



**HAL**  
open science

# Analyse d'activités d'apprentissage médiatisées en robotique pédagogique

Margarida Romero, Thierry Viéville, Laurent Heiser

► **To cite this version:**

Margarida Romero, Thierry Viéville, Laurent Heiser. Analyse d'activités d'apprentissage médiatisées en robotique pédagogique. B. Alberto; J.Thievenaz. Traité de méthodologie de la recherche en Sciences de l'Éducation et de la Formation, 2, Editions Raison et Passions, 2022, 978-2917645932. hal-02957270

**HAL Id: hal-02957270**

**<https://inria.hal.science/hal-02957270v1>**

Submitted on 2 Aug 2023

**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.

## Chapitre ...

### Analyse d'activités d'apprentissage médiatisées en robotique pédagogique

Margarida Romero (Inria, UCA), Thierry Vieville (Inria) , Laurent Heiser (UCA)<sup>1</sup>

La robotique pédagogique a connu un nouvel essor au cours des dernières années, aussi bien du point de vue de la banalisation des robots pédagogiques en classe que celui de l'intégration de la programmation dans les curricula scolaires. A cela s'ajoute l'intérêt des élèves et des enseignants pour ce type de technologie (Gaudiello, Zibetti, 2013 ; Romero, Sanabria, 2017). Au cours des dernières années, cet essor a été accompagné d'études d'une grande diversité épistémologique et méthodologique en SEF. La multi-dimensionnalisation des phénomènes étudiés dans cette discipline donne lieu à des positionnements de *pluralisme épistémologique* (Crahay, 2002) mais aussi à des travaux visant à fédérer différentes approches autour du concept d'*activité* (Linard, 1989 ; Albero, Guerin, 2014) visant à le concevoir comme susceptible de constituer un « *cadre organisateur* » permettant de « *structurer (...) un corpus théorique et méthodologique commun* » (*ibid.*, p. 12). Dans cette perspective, ce chapitre présente des méthodes d'analyse d'activités d'apprentissage médiatisées en robotique pédagogique, en particulier dans des situations de résolution de problèmes, à partir de l'opérationnalisation d'observables et de schémas d'analyse de l'activité effective des apprenants. Deux cas d'étude en robotique pédagogique illustrent le propos.

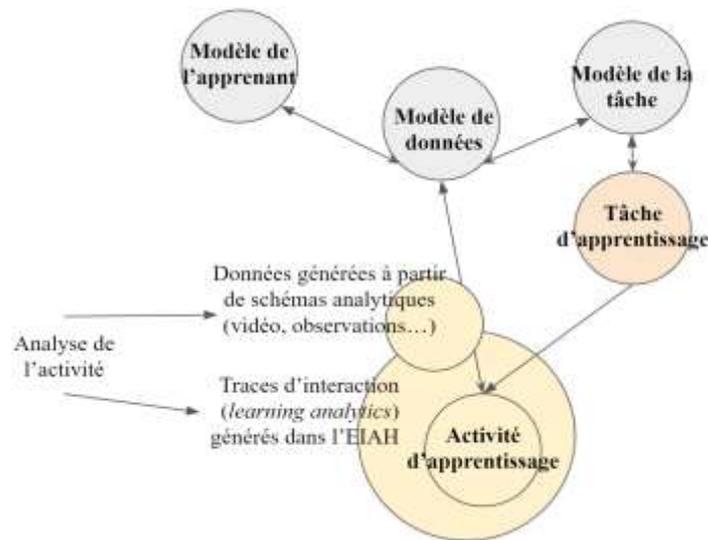
Pour ce faire, ce chapitre s'organise en trois parties : 1) l'identification d'observables ; 2) l'intérêt de l'analyse longitudinale de l'activité ; 3) le développement des schémas analytiques (*coding schemas*) qui permet d'opérationnaliser les actions liées à la démarche de résolution de problème. La partie conclusive explicite les enjeux méthodologiques en lien avec un usage intensif de données (*big data*) visant la génération d'un volume important de traces d'interaction suffisant pour permettre l'application d'approches computationnelles en SEF. Au cours des dernières années, une partie des *Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain* (EIAH) ont été conçus pour générer des traces numériques d'interaction (Sanchez, Luengo, 2017) dénommées également traces d'apprentissage ou encore *analytique des apprentissages numériques* (Peraya, 2019 ; Peraya, Luengo, 2019). Ces traces peuvent ensuite être exploitées pour analyser le comportement de l'apprenant au cours des activités médiatisées par l'EIAH. Sous cette perspective, les traces d'apprentissage médiatisé possèdent un important potentiel pour analyser le comportement de l'apprenant. La création automatique de ces traces permet une génération massive de ces données, qui peuvent ensuite être traitées par des approches computationnelles, et grâce à des données qui permettent de dépasser l'analyse statistique sur des données limitées. Les *sciences sociales computationnelles* (Conte *et al.* 2012) et *humanités computationnelles* (Berry, 2011) proposent l'analyse de grands ensembles de données numériques pour comprendre des phénomènes humains. Les approches computationnelles en SEF (Romero *et al.* 2020) s'inscrivent dans ce domaine des sciences sociales computationnelles pour permettre l'étude des activités d'enseignement et d'apprentissage à partir de données massives générées par les traces d'apprentissage médiatisé.

#### 1 - Identification d'observables dans les activités de robotique pédagogique

Dans le cadre des activités développées avec des objets interactifs programmables, tels que les robots pédagogiques, certaines traces d'interaction peuvent être **recueillies** par : l'*Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain* (EIAH) ; l'usage de schémas analytiques qui peuvent être exploitées dans différentes actions de l'apprenant (démarches de planification et de régulation au cours de la tâche par exemple) (Alimisis, 2013; Misirli, Komis, 2016). Avec l'observation des actions de l'apprenant au cours de son activité, les gestes d'apprentissage sont considérées comme autant de *traces de sémiotique* (Pesce, 2014) permettant de comprendre le processus d'apprentissage. La manipulation d'un objet physique engage l'apprenant dans une démarche qui rend visibles et concrets ses comportements dans le temps. De plus, la position du corps par rapport au robot relève également des observables intéressants pour la

<sup>1</sup> Les auteurs remercient Maryna Rafalska du *Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Education* (LINE) pour la relecture critique du chapitre.

compréhension des activités de robotique qui sont en lien avec l'objectif de l'apprentissage du repérage dans l'espace (Misirli, Komis, 2016 ; Romero *et al.* 2016). La conception d'un modèle de données adapté aux objectifs d'analyse de l'activité requiert également le développement d'un modèle de l'apprenant et de ses processus d'apprentissage ainsi que d'un modèle de la tâche (fig. 1, ci-dessous).



**Figure 1 : Analyse de l'activité d'apprentissage**

Le repérage des gestes de manipulation est souvent réalisé *a posteriori* à partir d'une vidéo analysée par une personne appliquant un schéma analytique. La génération automatique des traces d'apprentissage liée à ces manipulations reste un défi pour l'étude expérimentale<sup>2</sup>.

## 2 - Analyse de l'activité : prise en compte du *cours d'action*

Etudier les processus d'apprentissage sur un empan temporel long, sans se focaliser uniquement sur le résultat des activités immédiates, présente de nombreux intérêts scientifiques. L'approche qui repose sur des méthodologies prenant en compte le facteur temporel des processus d'apprentissage a déjà fait l'objet de travaux en SEF au cours de la dernière décennie (Reimann, 2009). Elle s'est développée grâce aux possibilités du numérique permettant aussi bien d'enregistrer des processus prenant la forme d'une variété de types de traces relevant de ces processus. De nombreux travaux portant sur les apprentissages collaboratifs médiatisés par ordinateur (*computer supported collaborative learning*) se sont ainsi développés à partir d'études longitudinales de l'activité, associées à l'analyse de flux de données (*data stream*) provenant de sources différentes : *forums* de discussion (Wise, Hsiao, 2019) ; traces générées automatiquement dans des environnements comprenant des modèles de trace (Matuk *et al.*, 2019). Dans le cadre des activités médiatisées d'apprentissage en robotique pédagogique, l'analyse du *cours d'action* (Theureau, 2015) donne lieu à une suite d'unités significatives élémentaires qui se déroule dans une temporalité. Ainsi, les activités en robotique pédagogique sont perçues comme se déroulant selon un enchaînement d'étapes qui s'actualisent pendant le processus de résolution de problèmes, ce qui inclut aussi bien l'analyse de la situation problème que la planification de l'action et la mise en œuvre de régulations en lien avec le résultat de la programmation sur le comportement développé par le robot. Le fait de considérer la tâche dans sa durée permet donc de penser l'évaluation des apprentissages comme un processus qui se développe de manière longitudinale.

La démarche méthodologique consiste à enregistrer le déroulement de l'activité grâce à des techniques audio et vidéo. Ces enregistrements sont ensuite codés à partir de l'opérationnalisation d'observables en lien avec le type d'apprentissages pris en compte dans l'évaluation. L'analyse vidéo en tant que source

<sup>2</sup> A ce propos : des premiers éléments sont disponibles dans certains travaux (par exemple, Menon *et al.*, 2019) ; une étude est en cours dans le cadre d'une action exploratoire en SEF computationnelles (*computational learning sciences*) entre le LINE et l'INRIA (Romero *et al.*, 2020).

primaire d'information, tout comme les prises de notes, les comptes rendus et autres sources de données permettent l'analyse de l'activité effective des participants engagés.

Une analyse de résolution de problèmes avec des robots pédagogiques (Kamga, 2019) a développé une méthodologie de recherche ou *devis méthodologique* (Paillé, 2007) combinant diverses sources d'information sur le déroulement de l'activité dont « des enregistrements vidéo, les notes des observateurs, le compte rendu des participants et la projection des enregistrements vidéo auprès des participants. Dans le cadre du laboratoire du changement, la projection des enregistrements vidéo aux participants par le chercheur, permet de stimuler les discussions et que les participants réfléchissent sur leurs pratiques » (p. 58). L'analyse des différentes opérations dans le cadre d'une tâche en résolution de problèmes a conduit à en élaborer un schéma de codage (Kamga, 2019) (fig. 2, ci-dessous).

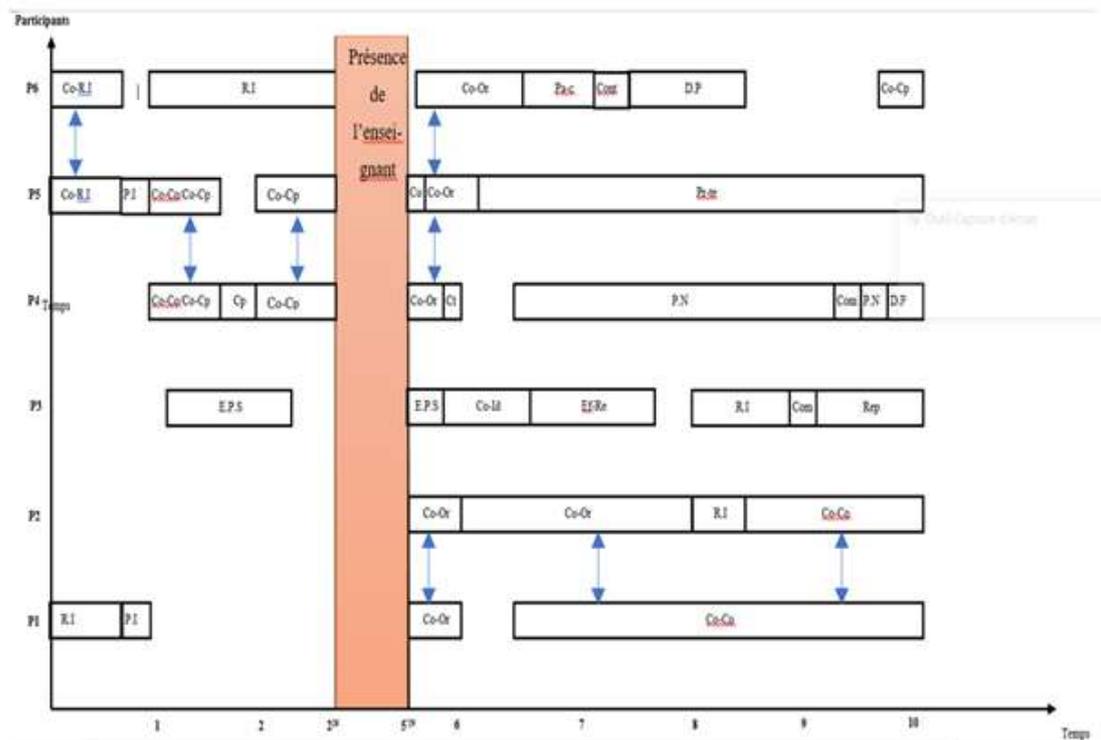


Figure 2 : Analyse des opérations en résolution de problèmes (Kamga, 2019)

La codification des opérations réalisées par les apprenants tient compte de celles qui ont été repérées lors de l'activité de résolution de problèmes : contrôle de l'organisation de l'équipe (Cont) ; co-construction (Co-Co) ; co-organisation (Co-Or) ; partage d'information (P.I) ; compréhension de l'usage du matériel (Cp) ; contrôle du respect des rôles par chaque participant (Ct) ; programmer et tester (Pr-te) (Kamga, 2019).

Outre son intérêt pour la recherche, la démarche visant la compréhension de la démarche de résolution de problèmes peut être exploitée également pour la formation des enseignants, en particulier leurs compétences de praticiens réflexifs (Tardif *et al.*, 2012). Ainsi, la caractérisation de la résolution de problèmes n'est pas uniquement utile au niveau de la recherche mais également pour la formation et le développement d'une démarche réflexive de la part des enseignants.

### 3 - Analyse de la résolution de problèmes à partir d'objets interactifs manipulables

La méthodologie pour l'analyse de la résolution de problèmes à partir d'*objets de jeu constructifs visuo-spatiaux* (VCPO) (Ness, Farenga, 2016) requiert l'analyse des processus de construction d'apprentissages avec des pièces constructibles. Les robots modulables ajoutent un défi méthodologique complémentaire en intégrant des fonctionnalités électroniques et robotiques apportant une interactivité au cours du déroulement de l'activité.

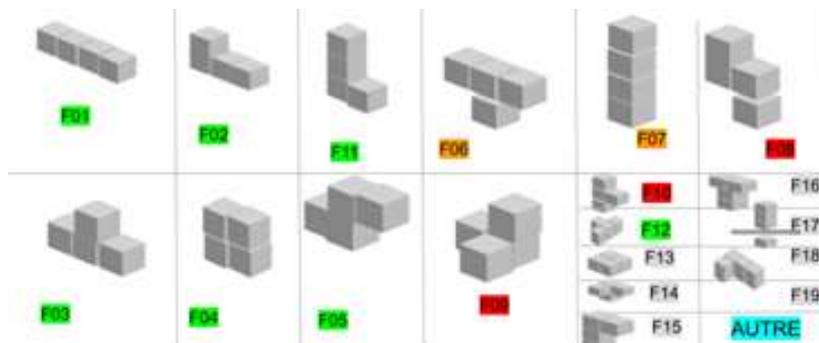
Dans la tâche *CreaCube* (illustration 1, ci-dessous) (Romero, 2017 ; Romero, David, Lille, 2019), les Cubelets utilisés pour l'évaluation de la résolution de problèmes dans le contexte d'une tâche avec des robots modulaires, les observables proviennent des manipulations réalisées sur les robots modulaires. Dans le but de réduire la complexité de la tâche (*approche micro-génétique*, Kamga, 2019), le nombre d'états possibles de la tâche est limité en raison du matériel utilisé (4 cubes robotiques), mais aussi de la consigne (faire déplacer les cubes d'un point à un autre).



**Illustration 1 : Participant engagé dans la tâche de résolution de problèmes (*CreaCube*)**

Faire réaliser une tâche comportant un nombre d'état finis, relativement restreint (de quelques centaines à quelques dizaines de milliers selon le niveau de détail de description) permet d'approcher ces états en relation avec l'activité de l'apprenant. Ceci contraste avec la complexité de l'analyse d'une tâche de résolution de problèmes réalisée avec un nombre important de pièces (résolution de problèmes avec des ensembles Lego WeDo de 280 pièces, Kamga, 2019). Dans ce contexte, la marge créative dans la production d'une solution est très importante et la modélisation de l'ensemble d'états possibles n'est pas aisé (*ibid.*).

Dans le cadre de la tâche *CreaCube*, l'assemblage des cubes peut donner lieu à 1280 configurations (tenant compte de l'orientation de la face des cubes) réduites à un ensemble de 20 figures potentielles (fig. 3, ci-dessous).



**Figure 3 : Configurations des figures dans la tâche *CreaCube***

Dans la tâche *CreaCube*, le repérage des figures possibles permet d'analyser les différentes constructions réalisées par le participant. Si certaines de ces solutions peuvent potentiellement résoudre le problème (marquées en vert, fig. 3, ci-dessus), d'autres ne présentent pas une structure suffisamment équilibrée pour permettre leur bon fonctionnement (rouge) sauf si le cube moteur est situé à un emplacement qui permet de garder l'équilibre (orange).

L'analyse de la résolution de problèmes y est développée à partir d'une modélisation des états de la tâche qui correspondent à un automate à états finis (*finite-state machine*), représenté sous forme d'un graphe orienté. Les nœuds correspondent à l'état comportemental de la personne apprenante dans la tâche. Ils correspondent aux transitions entre ces états. Cela permet de représenter les étapes de la résolution du problème et de distinguer quels enchaînements peuvent survenir d'une étape à l'autre. La modélisation de la tâche a été développée dans des nombreux travaux dans le domaine des EIAH.

En ingénierie de la formation en téléformation, des modélisations de la tâche et des connaissances ont permis de structurer l'activité en situation de téléapprentissage (Paquette *et al.*, 2003).

### 3.1 – Analyse de l'activité : utilisation des schémas de codage à l'analyse vidéo

Un programme informatique et une interface graphique peuvent venir faciliter l'analyse de la tâche et des observables préalablement repérés.

Dans le cadre du projet ANR *CreaMaker*, les observables des actions d'assemblage et désassemblage conduit à la production d'une *configuration des configurations* des cubes (figure 4, ci-dessous), mais aussi des problèmes rencontrés, des affordances<sup>3</sup> des objets (Gibson, 1988) et des émotions ressenties.

Après une première phase d'*étonnement* (Thievenaz, 2017) produit par la perception et l'identification initiales d'une spécificité de l'objet, une phase d'exploration de l'objet suit avec l'émergence d'une connaissance technique liée aux interactions des sujets avec l'objet.

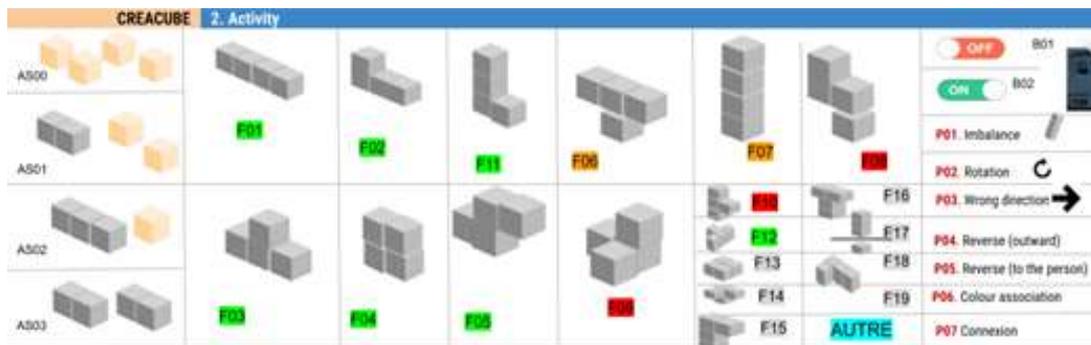


Figure 4 : Design de l'interface d'analyse (Romero, 2018)

Le modèle de fichier généré à partir de l'interface est développé sous un format hiérarchique typé (syntaxe JSON, avec les données brutes calculées et la description de chaque type d'information et de leurs relations) pour permettre sa manipulation formelle et représenter au mieux la structure des informations collectées, ceci afin de faire le lien avec des représentations de connaissances liées à la notion informatique d'*ontologie* comme utilisé au niveau de Web sémantique et intégré sous forme de plateforme interactive pour faciliter l'ergonomie de l'analyse manuelle des vidéos. Chaque donnée pour la tâche *CreaCube* se présente comme une séquence temporelle d'états correspondant, soit à une *configuration* de la tâche, soit à un état de l'apprenant dans la tâche (extrait 1, ci-dessous).

```
{ "clicks": [{"time": "46", "click": "AS01"}, {"time": "50", "click": "AS02"}, {"time": "58", "click": "AS01"}, {"time": "67", "click": "AS00"}, {"time": "82", "click": "AS01"}, {"time": "93", "click": "AS00"}, {"time": "101", "click": "AS01"}, {"time": "109", "click": "AS02"}], "idParticipant": "p362" }
```

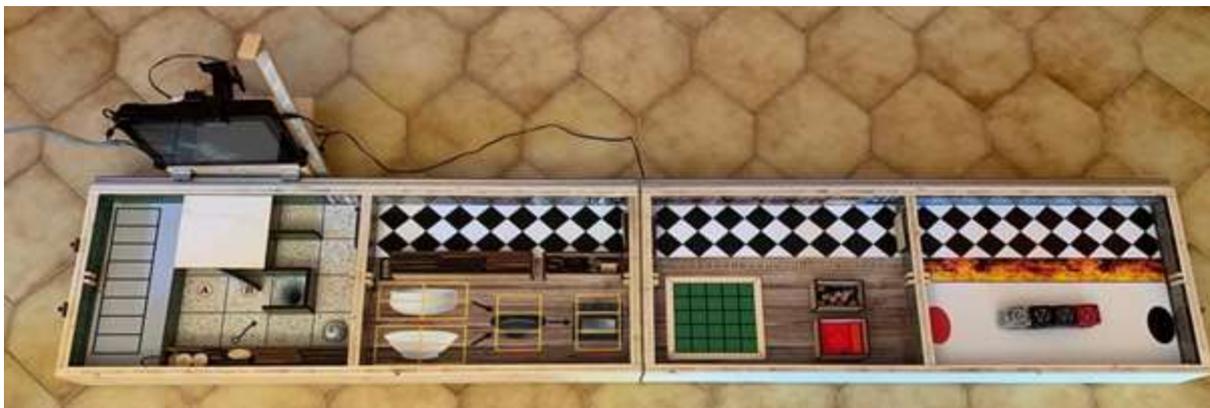
#### Extrait 1 : Fichier JSON sur le codage réalisé à partir de l'interface

Dans le fichier JSON la liste des observables est enregistrée de manière chronologique, lors de l'analyse de la vidéo. Ces données sont ensuite traitées pour analyser, par exemple, les fréquences des structures ou d'autres mesures temporelles des différents observables, afin de caractériser la démarche de résolution de problème au cours de l'activité. La méthodologie pour générer un ensemble organisé de traces à partir de l'analyse de vidéos est développée en SEF depuis des années, tant pour l'étude de l'activité que pour l'usage des vidéos comme outil de rappel stimulé ou de formation (Albero, Guérin, 2014 ; Leblanc, Gaudin, 2020).

<sup>3</sup> Le concept d'*affordance* permet de faire le lien entre perception et action par l'exploration de l'objet motivée par le souci de comprendre son fonctionnement (Simonian, 2014). Cette *approche interactionniste* relie curiosité et étonnement du sujet combinés à des stratégies d'exploration visant à comprendre les objets techniques modifiant ainsi les *schèmes d'usage* (*genèse instrumentale*, Rabardel, 1995).

Pour permettre l'analyse de l'activité de l'apprenant et de son contexte, la description de l'activité d'apprentissage est développée sous la forme d'*ontologie*. Cela inclut un modèle interne des processus d'apprentissage du sujet. Ce modèle se présente sous forme d'états structurés et hiérarchiques, formalisant les propriétés à prendre compte dans l'activité développée par le participant sur la tâche.

Dans le projet *Artificial Intelligence Devoted to Education (AIDE)*, deux stratégies méthodologiques ont été utilisées pour automatiser le relevé de traces d'apprentissages (au-delà des seules mesures des gestes souris/clavier) : 1) un travail préalable d'apprentissage d'un réseau de neurones convolutifs capables de reconnaître les configurations des cubes et des mains (75% de détection correcte<sup>4</sup>), il s'est agi d'augmenter le processus interactif décrit ci-dessus avec des mécanismes d'apprentissage machine, pour catégoriser automatiquement les *configurations* sur les vidéos et intégrer le mécanisme tel qu'assister le chercheur dans l'analyser des vidéos ; 2) revoir le protocole expérimental pour permettre de relever de manière complètement fiable la mesure des traces d'apprentissage avec des objets du quotidien. La validation de cette automatisation de la mesure de traces d'apprentissage au cours d'une activité débranchée a conduit à construire une maquette qui permet de réaliser l'activité *CreaCube* et trois autres activités débranchées d'initiation à la pensée informatique (illustration 2, ci-dessous).



**Illustration 2 : Table de jeu et d'apprentissage de la pensée informatique (algorithmique, codage de l'information, réseaux) qui permet une mesure des traces d'apprentissage et utilise des algorithmes d'apprentissage machine, en *open-hardware* et *software* (projet AIDE)**

La table de jeu AIDE engage le participant dans une activité de jeu structurée où il joue avec la machine à partir de défis. Cette contrainte permet de mesurer la totalité des traces d'apprentissage, de manière automatique, plus fiable et plus riche qu'une étude visuelle et manuelle d'une vidéo, permettant de collecter des données en grande quantité. Les traces sémiotiques liés aux gestes observables sont combinées, dans une étude ultérieure, avec des traces liées à des capteurs visuels ou biophysiques (impédance de la peau, rythme cardiaque, direction du regard) fournissant des informations sur l'état de la personne au cours de la tâche de résolution créative de problèmes. La combinaison de données biométriques relevant d'analyses de type activité très établies en SEF représente un enjeu majeur pour l'interprétation des processus d'enseignement et d'apprentissage coordonnant les cadres épistémologiques et méthodologiques en SEF et les approches biométriques et computationnelles développées par les neurosciences.

## Eléments de conclusion

Le développement de technologies mobiles, robotiques et d'objets connectés (IoT) ouvre des possibilités d'analyse des interactions apprenant / objets de médiation. Dans des tâches de résolutions de problèmes, l'usage de technologies modulaires (cubes robotiques *Cubelets* utilisés dans la tâche *CreaCube*) permet de créer des observables de la tâche donnant lieu à des traces structurées pouvant ensuite être exploitées par des processus d'apprentissage machine.

<sup>4</sup> Un tel niveau de performance (jusqu'à 90%) ne peut permettre d'automatiser l'ensemble du processus, mais il permet néanmoins de faciliter le travail d'étiquetage manuel.

Ce type de travaux contribue ainsi au développement de méthodologies permettant l'opérationnalisation de l'observation des activités ; ceci par le biais d'observables et de schémas d'analyse de l'activité effective des apprenants. Il s'agit maintenant d'avancer dans la modélisation de l'apprenant et des tâches d'apprentissage afin d'établir un modèle de données permettant à la fois un usage intensif de données, et une analyse plus fine des causes qui engendrent ces observables, comme les objectifs d'apprentissage de la personne apprenante. Dans ce but, l'approche *Artificial Intelligence Devoted to Education* (Romero *et al.*, 2020) combine des modélisations développées en neurosciences computationnelles et en intelligence artificielle bio-inspirée (Alexandre, 2017) et d'autre part la modélisation d'une tâche de résolution de problèmes typique des SEF. Ce type d'approche contribue à l'émergence de sciences computationnelles de l'éducation (*computational learning sciences*) dans des tâches de résolution de problèmes, en conduisant à développer un modèle de tâches qui se rapprochent de celles déjà réalisées, de manière authentique dans des activités de robotique pédagogique à l'école et qui dépassent le type des tâches visant l'étude des buts primaires souvent étudiés dans les modèles de tâche en neurosciences computationnelles. Par ce type de recherche, les SEF contribuent aussi à une tradition et un enrichissement de travaux au double plan épistémologique et méthodologique, en permettant l'étude détaillée des situations et des processus relatifs à l'enseignement et à l'apprentissage. Elles offrent ainsi des études complémentaires aux neurosciences computationnelles ouvrant la possibilité d'un dialogue interdisciplinaire pour des travaux basés sur des modèles communs.

## Références bibliographiques

- Albero, B., Guérin, J. (2014). Note de synthèse : l'intérêt pour l'*activité* en sciences de l'éducation. Vers une épistémologie fédératrice ? *TransFormations - Recherche en Education et Formation des Adultes*, 11, 11-45.
- Alexandre, F. (2017). A behavioral framework for information representation in the brain. In A. Moustafa (ed.), *Computational models of brain and behavior* (p. 403-412). Hoboken, NJ: Wiley.
- Alimisis, D. (2013). Educational robotics : Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Berry, D. (2011). The computational turn: Thinking about the digital humanities. *Culture machine*, 12.
- Conte, R., Gilbert, N., Bonelli, G., Cioffi-Revilla, C., Deffuant, G., Kertesz, J., Loreto, V., Moat, S., Nadal, J.-P., Sanchez, A., Nowak, A., Flache, A. (2012). Manifesto of computational social science. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 325-346.
- Crahay, M. (2002). La recherche en éducation : une entreprise d'intelligibilité de faits et de représentations ancrés dans l'histoire sociale. In M. Saada-Robert (ed.), *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation* (p. 253-273). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
- Gaudiello, I., Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, 58(1), 17-40 [en ligne].
- Gibson, E.J. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Annual review of psychology*, 39(1), 1-42.
- Kamga, R. (2019). *Analyse de la compétence de résolution collaborative de problèmes des futur (e) s enseignant (e) s de l'enseignement primaire*. Thèse de doctorat. Université Laval.
- Leblanc, S., Gaudin, C. (2020). Exploiter les corpus vidéo à des fins de recherche: innovations méthodologiques et effets sur les pratiques en sciences de l'éducation. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 55 [en ligne].
- Linard, M. (1989, 1990, 1996, nouv. éd. actualisée et augmentée d'une post-face). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris : L'Harmattan, coll. Savoir et formation.
- Matuk, C., Tissenbaum, M., Schneider, B. (2019). Real-time orchestrational technologies in computer-supported collaborative learning : An introduction to the special issue. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 14(3), 251-260 [en ligne].
- Menon, D., Bp, S., Romero, M., Viéville, T. (2019). Going beyond digital literacy to develop computational thinking in K-12 education. L. Daniela, *Smart Pedagogy of Digital Learning*, Abingdon-on-Thames : UK. Taylor & Francis (Routledge), 9780367333799.
- Misirli, A., Komis, V. (2016). Construire les notions de l'orientation et de la direction à l'aide des jouets programmables : Une étude de cas dans des écoles maternelles en Grèce. *L'École primaire et les technologies informatisées : Des enseignants face aux TICE*, 17, 17-28.
- Ness, D., Farenga, S. J. (2016). Blocks, bricks, and planks: Relationships between affordance and visuo-spatial constructive play objects. *American Journal of Play*, 8(2), 201-227.
- Paillé, P. (2007). La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante: douze devis méthodologiques exemplaires. *Recherches qualitatives*, 27(2), 133-151.

- Paquette, G., Bourdeau, J., Henri, F., Basque, J., Léonard, M., Maina, M. (2003). Construction d'une base de connaissances et d'une banque de ressources pour le domaine du téléapprentissage. *Revue STICEF*, 10, 1-17 [en ligne].
- Peraya, D. (2019). Les Learning Analytics en question. *Distances et médiations des savoirs*, 25 [en ligne].
- Peraya, D., Luengo, V. (2019). Les Learning Analytics vus par Vanda Luengo. Entretien. *Distances et médiations des savoirs*, 27 [en ligne].
- Pesce, S. (2014). Rhétorique du dialogisme : épistémologie, éthique et organisation de l'interaction dialogique dans la classe. *Etudes de linguistique appliquée*, 1, 99-108.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Reimann, P. (2009). Time is precious: Variable-and event-centred approaches to process analysis in CSCL research. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(3), 239-257.
- Romero, M. (2017). *CreaCube, analyse de la résolution créative de problèmes par le biais d'une tâche de robotique modulaire*. Journées Nationales de la Recherche en Robotique (JNRR), 8 au 10 novembre, Biarritz.
- Romero, M. (2018). Développer la pensée informatique pour démystifier l'intelligence artificielle. *1024. Bulletin de la société informatique de France*, 12, 6775.
- Romero, M. (2019). Analyser les apprentissages à partir des traces. Des opportunités aux enjeux éthiques. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, (26).
- Romero, M., Alexandre, F., Viéville, T., Giraudon, G. (2020). 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 d'Intelligence Artificielle*, 108, 2427.
- Romero, M., DeBlois, L., Pavel, A. (2018). Créacube, comparaison de la résolution créative de problèmes, chez des enfants et des adultes, par le biais d'une tâche de robotique modulaire. *MathémaTICE*, 61 [en ligne].
- Romero, M., Dupont, V., Pazgon, E. (2016). À gauche ou à droite du robot ? Test de perspective décentrée gauche-droite par le biais d'une activité sur papier et d'une activité de robotique pédagogique. *Actes du colloque CIRTA 2016 Dépassons nos frontières*, 52-53.
- Romero, M., Sanabria, J. (2017). Des projets de robotique pédagogique pour le développement des compétences du XXI<sup>e</sup> siècle. Dans Romero, M., Lille, B. Patino, A. (ed.). *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXI<sup>e</sup> siècle*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Sanchez, E., & Luengo, V. (2017). Traces numériques d'interaction, un nouveau paradigme méthodo-logique pour la recherche en e. Education et e. Formation ?. *Les Grands Challenges des ORPHEE RDV'2017*, 20.
- Simonian, S. (2014). L'affordance socioculturelle : une approche éco-anthropocentrée des objets techniques. Le cas des environnements numériques d'apprentissage, sous la responsabilité scientifique de B. Albero, soutenue à l'Université Rennes 2, le 17 novembre.
- Tardif, M., Borges, C., Malo, A. (eds). (2012). *Le virage réflexif en éducation : Où en sommes-nous 30 ans après Schön ?* Bruxelles : De Boeck.
- Theureau, J. (2015). *Le cours d'action: l'enaction & l'expérience*. Toulouse: Octarès.
- Thievenaz, J. (2017). *De l'étonnement à l'apprentissage : enquêter pour mieux comprendre*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Wise, A.F., Hsiao, Y-T. (2019). Self-regulation in online discussions: Aligning data streams to investigate relationships between speaking, listening, and task conditions. *Computers in Human Behavior*, 96, 273-284 [en ligne].