

# Analyse de l'agentivité transformatrice dans une activité de robotique pédagogique impliquant la résolution collaborative de problèmes

Raoul Kamga, Sylvie Barma and Margarida Romero

Volume 46, Number 1, Spring 2023

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1099127ar>

DOI: <https://doi.org/10.53967/cje-rce.5143>

[See table of contents](#)

## Publisher(s)

Canadian Society for the Study of Education

## ISSN

0380-2361 (print)

1918-5979 (digital)

[Explore this journal](#)

## Cite this article

Kamga, R., Barma, S. & Romero, M. (2023). Analyse de l'agentivité transformatrice dans une activité de robotique pédagogique impliquant la résolution collaborative de problèmes. *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 46(1), 193–220. <https://doi.org/10.53967/cje-rce.5143>

## Article abstract

Collaborative problem solving is a very important skill for pre-service teachers. Indeed, they will be called upon to solve problems daily basis and to collaborate with other members of the school team or with their students. However, the collaborative problem-solving skill remains very little documented in the research. To contribute to the understanding of this skill, we will analyze it from a new angle, that of transformative agency, and in a context of educational robotics. We mobilize activity theory as a theoretical framework and analyze a pedagogical robotics activity involving a team of four pre-service primary teachers in collaborative problem solving. The results of our analyses highlight the presence of five of the six types of transformative agency expressions. They also highlight that the collaborative problem solving in this educational robotics activity was strongly marked by conflictual situations at the individual and collective levels.



# Analyse de l'agentivité transformatrice dans une activité de robotique pédagogique impliquant la résolution collaborative de problèmes

---

Raoul Kamga

*Université du Québec à Montréal*

Sylvie Barma

*Université Laval*

Margarida Romero

*Université Laval*

## Résumé

La résolution collaborative de problèmes est une compétence clé pour les futurs enseignants du primaire. En effet, ceux-ci seront appelés à résoudre quotidiennement des problèmes et à collaborer avec les autres membres de l'équipe-école ou avec leurs élèves. Cependant, la compétence de résolution collaborative de problèmes demeure très peu étudiée dans la littérature scientifique. Pour contribuer à la compréhension de cette compétence, nous l'analysons sous un nouvel angle, celui de l'agentivité transformatrice, et dans un contexte de robotique pédagogique. Nous mobilisons la théorie de l'activité

---

comme cadre théorique et analysons une activité de robotique pédagogique impliquant une équipe de quatre futurs enseignants du primaire dans la résolution collaborative de problèmes. Les résultats de nos analyses soulignent la présence de cinq des six types d'expressions de l'agentivité transformatrice. Ils soulignent aussi que des situations conflictuelles sur les plans individuel et collectif ont fortement marqué la résolution collaborative de problèmes dans cette activité.

*Mots-clés* : agentivité transformatrice, résolution collaborative de problèmes, robotique pédagogique, approche par compétences, évaluation.

### **Abstract**

Collaborative problem solving is a very important skill for pre-service teachers. Indeed, they will be called upon to solve problems daily basis and to collaborate with other members of the school team or with their students. However, the collaborative problem-solving skill remains very little documented in the research. To contribute to the understanding of this skill, we will analyze it from a new angle, that of transformative agency, and in a context of educational robotics. We mobilize activity theory as a theoretical framework and analyze a pedagogical robotics activity involving a team of four pre-service primary teachers in collaborative problem solving. The results of our analyses highlight the presence of five of the six types of transformative agency expressions. They also highlight that the collaborative problem solving in this educational robotics activity was strongly marked by conflictual situations at the individual and collective levels.

*Keywords*: transformative agency, collaborative problem solving, educational robotics, competency-based education, assessment.

## Introduction

Dans un contexte d'incertitude croissante et d'enjeux sociétaux d'envergure, de multiples auteurs et organismes internationaux identifient la compétence de résolution collaborative de problèmes comme la clé, tant à l'émancipation qu'au développement professionnel des citoyens (Cukurova et al., 2018 ; OECD, 2017 ; Voogt et Roblin, 2012). Kamga (2019) définit la résolution collaborative de problèmes comme

l'engagement effectif d'un individu, avec un ou plusieurs agents, dans un processus de résolution de problèmes qui implique une compréhension commune du problème posé, des prises de décisions collaboratives sur les actions à entreprendre, le partage de ressources et l'adoption d'un fonctionnement souple dans le but d'atteindre un objectif commun. (p. 21–22)

Il s'agit d'une compétence qui nécessite, de chaque membre du groupe, un engagement, une implémentation et une régulation de plusieurs actions en coordination avec d'autres membres.

La compétence de résolution collaborative de problèmes, quoiqu'importante à développer chez les individus, demeure peu explorée dans la littérature scientifique (Häkkinen et al., 2016). Les informations disponibles sur la façon dont se manifeste la résolution collaborative de problèmes durant la réalisation d'une activité donnée sont insuffisantes pour permettre de la cerner. La littérature explore peu sa relation avec l'agentivité transformatrice ; pourtant, celle-ci permet aux personnes impliquées dans une situation paralysante (premier stimulus) d'agir intentionnellement pour s'en affranchir en mobilisant les objets de leur environnement (deuxième stimulus) (Engeström et al., 2020 ; Sannino, 2015a, 2015b). Dans le cadre d'activités de robotique pédagogiques, il existe peu d'informations sur le déroulement de la résolution collaborative de problèmes analysé sous l'angle de l'agentivité transformatrice des participants (Engeström et Sannino, 2013). À l'heure actuelle, les recherches n'expliquent pas comment l'agentivité transformatrice se manifeste au sein d'une équipe engagée dans une activité de robotique pédagogique visant la résolution collaborative de problèmes. Comprendre la manifestation de l'agentivité transformatrice dans une telle activité pourrait contribuer à la mise en place de stratégies ou de ressources pertinentes pour soutenir la résolution

collaborative de problèmes durant les activités de robotique pédagogiques qui sont de plus en plus fréquentes en milieu scolaire.

Cette étude a pour objectif d'analyser l'agentivité transformatrice dans une activité de robotique pédagogique engageant de futurs enseignants du primaire dans une résolution collaborative de problèmes. Elle contribue à mieux comprendre la résolution collaborative de problèmes, en particulier dans une activité de robotique pédagogique présentant plusieurs possibilités de résolution.

La prochaine section présente le cadre théorique de l'étude. Ce cadre introduit l'agentivité transformatrice, sa relation avec l'apprentissage expansif (Engeström, 2020 ; Engeström et Pyörälä, 2021 ; Nummijoki et al., 2018) et la résolution collaborative de problèmes.

## **Cadre théorique**

### **Caractérisation de la résolution collaborative de problèmes par l'agentivité transformatrice**

#### *Agentivité transformatrice*

Avant d'aborder le concept de l'agentivité transformatrice, nous présentons d'abord celui de l'agentivité. L'agentivité constitue un concept clé dans les travaux de Vygotsky (Rieber, 1997), qui la considère comme la capacité d'un individu à maîtriser ses propres actions à l'aide de moyens culturels. Cette définition met l'accent sur les actions posées par l'individu et sur le rôle de médiation des moyens culturels. L'agentivité est également très ancrée dans les travaux développés sous l'approche socioculturelle (Sannino, 2015a). Pour Huang (2014), l'agentivité met l'accent sur les actions d'apprentissage réflexives et autoconscientes. Pour certains auteurs, à l'instar de Yang (2015), l'agentivité met l'accent sur la fixation d'objectifs internes, mettant l'accent sur la maîtrise de soi et les croyances d'autoefficacité, indépendamment de l'apport extérieur. Il s'agit d'une approche plus cognitive de l'agentivité qui ne tient pas compte du contexte culturel ou social tel que perçu par Vygotsky. Dans cette étude, nous considérons l'agentivité à la fois sous l'influence de l'environnement extérieur (contextes social et culturel), mais aussi de caractéristiques internes à l'individu (volonté, croyances), et qu'elle se manifeste par les

actions qu'il pose. L'agentivité peut donc être étudiée en insistant soit sur l'individu, soit sur la collectivité, ou encore sur l'environnement (Sannino, 2015a ; Sannino et al., 2016). Sous une approche socioculturelle, il faut comprendre l'individu tout en considérant également les autres personnes engagées dans l'activité, l'environnement et le système culturel. Il existe plusieurs formes d'agentivité, dont celle analysée dans cette étude : l'agentivité transformatrice.

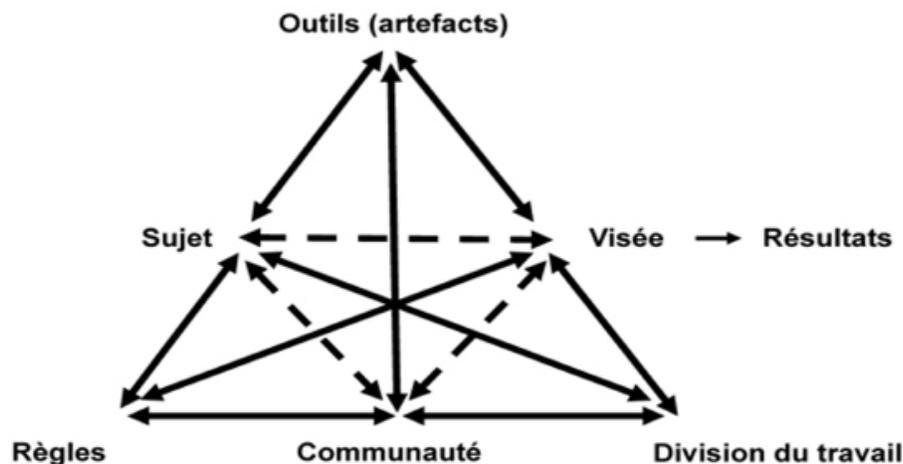
Parmi les études sur l'agentivité, la nôtre cadre avec celles qui abordent l'agentivité transformatrice comme un élément important du changement intentionnel dans l'activité humaine (Haapasaari et al., 2016 ; Klerkx et al., 2010 ; Vänninen et al., 2015). Virkkunen (2006) définit l'agentivité transformatrice comme la rupture entre le cadre d'actions donné et la prise d'initiative pour le transformer. L'agentivité transformatrice se manifeste à travers l'examen des conflits, des perturbations et des contradictions dans les activités et les pratiques de travail locales, en envisageant de nouveaux potentiels de développement et par la prise de mesures pour transformer l'activité (Haapasaari et Kerosuo, 2015). Elle consiste à travailler avec les contradictions<sup>1</sup> au cœur d'un système d'activité et concerne ainsi des actions de remise en question de *statu quo* et la recherche de nouvelles possibilités (Haapasaari et al., 2016). Elle peut être individuelle ou collective. En effet, l'agentivité transformatrice peut être entreprise par un individu, mais connaître une continuité dans un petit groupe ou dans la collectivité. C'est dans ce sens qu'Haapasaari et al. (2016) soulignaient que, bien qu'elles soient entreprises individuellement, ces actions créent leurs sens, leurs conséquences et leurs continuités dans les interactions entre les individus et leur collectivité. L'agentivité transformatrice prend son ancrage épistémologique dans la théorie de l'activité (Bertrand et al., 2017 ; Engeström, 1987 ; Sannino et al., 2016). Cette théorie se voit souvent mobilisée pour accompagner les individus dans le changement de leur milieu ou de leurs pratiques, par l'identification et la résolution de problèmes du milieu (Engeström, 2015). Elle permet de comprendre l'activité des individus par le biais du système d'activité représenté par la Figure 1.

---

1 Définies comme des manifestations discursives et récurrentes de tensions dans un système d'activité.

**Figure 1**

*Un système d'activité qui représente l'objet orienté*



*Note.* Tiré d'Engeström (2015).

L'agentivité transformatrice se manifeste entre autres à travers des prises de parole qui contiennent des expressions d'agentivité. L'approche théorique des expressions de l'agentivité transformatrice qui soutiennent cette étude se base sur les travaux d'Engeström (2011) et la révision d'Haapasaari et al. (2016), qui considèrent « résister » et « critiquer » comme deux types d'expressions distincts de l'agentivité transformatrice donnant lieu à un modèle constitué de six types distincts.

## **Typologie des expressions de l'agentivité transformatrice**

Le modèle des expressions de l'agentivité transformatrice proposé par Haapasaari et al. (2016) est constitué de six types. L'expression de l'agentivité transformatrice de type « résister » souligne une résistance aux initiatives, aux nouvelles suggestions ou aux changements proposés par les participants ou les autres membres de l'équipe. Ce type d'expressions peut prendre la forme de questionnement, d'opposition ou de rejet. Quant à l'expression de type « critiquer », elle se rapporte à la critique de l'activité en cours et de son organisation. Elle est orientée vers le changement et vise à identifier les problèmes dans les méthodes de travail actuelles d'une équipe. En général, cette expression met en lumière le besoin d'un changement dans l'activité. Ce besoin de changement peut amener les participants à expliquer les nouvelles possibilités ou le potentiel de l'activité,

d'où le troisième type d'expressions de l'agentivité transformatrice, « expliquer ». Il met donc l'accent sur les anciennes pratiques approuvées ou sur les expériences positives passées. En effet, ces expériences positives peuvent permettre aux participants de « visualiser le futur », mobilisant ainsi le quatrième type d'expressions de l'agentivité transformatrice. Ce quatrième type d'expressions de l'agentivité transformatrice consiste à envisager de nouveaux modèles pour l'activité future et de nouvelles façons de travailler. Les cinquième et sixième types d'expressions de l'agentivité transformatrice sont respectivement « passer à l'action (futur) » et « prise d'action (passé) ». Le type d'expressions « passer à l'action » implique un engagement à poser de nouvelles actions concrètes pour modifier l'activité et à améliorer la communication en temps et lieu. Enfin, le type d'expressions « prise d'action » implique un rapport des actions prises, qui ont eu des conséquences sur l'activité, entre ou après plusieurs séances d'analyse de l'activité.

Le Tableau 1 présente et caractérise chaque type d'expressions en précisant leurs critères d'identification dans un texte.

**Tableau 1**

*Guide d'analyse des types d'expressions de l'agentivité transformatrice*

Types d'expressions de l'agentivité transformatrice	Critères d'identification
Résister	Résistance aux initiatives, aux nouvelles suggestions ou aux changements proposés par les participants. Cela peut prendre la forme de questionnement, d'opposition ou de rejet.
Critiquer	Critique de l'activité en cours et de son organisation, orientée vers le changement et visant à identifier les problèmes dans les méthodes de travail actuelles. Le plus souvent, la critique met en lumière le besoin d'un changement dans l'activité.
Expliquer	Explication de nouvelles possibilités ou du potentiel de l'activité. Elles sont liées à des expériences positives passées ou à d'anciennes pratiques éprouvées.
Visualiser le futur	Envisager de nouveaux modèles pour l'activité et de nouvelles façons de travailler.
Passer à l'action (futur)	Engagement à poser de nouvelles actions concrètes pour modifier l'activité et à améliorer la communication en temps et lieu.
Prise d'action (passé)	Rapport des actions prises ayant entraîné des conséquences sur les activités entre ou après les séances de laboratoire du changement.

*Note.* Adapté d'Haapasaaari et al. (2016).

### ***Agentivité transformatrice et apprentissage expansif***

L'agentivité transformatrice est une qualité nécessaire à l'apprentissage expansif (Sannino et al., 2016). L'analyse de l'agentivité transformatrice est un moyen utilisé pour consigner la mise en place d'un laboratoire du changement (Lab\_C) et témoigne de la mise en œuvre d'actions expansives lors de la poursuite d'une activité de changement de pratiques par les participants (Engeström, 2015 ; Sannino et al., 2016 ; Virkkunen et Newnham, 2013).

Le Lab\_C trouve sa base théorique dans l'apprentissage expansif (Engeström et al., 2013 ; Engeström et al., 1996 ; Virkkunen, 2006 ; Virkkunen et Newnham, 2013) et est généralement appliqué dans un système d'activité nécessitant un changement majeur (Engeström et al., 2013). Le Lab\_C est une méthode interventionniste qui tient compte de la collaboration entre les praticiens et les chercheurs pour concevoir et expérimenter de nouvelles formes d'activités dans un milieu (Virkkunen et Newnham, 2013). L'intervention du Lab\_C peut être considérée comme un dialogue et un processus de coproduction entre les chercheurs et les praticiens (Virkkunen et Newnham, 2013). Pendant un laboratoire du changement, une nouvelle compréhension est produite sur la nature et l'origine des problèmes dans l'activité ainsi que sur une voie à suivre. Cela permet ainsi aux participants de reconfigurer et de reconceptualiser leur activité (Virkkunen et Newnham, 2013). Cette reconceptualisation de l'activité est comprise à travers l'analyse de l'évolution et la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice entre les différentes séances du laboratoire du changement. Les résultats de l'analyse de la séance précédente guident chaque nouvelle séance. Dans cette étude, nous mobiliserons l'analyse de la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice au sein d'une activité de robotique pédagogique (une seule séance de travail) impliquant les futurs enseignants dans la résolution collaborative de problèmes.

### ***Agentivité transformatrice et résolution collaborative de problèmes***

L'agentivité transformatrice est aussi reliée au principe de la double stimulation développé dans les travaux de Vygotsky (Sannino, 2015a). Comme son nom le souligne, ce principe mobilise deux stimuli : le premier est la situation paralysante, ou la situation problème, à laquelle fait face une personne ou un groupe de personnes ; et le second est le moyen mobilisé pour se sortir de cette situation (Engeström et al., 2020). Ainsi, le principe de double stimulation implique, chez la personne ou le groupe de personnes,

une volonté d’agir sur son environnement, de s’affranchir de la situation paralysante et de poser des actions en mobilisant des artefacts présents dans son environnement et signifiants pour lui. Il s’agit entre autres de l’émergence et de la manifestation de l’agentivité transformatrice. Cette agentivité transformatrice émerge de manière longitudinale et à travers les multiples itérations de la double stimulation (Engeström et al., 2020). Dans le cadre de la résolution collaborative de problèmes complexes, la double stimulation peut être mobilisée à plusieurs reprises et de manière itérative avant que le groupe de personnes n’aboutisse à une solution. En effet, comme souligné précédemment, la résolution collaborative de problèmes complexes nécessite une approche par prototypage dont le prototype de solution s’améliore après chaque itération. Ainsi, la complexité du problème ou de la situation paralysante (premier stimulus) pourrait donner lieu, au moyen d’un deuxième stimulus, à sa décomposition en plusieurs premiers stimuli auxiliaires (premier stimulus 1, premier stimulus 2..., premier stimulus *n*). Pour chaque premier stimulus, on pourrait donc identifier plusieurs deuxièmes stimuli émergés. Les différents premiers stimuli auxiliaires, issus de la décomposition du premier stimulus de départ, peuvent être dépendants. Pour s’affranchir des premiers stimuli auxiliaires (nouvelles situations paralysantes), le groupe doit mobiliser de nouveaux deuxièmes stimuli, et parfois de manière itérative. Les expressions de l’agentivité transformatrice peuvent se manifester durant tout le processus : de l’identification de la situation paralysante de départ à la manifestation et à l’implémentation de la volonté de s’en affranchir par le groupe. L’identification, la quantification et la distribution des expressions de l’agentivité transformatrice dans une activité nous éclairent sur le déroulement de la résolution collaborative de problèmes. Par exemple, elle nous permet d’identifier les stimuli auxiliaires, de comprendre si des conflits ou des propositions constructives marquent la résolution collaborative de problèmes dans une activité donnée. La section suivante présente nos deux questions de recherche.

### ***Questions de recherche***

Nous visons l’étude de l’agentivité transformatrice dans le cadre d’une activité de robotique pédagogique impliquant de futurs enseignants du primaire dans la résolution collaborative de problèmes. Ainsi, les deux questions de recherche (QR) auxquelles tentera de répondre notre étude sont :

QR1. Quels sont les types d'expressions de l'agentivité transformatrice présents dans une activité de robotique pédagogique qui implique de futurs enseignants du primaire dans la résolution collaborative de problèmes ?

QR2. Comment les types d'expressions de l'agentivité transformatrice sont-ils distribués dans une activité de robotique pédagogique qui implique de futurs enseignants du primaire dans la résolution collaborative de problèmes ?

## Méthodologie

Cette partie présente les caractéristiques des participants, le contexte d'étude et la méthode d'analyse de données mobilisée dans cette étude.

### Participants et contexte de l'étude

Les participants mobilisés dans cette étude sont de futurs enseignants du primaire inscrits en troisième année au baccalauréat en éducation préscolaire et en enseignement primaire. L'étude s'est déroulée avec l'analyse d'une équipe de travail qui participe à un cours d'intégration pédagogique du numérique destiné à l'enseignement primaire. Il s'agit d'un cours qui se déroule sur 15 semaines et pendant lequel les étudiants apprennent à mobiliser de manière pédagogique les usages du numérique au service de l'apprentissage de leurs futurs élèves. Il vise aussi à développer, chez les étudiants, leur esprit d'analyse et d'intégration critique d'usages du numérique au primaire. Cent soixante-deux étudiants sont inscrits à ce cours, parmi lesquels dix-neuf, distribués en quatre équipes, ont accepté de prendre part à la recherche. La formation des équipes a eu lieu lors de la première séance du cours, et l'activité de robotique pédagogique analysée dans cette étude a eu lieu à la dixième séance, soit à la dixième semaine. C'est-à-dire à un moment où les équipes avaient déjà acquis l'habitude de travailler ensemble. Dans cet article, nous analysons l'activité de la seule équipe ayant reconnu avoir rencontré des difficultés durant l'activité. En effet, le laboratoire du changement qui s'appuie sur l'apprentissage expansif ne peut débuter que si l'équipe reconnaît l'existence de problèmes dans l'activité vécue. Ainsi, l'équipe considérée dans cette recherche a été impliquée dans un laboratoire du

changement. Cependant, les résultats de l'analyse du Lab\_C n'étant pas le but de cet article, ils ne sont pas présentés dans ce document. Quatre futurs enseignants forment donc l'équipe analysée dans cette étude.

L'activité proposée à l'équipe est la construction d'une grue intelligente à partir d'un ensemble de robotique pédagogique LEGO WeDo et du logiciel de programmation Scratch. Cette activité présente une grande marge de créativité, avec de nombreuses possibilités de solutions, tant sur le plan de la construction de l'artefact demandé que sur celui de sa programmation. La séance de robotique pédagogique s'est déroulée sur une période de trois heures, comme toutes les autres séances déjà vécues dans ce cours régulier. Le début de la séance de robotique pédagogique a été consacré à l'initiation des étudiants aux activités de programmation à l'aide de Scratch. Ces activités avaient pour but de les préparer à la réalisation de celle portant sur la construction d'une grue intelligente.

### **Méthode d'analyse**

L'analyse est réalisée sur le contenu du discours tenu par les quatre membres (P1, P2, P3 et P4) de l'équipe pendant la tâche de robotique pédagogique et vise à identifier les expressions de l'agentivité transformatrice présentes dans leurs tours de parole. L'analyse est réalisée sur la base du modèle des expressions de l'agentivité transformatrice proposé par Haapasaari et ses collaborateurs (2016) et explicité dans notre cadre théorique. Dans cette étude, ces expressions de l'agentivité transformatrice ont été identifiées dans les tours de parole des participants. Le tour de parole d'un membre de l'équipe est délimité entre le moment où il commence à parler et celui où un autre membre prend la parole. Le fait d'analyser les expressions de l'agentivité transformatrice uniquement lors des tours de parole constitue une limite à ce type d'analyse. En effet, l'agentivité transformatrice se manifeste certes à travers le discours, mais aussi par les actes (Haapasaari et al., 2016). Cependant, dans le but de mieux identifier les expressions de l'agentivité transformatrice dans les tours de parole des participants pendant l'activité de robotique pédagogique, nous avons analysé ces expressions tout en visionnant les vidéos, ce qui nous permet en tout temps de situer en contexte le discours tenu par les participants. Très peu de tours de parole présentaient plusieurs types d'expressions de l'agentivité transformatrice.

---

## Résultats

Les résultats de notre étude sont présentés de manière à répondre aux deux questions de recherche mentionnées plus tôt. La première question de recherche (QR1) vise à identifier les types d'expressions de l'agentivité transformatrice présents dans l'activité de robotique pédagogique réalisée par les futurs enseignants du primaire. Quant à la deuxième (QR2), elle vise à analyser la distribution des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice dans cette activité de robotique pédagogique.

### Résultats sur les types d'expressions de l'agentivité transformatrice

L'identification des types d'expressions de l'agentivité transformatrice (QR1) est présentée dans cette section et s'appuie sur le verbatim de l'activité en tenant compte du contexte (observé sur l'enregistrement vidéo).

#### *Analyse du verbatim des échanges au sein de l'équipe*

L'analyse du verbatim de l'activité réalisée par les quatre participants a permis d'identifier, dans les différents tours de parole, cinq des six types d'expressions de l'agentivité transformatrice énumérés par Haapasaari et al. (2016). Seules les expressions soulignant « la prise d'action passée » n'ont pas été identifiées dans l'activité de robotique pédagogique. En effet, ce type d'expressions est généralement observé dans un laboratoire du changement constitué de plusieurs séances de travail. Ainsi, son absence des résultats de notre analyse n'est pas une surprise, puisque nous analysons une seule activité.

Avant de présenter les fréquences d'apparition des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice identifiés dans l'activité de robotique pédagogique, nous exposons, dans le Tableau 2, des exemples d'extraits de verbatim pour chacun d'eux.

**Tableau 2**

*Exemples des extraits illustrant les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice identifiés dans l'activité de robotique pédagogique*

Type d'expressions de l'agentivité	Exemple extrait <sup>2</sup> du verbatim	Explication de l'exemple
Résister	« P1 : De manière réaliste, tu ne peux pas soulever une charge comme ça [s'adresse à P3] » (ligne 59).	Dans cet extrait, P1 n'est pas d'accord avec une piste de solution proposée par P3 pour modéliser la construction de la grue.
Critiquer	« P1 : C'est difficile de faire un croquis de la grue si l'on ne connaît pas bien le matériel [s'adresse à P2, P3 et P4] » (ligne 56).	Dans cet exemple, P1 critique la méthode de travail. En fait, ce participant trouve qu'il est difficile de faire un croquis sans prendre le temps de connaître le matériel disponible.
Expliquer	« P3 : Parce qu'on aura seulement à placer le fil pour que le tout arrive à 15 cm (regarde P2 et lui montre où placer le fil pour qu'elle comprenne bien) [s'adresse à P2] » (ligne 200).	Dans cet exemple, P3 explique à P2 une nouvelle façon de construire la grue intelligente. Il s'agit d'utiliser le fil à la place des blocs LEGO.
Visualiser le futur	« P1 : On fera la même chose qu'avec la main (fait un mouvement de haut en bas avec sa main) [s'adresse à P2, P3 et P4] » (ligne 67).	Dans cette expression, nous observons P1 qui envisage ce que l'équipe fera à l'étape de la programmation de la grue. En fait, elle mentionne qu'à cette étape, l'équipe fera la même chose que celle précédemment réalisée dans les activités d'initiation à la robotique pédagogique.
Passer à l'action	« P4 : Regarde on va aller chercher des images de grues (prend l'ordinateur et cherche des images de grues) [s'adresse à P1, P2, P3] » (lignes 278–285).	Dans cet extrait, P4 passe à l'action en proposant à l'équipe d'aller faire une recherche d'images de grues afin de pouvoir la matérialiser.

2 Tous les extraits sont tirés du document de verbatim *AI Transcription robotique pédagogique*.

Le Tableau 3 présente les fréquences des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice identifiés dans l'activité de robotique pédagogique.

**Tableau 3**

*Fréquences des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice identifiés dans l'activité de robotique pédagogique*

Types d'expressions de l'agentivité transformatrice	Fréquences	Pourcentage (%)
Résister	295	37,53
Critiquer	178	22,65
Expliquer	149	18,96
Visualiser le futur	111	14,12
Passer à l'action	53	6,74
Total	786	100,00

Il est intéressant de noter la fréquence importante des types d'expressions « résister » et « critiquer ». Par ailleurs, dans cette activité, les types d'expressions « visualiser le futur » et « passer à l'action », pouvant renseigner sur la mobilisation du deuxième stimulus par les participants, sont très peu présents en comparaison aux autres types d'expressions.

### **Résultats sur la distribution des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice selon les participants**

Cette section présente l'analyse de la distribution des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice (QR2) selon les participants et les sujets de discussion.

#### *Analyse de la distribution des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice par participant*

Les informations obtenues dans la partie précédente nous renseignent sur le déroulement de l'activité de l'équipe en lien avec les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice. Cependant, pour obtenir les mêmes informations, mais pour chaque membre de l'équipe, il faut analyser la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice par participant. Cela nous permet de comprendre comment chaque

membre de l'équipe a contribué à la résolution collaborative de problèmes durant l'activité de robotique pédagogique. Pour y arriver, nous avons calculé les cooccurrences entre les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice et les tours de parole de chaque participant. Le Tableau 4 présente les fréquences des différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice pour chaque participant.

**Tableau 4**

*Distribution des expressions de l'agentivité transformatrice par participant (n = 786)*

Participants	Résister	Critiquer	Expliquer	Visualiser le futur	Passer à l'action	Total
P1	68	17	19	29	6	139
P2	67	62	36	22	6	193
P3	66	40	35	25	18	184
P4	91	50	44	35	22	242

Il ressort de ce tableau que P4 est le participant qui produit le plus d'expressions de l'agentivité transformatrice ( $n = 242$ ) et que P1 est celui qui en produit le moins ( $n = 139$ ). P2 et P3 produisent un nombre d'expressions de l'agentivité transformatrice assez équivalent (respectivement  $n = 193$  et  $n = 184$ ).

Lorsque l'on passe de « résister » et « critiquer », vers « expliquer », « visualiser le futur » et « passer à l'action », nous observons une diminution de la fréquence des types d'expressions de l'agentivité transformatrice pour chaque participant. La seule exception observée concerne P1, qui présente une augmentation du nombre d'expressions de « visualiser le futur » par rapport à « expliquer ». Les expressions de rejet ou d'opposition aux idées et aux suggestions prennent plus de place dans la résolution collaborative de problèmes des participants. Ainsi, les propositions et l'implémentation de nouvelles possibilités pour résoudre les problèmes prennent peu de place. Les expressions de l'agentivité transformatrice de type « résister » ont souvent été identifiées dans les échanges entre les participants. Elles concernent plus souvent un questionnement des idées proposées par les uns ou une justification de leurs idées pour les faire accepter. En effet, ce sont des initiatives individuelles qui deviennent collectives. Dans l'extrait de verbatim ci-dessous, nous pouvons remarquer que la résistance commence par une préoccupation personnelle de P1, mais que P2 s'aligne à ce dernier pour expliquer qu'il

désapprouve aussi ; la résistance devient ainsi collective. La résistance, dans ce cas, est liée à l'importance de l'utilisation de l'élastique (une composante de la trousse robotique LEGO WeDo) dans la construction de leur grue intelligente.

P1 : Pourquoi tu veux utiliser l'élastique ?

P2 : Il ne faut pas oublier que ça, c'est un plan de la ville. On ne pourra pas mettre un élastique sur une grue.

P1 : C'est vrai qu'en temps réel, tu ne mettras pas un élastique sur une grue.

P4 : Oui, mais ça ne sera pas un petit élastique, ce sera un gros élastique.

(Lignes 260, 262–264)

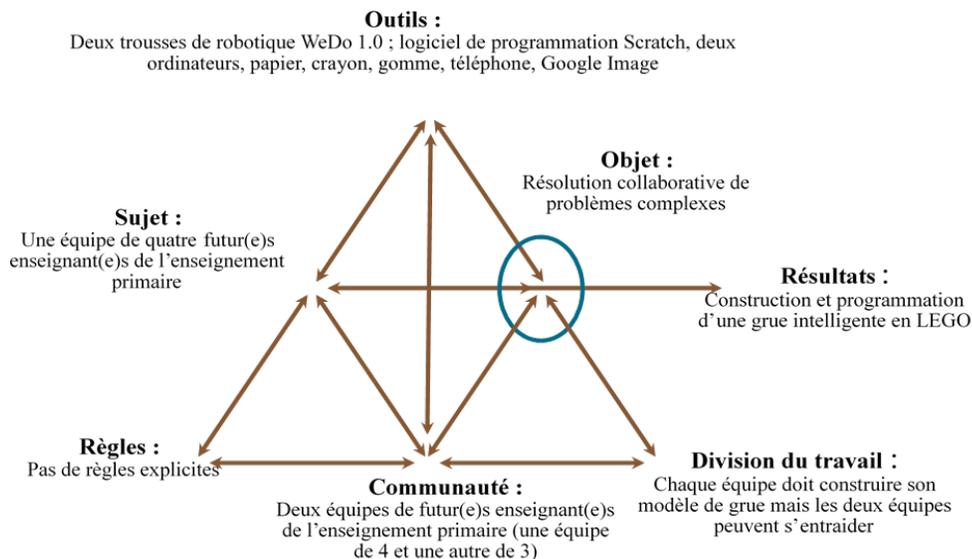
La fréquence élevée pour chaque participant des expressions de l'agentivité transformatrice de type « critiquer » souligne la place importante qu'occupe l'identification du problème ou du premier stimulus dans la résolution collaborative de problèmes pour chacun d'eux. Les résultats précédents nous renseignent sur la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice selon les participants, mais ils ne nous donnent aucune information sur la nature des contenus ayant suscité ces expressions.

### ***Distribution des types d'expressions de l'agentivité transformatrice selon les sujets de discussion***

L'analyse de la distribution des types d'expressions de l'agentivité transformatrice liés aux différents contenus abordés par les participants nous renseigne sur les éléments ayant conduit à leur production. Pour conduire cette analyse, nous avons, dans un premier temps, identifié les différents types de contenus qui pouvaient être abordés et, dans un second temps, couplé ces résultats avec les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice. Pour identifier les différents contenus abordés, nous nous sommes appuyés sur les six pôles du triangle de l'activité d'Engeström (1999) : objet, outils, règles, communauté, division du travail et sujet. La Figure 2 présente le triangle de l'activité qui illustre la caractérisation de chaque pôle dans notre activité.

**Figure 2**

*Système d'activité de l'équipe pour l'activité de robotique pédagogique*



Le sujet de l'activité est l'équipe, formée des participants P1, P2, P3 et P4. L'objet de l'activité est la résolution collaborative de problèmes complexes que les sujets rencontreront pendant cette activité, et son résultat est la construction d'une grue intelligente en LEGO, programmée avec le logiciel Scratch. Pour construire leur grue intelligente, P1, P2, P3 et P4 ont mobilisé plusieurs outils : deux ordinateurs ; deux trousse de robotique WeDo 1.0 ; le logiciel de programmation visuelle Scratch ; le service Google Images ; du matériel scolaire (papier, crayon, gomme à effacer) ; des illustrations (pour expliquer le mouvement de la grue) et des ressources en langue française. L'équipe-sujet (P1, P2, P3 et P4) et d'une deuxième équipe, formée de trois membres (O1, O2 et O3) qui réalisent la même activité dans un local voisin, composent la communauté. La collaboration à l'intérieur de la communauté (entre les deux équipes) était permise et conseillée. Les règles qui ont régi l'activité n'étaient pas explicitées. En fait, l'équipe-sujet a travaillé sans se fixer de règles explicites pour guider la réalisation de son activité. En ce qui concerne la division du travail dans la communauté, chacune des équipes devait réaliser l'activité avec la possibilité de se consulter ou de collaborer. Au sein de chaque équipe, la division du travail relevait de ses membres. Nous ne leur avons proposé aucune structure ni aucun modèle de division du travail à suivre.

Après avoir caractérisé chaque pôle du triangle de l'activité de robotique pédagogique, nous pouvons maintenant analyser et présenter les résultats des différents sujets abordés par les participants.

Le Tableau 5 donne les statistiques de représentativité de chaque contenu abordé. Il ressort de ces analyses que les contenus sont reliés à cinq (5) des six (6) pôles du triangle de l'activité exception faite du pôle du sujet. Ainsi, le pôle du sujet n'a pas mobilisé l'attention des participants. Les discussions des participants pendant l'activité de robotique pédagogique se concentraient majoritairement sur l'objet de l'activité, qui est de résoudre les problèmes en collaboration. Pour l'objet de l'activité, nous observons 852 tours de parole. En seconde position, nous observons des discussions qui portaient sur les outils utilisés dans l'activité avec 100 tours de parole. Les types de contenus peu présents sont les règles, la communauté et la division du travail, avec respectivement 52, 49 et 16 tours de parole.

**Tableau 5**

*Fréquences des différents contenus abordés pendant l'activité de robotique pédagogique*

Pôles du triangle de l'activité	Fréquences d'apparition	Nombres de tours de parole
Objet	60	852
Outils	39	100
Règles	14	52
Communauté	8	49
Division du travail	4	16
Total	125	1069

En couplant les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice aux différents types de contenus abordés par les participants pendant l'activité, nous obtenons les résultats présentés dans le Tableau 6.

**Tableau 6**

*Distribution de types d'expressions de l'agentivité transformatrice en fonction des types de contenus abordés*

Sujets de discussion	Résister	Critiquer	Expliquer	Visualiser le futur	Passer à l'action
Outils	31	19	11	8	1
Règles	11	2	3	0	2
Division du travail	5	0	0	0	4
Communauté	9	6	3	0	0
Objet	243	152	133	103	46
Sujet	0	0	0	0	0

Le contenu ayant produit le plus d'expressions de l'agentivité transformatrice est l'objet de l'activité, et « résister » est le type d'expressions de l'agentivité transformatrice le plus représenté dans chaque contenu abordé. Dans cette activité de robotique pédagogique, les participants ont vécu des situations conflictuelles majoritairement reliées à la résolution de problèmes complexes en collaboration (243 tours de parole), suivies de celles liées aux usages des outils. Les conflits les moins représentés sont ceux liés aux règles, à la communauté et à la division du travail avec respectivement 11, 9 et 5 tours de parole. Les conflits liés aux outils concernaient, par exemple, le nombre élevé de pièces LEGO mis à la disposition des participants pour la construction de la grue. Ce nombre a déstabilisé les participants, car il offrait un grand nombre de possibilités de construction de la grue. Dans l'extrait de verbatim suivant, le participant P1 s'oppose à l'idée d'utiliser des tiges (pièces LEGO WeDo) pour construire la base de la grue par un questionnement. « P1 : Est-ce que nous avons assez de pièces pour qu'on utilise des tiges pour faire la base ? » (Ligne 247).

En ce qui concerne les conflits portant sur les règles (il ne s'agit pas des règles d'organisation de l'équipe, mais de celles reliées à l'activité), ils concernent la réalisation de certaines tâches de l'activité. Par exemple, une des situations conflictuelles rencontrées et qui portaient sur les règles s'est produite lorsque P2 rappelle aux autres membres de l'équipe que le croquis de la grue n'a pas été fait, idée que rejette P3 en soulignant l'avoir déjà fait (voir l'extrait de verbatim suivant). Dans cette situation, un conflit oppose les participants par rapport au respect des consignes. En fait, dans un premier camp, nous avons P2 qui pense que l'équipe n'a pas respecté ce qui est demandé dans l'activité ;

dans le deuxième camp, P3 et P1 soutiennent avoir réalisé partiellement le croquis ; et enfin, dans un troisième camp, P2 qui explique que le croquis ne pouvait être fait avant quelques expérimentations.

P2 : Mais là, je tiens seulement à dire que nous n'avons pas fait de croquis. Et que si on dessine ce que nous avons fait après, ce n'est plus vraiment un croquis. Normalement, un croquis...

P3 : Mais oui, j'avais fait un petit début de...

P1 : Mais on a comme commencé avec ce qu'on voulait...

P4 : On ne peut pas non plus faire un croquis sans expérimenter

P2 : Parce qu'un croquis, c'est dire, par exemple : OK, on a besoin des pièces pour monter ça...

(Lignes 273–277)

Cette situation souligne, d'une part, le problème de compréhension pour les participants des consignes données pour réaliser la construction de la grue intelligente et, d'autre part, la compréhension du rôle du croquis dans la construction de la grue intelligente. Il s'agit là de deux premiers stimuli auxiliaires.

Le dernier type de conflits identifié est celui lié à la division du travail. Il est peu présent, car la division du travail a très peu capté l'attention des participants. Ce conflit est observé lorsque les membres de l'équipe décident d'aller rencontrer l'équipe voisine pour observer ce qu'elle a fait. Comme le souligne l'extrait de verbatim suivant, le conflit naît, dans un premier temps, lorsque P2 prend l'initiative d'aller voir l'équipe voisine et, dans un second temps, lorsqu'il faut décider du nombre de participants qui ira la rencontrer.

P2 : Je vais aller voir à côté.

P3 : OK

P1 : Tu vas aller voir à côté ?

P2 : Oui

P4 : Je vais aller jeter un coup d'œil pour voir.

P2 : Vous pouvez venir si vous voulez.

P4 : On ne peut pas toutes venir en même temps parce qu'on va rester prises.

(Lignes 736–742)

Cette situation démontre un problème de collaboration au sein de l'équipe. Ce problème est résolu grâce aux échanges entre les différents membres de l'équipe.

D'après les résultats de notre analyse, à aucun moment les participants n'ont critiqué leur division du travail, ou encore tenté de l'expliquer, d'envisager ou de passer à l'action dans de nouvelles façons de diviser le travail en équipe.

Les critiques ont été plus importantes lorsque les discussions portaient sur l'objet de l'activité ( $n = 152$ ). Nous observons ensuite que les participants ont critiqué les outils ( $n = 19$ ), les règles ( $n = 2$ ) et la communauté ( $n = 6$ ). Il est important de souligner que les critiques liées aux règles ne concernent pas celles de l'organisation de l'équipe. En fait, l'équipe n'en avait pas d'explicitement définies. L'explication de nouvelles façons de faire ou de nouvelles possibilités ont été exprimées à travers 11 tours de parole en lien avec les outils, 3 en lien avec les règles, 133 sur l'objet de l'activité et 3 sur la communauté. Les participants ont pris les décisions de passer à l'action à travers une expression en lien avec l'outil, 2 en lien avec les règles, 4 reliées à la division du travail et 46 à l'objet. En ce qui concerne les expressions de l'agentivité transformatrice de type « visualiser le futur », les échanges des participants les ont générées 8 fois en lien avec les outils et 103 fois en lien avec l'objet de l'activité. Enfin, aucun échange n'a pu être observé concernant « Envisager les nouvelles façons de faire » en lien avec les règles et la communauté pendant l'activité de robotique pédagogique.

Cette partie nous a permis d'analyser, dans un premier temps, les différents contenus abordés par les participants pendant l'activité de robotique pédagogique, et dans un second temps, le développement des expressions de l'agentivité transformatrice en fonction de ces différents contenus. Il en ressort donc que l'objet de l'activité a été le pôle du système d'activité ayant généré le plus de situations conflictuelles et que les participants ont eu un problème de conceptualisation de cet objet ou du premier stimulus.

## Discussion

La discussion portera sur deux éléments principaux : les types d'expressions de l'agentivité transformatrice et leur distribution dans l'activité de robotique pédagogique durant la résolution collaborative de problèmes.

Nous constatons qu'à l'exception de l'expression de l'agentivité transformatrice de type « prise d'action passée », toutes les autres expressions présentes dans les

activités de laboratoire du changement (Haapasaari et al., 2016) sont identifiées dans cette activité de robotique pédagogique. Le laboratoire du changement, souvent utilisé pour accompagner les équipes de travail dans la modification de leurs pratiques, s'étend habituellement sur plusieurs séances de travail. On y mobilise l'analyse des expressions de l'agentivité transformatrice pour comprendre le processus de changement de pratiques des participants. Ainsi, dans le cadre d'une activité de robotique pédagogique présentant plusieurs possibilités de solutions, cinq des six types d'expressions de l'agentivité transformatrice peuvent être identifiés pour comprendre la résolution collaborative de problèmes des participants.

La forte dominance des expressions de l'agentivité transformatrice de type « résister » et « critiquer » souligne que les participants ont très souvent été en opposition au cours de l'activité et ont aussi passé du temps à essayer de comprendre le problème. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la compréhension partagée des problèmes rencontrés ou des solutions pour les résoudre n'était pas aisée à faire pour ces derniers. La faible représentation du type d'expressions lié à la « prise d'action » souligne les problèmes que les participants ont rencontrés lorsqu'il fallait se décider pour poser des actions de résolution de problèmes en équipe. Il existe une différence prononcée ( $n = 362$ ) entre les fréquences cumulées des types d'expressions « résister » et « critiquer », et celle de « visualiser le futur ». Cette différence expliquerait que les participants aient rencontré des difficultés à se sortir de situations conflictuelles et critiques pour s'orienter vers de nouvelles façons de faire. Autrement dit, le rejet des idées et des propositions des uns et des autres a occupé beaucoup de place dans la résolution collaborative de problèmes, tandis que concevoir et implémenter de nouvelles possibilités de solutions pour s'affranchir de la situation paralysante en ont pris beaucoup moins (Engeström et al., 2020 ; Sannino, 2015b). Pour poursuivre, discutons de la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice selon les participants et les thèmes.

Les différents types d'expressions de l'agentivité transformatrice identifiés au sein de l'équipe pendant l'activité de robotique pédagogique varient selon les participants et les types de contenus qu'ils abordent. En observant d'abord la distribution de l'ensemble des types d'expressions de l'agentivité transformatrice, tous les participants ont produit des expressions de l'agentivité transformatrice, mais dans des proportions différentes. Par exemple, P1 est le participant ayant de loin produit le moins d'expressions de l'agentivité transformatrice. Cela peut s'expliquer, d'une part, par le fait qu'il a le nombre de tours

de parole le plus faible de l'équipe, et d'autre part, par son implication durant l'activité. En effet, il a régulièrement été impliqué dans la prise de notes durant l'activité. Il s'agit d'une tâche qui ne demande pas à P1 de s'exprimer verbalement de manière fréquente. À notre connaissance, il n'existe pas d'étude centrée sur la relation entre l'agentivité transformatrice de chacun des membres d'une équipe et l'implication durant l'activité ou le rôle joué individuellement. C'est pourquoi nous estimons qu'il s'agit d'un constat important de cette recherche et qu'il serait pertinent d'étudier en profondeur cet aspect dans une future recherche. La seule étude ayant évoqué une relation entre le rôle d'un membre de l'équipe et son agentivité transformatrice est celle d'Haapasaari et al. (2016), et cette relation n'en constituait pas la focale.

La prédominance des expressions de types « résister » et « critiquer » au sein de l'équipe pendant l'activité indique que des conflits ou des oppositions l'ont davantage ponctuée que la modélisation et l'implémentation de solutions aux problèmes. Comme le soulignent nos analyses de la distribution des expressions de l'agentivité transformatrice selon le contenu, ces oppositions s'observent généralement dans la compréhension du problème ou des consignes de l'activité. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'équipe ait perçu comme complexe le premier stimulus proposé. Autrement dit, le premier stimulus semble, à plusieurs reprises, avoir paralysé l'équipe, qui a par la suite très peu enclenché le processus de mobilisation du deuxième stimulus pour se libérer de la situation vécue. En fait, la mobilisation du deuxième stimulus se serait manifestée dans l'activité par une grande présence des expressions de l'agentivité transformatrice de types « visualiser le futur », « expliquer » et « passer à l'action ». Cependant, ces informations ne nous renseignent pas sur les sujets de discussion qui génèrent les situations conflictuelles.

Nos résultats présentent une forte prédominance des expressions de l'agentivité transformatrice en lien avec l'objet de l'activité et une faible présence de ces expressions en lien avec la division du travail, les règles et la communauté. Cela pourrait signifier que les discussions ont majoritairement tourné autour l'objet de l'activité, et qu'ils ont accordé très peu d'attention à la division du travail, la communauté et les règles. Par ailleurs, le fait que la plupart des expressions de l'agentivité transformatrice en lien avec l'objet soient de types « résister » et « critiquer » expliquerait la difficulté qu'ont rencontrée les participants à conceptualiser l'objet de leur activité ou encore à cerner adéquatement le premier stimulus qui les paralysait. Ainsi, l'étape de mobilisation du deuxième stimulus pour se sortir de la situation conflictuelle n'a pas été centrale dans

cette activité. Puisque cette activité de robotique pédagogique présentait beaucoup de possibilités pour résoudre le problème posé et, par conséquent, plusieurs possibilités de deuxièmes stimuli, existerait-il un lien entre le nombre d'artefacts pouvant être mobilisé comme deuxième stimulus et la capacité d'une équipe à s'affranchir de la situation paralysante ? La présence des expressions de l'agentivité transformatrice de types « résister » et « critiquer » en lien avec les outils indique que la manipulation des outils (la trousse LEGO WeDo et le logiciel de programmation) a aussi été un premier stimulus auxiliaire pour l'équipe pendant la réalisation de l'activité de robotique pédagogique.

Bien que les conflits puissent permettre aux participants de progresser dans la proposition des solutions pour résoudre le problème rencontré, lorsqu'ils occupent une grande place dans l'activité, ils constituent un frein pour la résolution collaborative de problèmes.

## **Conclusion**

L'objectif de cette étude était de comprendre la résolution collaborative de problèmes dans une activité de robotique pédagogique. Pour y arriver, nous avons, d'une part, identifié les types d'expressions de l'agentivité transformatrice présents durant une résolution collaborative de problèmes réalisée par de futurs enseignants du primaire. D'autre part, nous avons analysé la distribution de ces types d'expressions au sein de l'équipe et selon les types de contenus abordés. L'activité de robotique pédagogique ne suit pas les lignes directrices d'un laboratoire du changement, car elle ne s'étend pas sur plusieurs séances et n'est pas guidée par l'apprentissage expansif. Il s'agit d'une activité qui présente plusieurs possibilités de solutions.

Nos résultats soulignent l'existence de cinq des six types d'expressions de l'agentivité transformatrice dans l'activité de robotique pédagogique. Pendant le déroulement de l'activité, les situations marquées par le rejet ou l'opposition aux idées des uns et des autres sur la compréhension du premier stimulus ont occupé beaucoup de place. Cela laisse très peu de place à l'implémentation de solutions pour s'affranchir de la situation paralysante. L'identification et la compréhension de la distribution des types d'expressions de l'agentivité transformatrice selon les participants et les sujets de discussion nous ont permis de faire deux constats principaux. Premièrement, nos participants ont eu un problème de conceptualisation de l'objet de l'activité ou de

compréhension du premier stimulus. Deuxièmement, la mobilisation du deuxième stimulus, pour s'affranchir de la situation conflictuelle, n'est pas une chose aisée dans une activité complexe dont la résolution pourrait nécessiter plusieurs itérations avec plusieurs deuxièmes stimuli. Il ressort de notre étude que ce n'est pas la présence de situations conflictuelles qui a empêché les participants de modéliser et d'implémenter des solutions pour s'affranchir du premier stimulus. C'est plutôt leur forte prédominance durant l'activité, et surtout sur la conceptualisation du premier stimulus. Il serait pertinent, dans une prochaine recherche, d'examiner les facteurs qui pourraient faciliter la conceptualisation de l'objet de l'activité, l'identification et la mobilisation des deuxièmes stimuli dans une activité de robotique pédagogique complexe laissant une grande place à la créativité.

## Références

- Bertrand, M., Durand, E. S. et Gonzalez, T. (2017). « We're trying to take action » : Transformative agency, role re-mediation, and the complexities of youth participatory action research. *Equity & Excellence in Education*, 50(2), 142–154. <https://doi.org/10.1080/10665684.2017.1301837>
- 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>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research* (F. Seeger, trad.) <http://lchc.ucsd.edu/mca/Paper/Engestrom/Learning-by-Expanding.pdf>
- 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* (p. 19–38). Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (2011). From design experiments to formative interventions. *Theory & Psychology*, 21(5), 598–628. <https://doi.org/10.1177/0959354311419252>
- Engeström, Y. (2015). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research* (2<sup>e</sup> éd.). Cambridge University Press.

- Engeström, Y. (2020). Ascending from the abstract to the concrete as a principle of expansive learning. *Psychological Science and Education*, 25(5), 31–43. <https://doi.org/10.17759/pse.2020250503>
- Engeström, Y., Nuttall, J. et Hopwood, N. (2020). Transformative agency by double stimulation: advances in theory and methodology. *Pedagogy, Culture & Society*, 30(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/14681366.2020.1805499>
- Engeström, Y. et Pyörälä, E. (2021). Using activity theory to transform medical work and learning. *Medical Teacher*, 43(1), 7–13. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1795105>
- Engeström, Y. et Sannino, A. (2013). La volition et l'agentivité transformatrice : perspective théorique de l'activité. *Revue internationale du CRIRES : innover dans la tradition de Vygotsky*, 1(1), 4–19. <https://doi.org/10.51657/ric.v1i1.41017>
- Engeström, Y., Rantavuori, J. et Kerosuo, H. (2013). Expansive learning in a library: Actions, cycles and deviations from instructional intentions. *Vocations and Learning*, 6(1), 81–106. <https://doi.org/10.1007/s12186-012-9089-6>
- Engeström, Y., Virkkunen, J., Helle, M., Pihlaja, J. et Poikela, R. (1996). The change laboratory as a tool for transforming work. *Lifelong Learning in Europe*, 1(2), 10–17.
- Haapasaari, A. et Kerosuo, H. (2015). Transformative agency : The challenges of sustainability in a long chain of double stimulation. *Learning, Culture and Social Interaction*, 4, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2014.07.006>
- 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*, 23(1), 25–41. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1203772>
- Huang, J. (2014). *Autonomy, agency and identity in foreign language learning and teaching*. Peter Lang. <https://doi.org/10.3726/978-3-0351-0558-2>

- 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]. Corpus. <https://corpus.ulaval.ca/entities/publication/d4915564-ce29-4806-affe-8526dbe551b5/full>
- Klerkx, L., Aarts, N. et Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems*, 103(6), 390–400. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.012>
- Nummijoki, J., Engeström, Y. et Sannino, A. (2018). Defensive and expansive cycles of learning: A study of home care encounters. *Journal of the Learning Sciences*, 27(2), 224–264. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1412970>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017, juillet). *Pisa 2015 collaborative problem-solving framework*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>
- Sannino, A. (2015a). The emergence of transformative agency and double stimulation: Activity-based studies in the Vygotskian tradition [Éditorial]. *Learning, Culture and Social Interaction*, 4, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2014.07.001>
- Sannino, A. (2015b). The principle of double stimulation: A path to volitional action. *Learning, Culture and Social Interaction*, 6, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2015.01.001>
- Sannino, A., Engeström, Y. et Lemos, M. (2016). Formative interventions for expansive learning and transformative agency. *Journal of the Learning Sciences*, 25(4), 599–633. <https://doi.org/10.1080/10508406.2016.1204547>
- Vänninen, I., Pereira-Querol, M. et Engeström, Y. (2015). Generating transformative agency among horticultural producers: An activity-theoretical approach to transforming integrated pest management. *Agricultural Systems*, 139, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.06.003>
- Virkkunen, J. (2006). Dilemmas in building shared transformative agency. *Activités*, 3(1). <https://doi.org/10.4000/activites.1850>

- 
- Virkkunen, J. et Newnham, D. S. (2013). *The change laboratory: A tool for collaborative development of work and education*. SensePublishers.
- Voogt, J. et Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21<sup>st</sup> century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Rieber, R. W. (1997). *The collected works of LS Vygotsky. Volume 4: The history of the development of higher mental functions*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-5939-9>
- Yang, H. (2015). *Teacher mediated agency in educational reform in China*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15925-6>