

ANALYSE DU PROCESSUS ITÉRATIF D'UNE DESIGN-BASED RESEARCH IMPLIQUANT LA CRÉATION D'UNE BANQUE D'ACTIVITÉS VISANT LE RAISONNEMENT SPATIAL AU PRIMAIRE

| FOREST* MYLÈNE, MARCHAND** PATRICIA ET SINCLAIR*** NATHALIE

Résumé | Ce texte aborde le processus itératif d'élaboration et d'expérimentation d'une banque d'activités valorisant le raisonnement spatial pour des élèves du 3^e cycle du primaire (10-12 ans). Dans un premier temps, le processus itératif de type Design-based Research adopté pour le projet de recherche en cours sera décrit. Dans un deuxième temps, une analyse de ce processus sera exposée par le biais d'une analyse exploratoire et émergente des modifications qu'une des activités proposées aura subies.

Mots-clés : raisonnement spatial, Design-based Research, banque d'activités, enseignement primaire

Abstract | This text addresses the iterative process of developing and experimenting with a bank of activities that promote spatial reasoning for students in the 3rd cycle of elementary school (ages 10-12). First, the iterative process, based on Design-based Research, adopted for the ongoing research project will be described. Second, an analysis of this process will be presented through an exploratory and emergent analysis of the transformations undergone by one of the proposed activities.

Keywords: Spatial reasoning, Design-based Research, bank of activities, primary education

I. INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Dans la vie, les élèves développent différents raisonnements mathématiques à la maison, dans le cadre de jeux ludiques encadrés ou libres, sportifs ou artistiques et donc ils arrivent à l'école avec un capital culturel qui leur est propre. Le raisonnement spatial (RS) dont il est question dans cette étude peut être propulsé ou non par ce capital culturel et le but de ce projet est justement de proposer des activités dans le cadre de la classe de mathématiques au primaire pouvant le propulser pour tous.

Il existe deux grandes catégories de raisonnements, les raisonnements quantitatifs et qualitatifs. Dans la société, un raisonnement semble primé au détriment de l'autre. Le raisonnement quantitatif nous permet de calculer, comparer et prédire des phénomènes dans notre environnement et fait partie intégrante de notre culture technologique. Mais c'est un raisonnement plus qualitatif qui nous permet de comprendre des relations, d'imaginer des comportements et de lier le monde concret avec des modèles mathématiques et scientifiques.

« Most of us have been taught to think and talk about the world using words, lists, and statistics. These are useful tools but they do not come close to telling the full story. Thinking spatially opens the eye and mind to new connections, new questions, and new answers. »
(Center for Spatial Studies, UCSB, 2008, p. 6, dans Ontario Ministry of Education, 2014).

Le RS dont il est question dans cette étude en est un qualitatif. D'ailleurs, ce raisonnement qualitatif, souvent prôné par les plus grands scientifiques, fait appel au sens de l'espace. Par exemple, la droite numérique crée un espace qui nous permet de « voir » ce qu'il y a entre 2 et 3 ; d'imaginer ce qui pourrait se passer de « l'autre côté » de zéro, de lier un intervalle à une distance numérique, etc. Toutefois, les recherches ont montré jusqu'à présent que son développement en classe de mathématiques n'est pas

* Université du Québec à Montréal – Canada – forest.mylene@courrier.uqam.ca

** Université de Sherbrooke – Canada – patricia.marchand@usherbrooke.ca

*** Université Simon-Fraser – Canada – nathalie_sinclair@sfu.ca

évident puisque les programmes de formation et les ressources didactiques qui en découlent ne sont pas explicites à ce propos.

L'origine de ce projet découle ainsi d'une problématique mondiale sur l'apport et la valorisation du raisonnement qualitatif, ici du RS, dans la conceptualisation de notions mathématiques et scientifiques à l'école (Cheng et Mix, 2012 ; Davis et Spatial Reasoning Study Group, 2015 ; Newcombe, 2010 ; Ontario Ministry of Education, 2014 ; Uttal et al., 2013). Le RS représente un processus (concret et mental) permettant d'anticiper, d'imaginer, de contrôler et de communiquer des états ou des transformations d'objets dans l'espace (Battista, 2007 ; Berthelot et Salin, 1999-2000 ; Marchand, 2006). Il est reconnu comme étant « *an important predictor of achievement in many STEM careers* » (Davis et The Spatial Reasoning Study Group, 2015 ; Moss et al., 2016 ; Newcombe, 2017). Bien qu'il existe une corrélation positive entre le RS et le taux de réussite des élèves en mathématiques (Cheng et Mix, 2012 ; Verdine et al. 2017) et qu'il fait partie des visées des programmes de formation du primaire du Québec, il est encore peu exploité à l'école (Marchand, 2020 ; Salin, 2013 ; Verdine et al. 2017). Nous avons accompagné pendant trois ans des enseignants du primaire dans la mise en place d'une ressource didactique sous forme de banque d'activités visant le développement du RS. Cet accompagnement s'inscrit dans une approche Design-based Research (Anderson et Shattuck, 2012) et le présent article apporte un premier éclairage sur ce processus itératif : comment une activité de la ressource proposée initialement par l'équipe de chercheurs a été transformée ? Et, à quelles préoccupations chaque modification apportée à cette activité semble répondre de part et d'autre, enseignantes, conseillère pédagogique (CP) et chercheurs ?

II. CADRE DE RÉFÉRENCE

Dans le cadre de cet article, nous analysons une ressource didactique. Dans ce contexte, une ressource est vue comme « ce qui permet à un sujet ou une institution de nourrir son action, de se « ressource ». Curriculum, manuels, documents pédagogiques, sites Internet, logiciels, vidéos, jeux, calculatrice, objets, idées, concepts, notions, expériences, discussions peuvent être des ressources. » (Freiman et al., 2024). Et l'aspect ressourcement sera analysé dans l'étude des itérations de la ressource visée, dans notre cas, une activité visant le RS au primaire. Plus spécifiquement dans ce ressourcement, il sera question des modifications apportées au document de travail et des préoccupations qui guident celles-ci. Pour être en mesure de caractériser ces préoccupations, nous devons rappeler les deux cadres qui sous-tendent l'élaboration initiale de la banque d'activités dans la cognition incarnée et la structure génératrice d'activités visant le développement du RS.

Notre projet s'insère dans les travaux valorisant la cognition incarnée (CI) en prônant non pas une vision centrée sur le traitement de l'information, mais plutôt sur une vision sensorielle basée sur l'action de l'apprenant (Barsalou, 2008 ; Wilson, 2002). Cette perspective est fondée sur le principe que tout apprentissage s'appuie sur une interaction perceptive et physique de l'élève avec son environnement (Barsalou, 2008 ; Wilson, 2002). En mathématiques, de Freitas et Sinclair (2014) montrent comment la coordination de la main (et sa manipulation d'objets) et de l'œil (qui observe et contrôle) fait évoluer le concept du nombre ordinal, par exemple dans le dénombrement d'objets, créant un rythme itératif qui se fait sentir directement, sans passer par le langage. Marchand (2020) montre comment la manipulation et la description à l'aveugle de différents solides peuvent contribuer à la conceptualisation de ceux-ci. Étant donné que ces avenues semblent prometteuses, nous les avons considérées lors de l'élaboration initiale de la banque d'activités.

Le RS est circonscrit dans cette étude par la structure génératrice d'activités (SGA) développée par Marchand (2020), illustrant les principales balises à prendre en considération lors de l'élaboration

d'activités valorisant le développement du RS. Elle a été conçue pour élaborer et analyser les activités potentiellement propices au développement du RS. Dans ce cadre, le RS comporte un volet « orientation » avec des activités de repérage exploitant différents référentiels, tels que la latéralité ou les points cardinaux, et traitant de relations extrinsèques (entre objets), ainsi qu'un volet « organisation » avec des activités de visualisation mentale sollicitant des relations intrinsèques (entre parties d'un même objet) (Uttal et al., 2013). Pour caractériser ces deux types d'activités, les trois niveaux d'abstraction proposés par Battista (2007) nous servent de repères. Le niveau « archéologique » permet aux élèves d'acquérir une conscientisation des objets qui les entourent en les décrivant et en les analysant visuellement. Vient ensuite le niveau « photographique », lorsque les objets ont été suffisamment étudiés par les élèves et qu'ils sont en mesure de s'en faire une image mentale (IM) statique. Et, au niveau d'abstraction « scénographique », les élèves doivent, tout comme un scénariste, imaginer les personnages (ici les objets), leurs caractéristiques, leurs interactions et leurs transformations dans l'espace. Enfin, une troisième balise ciblée de ce cadre nous permet de réaliser une analyse fine des activités élaborées en termes de variables de la situation : la conception de l'espace selon Brousseau (1983) (micro/méso/macro-espace) ; la dimension et la nature des objets (0D/1D/2D/3D, prototypiques/non, position typique/non) ; maillage des tâches demandées aux élèves (Berthelot et Salin, 1999-2000 ; Davis et al., 2015 ; Moss et al., 2016) ; et la nature du questionnement de l'enseignant ciblant le RS (Marchand, 2020 ; Zhang et al., 1992).

III. MÉTHODOLOGIE

Afin de pouvoir répondre à nos deux questions de recherche, 1) les étapes d'une recherche de type Design-based Research seront énoncées. Ensuite (2), l'activité ciblée pour explorer ce processus itératif sera décrite selon les fondements qui la soutiennent et les choix réalisés par les chercheurs pour la présenter aux praticiens. Les données recueillies pour analyser les modifications réalisées à cette activité seront identifiées et situées dans le processus (3). Le traitement des données inspiré d'une analyse émergente sera brièvement exposé (4).

1. Méthodologie du projet de recherche

L'approche qualitative utilisée pour le projet de recherche est du type Design-based Research (Anderson et Shattuck, 2012) qui s'appuie sur une interaction entre le design d'une activité et la théorie sous-jacente dans la mesure où elle est composée de phases itératives entre l'élaboration et l'expérimentation d'une ressource valorisant le développement du RS auprès d'élèves de la 4^e année à la 6^e année du primaire (9-12 ans). En ce qui a trait à l'activité analysée dans le présent texte, la Figure 1 illustre le processus itératif mis en action.

Toutes les activités de la banque ont ainsi été élaborées, de manière itérative, par l'ensemble des partenaires du projet, soit des chercheurs, des enseignantes et une CP. Elles ont été analysées, en amont et en aval de leur expérimentation, par le biais d'une grille basée sur les éléments du cadre de référence, sur les échanges entre les différents partenaires lors de rencontres et à partir des journaux de bord complétés par les enseignantes. Pour chaque activité, il y a eu une itération par année et donc pour un potentiel de trois itérations jusqu'à maintenant.



Figure 1 – Schéma du processus itératif pour une activité

2. *Présentation de l'activité ciblée par cette analyse*

L'activité ciblée pour décrire le processus d'appropriation d'une ressource didactique est intitulée *Peux-tu le dessiner ?* (Voir annexe 1). Notre choix de cette activité, parmi la douzaine d'activités faisant partie de la banque, s'est imposé pour trois raisons : elle a été expérimentée par plusieurs enseignantes et sur plus d'une année ; deux itérations et donc trois versions de celle-ci ont été produites durant le projet de recherche ; et, il était possible de retourner dans les journaux de bord et les moments d'échanges afin de recueillir des informations sur les préoccupations de chacun en lien avec les modifications apportées d'une version à l'autre.

La tâche demandée aux élèves ici est de reproduire une image incluse dans un carré à la suite d'une observation faite de celle-ci dans un temps limité. Cette tâche peut paraître simple, mais elle prend en compte plusieurs éléments de nos cadres théoriques. Ici, les élèves sont privés d'un de leurs sens, la vue, pour faire appel aux autres sens afin de reproduire l'image (CI et SGA). De plus, l'action de reproduire l'image en son absence demande nécessairement à ces derniers d'être actif mentalement et de recourir à une abstraction photographique pour réussir la tâche (CI et SGA). La progression des images proposée aux élèves a pour but de mettre en évidence les relations entre les segments (relations spatiales, géométriques et métriques) et donc leur organisation spatiale (SGA). Il y a des régularités qui reviennent d'une image à l'autre pour construire et discuter de celles-ci en classe. De plus, le questionnement lors de la phase collective sur les stratégies employées par les élèves pour chacune des images permet de rendre explicite l'action mentale réalisée par les élèves (CI) et plus précisément, la richesse des stratégies possibles (ex. : image globale, balayage de haut en bas, mots-clés) afin de valoriser leur développement chez tous les élèves (SGA). En lien plus globalement sur le développement d'un raisonnement qualitatif, cette activité permet de traiter d'une organisation ou d'un fractionnement d'un carré de différentes manières en analysant ses propriétés spatiales, géométriques ou métriques sans recourir à des quantités, mais en travaillant directement sur les figures en jeu. Initialement, elle avait été qualifiée de niveau 2, intermédiaire, puisqu'il était question de dessiner des traits sur une feuille et que cette tâche nous semblait plus complexe que de reproduire l'image générée par la manipulation de pièces, comme celles du Tangram.

Ces éléments théoriques ont guidé l'élaboration de cette activité, mais la manière de les partager auprès des praticiens a aussi été planifiée par l'équipe. Le premier choix a été de leur faire vivre une activité tirée de notre banque d'activités. Cet espace permet aux praticiens d'avoir une expérience commune sur laquelle se poursuivront nos échanges (verbalisation des impressions mutuelles), de mieux saisir les enjeux conceptuels derrière le développement du RS, d'anticiper les raisonnements et difficultés des élèves et d'anticiper la manière que celle-ci pourrait être vécue dans leur classe (approche de formation homologique). Le deuxième choix a été de présenter globalement le premier cadre et trois des sept balises du deuxième cadre qui semblaient incontournables pour ce projet (RS, niveaux d'abstraction et tâches). Les autres balises ayant été considérées lors de l'élaboration restaient implicites pour les autres partenaires, à moins qu'elles aient émergé lors d'échanges collectifs (ex. : changement d'espace). Un troisième choix a été de présenter ce cadre à la suite de l'expérimentation commune de l'activité pour ainsi rattacher les éléments du cadre directement à la pratique en y donnant du sens pour eux.

3. *Données recueillies pour l'analyse*

Il a été mentionné plus haut, que nous avons accès aux différentes versions de l'activité, aux journaux de bord des enseignantes l'ayant expérimentée ainsi qu'aux enregistrements des moments

d'échanges entre partenaires. Les données recueillies pour cette analyse spécifiquement sont présentées ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 – Données recueillies pour l'activité *Peux-tu le dessiner ?*

Activité <i>Peux-tu le dessiner ?</i>	- 3 versions de la planification - 3 combinaisons d'images à présenter aux élèves
Journaux de bord	- 6 journaux de bord
Rencontres entre les partenaires	- 2 enregistrements de moments d'échanges

Les données associées à l'activité correspondent aux trois versions de la planification ainsi qu'à trois combinaisons différentes d'images à présenter aux élèves. Les impressions des enseignantes à propos de l'expérimentation de cette activité proviennent, d'une part, des six journaux de bord et, d'autre part, des propos tenus lors de deux enregistrements de moments d'échanges entre les différents partenaires (enseignantes, chercheurs et une CP). La première rencontre a permis de présenter et de faire vivre l'activité aux enseignantes ainsi que de recueillir le témoignage d'une enseignante ayant réalisé cette activité l'année précédente. La seconde rencontre a permis d'obtenir les impressions des enseignantes à la suite de l'expérimentation de cette activité. En tout, 10 enseignantes de la 4^e à la 6^e année l'ont expérimentée en classe lors des années scolaires 2022-2023 ($n = 4$) et 2023-2024 ($n = 6$). Une seule enseignante a réalisé l'activité au cours des deux années.

4. *Traitement des données recueillies*

Le traitement des données s'est fait à l'aide d'un croisement entre ces trois types de données : analyse des trois versions de l'activité, analyse des journaux de bord et analyse des rencontres filmées avec les différents partenaires. La ressource produite, ici sous forme des trois versions de l'activité, représente notre donnée centrale et les modifications apportées orientent notre regard pour décrire le processus itératif lié à l'élaboration et l'expérimentation de cette dernière. Les deux autres types de données permettent d'émettre des hypothèses parfois directes ou inférées des préoccupations de chacun des partenaires qui guident ces modifications.

IV. TRANSFORMATION D'UNE ACTIVITÉ DE LA RESSOURCE VALORISANT LE RS : *PEUX-TU LE DESSINER ?*

Afin de présenter de manière synthétique les modifications de cette activité et des préoccupations de chacun des partenaires qui les ont guidées, nous procédons à une analyse transversale des trois versions de l'activité. Cette comparaison a été déclinée en trois volets suivant les trois rubriques du document produit : le matériel, le déroulement et les adaptations possibles. Pour chacun de ces volets, les modifications apportées aux documents de cette activité seront exposées et l'analyse portera sur les préoccupations qui ont mené à celles-ci que nous pouvons extraire des moments d'échanges et de traces recueillies dans les journaux de bord réalisés dans l'intervalle de ces trois versions.

1. *Modifications et préoccupations en lien avec le matériel proposé dans l'activité*

Nous présentons ici les trois versions du matériel proposé dans l'activité *Peux-tu le dessiner ?*, c'est-à-dire les informations contenues dans la planification (Tableau 2).

Tableau 2 – Différentes versions du matériel proposé dans l'activité Peux-tu le dessiner ?

Version 1 (2022-2023)	Version 2 (2023-2024)	Version 3 (2024-2025)
- Une feuille avec un carré au contour noir (voir annexe) * Une feuille par image - Un crayon	- Une feuille avec un carré noir (Modèle carré au contour noir) - Une pochette protectrice - Un crayon effaçable	
Avant de commencer, assurez-vous que chaque élève dispose d'un crayon et d'une feuille de papier avec un carré noir.	... d'un crayon effaçable et d'une feuille de papier avec un carré noir insérée dans une pochette protectrice	

Les modifications apportées visaient principalement à assurer la pérennité des activités. Par exemple, l'utilisation d'une pochette de plastique pour insérer la feuille contenant le carré noir, accompagnée d'un crayon effaçable, permettait de limiter le gaspillage de papier et de rendre le matériel réutilisable. Par ailleurs, la conseillère pédagogique insistait sur l'importance de concevoir un matériel durable, pouvant être utilisé sur plusieurs années et, idéalement, partagé entre différentes enseignantes. Elle proposait notamment la création d'un bac regroupant l'ensemble des activités et leur matériel, destiné à être utilisé dans plusieurs écoles.

Les images à présenter aux élèves ont également subi certaines transformations (Tableau 3).

Tableau 3 – Images à présenter aux élèves dans l'activité Peux-tu le dessiner ?

Version 1 (2022-2023)	Version 2 (2023-2024)	Version 3 (2024-2025)

À la suite de la première expérimentation, des enseignantes rapportent que les élèves trouvent les images trop simples ($n = 4$). En réponse, le niveau de difficulté a été abaissé de 2 à 1, et certaines images ont été retirées afin d'accélérer la progression. Lors de l'expérimentation de la seconde itération, malgré les modifications apportées aux images, une enseignante a noté dans son journal de bord que « Nous aurions préféré 4 ou 5 images plus difficiles, voire très difficiles ». En conséquence, l'équipe de chercheurs a retravaillé les images afin de mieux répondre aux besoins exprimés.

Par ailleurs, une discussion collective a eu lieu autour des images à présenter aux élèves, au cours de laquelle les enseignantes ont questionné le degré de précision attendu dans les dessins (ex. : les élèves doivent-ils utiliser une règle ? Et dans le cas de la balle de baseball ?). Pour cette raison, la troisième version comporte des images représentant un niveau spatial de complexité plus élevé et non métrique comme le cas du cercle générât, permettant ainsi un partage d'une plus grande variété de stratégies spatiales pouvant être utilisées par les élèves. Par conséquent, les deux images incluant le cercle ont été retirées afin de ne pas faire dériver les apprentissages vers un raisonnement quantitatif (mesure-précision) au lieu de qualitatif (RS). Il fut intéressant de constater que les préoccupations des

enseignantes relatives aux images à présenter ne concernaient pas seulement des enjeux logistiques, mais qu'il y a une sensibilisation de plus en plus présente envers le développement du RS chez leurs élèves.

2. Modifications et préoccupations en lien avec le déroulement proposé dans l'activité

Le tableau 4 présente les modifications apportées au déroulement proposé dans l'activité *Peux-tu le dessiner ?*

Tableau 4 – Différentes versions du déroulement proposé dans l'activité *Peux-tu le dessiner ?*

Version 1 (2022-2023)	Version 2 (2023-2024)	Version 3 (2024-2025)
Durée : 2 x 20 minutes	Durée : 30 à 45 minutes	
[...] Au besoin, demandez aux élèves d'apporter des corrections à leur travail.	[...] Un retour sur les stratégies peut être fait entre chaque image.	[...] Il est intéressant de faire un retour sur les stratégies entre chaque image.

À la suite de l'expérimentation de la première itération, la durée de l'activité est passée de 2 séances de 20 minutes à une séance variant entre 30 et 45 minutes puisque des enseignantes ($n = 3$) ne voyaient pas la nécessité de réaliser l'activité en deux moments distincts. Une enseignante nomme qu'il a été bénéfique de faire un retour sur les stratégies utilisées entre chaque image plutôt que seulement lors de la phase collective à la fin de l'activité. Considérant l'objectif de cette activité, les membres de l'équipe de recherche ont souhaité, dans la version 3, mettre ainsi l'accent sur l'importance et la pertinence de réaliser ce partage de stratégies entre chaque image qui était implicite dans le document partagé. Aussi, Des enseignantes ($n = 3$) ont suggéré de réaliser cette activité avant les autres, modifiant ainsi l'ordre de la banque d'activités proposées par l'équipe de recherche. Une enseignante a ainsi confirmé ce changement d'ordre de l'activité. Alors qu'au départ, les chercheurs pensaient que reproduire une image en son absence avec le matériel serait plus simple que la tracer sur une feuille, l'expérimentation a montré qu'au contraire le fait de la tracer était plus accessible pour les élèves (tâches habituelles) et plus encadré spatialement (à l'intérieur du carré).

Les préoccupations concernant le déroulement de cette activité sont liées au désir, partagé par tous, de favoriser le développement du RS chez les élèves en s'assurant de respecter une certaine progression dans les activités et de centrer l'activité sur la verbalisation des stratégies utilisées par les élèves, donc sur le raisonnement qualitatif, plutôt que sur l'obtention de la bonne réponse. Une des raisons qui ont amené les enseignantes à participer à ce projet était leur désir de faire parler davantage leurs élèves lors des activités mathématiques et la CP a vu, dans cette demande, un lien direct avec les activités de cette ressource. Cette modification est donc en cohérence avec cette préoccupation initiale des enseignantes plus globale, d'un « changement de climat de classe ».

3. Modifications et préoccupations en lien avec les adaptations possibles proposées dans l'activité

Les différentes versions des adaptations possibles¹ proposées dans l'activité *Peux-tu le dessiner ?* sont présentées ci-dessous (Tableau 5).

¹ Dans toutes les activités, des adaptations sont possibles afin que les enseignants puissent ajuster l'activité selon leur réalité et leurs contraintes, sachant que celles-ci peuvent être vécues de différentes manières en classe.

Tableau 5 – Différentes versions des adaptations possibles proposées dans l'activité *Peux-tu le dessiner ?*

Version 1 (2022-2023)	Version 2 (2023-2024)	Version 3 (2024-2025)
Adaptation : Vous pouvez encourager les élèves à « dessiner dans les airs » l'image pendant les 5 secondes, ce qui pourrait aider certains d'entre eux avec le dessin proprement dit.	Adaptations possibles : - Vous pouvez laisser aux élèves trois secondes pour observer à la place de cinq. - Vous pouvez encourager [...]	

Lors de la première itération, il est mentionné dans le journal de bord d'une enseignante qu'elle a réduit le temps d'affichage à 3 secondes afin d'augmenter le niveau de difficulté. Nous avons alors inclus cet élément dans les adaptations possibles. Si la demande avait été d'augmenter le temps d'observation ou de permettre aux élèves de tracer l'image en l'observant, elle n'aurait pas été retenue par les chercheurs puisqu'elle n'aurait pas respecté les conditions favorables au développement du RS. Aucune autre modification n'a été apportée lors de la seconde itération concernant les adaptations possibles.

Une des préoccupations des enseignantes concerne l'adaptation de l'activité au niveau des élèves pour s'assurer qu'ils restent engagés dans la réalisation de la tâche. Du côté des chercheurs, une de leurs préoccupations est la nécessité de faciliter la compréhension de l'activité par les enseignantes.

V. DISCUSSION ET CONCLUSION

La discussion autour des modifications apportées à l'activité initialement proposée par l'équipe de chercheurs met en lumière l'évolution de cette ressource au fil des itérations. Les modifications répondent aux préoccupations des différents acteurs impliqués et permettent une réflexion collective liée aux trois moments clés de l'activité de classe (en amont, pendant et en aval de celle-ci). Du côté des enseignantes, l'accent a été mis sur la mise en œuvre de l'activité et sur l'adéquation des tâches à réaliser au rythme des élèves, garantissant ainsi un niveau de difficulté adapté et le maintien de leur engagement. Les chercheurs, quant à eux, ont manifesté une préoccupation pour l'appropriation de l'activité par les enseignantes, du maintien des enjeux liés au développement du RS et de la pérennité de son utilisation dans la pratique. De manière plus proche des chercheurs, la conseillère pédagogique partage des préoccupations centrées sur la durabilité et le partage de la ressource. Un point de convergence clair entre tous les acteurs est le développement du RS chez les élèves, objectif fondamental de cette démarche collaborative. Un autre point central dans cette analyse est la place accordée à la verbalisation en classe illustrant un changement de climat de classe par les enseignantes et une manifestation du développement du RS par les chercheurs.

Cette analyse exploratoire révèle le rôle de la collaboration dans l'élaboration et l'expérimentation de ressources pédagogiques. On observe également une saturation progressive de l'activité, marquée par une diminution des modifications lors des dernières itérations, témoignant d'un alignement progressif des préoccupations de chacun, tant du côté des chercheurs que des praticiens. Cette dynamique contribue à l'émergence de préoccupations partagées, facilitant ainsi une appropriation mutuelle des enjeux pédagogiques et didactiques.

Finalement, il ressort de cette analyse que la ressource développée occupe une place centrale dans le dispositif, tant du point de vue des chercheurs que de celui des praticiennes. Pour les chercheurs, elle s'appuie sur des fondements théoriques liés au développement du raisonnement spatial, tandis que pour la CP et les enseignantes, ces éléments semblent s'incarner dans ce processus itératif lié à l'élaboration de la ressource elle-même, qui devient en quelque sorte « autoportante » en tant que

vecteur de savoir. Cette perception renforce l'importance accordée à la durabilité et au partage de la ressource. À ce jour, la CP joue un rôle clé dans sa diffusion à l'intérieur de son centre de services scolaire, agissant comme porte-parole du RS auprès des enseignantes. Dans cette perspective, une plateforme Web est en cours de développement afin d'assurer une diffusion plus large, incluant des planifications détaillées, le matériel requis pour les activités, ainsi que des capsules de vulgarisation sur le développement du RS.

RÉFÉRENCES

- Anderson, T. et Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Sage Journals*, 41(1), 16-25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Battista, M. T. (2007). The development of geometric and spatial thinking. Dans F. K. Lester, Jr. (dir.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (p. 843-908). National Council of Teachers of Mathematics.
- Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1999-2000). L'enseignement de l'espace à l'école primaire. *Grand N*, (65), 37-59. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/65n4_1562227030012-pdf
- Brousseau, G. (1983). Étude des questions d'enseignement. Un exemple : la géométrie Dans *Actes du Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, Université Joseph Fourier, Grenoble* (vol. 45, p. 183-226).
- Center for Spatial Studies, UCSB. (2008). *Imagine a nation of spatial thinkers*. <https://escholarship.org/uc/item/0cw6w51v>
- Cheng, Y.-L. et Mix, K. S. (2012). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11.
- Davis, B. et The Spatial Reasoning Study Group. (2015). *Spatial reasoning in the early years: Principles, assertions, and speculations*. Routledge.
- de Freitas, E. et Sinclair, N. (2014). *Mathematics and the body: Material entanglements in the classroom*. Cambridge University Press.
- Freiman, V., Sokhna, M. et Wozniak, F. (2024). *EMF 2025, GT7 : Les ressources pour de nouveaux défis* [appel à contribution]. <https://sites.google.com/view/emf2025/groupe-de-travail/gt7>
- Marchand, P. (2006). Comment développer les images mentales liées à l'apprentissage de l'espace en trois dimensions ? *Annales de didactique et des sciences cognitives*, 11, 103-121.
- Marchand, P. (2020). Quelques assises pour valoriser le développement des connaissances spatiales à l'école primaire. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 40(2), 1-44.
- Moss, J., Bruce, C. D., Caswell, B., Flynn, T. et Hawes, Z. (2016). *Taking shape. Activities to develop geometric and spatial thinking. Grades K-2*. Pearson Canada.
- Newcombe, N. (2017). Harnessing spatial thinking to support STEM learning. *OECD Education Working Papers*, (161). <https://doi.org/10.1787/7d5dcae6-en>
- Ontario Ministry Of Education. (2014). *Paying attention to Spatial Reasoning* [Support Document for Paying Attention to Mathematics Education]. <http://thegamesmethod.com/wp-content/uploads/2015/04/LNSPayingAttention.pdf>

- Salin, M.-H. (2013). Quelques remarques autour des finalités de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire. Dans *Actes du XI^{ème} colloque international des Professeurs et des Formateurs de Mathématiques chargés de la Formation des Maîtres. Enseignement de la géométrie à l'école : enjeux et perspectives* (p. 32-40).
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. et Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402.
- Verdine, B. N., Michnick Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K. et Newcombe, N. (2017). Links between spatial and mathematical skills across the preschool years. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(1), 77-85.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625–636.
<http://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Zhang, L.-W., Ma, Q.-W., Orlick, T. et Zitzelsberger, L. (1992). The effect of mental-imagery training on performance enhancement with 7–10-years-old children. *The Sport Psychologist*, 6, 230-241.

ANNEXE 1

Matériel

- Images à projeter sur le TNI (voir 25. Peux-tu le dessiner? - Images)
- Une feuille avec un carré noir (voir 25. Modèle carré noir) • Une feuille par image
- Un crayon

Durée : 2 x 20 minutes

Niveau de difficulté : 2

Déroulement

Dans cette activité, les élèves doivent prêter attention à la forme, à la structure et aux relations géométriques lorsqu'ils reconstituent des dessins de lignes retenues en mémoire (par exemple, un carré traversé par une ligne).

Avant de commencer, assurez-vous que chaque élève dispose d'un crayon et d'une feuille de papier avec un carré noir (voir Document – Modèle carré noir).

Lorsque la classe est prête, projetez une conception géométrique sélectionnée et demandez à la classe de l'examiner attentivement pendant environ cinq secondes (les élèves ne doivent pas dessiner à ce stade, mais étudier la conception en termes de forme, de structure et de relations géométriques). Au bout de cinq secondes, cachez le dessin et demandez à la classe de faire de son mieux pour dessiner l'image de mémoire. Montrez à nouveau le dessin et demandez aux élèves de déterminer si leur copie est une réplique exacte de l'original. Au besoin, demandez aux élèves d'apporter des corrections à leur travail.

Terminez par une discussion en classe, ou des discussions en petits groupes, sur les propriétés géométriques du dessin :

- Comment les élèves se souviennent-ils du dessin?
- Comment les élèves ont-ils vu le modèle de manières différentes (par exemple, une enveloppe par rapport à un X)?
- Quelles stratégies avez-vous utilisées pour vous souvenir de la conception?
- Y avait-il certaines formes qui se démarquaient?
- Existe-t-il différentes manières de dessiner le même motif?
- Que remarquez-vous lorsque vous coupez un carré en deux à l'aide d'une diagonale?

Grâce à une discussion en classe, les élèves en viendront à reconnaître qu'il existe de nombreuses façons de voir, de se souvenir et de construire ou de déconstruire des objets dans un espace bidimensionnel.

Adaptation : Vous pouvez encourager les élèves à « dessiner dans les airs » l'image pendant les 5 secondes, ce qui pourrait aider certains d'entre eux avec le dessin proprement dit.

Compétences spatiales impliquées

- Raisonnement proportionnel
- Mémoire visuo-spatiale

