

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327285797>

CréaCube, comparaison de la résolution créative de problèmes, chez des enfants et des adultes, par le biais d'une tâche de robotique modulaire. Mathematice 61. En ligne : <http://re...>

Article · August 2018

CITATIONS

2

READS

202

3 authors:



Margarida Romero
Université Côte d'Azur

205 PUBLICATIONS 979 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Lucie DeBlois
Laval University

47 PUBLICATIONS 168 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Pavel Abajyan

1 PUBLICATION 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



International Seminar: Learning Music Through Play in Out-of-School Context [View project](#)



A Study of Teaching Strategies for Pupils who have Difficulty Learning in Mathematics [View project](#)

Romero, M., DeBlois, L., & Pavel, A. (2018). Créacube, comparaison de la résolution créative de problèmes, chez des enfants et des adultes, par le biais d'une tâche de robotique modulaire. *MathémaTICE*, (61). Consulté à l'adresse <http://revue.sesamath.net/spip.php?article1104>

CréaCube, comparaison de la résolution créative de problèmes, chez des enfants et des adultes, par le biais d'une tâche de robotique modulaire

Romero¹, DeBlois², Abajyan¹

¹ Laboratoire d'Innovation et Numérique pour l'Éducation, Université Nice Sophia Antipolis, France.
² CRIRES, Université Laval, Québec, Canada

Résumé

La résolution de problèmes est une compétence clé pour faire face à des situations nouvelles qui nécessitent le développement d'un processus pour trouver une solution plausible. Devant un artefact technologique inconnu, nous sommes face à une situation nouvelle qui exige une activité d'exploration créative chez l'individu. L'exploration créative permet de connaître l'artefact, ses attributs et ses fonctions. C'est ainsi que le fait de le manipuler contribue à la réalisation de la tâche proposée. Dans ce contexte, notre étude vise analyser l'exploration créative réalisée avec des pièces de robotique modulaire inconnues par les participants. Trois sujets ont été engagées sur une tâche consistant en créer un véhicule autonome pouvant se déplacer d'un point A à un point B. La création du véhicule exige la manipulation et l'assemblage de quatre pièces de robotique modulaire *Cubelets*. Suite aux analyses, nous discutons le rôle de l'exploration créative dans la démarche de résolution de problèmes.

1. Apprendre par la résolution de problèmes

Dans une société confrontée à des nouveaux objets technologiques, il est important de comprendre les démarches d'observation, d'exploration et de mise à l'essai que des sujets de différents âges vont réaliser. Faire usage d'un objet technologique qui nous est inconnu nous situe face à un problème dans le sens de Blum et Niss (1991). Pour ces auteurs, ce type de problème nous place face à une situation pour laquelle la solution n'est pas reconnue. Nous considérons la situation comme une expérience sur un système ou un environnement (Dewey, 1967). Cet auteur considère les situations comme un « environnement expérientiel », dans lequel il y a des caractéristiques particulières. Dans le cas qui nous intéresse, un sujet rencontre une nouveauté technologique pour laquelle les caractéristiques de l'objet ne correspondent pas à celles de son expérience. Ainsi, la nouveauté ne porte pas uniquement sur l'objet mais sur la relation qui se crée entre l'objet et le sujet.

D'un point de vue didactique, la situation vise placer l'apprenant dans une démarche où il doit mobiliser et adapter des connaissances pour en élaborer de nouvelles (Brousseau, 1998; Brousseau & Warfield, 2014). Si la situation a été conçue ou si elle se déroule comme une activité pédagogique visant la résolution de problèmes nous opterons par le terme de situation-problème. Nous rejoignons Perrenoud (1995) lorsqu'il précise que la situation-problème n'est pas qu'une situation didactique quelconque, mais « elle doit placer l'apprenant devant une série de décisions à prendre pour atteindre un objectif qu'il a lui-même choisi ou qu'on lui a proposé, voire assigné » (p.6). Face à un artefact nouveau, ce sont les prises de décisions de l'apprenant qui permettront d'explorer par la manipulation

et de poser une réflexion sur ses actions afin de repérer le fonctionnement de l'artefact inconnu. Si la résolution de problèmes est considérée par certains auteurs sur un plan principalement cognitif (Anderson, 1993), pour d'autres, la résolution de problèmes fait intervenir des aspects cognitifs, affectifs et sociaux (Heppner & Krauskopf, 1987). En mathématiques, la notion de problèmes est actuellement considérée comme un contexte dans la relation enseignement-apprentissage. Du point de vue de l'enseignement, le problème permet de planifier la mobilisation de certaines connaissances chez les élèves pour qu'ils en reconnaissent les limites, créant ainsi la nécessité d'une adaptation. Du point de vue des élèves, ils sont amenés à surmonter un obstacle, qui doit pouvoir se situer à leur portée.

Nous nous situons selon la perspective de Mayer et Wittrock (1996, p. 47) pour qui un problème se présente lorsqu'un écart surgit entre une situation initiale et une situation désirée. Par exemple, à partir de l'ensemble des pièces d'une trousse de robotique pédagogique (situation initiale), la situation désirée correspond au fait de trouver comment déplacer le robot pédagogique. S'il s'agit d'un problème, il n'existe pas de démarche connue, ni de démarche préétablie. Certaines attitudes peuvent apparaître laissant voir divers degrés d'attraction ou d'évitement devant la nouveauté (Merrick, 2013). Au moment de s'engager dans l'exploration et la mise à l'essai d'un objet nouveau, des stratégies de résolution de problèmes sont mises en œuvre. Krulik & Rudnick (1980) définissent la résolution de problèmes comme le moyen par lequel un individu mobilise sa compréhension, ses procédures et ses connaissances pour satisfaire les exigences d'une situation non familière. Dans le cas qui nous intéresse, nous visons à proposer un artefact inconnu.

2. Caractéristiques des tâches de résolution de problèmes

La résolution de problèmes présente une grande diversité de caractéristiques tant en mathématiques que dans d'autres disciplines. Parmi les éléments de diversité, nous considérons d'une part la nouveauté du problème, sa complexité et son caractère individuel ou collaboratif.

1) La **nouveauté ou degré de connaissance du modèle de résolution** se réfère aux aspects inconnus et non familiers du problème pour l'apprenant. Aldon et Olivier (2017) distinguent des problèmes avec un modèle de résolution connu, qui permettent d'engager l'apprenant dans l'application ou le réinvestissement des connaissances visant à les consolider, des problèmes avec un modèle de résolution inconnu, pour lesquels l'élève est engagé à trouver une solution originale. Face à un problème ouvert, avec un modèle de résolution inconnu, l'apprenant a besoin de mettre à l'essai des solutions car il ne dispose pas de connaissances préalables pouvant être mobilisées directement.

2) La **complexité** associée au problème est liée à la quantité, à la diversité et à l'imbrication des savoirs, des relations et des procédures nécessaires pour interpréter la situation-problème et développer une solution convenable. La complexité peut permettre de situer un problème sur un axe qui le définit comme étant simple ou complexe. Dans ce deuxième cas, des auteurs parlent de la compétence de résolution de problème complexe (Sternberg & Frensch, 2014).

3) En troisième lieu, les activités de résolution de problèmes peuvent offrir aux élèves des **mécanismes d'aide préétablis**, ou non. Ce mécanisme d'aide peut émerger de la rétroaction suite à la mise à l'essai de la solution (notamment en interaction à des artefacts technologiques comme les robots pédagogiques), de l'aide d'un enseignant ou de l'usage d'outils de recherche d'informations pendant la démarche. L'existence, ou non, de mécanismes d'aide pourra influencer la manière de résoudre le problème.

4) La démarche de résolution de problèmes peut être réalisée de manière **individuelle ou collaborative**. Dans le deuxième cas, les auteurs parlent de résolution de problèmes collaborative.

3. Démarche de résolution de problèmes

Dans une tâche de résolution de problèmes il est attendu que l'apprenant trouve une solution à partir de l'analyse de la situation initiale, de ses connaissances, de ses compétences et des ressources disponibles au cours du processus de résolution de problèmes. La résolution de problèmes est présentée comme une démarche pour laquelle il faut, tout d'abord comprendre et analyser la situation-problème pour ensuite explorer des idées contribuant à prendre conscience de celles qui permettront de trouver une solution pour la mettre à l'essai et l'évaluer selon la plausibilité de la solution obtenue

devant la situation-problème initiale. DeBlois et al. (2016) ajoutent qu'une validation des solutions offre un retour réflexif et une occasion de transformation des connaissances en savoirs et en compétences fonctionnelles.

L'apprenant commence habituellement par analyser la consigne du problème et les éléments contextuels de la situation du problème. L'analyse de la situation-problème permet de reconnaître l'existence d'un problème, d'en faire une première représentation. Bien que la situation initiale corresponde à l'ensemble des informations et des artefacts qui sont décrits de manière explicite, cette situation met aussi en œuvre des connaissances implicites (Bélangier, DeBlois, & Freiman, 2014). La démarche de résolution de problèmes regroupe donc l'ensemble des activités qui sont mises en œuvre pour arriver à une solution satisfaisante.

Au cours de cette démarche, l'apprenant a des idées, les met à l'épreuve et les évalue avec un certain nombre d'itérations de mise à l'essai ou manipulations afin d'arriver à une solution jugée plus ou moins satisfaisante, ce qui sera considérée comme étant la situation finale. Au cours de la démarche de résolution de problèmes, des erreurs apparaissent. Dans ce contexte, l'erreur, est appelé aussi bogage. Elle fait partie du processus de recherche et elle permet une réinterprétation de la situation initiale. Dans ce contexte, il devient possible de reconnaître que le processus de résolution de problèmes n'est pas linéaire. En outre, dans un contexte de résolution de problèmes individuel, aux erreurs qui suscitent une réinterprétation, des ressources comme des documents ou encore des agents, comme un enseignant, peuvent s'ajouter. Ces ressources rendent alors disponibles des reformulations de consignes ou des aides spécifiques. Dans un contexte de résolution de problèmes collaborative, les apprenants deviennent des ressources puisqu'ils peuvent communiquer et se coordonner au cours de la démarche de résolution de problèmes.

4. Créativité et résolution de problèmes

Bélangier et al., (2014) ont observé comment la variété de procédures exploitées dans une tâche de résolution de problèmes mathématiques pouvait être considérée comme autant de manifestations de créativité au moment d'arrimer et d'organiser le système de connaissances des élèves aux contraintes d'un problème. Dans ce contexte, l'exploration créative du problème s'inscrit dans une démarche. Sans être certain de la solution à mettre en place, l'apprenant manipule les composantes de la situation-problème pour mieux les comprendre. Les essais de solutions visent alors à vérifier les différentes possibilités de son modèle de solution. Cette alternance entre les connaissances des apprenants et les données du problème semble essentielle, rendant la démarche de résolution de problème non linéaire. Pour Bélangier et al. (2014) cette alternance contribue à l'émergence de la créativité.

4.1 Créativité et résolution de problèmes chez des enfants et des adultes

La créativité offre un potentiel de résolution de situations-problèmes qui s'exerce tout au long de la vie. Des nombreux mythes sont associés à la créativité (Puozzo, 2016), notamment au fait que la créativité est limitée aux activités artistiques ou encore, qu'elle est plus présente chez les jeunes enfants que chez les adultes. La capacité à faire des choix peut-elle permettre d'observer des solutions créatives pour certaines tâches?

La créativité présenterait des caractéristiques différentes selon les différents moments de la vie (Hyvönen, Romero, Hakkarainen, & Impiö, 2013; Romero, Hyvönen, & Barberà, 2012). Les enfants seraient naturellement créatifs et ouverts à l'expérience et à la nouveauté (Esquivel, 1995; Feldman & Benjamin, 2006; Lin, 2011). Clay (2001) observe, dès les premières années de la scolarité comment l'écriture est un moyen important de stimuler la pensée créative des enfants. Une tâche ouverte, leur permettant d'utiliser des images pour représenter les significations des personnages qu'ils écrivent offriraient un impact positif. Chen et Zhou (2010) considèrent aussi le processus créatif chez les enfants de cinq à six ans dans une tâche d'écriture.

Toutefois, ce potentiel humain doit être encouragé socialement pour être maintenu dans toutes les étapes de la vie. En effet, les connaissances développées par les adultes permettraient de compenser certaines difficultés cognitives. Cette capacité de s'adapter est considérée comme une «intelligence

pratique» ou «sagesse» (Staudinger & Baltes, 1996). Elle permettrait aux adultes et aux personnes âgées de résoudre les conflits complexes en anticipant les conséquences des situations et en établissant des priorités. Les adultes semblent mieux outillés pour résoudre des situations créatives complexes dans lesquelles ils sont plus expérimentés. Toutefois, s'ils n'ont pas cristallisé de connaissances pour certaines tâches, ils rencontreront des défis spécifiques. Notre étude vise à étudier, de façon distincte, la créativité manifestée chez des enfants et chez des adultes dans le cadre d'une tâche avec un artefact inconnu.

4.2 Résoudre une tâche nouvelle de manière créative

Pour une tâche nouvelle de type problème ouvert (Aldon & Olivier, 2017), il est nécessaire de formuler différentes idées et de mettre à l'essai des solutions dont plusieurs peuvent s'avérer infructueuses. Dans une démarche de résolution de problèmes, les idées de solution sont influencées non seulement par les connaissances préalables mais aussi par l'interprétation des connaissances implicites du problème. Nous formulons l'hypothèse selon laquelle des artefacts inconnus, comme des cubes robotiques modulaires, peuvent être utiles pour observer la démarche d'exploration créative des enfants et des adultes. En effet, les cubes nécessitent une analyse par l'observation, la manipulation et la mise à l'essai d'une solution. L'exploration créative se manifeste par des cycles de mise à l'essai de démarches variées, comme des approximations successives ou des tâtonnements aléatoires. Ces démarches selon leur variété et leur quantité pourraient prendre un temps plus ou moins longs. Notre objectif est donc d'analyser la démarche de résolution créative de la tâche CréaCube en considérant les transitions entre les différentes phases de résolution de la tâche et la durée relative de ces différentes phases. Compte tenu de l'engouement des enfants pour manipuler des objets (Csibra & Gergely, 2006), nous avons formulé l'hypothèse suivante : les enfants vont trouver une solution plus rapidement que les adultes en raison 1) d'une démarche d'exploration créative diversifiée lors de la phase d'assemblage des cubes; 2) des itérations d'essai-erreur plus rapides que les adultes, leur permettant de trouver des solutions intermédiaires, alors que les adultes s'attarderont à une plus grande phase d'observation et d'exploration avant de mettre à l'essai une solution.

5. Méthodologie

Dans cette section nous présentons le choix de la méthode, puis de la tâche de résolution de problèmes CréaCube, son déroulement et le type de matériel et sa disposition. Ensuite nous présentons les analyses.

5.1 Le choix de la méthode

Nous avons choisi de réaliser des études de cas par des entrevues individuelles vidéo filmées. Ces entrevues contribuent d'abord à observer les manipulations et les observations des participants. Cette méthode permet, en outre, d'étudier le processus de construction de solutions. L'étude de cas, en plus d'être un mode d'investigation est ainsi une méthode de recherche (Yin 1981, 1984 ; Stenhouse, 1988). «L'étude de cas se caractérise par le fait qu'elle réunit des informations aussi nombreuses et aussi détaillées que possible en vue de saisir la totalité d'une situation » (Lessard-Hébert et al., 1990, p.165). Cette méthode permet donc de rencontrer l'objectif de la tâche CréaCube puisque cette dernière vise l'analyse du processus de résolution de problèmes par le biais d'une tâche réalisée à partir de cubes électroniques interconnectables.

5.2 La tâche de résolution de problèmes CréaCube

La résolution de la tâche avec le matériel de robotique modulaire *Cubelets* implique la manipulation et l'assemblage des cubes en vue de construire un véhicule qui se déplace de manière autonome d'un point initial (P1) à un point final (P2). Cette tâche peut paraître simple en raison de l'assemblage de cubes. Toutefois, un nombre limité de manière permet d'assembler les pièces selon une structure équilibré. Par exemple, il est possible de faire un assemblage horizontal de l'ensemble de pièces ou encore de poser les cubes sur deux étages complets ou partiels de cubes. Selon un ordre de fonctionnalité, la pièce rouge doit se retrouver entre le capteur de distance et le cube de type actuateur qui comprend des roues pour permettre l'inversion du déplacement. Ainsi, si le participant assemble

les pièces de manière verticale, en créant une colonne, la structure ne permet pas de garder la stabilité lors du déplacement, ce qui conduit à une difficulté à réaliser une structure équilibrée. D'autre part, si les participants placent le cube rouge à l'une des extrémités du robot, il risque de ne pas agir comme « inverseur ». Nous décrirons plus en détail le matériel dans la section de matériel; tout comme les caractéristiques des fonctionnalités de chacun des cubes.

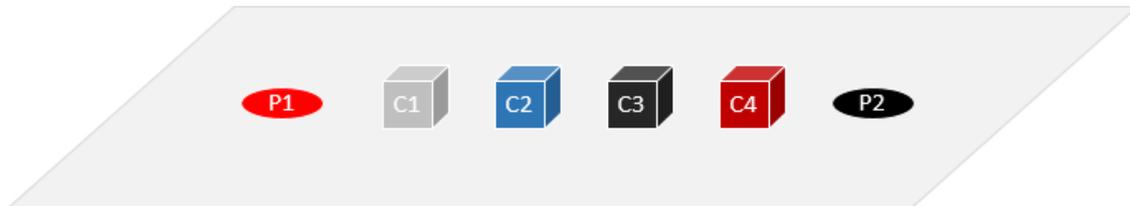


Figure 1. Disposition des éléments de la tâche CréaCube

Même s'il existe plusieurs manières de résoudre la tâche, la plus habituelle est celle d'assembler les quatre cubes dans lesquels le cube rouge (inversion) est placé entre le cube capteur et les autres afin de construire une ligne horizontale.

5.3 Matériel

Pour développer cette activité nous avons utilisé des briques de robotique modulaire *Cubelets* (Baltes & Anderson, 2005). Nous avons utilisé quatre briques pour l'expérience. La première brique est une batterie. Elle dispose d'un bouton qui doit s'allumer pour permettre de transmettre l'énergie aux autres briques.

Les briques ont été disposées sur une table de manière séparée. De droite à gauche du participant, nous situons la brique inversion (rouge), la brique moteur (bleu foncé), la brique capteur de distance (noir) et la brique avec des roues (transparente). Les briques sont disposées de manière que les spécificités de la brique ne soient pas visibles par le participant. Ainsi la face comprenant le bouton de la brique moteur est située dans la face opposé du participant, les roulettes de la brique transparente sont dans la face opposée, tout comme la face de la brique noir comprenant le capteur de distance.



Figure 2. Images des cubes

5.4 Déroulement de l'activité

Rappelons que le but de la tâche Créacube est d'assembler l'ensemble de cubes de manière à permettre au robot de se déplacer de manière autonome entre deux points. La tâche doit être résolue utilisant les quatre cubes, mais l'ordre entre eux est important, tout comme la compréhension de la fonctionnalité de chacun des cubes, ce que nous verrons dans les prochaines sections. Chaque cube représente une fonctionnalité différente. Ainsi, le cube comportant des roues doit être placé de manière à orienter les roues vers la direction souhaitée ; le cube d'énergie est nécessaire pour alimenter les différents cubes; le cube capteur (dans ce cas de distance) est un élément essentiel pour que l'artefact soit considéré un robot. Finalement, le cube rouge est un « inverseur » de signal qui permet transformer un signal positif en négatif.

La tâche Créacube se déroule en deux activités qui répondent aux mêmes consignes et à la même disposition de matériel. La réalisation de deux activités vise à identifier les apprentissages réalisés entre la première (activité 1) et la deuxième activité (activité 2). Le fait que la deuxième activité soit exactement identique à la première permet de vérifier que la solution n'est pas due au hasard, mais également que des apprentissages ont été réalisés à la suite de la première activité.

Le participant est invité à s'asseoir. La vidéo filme le déroulement de la résolution de problèmes sans enregistrer le visage, dans un but de confidentialité. L'observateur, assis en face du sujet, prononce la consigne suivante « À partir des cubes, vous devez construire un véhicule qui se déplace de manière autonome, tout seul, entre le point rouge et le point noir ». Il est ensuite précisé « Je ne peux pas vous aider au cours de la tâche. Vous n'avez pas de limite de temps, mais vous pouvez décider d'arrêter à tout moment, si vous le souhaitez ». Ainsi, la tâche CréaCube se déroule de manière individuelle et sans possibilité d'une aide autre que la rétroaction des cubes.

Nous comptons au total 8 participants dont 4 enfants, entre 8 et 9 ans, et 4 adultes. Parmi les adultes nous avons une jeune fille de vingtaine d'années, une adulte âgée et deux hommes dans la trentaine.

5.5 Procédure d'analyse de la démarche de résolution de problèmes

Dans cette section nous décrivons la procédure d'analyse de la démarche de résolution de problèmes de la tâche CréaCube. Ainsi, après avoir enregistré les vidéos des sujets, nous analysons les différentes phases de la démarche de résolution de problèmes par le biais de l'analyse des vidéos. Dans la tâche CréaCube, la démarche de résolution de problèmes est constituée de 8 phases qui peuvent se succéder selon différents types d'ordres et qui peuvent avoir des durées différentes pour l'ensemble des participants qui réalisent la tâche.

Les 8 phases CréaCube sont différenciées entre elles. La définition de ces phases a été construite à partir de l'analyse d'un pré visionnement de 4 vidéos, dont 2 vidéos d'adultes et 2 vidéos d'enfants. Pour repérer les différentes phases, nous avons procédé à un travail d'analyse pour décrire l'ensemble d'observables, puis de comparaison entre 2 observateurs pour enfin découper chacune des phases. Le consensus réalisé sur les observables permettant de distinguer les phases vise à assurer l'homogénéité des identifications au cours de l'analyse des vidéos. Il a ensuite été possible d'étudier l'ensemble de 20 vidéos pour identifier clairement ces phases. Ces huit phases sont définies selon le tableau suivant :

Numéro de phase	Nom de la phase	Observables de la vidéo pour la phase
0	Discussion	Le sujet échange sur les consignes.
1	Consigne	Le sujet écoute la consigne initiale donnée par le facilitateur au début de la tâche ou au cours de la tâche.
2	Observation	Le sujet observe les <i>Cubelets</i> sans les toucher.
3	Exploration	Le sujet observe les <i>Cubelets</i> en les prenant dans les mains, et/ou en les manipulant (faisant des rotations et/ou touchant la surface (« palpation ») et/ou actionnant des boutons).
4	Assemblage	Le sujet assemble/désassemble les <i>Cubelets</i> magnétiques.
5	Essai non réussi	Le sujet met à l'essai sa construction mais elle n'est pas réussie (échec).
6	Analyse	Le sujet s'arrête suite à une mise à l'essai non réussie (une réflexion est poisée sur l'action ou une prise de conscience manifestant un apprentissage).
7	Aide_Ext	Le sujet demande de l'aide
8	Réussite	Le sujet réussit la tâche

Tableau 1. Les phases de l'activité CréaCube

La créativité des élèves pourrait se manifester de façon plus marquée dans les phases d'observation, d'assemblage et d'analyse. Au cours de l'assemblage les participants organisent les cubes de manière diversifiée suivant des idées de résolution de la y développées au cours d'observation et réévaluées au cours de la phase d'analyse. Un temps plus long devrait donc apparaître pour ces trois phases. Le schéma ci-dessous est associé aux phases du tableau 1.

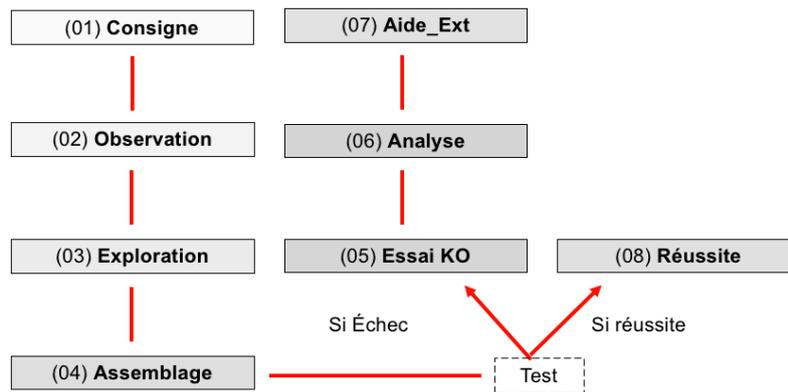


Figure 3. Schéma associé aux phases de la tâche CréaCube

5.6 Analyse des données

Pour présenter l'analyse des résultats nous commencerons par décrire la procédure d'analyse des phases au cours de la durée de la tâche. Ensuite, nous présenterons la procédure pour le calcul du temps par phases. Enfin, nous décrirons la procédure pour le calcul du nombre d'instances d'une phase. Rappelons toutefois que notre question de recherche générale vise à connaître les différences de temps entre le déroulement de la résolution de problèmes chez des enfants (d'entre 8 et 9 ans) et chez des adultes face à une tâche de robotique modulaire. Plus précisément, notre première hypothèse (H1) consiste à considérer que le temps nécessaire pour réussir la première activité CréaCube chez les enfants sera inférieur au temps nécessaire pour l'adulte. Nous formulons cette hypothèse car nous nous attendons à ce que des cycles d'exploration et de mise à l'essai soient plus rapides et plus aléatoires chez les enfants que chez les adultes. Autrement dit, nous nous attendons à ce que les phases d'observation (H1a), la phase d'exploration (H1b) et la mise à l'essai non réussie (H1c) soient plus courtes chez les enfants que chez les adultes au cours de la première activité. Nous posons également l'hypothèse selon laquelle les enfants porteront plus de temps en phase d'assemblage des cubes (H1d) que les adultes. Nous nous attendons à ce que, suite à une mise à l'essai non réussie, les adultes prendront plus de temps compte tenu de leur analyse des erreurs (H1e). Enfin, au cours de l'activité 1, nous attendons que le nombre d'essais non réussis des enfants soit supérieur à celui des adultes (H1f) compte tenu de la réflexion préalable des adultes.

Concernant la deuxième activité CréaCube, l'hypothèse 2 (H2) nous porte à penser que l'adulte prendra moins de temps que l'enfant à réussir la tâche, en raison de l'apprentissage réalisé au cours de l'activité 1. En accordant moins d'attention aux tâtonnements par rapport à la réflexion, il sera plus lent lors de la première activité, (H1) mais plus rapide pour la deuxième (H2). De manière spécifique, nous nous attendons à ce que, tant les enfants que les adultes, soient plus rapides durant l'activité 2 que dans l'activité 1, notamment dans les phases d'observation (H2a) et d'exploration (H2b). Nous nous attendons également à ce que le nombre de mises à l'essai non réussies durant la deuxième activité soit inférieur à ceux de la première activité (H2c). Enfin, le nombre d'essais non réussis des enfants continuera à être supérieur à celui des adultes (H2d).

6. Résultats de l'étude

6.1 L'analyse des phases au cours de la durée des activités

Chaque participant, enfant et adulte, est enregistré sur une vidéo durant la réalisation des deux activités et ce, individuellement. Les vidéos sont analysées avec une granularité de 0,5 secondes pour identifier l'une ou l'autre des huit phases de l'activité CréaCube. À partir de cette analyse, nous pouvons tracer le graphe permettant d'observer la succession de phases au cours de la durée de la tâche. En complément à l'analyse temporelle des différentes phases de l'activité CréaCube nous avons tenu compte des démarches utilisées, que nous avons décrites au moyen des huit phases, et des principales difficultés rencontrées, que nous présentons maintenant.

La figure 4 présente un exemple d'analyse temporelle pour l'un des enfants. Ce graphique présente la

succession de phases pour l'enfant ENF1 au cours de la première activité. L'axe des ordonnées (y) présente les différentes phases de l'activité CréaCube. L'axe des abscisses (x) présente le temps en secondes. Pour la première activité de l'ENF1, nous pouvons observer que le participant commence par la phase 1 (écouter la consigne), suivie de la phase 2 (observation des cubes), pour alterner par des sauts momentanés entre la phase 3 (exploration) et la phase 4 (assemblage). Nous interprétons cette alternance comme une condition nécessaire à la manifestation de créativité. Le participant finalise son exploration en combinant principalement les phases 3, 4, 5 et 6 (analyse). Il semble donc que la manifestation de créativité au cours des phases d'observation et d'assemblage puisse devenir un tremplin à l'analyse puisque cette phase ne survient que plus tard. En l'absence de solution satisfaisante, le participant ferait un retour vers une alternance entre les phases 3 et 4. Le participant considère sa solution comme étant correcte, durant la phase 8 (réussite de la tâche), après 112 secondes.

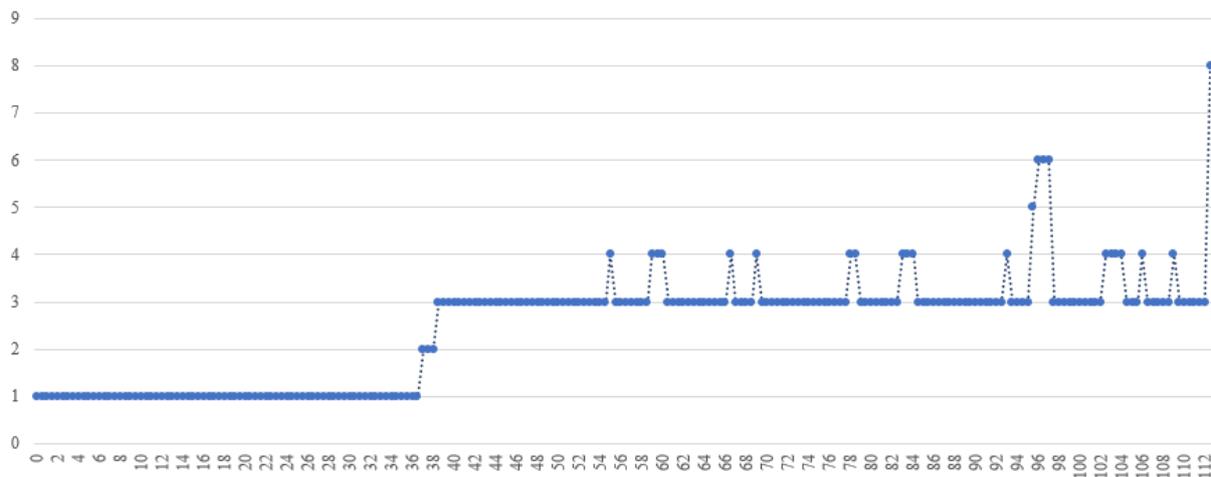


Figure 4. Succession de phases pour l'enfant ENF1 au cours de la première activité.

6.2 Procédure pour le calcul du temps par phases

Pour comparer les temps passés par les adultes et les enfants sur les différentes phases, nous avons additionné le temps, qui a été codé pour chacune des phases. Le graphique de la figure 5 présente le temps total pour chacune des phases pour l'enfant ENF1 au cours de l'activité 1. L'axe d'ordonnées (y) représente les différentes phases de l'activité CréaCube. L'axe des abscisses (x) représente le temps total passé par l'enfant sur chaque phase. C'est ainsi qu'il devient possible de reconnaître que la phase qui a pris le plus de temps à l'enfant ENF01 est celle de l'exploration au cours de laquelle il observe les *Cubelets* en les prenant dans les mains pour les observer ou les manipuler en faisant des rotations et/ou touchant la surface (« palpation ») et/ou actionnant des boutons). Cette phase prend plus de la moitié du temps total de l'activité 1. Nous interprétons cette observation comme étant fondamentale au développement de la créativité dans l'assemblage des cubes car elle permet d'anticiper une idée de solution qui sera mise en essai au cours de l'assemblage et réévaluée au cours de l'analyse d'un essai infructueux. Les consignes prennent la deuxième place plus importante de temps, suivie de l'assemblage des cubes, et de l'analyse et de l'observation, qui ont pris le même temps total (s=1.5).

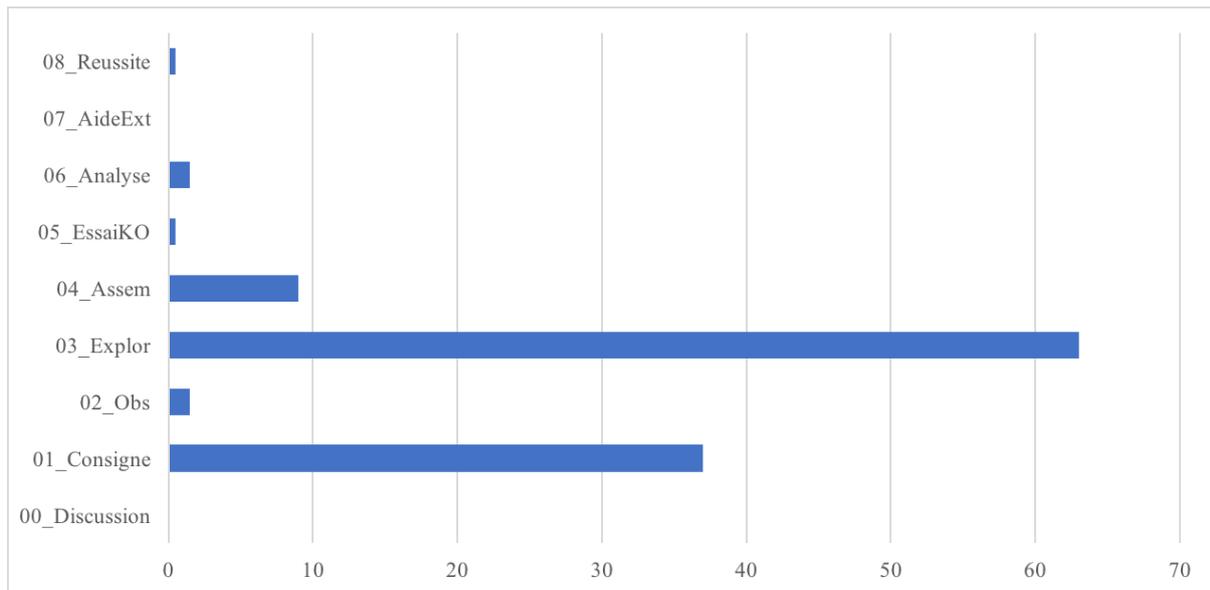


Figure 5. Temps total par phases pour l'enfant ENF1 au cours de la première activité.

Les hypothèses H1f, H2c et H2d permettent de comparer le nombre de mises à l'essai non réussies entre les enfants et les adultes au cours de l'activité 1 (H1f) et au cours de l'activité 2 (H2d), mais aussi entre l'activité 1 et l'activité 2 (H2c). Pour calculer le nombre de fois qu'un participant réalise une phase (instance de phase) nous additionons le nombre de fois où le participant est sur une phase durant l'une ou l'autre des deux activités. Observons maintenant les différences entre les enfants et les adultes au cours des phases de l'activité 1. Ensuite, nous présentons le nombre d'essais non réussis. Enfin, nous comparons les phases au cours de l'activité 2 et le nombre d'essais non réussis.

6.3 Le temps des enfants est inférieur à celui des adultes au cours de l'activité 1 (H1) et de l'activité 2 (H2).

Notre première hypothèse (H1) voulait que le temps nécessaire pour réussir la première activité CréaCube soit inférieur chez les enfants par rapport aux adultes. Or, les résultats sont contraires à l'hypothèse initiale. En effet, les temps des enfants au cours de l'activité 1 ($s=235.5$) est de 45.32% supérieure à celui des adultes ($s=128.75$). Au niveau de la deuxième activité CréaCube, l'hypothèse 2 (H2) initiale nous nous attendions à ce que l'adulte prenne moins de temps que l'enfant à réussir la tâche, en raison de l'apprentissage réalisé au cours de l'activité 1. Or, les temps des adultes ($s=110.125$) et des enfants ($s=101.125$) au cours de la deuxième activité sont assez similaires.

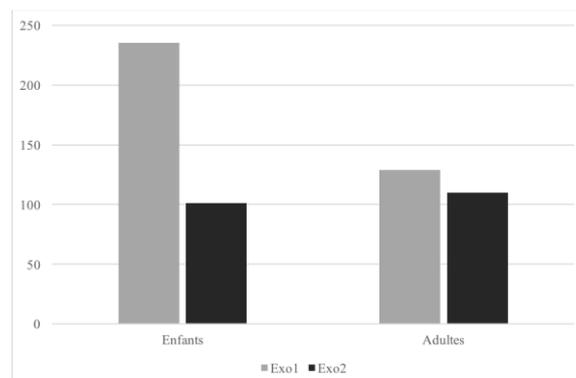


Figure 7. Temps total des enfants et des adultes au cours des activités 1 et 2.

6.4 Les temps des enfants et des adultes selon la phase pour l'activité 1.

Dans cette section, nous présentons les résultats en relation avec les hypothèses qui visent à comparer les temps des enfants et des adultes selon les phases pour l'activité 1. Le graphique de la figure 8 présente les temps moyens des enfants et des adultes pour chacune des phases de la première activité.

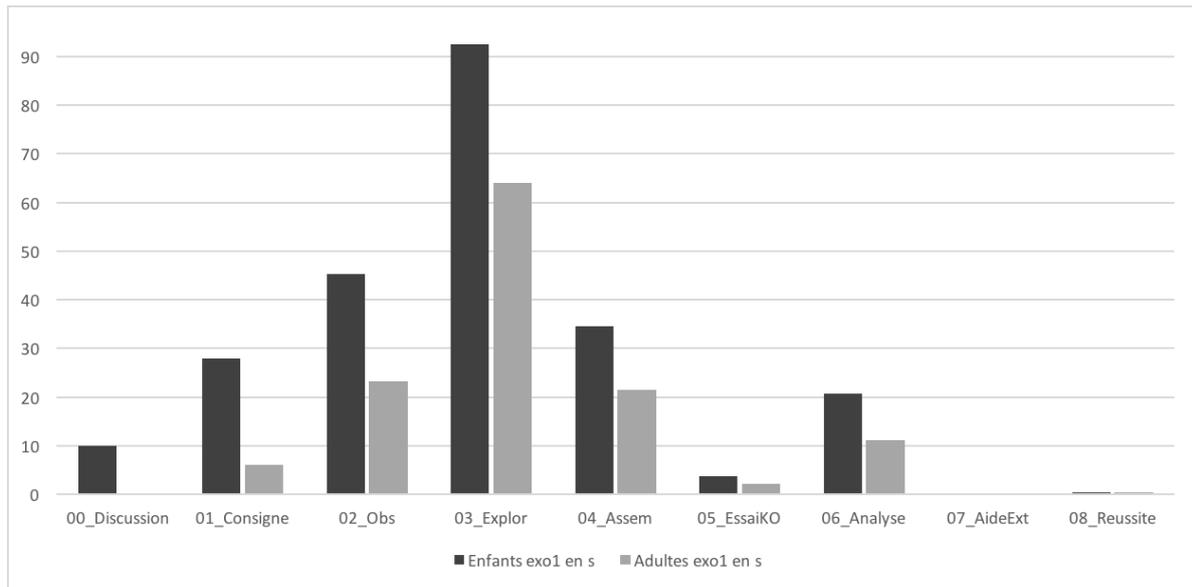


Figure 8. Temps moyen par phases des enfants et des adultes au cours de l'activité 1.

Nous nous attendions à ce que les phases d'observation (H1a), d'exploration (H1b) et de mise à l'essai non réussie (H1c) soient d'une durée plus courte pour les enfants que pour les adultes au cours de la première activité. Or, c'est le contraire qui est apparu, notamment pour les phases d'observation et d'exploration où les enfants prennent beaucoup plus de temps que les adultes. Les connaissances des adultes leur permettraient donc de prendre moins de temps d'exploration pour essayer d'anticiper une idée de solution. Toutefois, tant pour les adultes que pour les enfants, le temps d'exploration est plus important que celui de la phase d'assemblage. Cela nous semble illustrer que l'ancrage de la créativité se situe dans la phase d'exploration où les idées de solution sont anticipées avant leur mise à l'essai dans la phase d'assemblage. Cependant, pour les essais non réussis, le temps est assez similaire. Nous verrons dans les résultats de l'hypothèse H1f les différences en nombre d'essais.

Nous avons également posé l'hypothèse d'une durée plus importante pour la phase d'assemblage des cubes (H1d) chez les enfants. Effectivement, les enfants passent aussi plus de temps dans cette phase que les adultes. De plus, nous nous attendions à ce que, suite à une mise à l'essai non réussie, les adultes prennent plus de temps à analyser leur erreur (H1e). Toutefois, pour cette phase aussi les enfants prennent plus de temps que les adultes. Nous pouvons donc observer que de manière générale, les enfants prennent plus de temps que les adultes pour réaliser l'activité 1. Nous observons la même chose pour chacune des phases. En somme, les adultes passent davantage de temps, respectivement, dans la phase d'exploration, puis dans celles d'observation et d'assemblage.

6.5 Résultats des temps des enfants et des adultes selon la phase pour l'activité 2.

Le graphique de la figure 9 présente les temps moyens des enfants et des adultes pour chacune des phases de la deuxième activité

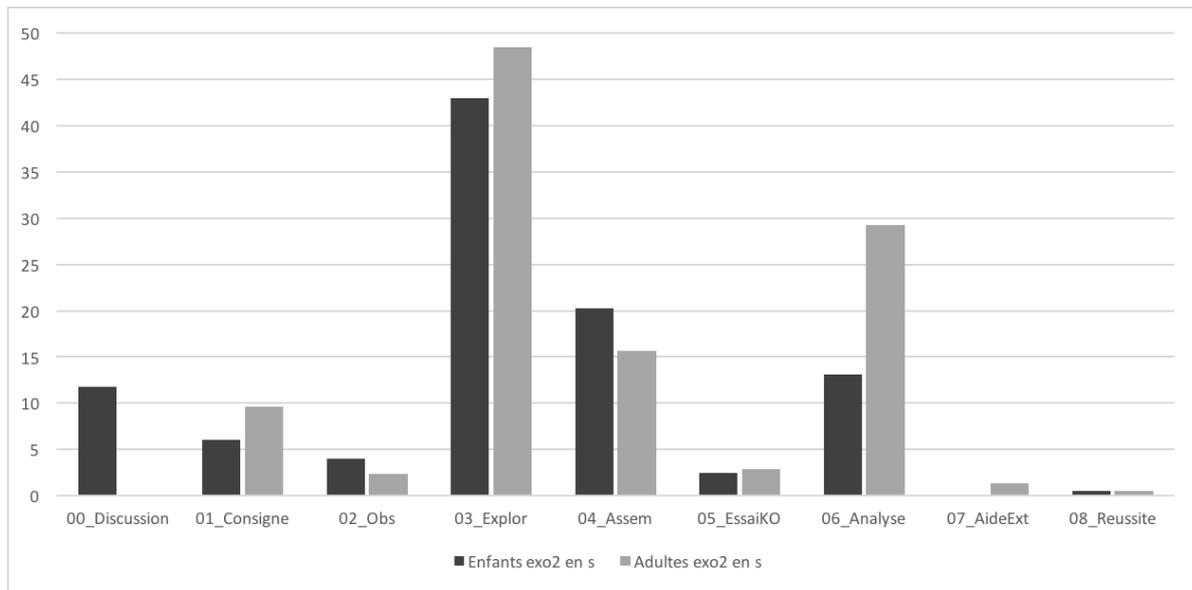


Figure 9. Temps moyen par phases des enfants et des adultes au cours des activités 1 et 2.

Nous avons observé que l'hypothèse 2 (H2) ne pouvait pas se confirmer car le temps total requis pour réaliser la deuxième activité est semblable chez les enfants et les adultes. Si nous analysons, par phases, nous observons que les enfants sont plus rapides pour les phases des consignes, de l'exploration et de l'analyse. Plus spécifiquement, suite aux consignes, les enfants ont besoin de reformuler la consigne ou de poser des questions en précisant certains concepts comme celui de véhicule, mouvement ou autonomie. Au contraire, les adultes semblent hésiter davantage sur les consignes quand l'activité se répète. Ils se questionnent sur les différences entre l'activité 1 et l'activité 2 en anticipant un possible piège. Les adultes montrent un besoin de s'assurer que les activités sont identiques et de bien comprendre les consignes à chaque activité.

Les adultes quant à eux, sont plus rapides que les enfants pour la phase d'assemblage. Le temps nécessaire à la réussite de la tâche semble issu des phases d'exploration et d'analyse chez les adultes. La coordination entre ces deux phases chez les adultes pourrait susciter l'émergence d'une créativité de nature différente.

6.6 Résultats des temps par phases des enfants et des adultes pour chacune des deux activités.

Le graphique de la figure 10 affiche les temps par phases pour les enfants entre l'activité 1 et l'activité 2.

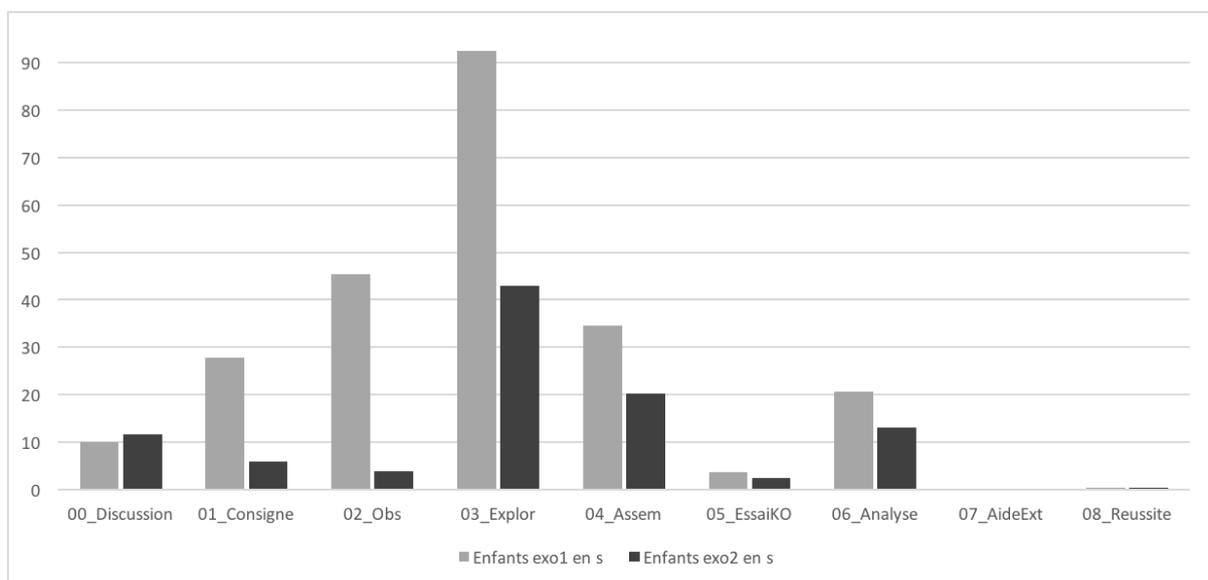


Figure 10. Temps par phases des enfants entre l'activité 1 et l'activité 2.

Nous nous attendions à ce que, tant les enfants que les adultes, soient plus rapides pour la deuxième activité, notamment pour les phases d'observation (H2a) et d'exploration (H2b), considérant l'apprentissage réalisé à la suite de l'activité précédente. Pour les enfants, nous observons effectivement que les temps consacrés à l'activité 2 sont plus courts que pour l'activité 1, respectivement pour les phases d'observation, des consignes, de l'exploration, de l'assemblage et d'analyse. Toutefois, nous pouvons observer que le temps d'exploration est demeuré plus important, ce qui pourrait manifester d'une phase d'analyse, durant la première activité, ne permettant pas un apprentissage qu'il est possible de mobiliser pour la deuxième activité.

Le graphique de la figure 11 montre que pour les adultes, les différences de temps entre l'activité 1 et l'activité 2 sont moins importantes que pour les enfants.

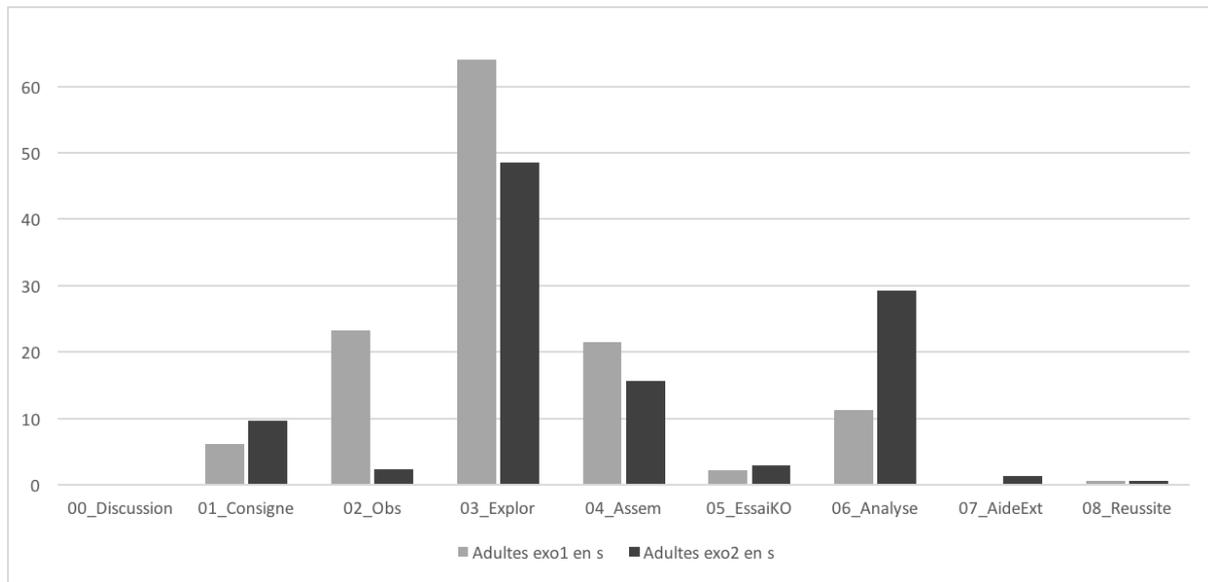


Figure 11. Temps par phases des adultes entre l'activité 1 et l'activité 2.

Rappelons que nous nous attendions à ce que, tant les enfants que les adultes, soient plus rapides pour la deuxième activité, notamment pour les phases d'observation (H2a) et d'exploration (H2b) en raison des apprentissages attendus au cours de la première activité. Nous observons que les temps de l'activité 2 sont plus courts, notamment pour les phases d'observation, d'exploration et d'assemblage. Plus particulièrement, l'étude de la phase d'observation nous conduit à reconnaître que les enfants regardent plus longtemps les cubes que les adultes avant d'explorer avec leurs mains, ce qui infirme nos hypothèses initiales. Les enfants n'approchent les cubes pour leur exploration (manipulation) et assemblage, qu'après avoir pris le temps de bien les observer. Ainsi, ils vont explorer sur un temps plus long que les adultes même sur la deuxième activité, ce qui peut être analysé comme un besoin de temps plus important pour anticiper une idée de solution. Leur exploration porte sur l'emplacement des cubes entre eux alors que les adultes activent des connaissances personnelles au moment où ils explorent les cubes. Une des connaissances personnelles qui ressort le plus est celle des voitures de jouets à friction quand ils explorent le cube avec des roulettes. De plus, les adultes évoquent l'idée d'une tour, quand ils empilent les cubes en hauteur. Enfin, ils évoquent aussi l'idée de train quand l'assemblage est fait horizontalement et que le cube capteur fait office de tête avec des yeux. Cependant, les temps accordés pour les consignes et surtout, pour l'analyse augmentent considérablement. Nous interprétons l'importance de ces deux phases comme une manifestation de la mobilisation de l'apprentissage fait lors de la première activité pour la réussite de la deuxième activité.

6.7 Résultats sur le nombre d'essais avant réussite au cours des activités 1 et 2

Nous nous attendions à ce que le nombre d'essais non réussis des enfants soit supérieur à celui des adultes au cours de la première activité (H1f) et de la deuxième (H2d). Toutefois, tant pour les enfants que pour les adultes, le nombre de mises à l'essai non réussies est inférieur pour la première activité (H2c).

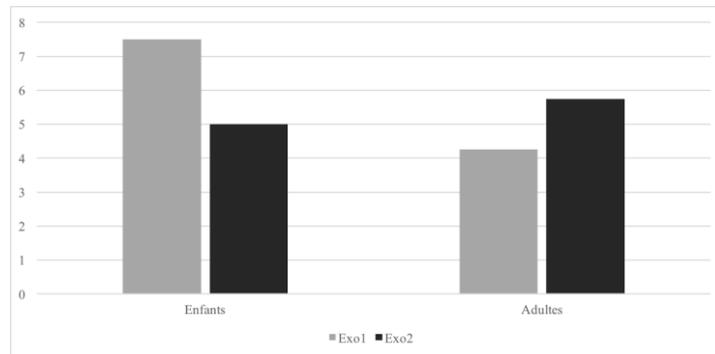


Figure 12. Moyenne d'essais avant réussite au cours des activités 1 et 2.

En moyenne, le nombre d'essais non réussis des enfants au cours de la première activité ($m=7.5$) est supérieur à celui de l'activité 2 ($m=5$). Les résultats des enfants sur le nombre d'essais non réussis s'inscrivent dans l'hypothèse initiale H2c. Cependant, le nombre d'essais non réussis des adultes au cours de la première activité ($m=4.25$) est inférieur à celui de la deuxième activité ($m=5.75$), ce qui est contraire à l'hypothèse initiale H2c que nous avons soumise. Enfin, les enfants font plus d'essais non réussis que les adultes pour la première activité, ce qui confirme l'H1f. Au contraire, les adultes font plus d'essais non réussis au cours de la deuxième activité, infirmant l'hypothèse initiale H2c.

Nous interprétons ces résultats ainsi. Lors de la mise à l'essai infructueuse, les enfants prennent plus de temps pour la phase d'analyse au cours de l'activité 1. Toutefois, les adultes prennent plus de temps pour l'activité 2. Pour expliquer cette différence entre le temps pour les enfants et les adultes lors de l'activité 2, nous considérons que les adultes se montrent plus perturbés quand ils échouent suite aux essais. L'échec semble leur faire perdre leur élan de résolution créative de la tâche CréaCube. Ils semblent souffrir du fait de ne pas arriver à reproduire avec facilité la tâche lors de la deuxième activité. Les enfants se montrent moins perturbés devant l'échec des essais lors du deuxième tentative. Il est possible que les adultes soient plus conscients de la nature de vérification de la deuxième activité que les enfants, qui sont probablement plus habitués à l'école aux exercices de répétition.

7. Discussion

Cette étude visait à réaliser une étude exploratoire de la tâche CréaCube. Le nombre d'apprenants est limité (un total de 4 enfants et de 4 adultes) mais il permet tout de même d'établir des tendances initiales qui devront par la suite être confirmés avec un nombre d'apprenants plus important. Nous observons déjà des comportements qui ne correspondent pas aux hypothèses initiales, ce qui présente un intérêt.

Dans un premier temps, nous observons que les enfants, au contraire de nos hypothèses initiales, prennent plus de temps pour chacune des phases, notamment au cours de l'activité 1 pour les phases des consignes et d'observation. Leur méconnaissance des cubes et la tâche leur fait prendre un temps important dès le début de la première activité, mais aussi à chaque itération de mise à l'essai de solution. D'autre part, les adultes sont plus rapides à comprendre les consignes et à anticiper une idée d'assemblage. Ces résultats vont dans le sens des résultats de Staudinger et Baltes (1996) qui avaient remarqué que les connaissances des adultes permettaient de compenser certaines difficultés cognitives face à une nouvelle tâche.

Dans un deuxième temps, l'activité CréaCube présente différents degrés de liberté créative au niveau du processus et de résolution. Cette nature ouverte est un des aspects qui influence la diversité des phases qui ont pu être modélisées. L'étude de la durée des différentes phases a permis de repérer l'importance de l'alternance entre l'exploration et l'assemblage et de l'alternance entre les consignes et l'analyse. Ces observations confirment l'importance pour les apprenants de créer une alternance

entre leurs connaissances et les données du problème (Bélangier et al., 2014) et l'intérêt de considérer la non linéarité du processus de résolution de problème. Enfin, le temps d'exploration plus important dans les deux cas, et pour les deux populations, tend montrer que la phase d'exploration est un tremplin fondamental pour le développement des idées de résolution créative à mettre en œuvre lors de l'assemblage. La phase d'exploration pourrait contribuer à une phase d'analyse favorisant un apprentissage. En effet, nous avons pu observer qu'en l'absence de solution satisfaisante, et par conséquent d'apprentissage, le participant fait un retour vers une alternance entre les phases d'exploration et d'assemblage.

Conclusion

La tâche CréaCube a eu lieu un contexte très détendu, notamment entre les participants adultes. Les jeunes enfants se sont montrés plus intimidés au début de la tâche et ont pris plus de temps sur les premières phases. Nous devons poursuivre l'étude pour explorer davantage cette tâche avec un nombre plus important de sujets dans les expériences à venir et affiner les tendances qui se dessinent dans cet article. D'autres objets de robotique modulaire pourraient également être utilisés pour connaître les différences que pourraient présenter la démarche de résolution de problèmes similaires avec d'autres artefacts présentant des affordances de fonctionnalité différente. Ces études permettront d'envisager la manière dont nous pouvons accompagner les apprentissages au long de la vie de ce type d'objets robotiques, mais également les stratégies des apprenants de différents âges face à des problèmes ouverts (Aldon & Olivier, 2017). Sur un plan des stratégies, nous pourrions ensuite envisager de développer des accompagnements spécifiques, selon l'âge et le type de phase d'observation, d'exploration, d'assemblage ; de mise à l'essai ou d'analyse des erreurs pour optimiser la démarche de résolution de problèmes.

Références

- Aldon, G., & Olivier, G. (2017). Un dispositif de recherche de problèmes de mathématiques au cycle 3. *Repères IREM*, (108), 26–40.
- Anderson, J. R. (1993). Problem solving and learning. *American Psychologist*, 48(1), 35.
- Baltes, J., & Anderson, J. (2005). Introductory programming workshop for children using robotics. *International Journal of Human-Friendly Welfare Robotic Systems*, 6(2), 17–26.
- Bélangier, J.-P., Deblois, L., & Freiman, V. (2014). Interpréter la créativité du raisonnement dans les productions d'élèves en mathématiques d'une communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs. *Éducation et francophonie*, 42(2), 44–63.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects—State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational studies in mathematics*, 22(1), 37–68.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brousseau, G., & Warfield, V. (2014). Didactic situations in mathematics education. In *Encyclopedia of mathematics education* (p. 163–170). Springer.

- Chen, S., & Zhou, J. (2010). Creative writing strategies of young children: Evidence from a study of Chinese emergent writing. *Thinking Skills and Creativity*, 5(3), 138–149.
- Clay, M. M. (2001). *Change over time in children's literacy development*. Heinemann Educational Books.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2006). Social learning and social cognition: The case for pedagogy. *Processes of change in brain and cognitive development. Attention and performance XXI*, 21, 249–274.
- Dewey, J. (1967). *Logique. La théorie de l'enquête*. Paris, PUF.
- Esquivel, G. B. (1995). Teacher behaviors that foster creativity. *Educational Psychology Review*, 7(2), 185–202.
- Feldman, D. H., & Benjamin, A. C. (2006). Creativity and education: An American retrospective. *Cambridge Journal of Education*, 36(3), 319–336.
- Heppner, P. P., & Krauskopf, C. J. (1987). An information-processing approach to personal problem solving. *The Counseling Psychologist*, 15(3), 371–447.
- Hyvönen, P., Romero, M., Hakkarainen, P., & Impiö, N. (2013). Creative collaboration for enhancing older adult's ICT use. Présenté à Biennial Conference of the European Association for Research in Learning and Instruction (EARLI), Munich, Germany: EARLI.
- Krulik, S., & Rudnick, K. (1980). *Problems solving in school mathematics*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics. *Year Book*. Reston.
- Lin, Y.-S. (2011). Fostering creativity through education—a conceptual framework of creative pedagogy. *Creative education*, 2(03), 149.
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (Éd.). (1996). Problem-solving transfer. In *Handbook of educational psychology* (p. 47-62). New York : London: Macmillan Library Reference USA, Simon & Schuster Macmillan ; Prentice Hall International.
- Merrick, K. E. (2013). Novelty and beyond: Towards combined motivation models and integrated learning architectures. In *Intrinsically Motivated Learning in Natural and Artificial Systems* (p. 209–233). Springer.
- Perrenoud, P. (1995). *Des savoirs aux compétences: les incidences sur le métier d'enseignant et sur le*

métier d'élève. *Pédagogie collégiale*, 9(2), 6–10.

Puozzo, I. C. (2016). *La créativité en éducation et formation: Perspectives théoriques et pratiques*. De Boeck Supérieur.

Romero, M., Hyvönen, P., & Barberà, E. (2012). Creativity in Collaborative Learning across the Life Span. *Creative Education*, 3(4), 0–0.

Staudinger, U. M., & Baltes, P. B. (1996). Interactive minds: A facilitative setting for wisdom-related performance? *Journal of Personality and social psychology*, 71(4), 746.

Sternberg, R. J., & Frensch, P. A. (2014). *Complex problem solving: Principles and mechanisms*. Psychology Press.