plusieurs collèges, actuellement au nombre de 7, ayant leur propre activité :
  - Collège Apprentissage Artificiel (depuis janvier 2020) ;
  - Collège Industriel (depuis janvier 2016) ;
  - Collège Compétition (depuis octobre 2018) ;
  - 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) ;
- la parution trimestrielle des Bulletins de l'AfIA, en accès libre à tous depuis le site web ;
- 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 (envoi à breves@afia.asso.fr) ;
- 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. Sont déjà prévues en 2020 : RO&IA avec la ROADEF.

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 sur 5 jours au tarif de 95 € H.T. !

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 !

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Yves DEMAZEAU, *président*
Domitile LOURDEAUX, *vice-présidente*
Catherine FARON-ZUCKER, *trésorière*
Sandra BRINGAY, *secrétaire*
Dominique LONGIN, *rédacteur*
Emmanuel ADAM, *webmestre*

Membres :
Alain BERGER, Grégory BONNET, Élise BONZON, Pierre FEILLET, Marie LEFÈVRE, Frédéric MARIS, Engelbert Mephu NGUIFO, Gauthier PICARD, Céline ROUVEIROL, Laurent SIMON, Olivier SIMONIN, Charlotte TRUCHET

COMITÉ DE RÉDACTION

bulletins@afia.asso.fr

Emmanuel ADAM
Rédacteur

Grégory BONNET
Rédacteur en chef adjoint
redacteur-adjoint@afia.asso.fr

Claire LEFÈVRE
Rédactrice

Dominique LONGIN
Rédacteur en chef
redacteur@afia.asso.fr

Laurent SIMON
Rédacteur

LABORATOIRES ET SOCIÉTÉS ADHÉRANT COMME PERSONNES MORALES

Ardans, Berger Levrault, CRIL, CRIStAL, Dassault Aviation, ENIB, EURODECISION, GRETTIA, GREYC, Huawei, I3S, IBM, INRIA Sophia Antipolis Méditerranée, IRIT, ISAE-SUPAERO, LabSTICC, 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
Yves DEMAZEAU
L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean Kuntzmann
110, avenue de la Chimie, B.P. 53
38041 Grenoble cedex 9
Tél. : +33 (0)4 76 51 46 43
president@afia.asso.fr

Serveur WEB
http://www.afia.asso.fr

Adhésions, liens avec les adhérents
Catherine FARON-ZUCKER
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