

Grille de lecture de la compétence de résolution collaborative de problèmes dans le cadre des activités de robotique pédagogique

Raoul Kamga¹, Margarida Romero² et Sylvie Barma³

¹*Université du Québec à Montréal, Québec, Canada*

²*Université Côte d'Azur, Nice, France*

³*Université Laval, Québec, Canada*

Pour citer cet article :

Kamga, R., Romero, M. et Barma, S. (2022). Grille de lecture de la compétence de résolution collaborative de problèmes dans le cadre des activités de robotique pédagogique. *Didactique*, 3(2), pp. 4-31. <https://doi.org/10.37571/2022.0201>

Résumé : L'importance de développer la compétence de résolution collaborative de problèmes des futurs enseignants de l'enseignement primaire a été soulignée par plusieurs études. Cependant, l'évaluation de cette compétence selon les actions déployées durant les activités de robotique pédagogique demeure très peu documentée. L'objectif de notre étude est de proposer aux enseignants une grille d'évaluation de la compétence de résolution collaborative de problèmes selon les différentes actions constituant l'activité de robotique pédagogique. Nous avons analysé une activité de robotique pédagogique réalisée par une équipe de quatre futurs enseignants de l'enseignement primaire, en mobilisant les concepts d'activité, d'action et d'opération de la théorie de l'activité et la matrice de résolution collaborative de problèmes proposée par Kamga (2019). Les résultats obtenus permettent de proposer une grille constituée de cinq actions : la modélisation de la construction du robot, la construction du robot, la modélisation du programme du robot, la programmation du robot et sa mise à l'essai et l'organisation de l'équipe.

Mots-clés: résolution collaborative de problèmes; robotique pédagogique; évaluation

Introduction

L'importance de développer la résolution collaborative de problèmes (RCP) des futurs enseignants a été soulignée par plusieurs études (Ahonen et coll., 2018; Csanadi et coll., 2020; Stewart et coll., 2021; Zsoldos-Marchis, 2015). L'enjeu réside désormais dans l'identification et l'étude des contextes et des activités propices au développement de la RCP. C'est ainsi que des études se sont intéressées à la RCP dans différents contextes intégrant le numérique (Bause et coll., 2018; Mercier et Higgins, 2014). Par exemple, la RCP a été analysée dans les activités de simulation (Chang et coll., 2017; Lin et coll., 2020) et d'apprentissage par le jeu (Bauer et Popović, 2017; Kang et coll., 2019; Sun et coll., 2020). Bien que l'analyse de la RCP ait fait l'objet d'étude de plusieurs recherches dans le domaine du numérique en éducation (Avouris et coll., 2003; Chien et coll., 2016; Cukurova et coll., 2018; O'Neil et coll., 2003), son évaluation dans les activités de robotique pédagogique (RoPé) demeure très peu étudiée. L'évaluation de la RCP dans le cadre des activités de RoPé engage deux éléments multidimensionnels. D'une part, la compétence de RCP est constituée de plusieurs composantes qui sont chacune caractérisées par plusieurs sous-composantes. L'évaluation de la compétence en tenant compte des composantes et sous-composantes relève un défi, notamment en situation d'apprentissage authentique dans un contexte de classe. D'autre part, les activités de RoPé constituées des problèmes avec une certaine marge créative présentent de nombreuses possibilités de développer tant le processus que le type de solution au problème. Ce type d'activités engage plusieurs phases allant de la modélisation de la construction du robot à sa programmation et sa mise à l'essai (Kamga, 2019). De plus, dans un contexte de classe, parfois seule la phase de programmation et de mise à l'essai du robot est demandée aux élèves ou encore les différentes équipes ne résolvent pas le problème de la même façon ou n'abordent pas les différentes phases au même moment. Ceci rend souvent la tâche difficile pour l'enseignant qui souhaiterait évaluer cette compétence en salle de classe. Pour dépasser ce défi méthodologique, nous proposons d'identifier les sous-composantes de la RCP qui peuvent être mobilisées au cours de chacune des phases des activités de RoPé. Ceci permettrait de mieux les développer dans le cadre de ces activités. L'objectif de cette étude est d'identifier les sous-composantes de la résolution collaborative de problème susceptibles d'être mobilisées pendant les activités de RoPé présentant les problèmes avec plusieurs possibilités de solutions. La matrice est complétée avec l'analyse des actions et opérations.

Cadre théorique

Matrice de résolution collaborative de problèmes

La résolution collaborative de problèmes (RCP) se définit comme l'engagement effectif d'une personne avec une ou plusieurs autres personnes ou des agents informatiques dans une résolution de problèmes nécessitant une souplesse dans le fonctionnement de l'individu et de l'équipe, un partage de ressources, une compréhension et des prises de décisions collectives pour un objectif collectif (Romero et Kamga, 2016). Ainsi, la RCP intègre à la fois des composantes de la collaboration et celles de la résolution de problèmes. Il existe plusieurs modèles de RCP qui sont développés et mobilisés dans la littérature scientifique selon les objectifs et les contextes des études (Häkkinen et coll., 2016; Hesse et coll., 2015; Sun et coll., 2020; Tawfik, Sánchez et Sarapova, 2014). Ces différents modèles n'abordent pas explicitement la recherche et le partage des ressources externes au problème à résoudre comme étant une dimension caractéristique de la compétence de RCP. À cet effet, on pourrait penser que les différents problèmes à résoudre qui sont proposés aux solutionneurs intègrent dans leur énoncé toutes les informations nécessaires pour les résoudre. Ce qui n'est pas le cas des problèmes mobilisés dans nos recherches.

Dans cette étude, nous visons l'analyse d'une activité de robotique pédagogique (RoPé) à partir de la matrice de RCP proposée par Kamga (2019). Cette matrice est développée à partir d'une analyse critique et d'une extension du référentiel de la compétence de RCP du Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) (Organisation pour la Coopération et le Développement Économique, 2013). Considérant les limites des composantes de la RCP de PISA, cette matrice intègre de manière complémentaire la recherche et le partage d'informations externes, mais également le prototypage de solutions dans un processus itératif pour permettre de considérer la RCP en RoPé. En effet, ce type d'activités présentant un problème avec de nombreuses possibilités de solutions nécessitent souvent une recherche d'informations par l'équipe pour résoudre le problème posé et aussi de tester et améliorer plusieurs prototypes de solutions. Cette matrice de RCP est structurée en cinq composantes constituées chacune de quatre sous-composantes, pour un total de vingt sous-composantes. Le tableau 1 présente cette matrice. La première composante met en exergue la mise en place d'une compréhension partagée du problème à résoudre par l'équipe. La deuxième composante quant à elle s'intéresse à l'implémentation des décisions prises pour résoudre le problème. La troisième composante diffère des deux premières par son intérêt particulier sur l'organisation de l'équipe durant l'activité. La quatrième composante de cette matrice met l'accent sur le processus itératif de la résolution de problèmes alors que la cinquième fait appel à la recherche et l'exploitation de l'information.

Tableau 1. Matrice de RCP

Processus de résolution de problèmes	Composantes de la RCP	(1) Établir et maintenir une compréhension partagée	(2) Entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème	(3) Établir et maintenir l'organisation de l'équipe	(4) Co-réguler itérativement des solutions intermédiaires	(5) Rechercher et partager des ressources externes
(A) Explorer et comprendre		(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe	(A2) Découvrir le type d'interaction collaborative pour résoudre le problème ainsi que les buts	(A3) Comprendre les rôles pour résoudre un problème	(A4) Développer la confiance, l'acceptation de l'échec et la résilience lors de l'évaluation des solutions intermédiaires au problème.	(A5) Rechercher les ressources externes qui peuvent aider à résoudre le problème
(B) Représenter et formuler		(B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé)	(B2) Identifier et décrire les tâches à effectuer	(B3) Décrire les rôles et l'organisation de l'équipe (protocole de communication/règles d'engagement)	(B4) Être capable de concevoir la résolution de problèmes comme une approche itérative orientée vers des prototypes	(B5) Extraire et partager les informations avec les autres membres de l'équipe
(C) Planifier et exécuter		(C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre	(C2) Mettre les plans en œuvre	(C3) Suivre les règles d'engagement (par exemple, inciter les autres membres de	(C4) Co-réguler des efforts comme des itérations de solutions intermédiaires qui	(C5) Se mettre d'accord avec les autres membres de l'équipe sur la façon d'utiliser les ressources

Processus de résolution de problèmes	Composantes de la RCP	(1) Établir et maintenir une compréhension partagée	(2) Entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème	(3) Établir et maintenir l'organisation de l'équipe	(4) Co-réguler itérativement des solutions intermédiaires	(5) Rechercher et partager des ressources externes
		ou entreprises		l'équipe à accomplir leurs tâches.)	conduisent vers une solution optimale	
(D) « Monitorer » et réfléchir		(D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée	(D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes	(D3) « Monitorer », fournir des rétroactions et adapter l'organisation de l'équipe et les rôles.	(D4) Évaluer les avantages et les inconvénients des solutions intermédiaires et adapter des prochaines itérations en conséquence	(D5) Évaluer avec les autres membres de l'équipe l'efficacité des ressources utilisées

Théorie de l'activité : activité, actions et opérations

La théorie de l'activité est mobilisée pour comprendre l'activité humaine à travers les interactions d'un individu ou d'un groupe d'individus avec son environnement et sa communauté (Engeström, 1999; Sannino et coll., 2018). Ces dernières années, plusieurs études l'ont mobilisée pour comprendre les activités de RoPé. Par exemple, l'étude de Forsström (2019) a analysé le rôle joué par l'enseignant pendant les activités de RoPé. Le système d'activité a été mobilisé dans l'apprentissage des mathématiques pour comprendre l'interaction entre le rôle des enseignants, la collaboration des élèves, la conceptualisation de l'objet de l'activité et la mobilisation des outils mathématiques et robotiques par les élèves. Quant à l'étude de Camilleri (2017), elle mobilise cette théorie pour proposer aux enseignants un cadre d'intégration pédagogique des robots dans

l'enseignement primaire, qui tient compte du matériel à utiliser et des résultats d'apprentissage attendus. La théorie de l'activité permet aussi de décrire l'interaction entre les apprenants, les robots qu'ils manipulent et les autres outils médiatisant leur activité (Damiani et Ascione, 2017). Selon la théorie de l'activité, toute activité est associée à un motif et médiatisée par des outils conceptuels ou matériels (Sannino et coll., 2018). C'est dans cette perspective que Leont'ev (1984, p.210) conçoit une activité comme étant « un processus impulsé et orienté par un motif, c'est-à-dire par ce en quoi tel ou tel besoin se trouve objectivé ». Le motif peut être conscient ou pas, mais l'activité quant à elle vise la transformation de l'environnement à travers un ensemble d'actions et d'opérations (DeVane et Squire, 2012). L'activité est collective et les actions entreprises selon un but partagé sont individuelles. Par exemple, dans le cas des futurs enseignants participant aux activités de RoPé présentes dans leur parcours académique, leur motif peut être de développer leur compétence en mobilisation pédagogique des technologies robotiques: ils partagent une activité, mais chacun d'entre eux effectuera des actions individuelles qui participeront à la poursuite de l'activité.

Selon Leont'ev (1978), une activité est constituée de trois niveaux : l'activité elle-même, les actions et les opérations, que nous définirons plus loin. Class (2001), récapitule ces trois niveaux dans le tableau 2 en précisant par quoi ils sont orientés et par qui ils sont menés.

Tableau 1. Niveaux d'une activité (Class, 2001)

Niveaux de l'activité	Orienté par	Mené par
Activité	Objet/objectifs	Communauté
Action	But	Individu ou sous-groupe
Opération	Conditions de réalisation	Individu (routine) ou machine

L'activité, niveau supérieur de l'activité humaine, est un ensemble d'actions ou une chaîne d'actions (Leont'ev, 1984). Une même action peut être mobilisée dans plusieurs activités. Selon Leont'ev (1984), une action est « un processus soumis à la représentation du résultat qui doit être atteint, c'est-à-dire un processus soumis à un but conscient » (p.113). Ainsi, l'action dépend du but, que le sujet voudrait atteindre. Par exemple lors d'une activité de RoPé, on pourrait observer, comme actions et comme chaîne d'actions, la conception du programme informatique précédée de sa modélisation. Une action est constituée d'aspects intentionnels (le but) et opérationnels (le procédé par lequel le sujet atteint le but) (Leont'ev, 1984). Nous venons ainsi de souligner l'aspect intentionnel de l'action. Nous allons actuellement présenter son aspect opérationnel.

Pour Leont'ev (1984) une action est constituée de plusieurs opérations, qui sont les moyens et les conditions par lesquels l'action s'accomplit. Selon Nussbaumer (2012), les opérations sont la mécanique de la poursuite des buts. Elles sont influencées par les conditions, l'environnement, les expériences du sujet et les outils, et sont essentiellement individuelles. Les opérations n'ont pas d'objectifs propres, mais ajustent les actions aux situations présentes (Huang et Lin, 2013).

Il existe une relation dynamique entre l'activité, les actions et les opérations. En effet, une activité peut se transformer en action, et vice versa. De la même manière, une action peut se fractionner en opérations et vice versa (Leont'ev, 1984). Ainsi, chacune des quatre phases d'une activité de RoPé pourrait être une action dans certains cas ou une activité dans d'autres cas.

Activité de RoPé et matrice de RCP: actions et opérations

Les activités de robotique pédagogique (RoPé) mobilisent des robots ou des composantes des trousseaux robotiques pour développer des compétences ou atteindre des objectifs d'apprentissage par la réalisation des activités de construction ou de programmation du robot (Romero et Kamga, 2016). Elles sont constituées de quatre phases : le design du robot, la construction du robot, la modélisation du programme du robot et la programmation et la mise à l'essai du robot (Kamga, Romero, Komis et Mirsili, 2017). Il s'agit des phases exécutées de manière non linéaire dans une activité de RoPé, car, elles sont interdépendantes. Dans les salles de classe, parfois les activités de RoPé ne concernent que certaines de ces phases. Par exemple, les activités qui impliquent l'usage des robots déjà construits tels que Thymio ou Sphero mobilisent uniquement les phases de modélisation de la programmation du robot ou de la programmation du robot et la mise à l'essai. Dans cette étude, nous visons à identifier les sous-composantes de la matrice de RCP pouvant être mobilisées dans une activité de RoPé selon qu'elle intègre en partie ou en totalité les différentes phases citées ci-dessus.

Questions de recherche

Dans le but de comprendre la résolution collaborative de problèmes (RCP) dans une activité de robotique pédagogique (RoPé), cette étude vise à répondre à deux questions de recherche.

- Question 1 (QR1) : quelles sont les différentes actions identifiées dans l'activité de RoPé ?
- Question 2 (QR2) : quelles sont les composantes et sous-composantes de la matrice de RCP identifiées dans l'activité de RoPé?

Méthodologie de collecte et d'analyse de données

L'analyse de l'activité est réalisée à partir d'une analyse détaillée de l'ensemble des actions et opérations au cours d'une activité de robotique pédagogique (RoPé). Les participants à cette étude sont une équipe de quatre futurs enseignants de l'enseignement primaire. Nous les avons codifiés comme T1, T2, T3 et T4. L'activité de RoPé mobilisée dans cette étude intègre les différentes phases de la RoPé. C'est une activité qui a invité les participants à dessiner, construire et programmer une grue dont le fonctionnement est sécuritaire. Cette activité s'est déroulée durant 1,5 heure. Pour réaliser l'activité, les participants disposaient d'une trousse de robotique LEGO WeDo 1.0 et du logiciel de programmation Scratch. L'activité de RoPé était précédée de 90 minutes d'initiation à la programmation sur Scratch et d'exploration de la trousse de robotique LEGO WeDo 1.0.

L'activité a été enregistrée et transcrite. L'analyse du contenu du verbatim a été faite selon les étapes d'analyse de contenu (Barma, 2008) en admettant l'existence de certaines catégories avant le début de l'analyse de contenu, avec la possibilité que d'autres catégories émergent pendant l'analyse. Cette analyse a permis d'identifier les différentes actions présentes dans l'activité de RoPé. Les actions retenues à la base comme pouvant être mobilisées durant l'activité correspondent aux quatre phases de la RoPé identifiées par Kamga et coll. (2017) : le design du robot, la construction du robot, la modélisation du programme du robot et la programmation et la mise à l'essai du robot. Pour quantifier l'importance de chaque action, nous avons utilisé les tours de paroles des participants. Un tour de paroles représente pour nous le moment délimité d'une part, par la prise de parole d'un participant et d'autre part par une prise de parole d'un autre participant (Haapasaari, Engeström et Kerosuo, 2016).

Résultats

Résultats sur les actions identifiées dans l'activité de robotique pédagogique (RoPé) (QR1)

L'analyse du verbatim de l'activité a permis d'identifier 15 actions, de nombres d'occurrences variés, déployées par les participants. Certains propos ne correspondaient à

aucune action déployée dans le but de réaliser l'activité de RoPé. Par exemple, T3 prend la parole pour parler de la faim ou de la fatigue comme l'illustre cet extrait de verbatim :

T3 : Je suis fatiguée. Bon...

(Document de transcription, ligne 30)

T3 : J'ai faim

(Document de transcription, ligne 346)

Ainsi, pour ce type de propos nous recensons un ensemble de 15 apparitions pour un total de 36 tours de paroles. Le tableau 3 récapitule les actions identifiées pour l'activité de RoPé. Ce tableau est constitué de 3 colonnes dont la première représente les actions identifiées dans l'activité, la deuxième et la troisième sont respectivement les nombres d'occurrences de ces actions et le nombre total de tours de paroles correspondant.

Tableau 3. Actions identifiées dans l'activité de RoPé

Actions identifiées dans l'activité de RoPé	Nombres d'occurrences des actions	Nombres d'occurrences de tours de paroles
Analyse de la solution proposée	45	177
Construction du robot	46	239
Programmation du robot et mise à l'essai	38	201
Modélisation de la construction du robot	31	193
Modélisation du programme du robot	18	103
Propos ou actions non liés à l'activité	15	36
Identification du problème rencontré	5	12
Organisation de l'équipe	5	19
Lecture et compréhension du contenu de l'activité	3	25
Partage des informations	3	20
Communication par l'enseignant des consignes aux participants	3	22
Exposer à l'enseignant les difficultés rencontrées par l'équipe	2	30
Abandon de sa tâche	1	1
Partage d'expérience entre les 2 équipes sur l'activité	1	17
Recherche de l'information sur internet (image de grue)	1	1
Total	217	1096

Nous décrivons uniquement les actions prédominantes de l'activité. Il s'agit des cinq premières actions du Tableau 3 : « analyse de la solution proposée » (177), « construction du robot » (239), « programmation du robot et mise à l'essai » (201), « modélisation de la construction du robot » (193) et « modélisation du programme du robot » (103). Leurs

tours de paroles mis ensemble représentent 83,3% (913) du total de tours de paroles de l'activité.

L'action « analyse de la solution proposée » est décomptée 45 fois pour 177 tours de paroles. Elle représente l'ensemble des séquences de prises de parole prononcées par les participants dans le but de réfléchir sur les actions posées ou de les évaluer. L'extrait suivant illustre un exemple de cette action et présente une discussion entre T2, T3 et T4 sur l'évaluation de la solution de programmation du robot implémentée.

T2 : Ah! Au moins on sait qu'il tourne du bon sens...

T3 : Pourquoi ça a fait cela?

T4 : Ça ne tournait pas du bon sens.

T3 : Non, ça a tiré.

(Document de transcription, lignes 614-619)

Une autre action est la « Construction du robot » et elle est décomptée 46 fois pour 239 tours de paroles. Ces différents déploiements sont constitués chacun d'un ou de plusieurs tours de paroles des participants visant à contribuer à l'assemblage des pièces LEGO pour construire la grue demandée. Dans l'extrait de verbatim suivant, T1 et T2 sont engagés dans la construction de la grue : T2, soutenu par T1, cherche des pièces LEGO pour construire la grue.

T2 : On peut faire exactement la même chose, mais de l'autre côté pour le coincer.

T1 : Qu'est-ce que tu cherches ?

T2 : Un petit morceau gris... Comme ça !

T1 : Je vais quand même te défaire ce morceau-là si tu as besoin d'un plus petit plus tard.

T2 : OK.

(Document de transcription, lignes 223-227)

La troisième action est la « programmation du robot et la mise à l'essai », avec un nombre d'occurrences de 38 pour 201 tours de paroles. Elle est constituée de tours de paroles contribuant à la conception d'un programme sur Scratch, à son transfert dans le robot et son exécution. Dans cette action, les participants identifient et associent de manière logique les blocs du logiciel de programmation Scratch pour permettre au prototype de la grue précédemment construit de fonctionner. L'extrait de verbatim ci-dessous illustre une discussion entre les quatre participants sur la conception et l'implémentation du programme.

T4 : Je vais presser. Je vais l'essayer pour le tester et je vais juste changer cela sinon, pour qu'on puisse le tester quand on veut.

T1 : Sinon, ça peut seulement être pressé quand l'espace est avancé. Aussi simple que cela

T4 : Il faudrait démarrer le moteur.

T3 : Annuler le moteur

T4 : Annuler le moteur... Va annuler pour un temps.

T3 : 5 secondes c'est peut-être long. Peut-être 3. Essaie-le.

T2 : Mais le moteur tourne dans quel sens ? Il ne roulera pas du bon sens.

(Document de transcription, lignes 554-560)

Une autre action est la « modélisation de la construction du robot » avec un nombre d'occurrences de 31 pour 193 tours de paroles. Elle est caractérisée par les séquences de prises de parole contribuant à une représentation ou à une visualisation de la forme que la grue intelligente requise dans l'activité aurait après sa construction. Par exemple, dans l'extrait de verbatim suivant, les participants T1, T2 et T3 modélisent le mécanisme qui permettra à la grue intelligente fonctionner.

T1 : Regarde, une chose comme ça.

T2 : Pour ?

T1 : Là, tu mets le fil, tu mets une barre tu mets le fil là et ça va tourner pour faire monter et descendre le fil.

T2 : Il faudrait que tu l'entres quelque part.

T1 : Ah oui, j'en ai un là. Ici, regarde. Tu mets une barre à l'intérieur.

T3 : Mais si on enroule le fil autour de ça ?

(Document de transcription, lignes 89-94)

Une autre action identifiée est la « modélisation du programme du robot », avec 18 apparitions pour 103 tours. Elle vise à se représenter ou à planifier le programme informatique en ses propres termes avant de l'implémenter dans le logiciel de programmation Scratch. Comme l'illustre l'extrait ci-dessous, T2, T3 et T4 modélisent un programme qui permettra à la grue intelligente de soulever et descendre une charge sans aide manuelle.

T3 : Es-tu capable de faire revenir la distance ? Pour ne pas le dérouler tout le temps.

T4 : Je vais essayer

T2 : Quand la distance est à zéro oui

T4 : Non, mais là je vais faire...

T3 : Il faudrait que le moteur tourne dans l'autre sens

T2 : Oui, quand quelqu'un sera à l'intérieur il faut que ce soit lui qui décide s'il...

(Document de transcription, lignes 548-553)

Résultats de l'analyse de l'activité de robotique pédagogique (RoPé) selon la matrice de résolution collaborative de problème (QR2)

Identification des sous-composantes de la matrice de RCP

L'analyse des composantes de la matrice de RCP montre que toutes les composantes sont représentées, mais pas avec le même nombre de tours de paroles.

En analysant le tableau 4, nous observons que la composante de la RCP la plus représentée est celle visant à établir et maintenir une compréhension partagée (1) avec 575 tours de paroles. La composante qui consiste à entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème (2) est la deuxième composante la plus représentée. Toutefois, elle a un nombre de tours de parole inférieur à la moitié de celui de la première, soit 217. La troisième composante la plus représentée est celle visant à co-réguler itérativement des solutions intermédiaires (4) avec 73 tours de parole. Elle est suivie de la composante qui consiste à rechercher et partager des ressources externes (5) avec 39 tours de paroles. La composante la moins représentée est celle visant à établir et maintenir l'organisation de l'équipe (3), avec 8 tours de paroles.

L'analyse de chaque composante de la matrice permettra d'identifier les différentes sous-composantes à travers lesquelles chacune est mobilisée durant l'activité de RoPé. Le Tableau 4 récapitule les différentes composantes et sous-composantes de la matrice de RCP présentes dans l'activité de RoPé et leurs nombres de tours de paroles respectifs.

Tableau 4. Représentativité des sous-composantes de la matrice de RCP dans l'activité de RoPé

Composantes de la RCP	Sous-composantes	Nombres de tours de parole	Total du nombre de tours de paroles pour chaque composante
(1) Établir et maintenir une compréhension partagée	(D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée	55	575
	(C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises	157	
	(B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème	302	
	(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe	61	
(2) Entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème	(D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes	117	217
	(C2) Mettre les plans en œuvre	77	
	(B2) Identifier et décrire les tâches à effectuer	23	
	(A2) Découvrir le type d'interaction collaborative pour résoudre le problème	0	
(3) Établir et maintenir l'organisation de l'équipe	(D3) « Monitorer », fournir des rétroactions et adapter l'organisation de l'équipe et les rôles	0	8
	(C3) Suivre les règles d'engagement	0	
	(B3) Décrire les rôles et l'organisation de l'équipe	7	
(4) Co-réguler itérativement des solutions intermédiaires	(A3) Comprendre les rôles pour résoudre un problème	1	73
	(D4) Évaluer les avantages et inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations	69	
	(C4) Co-réguler des efforts comme itérations de solutions intermédiaires qui conduisent vers une solution optimale	4	
	(B4) Être capable de concevoir la résolution de problèmes comme approche itérative orientée vers des prototypes	0	
(5) Rechercher	(A4) Développer la confiance, l'acceptation de l'échec et la résilience lors de l'évaluation des solutions intermédiaires	0	39
	(D5) Évaluer avec d'autres membres de	0	

Composantes de la RCP	Sous-composantes	Nombres de tours de parole	Total du nombre de tours de paroles pour chaque composante
et partager des ressources externes	l'équipe l'efficacité des ressources utilisées		
	(C5) Se mettre d'accord avec les autres membres de l'équipe sur la façon d'utiliser les ressources	0	
	(B5) Extraire et partager les informations avec les autres membres de l'équipe	5	
	(A5) Rechercher les ressources externes qui peuvent aider à résoudre le problème	34	

La composante (1) qui consiste à établir et maintenir une compréhension partagée est représentée par toutes ses quatre sous-composantes. La sous-composante la plus représentée est (B1), avec 302 tours de paroles. Elle concerne la construction d'une représentation partagée et la négociation du sens du problème. Par exemple, l'extrait de verbatim suivant illustre comment T3 et T4 essaient de comprendre si la grue à construire doit soulever une charge.

T3 : Là, est-ce qu'il faut que ça soulève une charge ?

T4 : Oui, il faut que ça soulève une charge de 15cm de hauteur. On a une règle ?
Montre-moi donc ce qu'il y a sur le papier. C'était ça ?

(Document de transcription, lignes 76-77)

Avec 157 tours de paroles, la sous-composante C1 qui consiste à communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou des entreprises se situe en seconde position. Dans l'extrait ci-dessous, les participants T1, T2 et T4 discutent de la conception du mécanisme qui permettra à la grue de soulever une charge.

T4 : C'est à ça que je pensais, tu mets ça et tu mets une petite roue ici.

T1 : Regarde, une chose comme ça.

T2 : Pour ?

T1 : Là, tu mets le fil, tu mets une barre tu mets le fil là, et ça va tourner pour faire monter et descendre le fil.

T2 : Il faudrait que tu l'entres quelque part.

(Document de transcription, lignes 88-92)

En troisième et quatrième position, avec respectivement 61 et 55 tours de paroles, viennent les sous-composantes A1 et D1 consistant à découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe et à « monitorer » et réajuster la compréhension partagée. L'extrait ci-dessous illustre un cas dans lequel la sous-composante (A1) est mobilisée par T1, sollicitant ses coéquipiers pour identifier la base de la grue.

T1 : Est-ce qu'on s'entend que la base sera cela ? On va mettre notre grue là-dessus et on va construire à partir de ça.

(Document de transcription, ligne 121)

Dans l'extrait de verbatim qui suit, nous remarquons que les participants s'assurent d'avoir eu une compréhension commune du mécanisme de la grue à construire, une caractéristique illustrant D1. Ainsi, T1 et T2 se sont associées à T3 pour mieux comprendre le type de mouvement à intégrer dans le mécanisme de la grue.

T3 : Mais si au lieu que ce soit le fil, si on dit que c'est ça qui bouge ? Et que la grue va lever comme ça... On ne pourrait pas simplement faire ça ?

T1 : Une grue, ça ne lève pas.

T2 : Non, c'est ça ce n'est pas un mouvement de rotation.

T1 : C'est un mouvement de rotation en fait, ce n'est pas un mouvement de levier.

(Document de transcription, lignes 184-187)

La composante (2) consiste à entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème. Pour cette composante, trois de ses quatre sous-composantes sont représentées. Celle qui n'est pas représentée concerne la découverte du type d'interaction collaborative pour résoudre le problème (A2). La plus représentée est « monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes, avec 117 tours de paroles (D2). Cette sous-composante a généralement été déployée par les participants après avoir implémenté des pistes de solutions pour répondre à un problème. Dans l'extrait suivant, le problème à résoudre est la construction de la grue. Les participants T2 et T4, après avoir construit un modèle de la grue intelligente, analysent leur solution et constatent qu'il n'est pas assez solide.

T2 : On dirait qu'il manque quelques millimètres.

T4 : Oui, regardez j'ai le même problème. Il manque un petit millimètre pour que ce soit parfaitement solide.

(Document de transcription, lignes 284-287)

En deuxième et troisième position, avec respectivement 77 et 23 tours de paroles, émergent les sous-composantes consistant à mettre les plans en œuvre (C2) et à identifier

et décrire les tâches à effectuer (B2). L'extrait, ci-dessous, montre que T2 mobilise la sous-composante (B2) pour souligner à ses coéquipiers les actions à réaliser : dessin du croquis de la grue suivi de celui de la construction.

T2 : Un croquis de la grue, puis de notre construction.

(Document de transcription, ligne 55)

Pour illustrer un exemple de cas à travers lequel la sous-composante (C2) est mobilisée, nous avons choisi celui de T3 qui implémente ses propositions de construction de la grue.

T3 : Oui, je vois... si tu le mets comme ça et que tu viens le brancher comme ça...

(Prend une nouvelle pièce dans une boîte et l'ajoute au montage de T4) « s'adresse à T4 ». (Document de transcription, ligne 159)

La troisième composante (3) consiste à établir et maintenir l'organisation de l'équipe. Les sous-composantes consistant à suivre les règles d'engagement (C3) et à « monitorer », fournir des rétroactions et adapter l'organisation de l'équipe et les rôles (D3) ne sont pas représentées. Les sous-composantes consistant à comprendre les rôles pour résoudre un problème (A3) et à décrire les rôles et l'organisation de l'équipe (B3) sont représentées chacune à travers respectivement 1 et 7 tours de parole.

La sous-composante (A3) a été mobilisée après que T4 souligne à l'équipe que les étapes de leur travail n'avaient pas encore été documentées. Dès lors, T1 a compris qu'il était important qu'une personne s'en occupe et il s'en est ainsi engagé.

T1 : On remplira le cahier après, ce n'est pas grave. Les notes... et bien, je peux le faire (se lève). « s'adresse à T4 ».

(Document de transcription, ligne 459)

Quant à la sous-composante (B3), elle est mobilisée lorsque les participants s'organisent pour identifier la secrétaire. T4 propose d'identifier la secrétaire et T2 propose à T3 de jouer ce rôle.

T4 : Pour la secrétaire ... « s'adresse à T1, T2, T3 » (E sort du local)

T2 : Oui, est-ce que tu veux continuer à... (montre son ordinateur à T3) « s'adresse à T3 »

T3 : Oui, est-ce que je prends mon ordinateur ou on va manquer de place ? (éloigne les objets sur le bureau pour faire de la place) « s'adresse à T1, T2 et T4 ».

(Document de transcription, lignes 22-24)

La quatrième composante de la matrice de RCP (4) consiste à co-réguler itérativement des solutions intermédiaires. Nous observons que seules la sous-composante concernant

l'évaluation des avantages et des inconvénients des solutions intermédiaires et l'adaptation des prochaines itérations (D4) et celle concernant la co-régulation des efforts comme itérations de solutions intermédiaires qui conduisent vers une solution optimale (C4) sont représentées avec respectivement 69 et 4 tours de parole. L'implémentation des solutions intermédiaires a souvent permis aux participants d'analyser les éléments d'échec ou de réussite de ces dernières et de proposer une nouvelle solution en fonction de leur analyse.

T1 : Soit tu empiles les pièces et ça en prend beaucoup, soit tu prends cette pièce et tu la mets à la verticale, mais ça te demande de trouver un moyen... (cherche dans la boîte de matériel) « s'adresse à T4 »

(Document de transcription, ligne 213)

Pendant la construction de la grue, les participants ont souvent fourni des efforts ensemble pour aboutir à une solution. Dans l'extrait suivant, T1, T3 et T4 identifient les types de blocs de LEGO pertinent pour construire leur grue intelligente.

T1 : Si tu mets seulement de petits blocs comme ceux-là? (il cherche des blocs dans sa boîte) Les filles, si on met de petits blocs... OK « s'adresse à T2, T3, T4 »

T4 : Ah non, mais moi j'aurais ajouté celui-là. Comme ça. (il essaie d'ajouter une pièce) Il faut que tu le montes. Si tu fais seulement le coller ça ne sera pas égal « s'adresse à T1, T2, T3 »

T1 : Ils n'ont pas la même hauteur par contre « s'adresse à T2, T3, T4 ».

T3 : Et bien en arrière, ce n'est pas grave si ça finit ainsi. Regarde. Il y a un petit trou ici (montre l'arrière du montage) « s'adresse à T1 ».

(Document de transcription, lignes 335-338)

Deux sous-composantes de la composante (4) ne sont pas représentées. Il s'agit de celle concernant la capacité de concevoir la résolution de problèmes comme approche itérative orientée vers des prototypes (B4) et de celle consistant à développer la confiance, l'acceptation de l'échec et la résilience lors de l'évaluation des solutions intermédiaires (A4).

La dernière composante (5) consiste à rechercher et partager des ressources externes. Deux des quatre sous-composantes se sont manifestées. Il s'agit de celle consistant à extraire et partager les informations avec les autres membres de l'équipe (B5) et de celle visant à rechercher les ressources externes qui peuvent aider à résoudre le problème (A5). Elles ont respectivement 5 et 34 tours de parole. Par exemple, au moment où les participants n'avaient pas la même compréhension du mécanisme de fonctionnement ou

sur la forme de la grue, T4 a recherché les images sur internet, mobilisant ainsi la sous-composante (A5).

T4 : Regarde, on va aller chercher des images de grues.

(Document de transcription, ligne 189)

Les participants ont mobilisé la sous-composante (B5) en partageant les informations obtenues de leur recherche internet. Par exemple, T4 a partagé les images d'une grue trouvées sur internet avec les autres membres pour expliquer le mécanisme de fonctionnement de la grue.

T4 : Regarde, une grue, ça lève... (en parlant des images de grues qu'elle regarde à l'ordinateur) « s'adresse à T1, T2, T3 ».

(Document de transcription, ligne 190)

Les deux autres sous-composantes qui ne sont pas représentées sont celles consistant à évaluer avec autres membres de l'équipe l'efficacité des ressources utilisées (D5) et à se mettre d'accord avec les autres membres de l'équipe sur la façon d'utiliser les ressources (C5).

Résultats de l'analyse croisée entre les composantes de la RCP et les phases de la RoPé

L'analyse croisée de l'activité selon les sous-composantes de la matrice (résultats de QR2), d'une part, et les actions de résolution de problèmes identifiées (résultats de QR1), d'autre part, nous amènent à proposer une grille d'évaluation de la RCP. Il s'agit d'une grille qui identifie les éléments de la matrice que l'enseignant peut évaluer selon les actions mobilisées par les apprenants. Pour construire cette grille d'évaluation, nous avons pris en compte les actions prédominantes dans l'activité de RoPé et en lien avec les phases de la RoPé identifiées par Kamga, Romero, Komis et Mirsili (2017). À ces actions nous avons ajouté l'action « organisation de l'équipe » pour pouvoir évaluer explicitement l'aspect organisationnel d'une équipe, déjà présent dans la matrice de RCP et observé dans l'activité de RoPé. Le tableau 5, ci-dessous, présente la grille d'évaluation de la RCP que nous proposons.

Tableau 5. Grille d'évaluation de la RCP dans une activité de RoPé

Actions	Sous-composantes de la RCP à évaluer
Modélisation de la construction du robot	(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe (B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé) (C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises (D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée (B2) Identifier et décrire les tâches à effectuer (C2) Mettre les plans en œuvre (D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes (D4) Évaluer les avantages et les inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations en conséquence
Modélisation du programme du robot	(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe (B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé) (C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises (D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée (B2) Identifier et décrire les tâches à effectuer (C2) Mettre les plans en œuvre (D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes (D4) Évaluer les avantages et les inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations en conséquence
Construction du robot	(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe (B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé) (C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises (D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée (B2) Identifier et décrire les tâches à effectuer (C2) Mettre les plans en œuvre (D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes (C4) Co-réguler des efforts comme des itérations de solutions intermédiaires qui conduisent vers une solution optimale (D4) Évaluer les avantages et les inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations en conséquence
Programmation du robot et mise à l'essai	(A1) Découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe (B1) Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé) (C1) Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises

Actions	Sous-composantes de la RCP à évaluer
	(D1) « Monitorer » et réajuster la compréhension partagée
	(C2) Mettre les plans en œuvre
	(D2) « Monitorer » les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes
	(D4) Évaluer les avantages et les inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations en conséquence
	(A5) Rechercher les ressources externes qui peuvent aider à résoudre le problème
Organisation de l'équipe	(A3) Comprendre les rôles pour résoudre un problème
	(B3) Décrire les rôles et l'organisation de l'équipe (protocole de communication/règles d'engagement)

Dans ce tableau, nous proposons l'évaluation de cinq actions de la RCP dans une activité de RoPé : la modélisation de la construction du robot, la modélisation du programme du robot, la construction du robot, la programmation et la mise à l'essai du robot, et l'organisation de l'équipe.

Selon cette grille d'évaluation de la RCP, douze des treize sous-composantes identifiées dans l'activité sont évaluées. La sous-composante visant à « extraire et partager les informations avec les autres membres de l'équipe » (B5) est la seule de la matrice de RCP mobilisée dans l'activité de RoPé qui n'y figure pas. La RCP, à travers les actions de modélisation de la construction du robot et de la modélisation du programme du robot, serait évaluée dans les deux cas par les mêmes sous-composantes : « découvrir les points de vue et les habiletés des autres membres de l'équipe » (A1), « construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (espace partagé) » (B1), « communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou entreprises » (C1), « "monitorer" et réajuster la compréhension partagée » (D1), « identifier et décrire les tâches à effectuer » (B2), « mettre les plans en œuvre » (C2), « "monitorer" les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes » (D2) et « évaluer les avantages et inconvénients des solutions intermédiaires et adapter les prochaines itérations en conséquence » (D4).

La RCP, à travers la construction du robot, serait évaluée par neuf sous-composantes de la matrice. Il s'agit des huit sous-composantes permettant d'évaluer les deux actions de modélisations, auxquelles s'ajoute la sous-composante « co-réguler des efforts comme des itérations de solutions intermédiaires qui conduisent vers une solution optimale » (C4). Pour la programmation du robot, à l'exception de la sous-composante « identifier et décrire les tâches à effectuer » (B2), la RCP est évaluée par toutes les autres sous-composantes mobilisées pour son évaluation dans les actions de modélisation de la

construction et du programme du robot. À ces sous-composantes est ajoutée la sous-composante «rechercher les ressources externes qui peuvent aider à résoudre le problème» (A5), lors de la programmation du robot. Pour l'action «organisation de l'équipe», la RCP peut être évaluée à travers deux sous-composantes : «comprendre les rôles pour résoudre un problème» (A3) et «décrire les rôles et l'organisation de l'équipe (protocole de communication/règles d'engagement)» (B3).

Bien que plusieurs sous-composantes permettant d'évaluer la RCP dans cette grille puissent être mobilisées dans plus d'une action, il est important de rappeler qu'elles se manifestent différemment selon l'action à travers laquelle elles sont mobilisées. Par exemple, la sous-composante de la RCP «mettre les plans en œuvre» (C2) peut être mobilisée dans la modélisation de la construction du robot et dans celle de la programmation du robot. Dans la modélisation de la construction du robot, elle peut se manifester par la mise en œuvre des plans pour modéliser la construction du robot. Par ailleurs, dans la modélisation du programme du robot, il s'agirait de concevoir des algorithmes pour programmer le robot.

Discussion

Une des limites de notre étude réside dans la considération d'un tour de parole comme unité de quantification des actions. Cette méthode ne tient pas compte de la durée de tour de paroles ou du nombre de mots qui s'y trouvent. De plus, dans certains cas, un tour de parole peut contribuer à la caractérisation de plus d'une action. Cependant, dans ce le cadre de cette étude, chaque tour de parole contribue généralement à la caractérisation d'une action et on décompte plusieurs cas dans lesquels une action est caractérisée par plusieurs tours de paroles.

L'analyse de contenu mobilisée dans cette étude pour identifier les actions présente quelques limites à l'instar de la gestuelle des participants qui n'est pas considérée. Il serait pertinent de réaliser d'autres études qui permettront de considérer à la fois les tours de paroles et les gestes des participants.

Nous avons identifié cinq actions principales qui prédominent dans l'activité de robotique pédagogique (RoPé) analysée. Il s'agit de : «analyse de la solution proposée», «construction du robot», «programmation du robot et mise à l'essai», «modélisation de la construction du robot» et «modélisation du programme du robot». Ces actions ont donc majoritairement marqué l'activité de RoPé. Les quatre dernières actions

précédemment citées sont liées aux quatre phases de la RoPé (Kamga, Romero, Komis et Mirsili, 2017). La première action « analyse de la solution proposée » est une action mobilisée pour assurer la transition entre les autres actions. Ceci nous permet de proposer un modèle des actions caractérisant l'activité de RoPé. La figure 1 représente le modèle proposé.

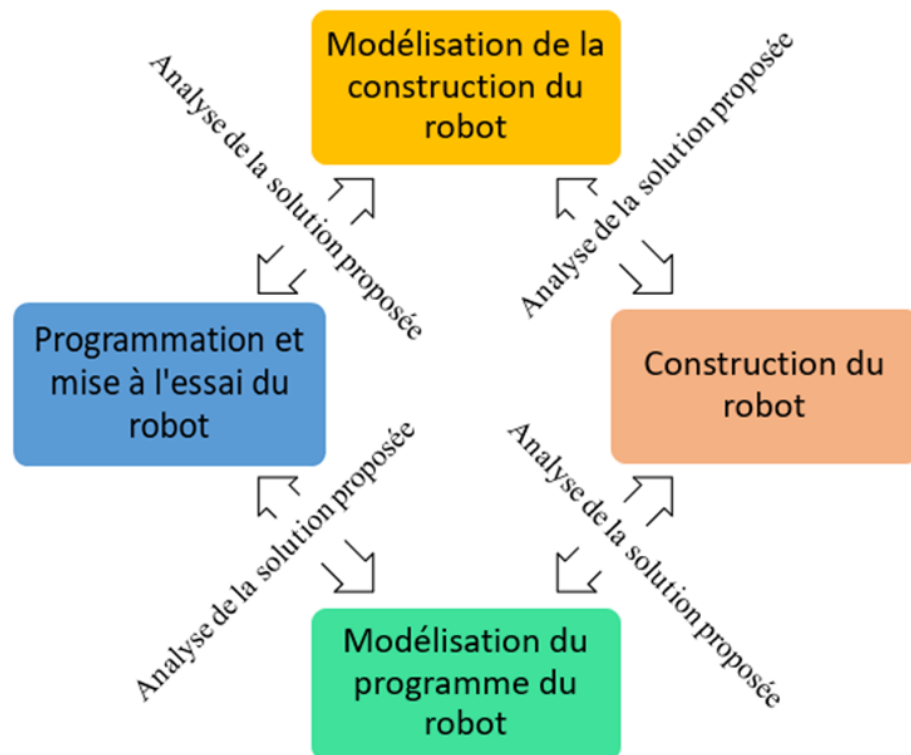


Figure 1. Relation entre les actions prédominantes de l'activité de RoPé

Les résultats de l'analyse de l'activité de RoPé selon les composantes de la matrice de RCP soulignent que deux des cinq composantes de cette matrice sont très peu mobilisées par les participants. Il s'agit des composantes visant à établir et maintenir l'organisation de l'équipe (2) et à rechercher et partager les ressources externes (5). Ainsi, les actions posées par les participants durant l'activité de RoPé sont pauvres dans la recherche d'informations et dans l'organisation de l'équipe. L'étude de Kopp, Hasenbein et Mandl (2014) a aussi souligné un résultat similaire à savoir que l'activité qu'ils ont analysée

était marquée par une pauvre collecte de renseignements par les participants. Cependant, dans leur cas, Kopp, Hasenbein et Mandl (2014) ont analysé les messages du forum et les participants étaient des professionnels qui prenaient part à un cours asynchrone sur la gestion de l'information. Nos résultats rejoignent ceux de Kopp, Hasenbein et Mandl (2014), mais pour le cas des futurs enseignants de l'enseignement primaire et en de RoPé.

Lors de l'analyse de l'activité de RoPé selon les sous-composantes de la matrice de résolution collaborative de problèmes (RCP), nous avons aussi constaté que sept des vingt sous-composantes de cette matrice n'y étaient pas identifiées. Il s'agit des sous-composantes visant à « découvrir le type d'interaction collaborative pour résoudre le problème ainsi que les buts » (A2), à « suivre les règles d'engagement (par exemple, inciter les autres membres de l'équipe à accomplir leurs tâches) » (C3), à « "monitorer", fournir des rétroactions et adapter l'organisation de l'équipe et les rôles (D3) », à « développer la confiance, l'acceptation de l'échec et la résilience lors de l'évaluation des solutions intermédiaires au problème » (A4), à « être capable de concevoir la résolution de problèmes comme une approche itérative orientée vers des prototypes » (B4), à « se mettre d'accord avec les autres membres de l'équipe sur la façon d'utiliser les ressources » (C5) et à « évaluer avec les autres membres de l'équipe l'efficacité des ressources utilisées » (D5). Les treize sous-composantes identifiées dans l'activité de RoPé peuvent être évaluées dans diverses actions de l'activité. Cette étude permet de préciser les sous-composantes de la matrice de RCP susceptibles de ne pas être mobilisées dans une activité de RoPé. Il serait pertinent de réaliser de nouvelles études pour comprendre lesquels des aspects de la compétence de RCP ne sont pas susceptibles d'être développés par les activités de RoPé.

Les modèles de RCP exploités dans les études sur les futurs enseignants (Allen et Blackston, 2003 ; Häkkinen et coll., 2016 ; O'Neil et coll., 2003 ; Tawfik et coll., 2014) ne sont pas opérationnalisés pour analyser cette compétence dans une activité de RoPé. Nos résultats présentent une grille qui permettrait d'évaluer la compétence de RCP des futurs enseignants dans une activité de RoPé et selon les actions qui la constituent. Cette grille permet aussi d'analyser la RCP et elle peut constituer un outil de régulation des apprentissages et d'évaluation formative tant pour les enseignants que pour les apprenants.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de proposer une grille qui pourrait aider les enseignants à évaluer le processus que constitue la résolution collaborative des problèmes dans le cadre d'activités de robotique pédagogique (RoPé). En mobilisant 1) la théorie de l'activité sous l'angle de l'analyse des actions prises par les participants qui s'investissent dans une activité de RoPé (Engeström, 1999; Sannino et coll., 2018) et 2) la matrice de résolution collaborative de problèmes (RCP) proposée par (Kamga, 2019), nous avons identifié cinq actions prédominantes dans l'activité de RoPé et treize sous-composantes de cette matrice. Une analyse croisée de ces éléments a permis de proposer le prototype d'une grille qui pourrait être utilisée par les enseignants pour identifier, dépendamment des actions posées, les différentes sous-composantes de la RCP pouvant être évaluées dans le cadre des activités de RoPé.

Les limites de cette étude sont liées à l'obtention des résultats lors d'une seule activité de RoPé et avec un nombre réduit de participants. Cependant, la méthodologie mise en place permet d'envisager d'autres études avec un nombre de participants plus important et sous d'autres angles d'analyse. Ainsi, d'autres recherches peuvent s'appuyer sur ces résultats pour développer de nouveaux outils ou améliorer la grille proposée. Par exemple, en plus de considérer les tours de paroles dans leur analyse, d'autres études peuvent intégrer les gestes posés par les participants. La recherche sur la RCP doit permettre de considérer la diversité de situations d'apprentissage tant en RoPé qu'avec d'autres artefacts numériques? De programmation ?

Références

- Ahonen, A. K., Häkkinen, P. et Pöysä-Tarhonen, J. (2018). Collaborative problem solving in Finnish pre-service teacher education : A case study. Dans *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (p. 119-130). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-65368-6_7
- Allen, S. J. et Blackston, A. R. (2003). Training preservice teachers in collaborative problem solving : An investigation of the impact on teacher and student behavior change in real-world settings. *School Psychology Quarterly*, 18(1), 22.
- Avouris, N., Dimitracopoulou, A., & Komis, V. (2003). On analysis of collaborative problem solving : An object-oriented approach. *Computers in Human Behavior*, 19(2), 147-167. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00056-0)

- Barma, S. (2008). *Un contexte de renouvellement de pratiques en éducation aux sciences et aux technologies : Une étude de cas réalisée sous l'angle de la théorie de l'activité* [Thèse, Université Laval]. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/20215>
- Bauer, A. et Popović, Z. (2017). Collaborative problem solving in an open-ended scientific discovery game. *Proceedings of the ACM on human-computer interaction*, 1(CSCW), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3134657>
- Bause, I. M., Brich, I. R., Wesslein, A.-K. et Hesse, F. W. (2018). Using technological functions on a multi-touch table and their affordances to counteract biases and foster collaborative problem solving. *International journal of computer-supported collaborative learning*, 13(1), 7-33. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9271-4>
- Camilleri, P. (2017). Minding the gap. Proposing a teacher learning-training framework for the integration of robotics in primary schools. *Informatics in Education-An International Journal*, 16(2), 165-179. <https://doi.org/10.15388/infedu.2017.09>
- Chang, C.-J., Chang, M.-H., Chiu, B.-C., Liu, C.-C., Chiang, S.-H. F., Wen, C.-T., Hwang, F.-K., Wu, Y.-T., Chao, P.-Y., Lai, C.-H. et coll. (2017). An analysis of student collaborative problem solving activities mediated by collaborative simulations. *Computers & Education*, 114, 222-235. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.008>
- Chien, Y.-H., Lin, K.-Y., Yu, K.-C., Hsiao, H.-S., Chang, Y.-S. et Chu, Y.-H. (2016). Collaborative Modes on Collaborative Problem Solving. Dans S. Yamamoto (Éd.), *Human Interface and the Management of Information : Applications and Services : 18th International Conference, HCI International 2016 Toronto, Canada, July 17-22, 2016. Proceedings, Part II* (p. 3-10). Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-40397-7_1
- Class, B. (2001). *Introduction de l'innovation technologique dans l'éducation*. TIE - Technologies Internet et Éducation. <http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/formcont/webmaster2003/tie/ps4/innovation.ps>
- Csanadi, A., Kollar, I. et Fischer, F. (2020). Pre-service teachers' evidence-based reasoning during pedagogical problem-solving : Better together? *European Journal of Psychology of Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00467-4>
- Cukurova, M., Luckin, R., Millán, E. et Mavrikis, M. (2018). The NISPI framework : Analysing collaborative problem-solving from students' physical interactions. *Computers & Education*, 116, 93-109. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.08.007>
- Damiani, P. et Ascione, A. (2017). Body, movement and educational robotics for students with Special Educational Needs. *Italian Journal of Educational Research*, 18, 43-58. <https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/sird/article/view/2256>

- DeVane, B. et Squire, K. D. (2012). 10 Activity Theory in the Learning Technologies. *Theoretical foundations of learning environments*. Dans *Theoretical foundations of learning environments* (2nd ed., p. 242-267). Routledge.
- Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. Dans Y. Engeström, R. Miettinen et R.-L. Punamäki-Gitai (dir.), *Perspectives on Activity Theory*, 19 -38. Cambridge University Press.
- Forsström, S. E. (2019). Role of teachers in students' mathematics learning processes based on robotics integration. *Learning, Culture and Social Interaction*, 21, 378-389. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.04.005>
- Haapasaari, A., Engeström, Y. et Kerosuo, H. (2016). The emergence of learners' transformative agency in a Change Laboratory intervention. *Journal of Education and Work*, 29(2), 232-262. <https://doi.org/10.1080/13639080.2014.900168>
- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P. et Valtonen, T. (2016). Preparing teacher-students for twenty-first-century learning practices (PREP 21): A framework for enhancing collaborative problem-solving and strategic learning skills. *Teachers and Teaching*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1203772>
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K. et Griffin, P. (2015). A Framework for Teachable Collaborative Problem Solving Skills. Dans P. Griffin et E. Care (dir.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (p. 37-56). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9395-7_2
- Huang, C.-H. et Lin, F.-L. (2013). Using activity theory to model the taiwan atayal students' classroom mathematical activity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(1), 213-236. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9381-9>
- Kamga, R. (2019). *Analyse de la compétence de résolution collaborative de problèmes des futur (e) s enseignant (e) s de l'enseignement primaire* [Université Laval]. <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/36794>
- Kamga, R., Romero, M., Komis, V., & Mirsili, A. (2017a). Design Requirements for Educational Robotics Activities for Sustaining Collaborative Problem Solving. Dans D. Alimisis, M. Moro, & E. Menegatti (Éds.), *Educational Robotics in the Makers Era* (Vol. 560, p. 225-228). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_18
- Kamga, R., Romero, M., Komis, V., & Mirsili, A. (2017b). *Identification des difficultés des futur(e)s enseignant(e)s du primaire et du préscolaire en lien avec la compétence de résolution collaborative de problèmes (RCP)*. 5e Sommet de

- l'iPad et du numérique en éducation-4e colloque international en éducation, Canada.
- Kang, J., An, D., Yan, L. et Liu, M. (2019). Collaborative problem-solving process in a science serious game: Exploring group action similarity trajectory. In C. F. Lynch, A. Merceron, M. Desmarais, & R. Nkambou (Eds.), *EDM 2019 - Proceedings of the 12th International Conference on Educational Data Mining* (pp. 336-341). (EDM 2019 - Proceedings of the 12th International Conference on Educational Data Mining). International Educational Data Mining Society.
- Kopp, B., Hasenbein, M. et Mandl, H. (2014). Case-Based Learning in Virtual Groups—Collaborative Problem Solving Activities and Learning Outcomes in a Virtual Professional Training Course. *Interactive Learning Environments*, 22(3), 351-372. <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.680964>
- L'Écuyer, R. (1987). L'analyse de contenu : Notions et étapes. Dans J.-P. Deslauriers (Éd.), *Les Méthodes de la recherche qualitative* (p. 49-65). Presses de l'Université du Québec.
- L'Écuyer, R. (2011). *Méthodologie de l'analyse développementale de contenu*. Presses de l'Université du Québec.
- Leont'ev, A. N. (1984). *Activité, conscience, personnalité* (G. Dupond et G. Molinier, trad.). Éditions du progrès.
- Leont'ev, A. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.
- Lin, P.-C., Hou, H.-T. et Chang, K.-E. (2020). The development of a collaborative problem solving environment that integrates a scaffolding mind tool and simulation-based learning: An analysis of learners' performance and their cognitive process in discussion. *Interactive Learning Environments*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1719163>
- Mercier, E. et Higgins, S. (2014). Creating joint representations of collaborative problem solving with multi-touch technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(6), 497-510. <https://doi.org/10.1111/jcal.12052>
- Nussbaumer, D. (2012). An overview of cultural historical activity theory (CHAT) use in classroom research 2000 to 2009. *Educational Review*, 64(1), 37-55. <https://doi.org/10.1080/00131911.2011.553947>
- O'Neil, H. F., Chuang, S. et Chung, G. K. (2003). Issues in the computer-based assessment of collaborative problem solving. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10(3), 361-373.
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2013). *Pisa Cadre d'Évaluation et d'Analyse du Cycle Pisa 2012. Compétences en Mathématiques, en* Kamga, Romero et Barma, 2022

- Compréhension de l'Écrit, en Sciences, en Résolution de Pro.* Organization for Economic Cooperation & Development.
- Romero, M., et Kamga, R. (2016). *Usages de la robotique pédagogique en éducation primaire selon son intégration disciplinaire et le développement des compétences du 21e siècle.* Conférence scientifique internationale sur les intelligences numériques, Québec. <https://docplayer.fr/20281569-Numeriques-intelligences-programme-digital-intelligence-conference-scientifique-internationale.html>
- Sannino, A., Engeström, Y. et others. (2018). Cultural-historical activity theory : Founding insights and new challenges. *Cultural-historical psychology*.
- Stewart, A. E. B., Keirn, Z. et D'Mello, S. K. (2021). Multimodal modeling of collaborative problem-solving facets in triads. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. <https://doi.org/10.1007/s11257-021-09290-y>
- Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A., Yonehiro, J., Duran, N. et D'Mello, S. (2020). Towards a generalized competency model of collaborative problem solving. *Computers & Education*, 143, 103672.
- Tawfik, A., Sánchez, L. et Saporova, D. (2014). The Effects of Case Libraries in Supporting Collaborative Problem-Solving in an Online Learning Environment. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(3), 337-358. <https://doi.org/10.1007/s10758-014-9230-8>
- Zsoldos-Marchis, I. (2015). Changing pre-service primary-school teachers' attitude towards Mathematics by collaborative problem solving. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 186, 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.100>