



HAL
open science

**LINE - Mnémosyne : 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**
Margarida Romero, Frédéric Alexandre, Thierry Viéville, Gérard Giraudon

► **To cite this version:**

Margarida Romero, Frédéric Alexandre, Thierry Viéville, Gérard Giraudon. LINE - Mnémosyne : 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. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 2020, 108. hal-02541099

HAL Id: hal-02541099

<https://inria.hal.science/hal-02541099v1>

Submitted on 25 May 2020

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.



[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.

■ LINE - Mnémosyne : 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'Éducation/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 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 Mnémosyne 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 (mémoire 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 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 généra-



listes menées autour des travaux de Stanislas Dehaene [2], il reste encore peu de développements visant à relier la modélisation neurocomputationnelle 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 (2 à 3 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 su-

jets 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 proposés 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-but. 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-but. 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-but 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.

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