**Interactions entre les actions des élèves et les caractéristiques de la manipulation lorsqu’ils résolvent une tâche en arithmétique[[1]](#footnote-1)**

*Dans ce texte, nous explorons l’utilisation du matériel de manipulation en classe pour améliorer le sens du nombre à travers le concept d’affordance. Le matériel de manipulation fait partie de la culture de la classe primaire dans différents pays. Même si plusieurs études remettent en question l’efficacité du matériel de manipulation, il semble y avoir un consensus autour de la nécessité de l’utiliser. Toutefois, très peu d’information est disponible sur la façon donc les mathématiques sont faites avec le matériel de manipulation. L’analyse de l’activité d’une classe aide à mettre en lumière différentes affordances de deux matériels : les blocs de base dix et l’abaque, dans un contexte de classe où les opérations d’addition et de soustraction sont explorées avec les élèves.*

**Introduction**

La recherche et les communautés en enseignement des mathématiques au primaire s’entendent pour dire que l’utilisation du matériel de manipulation est nécessaire pour permettre l’apprentissage des élèves (Moyer, 2001, MEQ, 2006). Les objets mathématiques sont considérés par certains comme étant trop abstraits pour les élèves du primaire. Certains chercheurs voient l’utilisation du matériel de manipulation comme étant une façon moins abstraite de raisonner qu’avec des symboles mathématiques formels (Lett, 2007, Özgün-Koca and Edwards, 2011). Selon Domino (2010), la majorité du travail qui supporte l’utilisation du matériel de manipulation est basé sur les théories de Piaget (1964), Bruner (1977) et Diènes (1973). Ces théories de l’apprentissage sont basées sur l’idée que le matériel est nécessaire pour le développement des images mentales que les élèves peuvent éventuellement convoquer dans des situations sans matériel. D’une certaine façon, le besoin et les bénéfices de l’utilisation du matériel de manipulation semblent être tenus pour acquis par plusieurs chercheurs.

Pourtant, d’autres courants envisagent autrement l’apprentissage des mathématiques. Par exemple, la recherche montre que les mathématiques sont structurées par le contexte dans lequel elles sont faites (e.g. Lave, 1988, Nunès, Schliemann and Carraher, 1993). Ces études, en grande partie réalisées dans un contexte non scolaire, soulignent que le savoir mathématique est situé (Noss, 2002). Par exemple, Pozzi, Noss et Hoyles (1998) mentionnent que dans le contexte professionnel (infirmiers, banquiers, ingénieurs, etc.), les outils et les objets disponibles aux acteurs façonnent leur activité mathématique. En d’autres mots, le raisonnement mathématique est développé en coordination avec le “bruit” des situations dans lesquelles il prend place (Noss, 2002). Dans cette perspective, faire des mathématiques avec du matériel de manipulation pourrait être différent d’une version concrète de faire des mathématiques sans matériel (Corriveau et Jeannotte, 2015). Kosko et Wilkins (2010) ont été capables de montrer que l’utilisation de matériel de manipulation teinte le discours qui est développé en l’utilisant. Nous pouvons penser que le fait de faire des mathématiques avec ou sans matériel de manipulation n’est pas la même activité. En partant de cette prémisse, nous avons développé un projet nommé *MathéRéaliser[[2]](#footnote-2)* qui s’intéresse à la compréhension de ce que c’est de faire des mathématiques avec du matériel de manipulation dans le contexte d’une classe.

Dans ce texte, nous cherchons à mieux comprendre ce que signifie faire des mathématiques avec du matériel de manipulation lors de l’apprentissage des nombres et de l'habileté de calcul au primaire. Pour ce faire, le concept d’*affordance* est convoqué pour identifier le potentiel du matériel de manipulation lors de l’apprentissage du sens du nombre et des opérations arithmétiques. Avant de présenter l’analyse, nous présenterons les concepts d’*affordance,* de *matériel de manipulation* ainsi que quelques principes méthodologiques. Une discussion suivra.

**Cadre conceptuel**

Deux concepts nous ont aidés à atteindre notre objectif : matériel de manipulation et affordance.

**Matériel de manipulation**

Dans de nombreuses théories (p. ex. Piaget, 1964; Bruner, 1977), le matériel de manipulation joue un rôle important dans l’apprentissage des mathématiques pour aider à donner sens aux objets mathématiques. Ce rôle est habituellement compris comme l’idée que le matériel de manipulation permet aux mathématiques abstraites d’être plus concrètes. Ce rôle est souvent tenu pour acquis par les chercheurs et peu d’entre eux définissent ce qu’ils entendent par matériel de manipulation. Les définitions parlent surtout d’objets physiques tangibles, manipulables (p. ex. Swan, Marshall, 2010). Certains ajoutent qu’ils peuvent être maniés par les enfants et font une distinction avec les objets tangibles qui sont des outils pour l’enseignement (p. ex. Kennedy, 1986). D’autres parlent de matériel de manipulation servant à modéliser un objet mathématique par une représentation externe (p. ex. Day & Hurrell, 2017). Ces définitions vont dans la même lignée que la vision de l’apprentissage des mathématiques qui est promu dans les théories mentionnées plus haut. Toutefois, elles ne s'alignent pas avec d’autres visions de l’enseignement des mathématiques où les activités cognitives ne signifient pas activités mentales (p. ex. Sfard, 20018). D’un point de vue socioculturel, l’apprentissage des mathématiques est influencé par la culture historique de la communauté où l’apprentissage prend place et par la culture et l’expérience des apprenants eux-mêmes. Lorsqu’il est disponible pendant une activité mathématique, le matériel de manipulation est porteur d’une certaine culture et teinte l’expérience de l'apprenant.

Dans le contexte du sens du nombre et du calcul, une abondance de matériel de manipulation est disponible pour l’école primaire. Poirier (2001) a classifié le matériel de manipulation utilisé pour développer le sens du nombre en trois catégories. La première catégorie réfère au matériel de manipulation où les unités sont visibles et accessibles. Par exemple, si nous utilisons 3 jetons et 4 sacs transparents de 10 jetons pour représenter le nombre 43. Les dizaines sont des sacs qui contiennent 10 jetons et qui peuvent être déconstruits en 10 unités (en les sortant du sac). La deuxième catégorie réfère au matériel de manipulation où les unités sont visibles sans être accessibles (ne peuvent pas être déconstruits). Les blocs de base dix sont un bon exemple de ce type de matériel: nous devons échanger physiquement un bâtonnet pour 10 unités parce que les bâtonnets ne peuvent pas être déconstruits (la plupart du temps). La troisième catégorie réfère à du matériel de manipulation symbolique, où les unités ne sont pas visibles en dizaines, en centaines, etc. (par exemple, un abaque, de l’argent, etc.).

**Affordance**

Les affordances concernent les interactions entre un individu et l’environnement. Les caractéristiques environnementales (l’organisation de la classe, les propriétés des objets, etc.) ne peuvent pas être détachées des élèves (leurs perceptions, leurs expériences passées, etc.). Ils forment une paire inséparable. Selon Clot et Béguin (2004), les affordances sont caractérisées d’un côté par le fait que les objets sont signifiants. Cette signification est rattachée à l’expérience de l’utilisateur. D’un autre côté, de part sa valeur pratique, “an object is immediately associated with a signification for action” (p. 53). Aussi, “[w]hether or not the affordance is perceived or attended to will change as the need of the observer changes, but being invariant, it is always there to be perceived” (Gibson 1977, dans Brown et al., 2004, p. 120). Donc l’utilisation et les propriétés d’utilisation du matériel peuvent varier selon les besoins. Par exemple, les blocs de base dix ont été désignés pour aider les élèves à percevoir les structures de notre système de numération. Comme adulte, nous pouvons voir ces propriétés et les utiliser pour montrer des modèles mathématiques. “We are seeing concepts that we already understand” (Ball, 1992, p. 5). Ce que les élèves boivent est aussi associé à ce qu’ils connaissent. Depuis que le matériel n’est plus utilisé uniquement par les élèves, mais aussi par les enseignants, ce que les enseignants font avec le matériel de manipulation fait aussi partie intégrante de l’expérience des élèves. Ainsi, le concept d’affordance permet non seulement d’avoir un indice sur le processus d’apprentissage, mais aussi sur le processus d’enseignement.

**Méthodologie**

Dans le projet *MathéRéaliser*, nous avons mené une vaste étude visant à observer les relations entre les interventions des enseignants et le raisonnement mathématique des élèves au travers de l’expérimentation de tâches où le matériel jouait un rôle important (et différent). Neuf enseignants (dans chaque phase du projet) ont été invités à rejoindre une recherche collaborative, dans laquelle chaque tâche a été co-élaborée et expérimenté ensuite dans leur classe. Toutes les tâches portaient sur le sens du nombre et les opérations, incluant les nombres naturels et les fractions. Le projet a été réalisé entre novembre 2014 et mai 2015 pour une phase préliminaire (phase 1) et de novembre 2017 à mai 2018 pour une deuxième phase. Il y a eu des rencontres régulières: des rencontres de co-élaboration et des rencontres pour faire un retour suite aux expérimentations. Toutes les rencontres et les expérimentations ont été enregistrées et retranscrites.

Pour le bien de ce texte, nous nous sommes concentrées seulement sur les interactions entre les actions des élèves et les caractéristiques du matériel de manipulation lors de l’apprentissage du sens du nombre et des habiletés de calcul au niveau primaire. Ainsi, une tâche est analysée. La tâche *Opérations classiques,* de la phase 2, a été expérimentée dans deux classes de troisième année (9-10 ans) de 19 et 18 élèves. Les élèves devaient travailler en équipe de 2. Dans le programme du Québec, les élèves apprennent l’algorithme de l’addition et de la soustraction en 3e année. Ils avaient donc déjà appris les deux algorithmes.

**Description de la tâche et caractéristiques du matériel de manipulation**

*Opérations classiques* est une tâche inspirée de Cobb (1994). Les élèves ont répondu à trois questions similaires à la suivante. Les tâches ont été présentées oralement aux élèves.

“Représente 1009 avec ton matériel puis je vais vous poser une question [Attente que les élèves aient représenté 1009 avec leurs blocs de base dix ou leur abaque maison.] J’avais un nombre, j’ai soustrait 453 [l’écrit au tableau], j’ai maintenant 1009. Combien j’avais au départ? ”

Pour réaliser cette tâche, deux matériels étaient disponibles. Les élèves travaillaient soit avec les blocs de base dix ou avec un abaque maison (voir figure 1)

****

**Figure 1: Blocs de base dix et abaque maison**

Comme chaque matériel a ses propriétés, nous nous pouvons faire l’hypothèse que chaque matériel, en relation avec les élèves et le groupe générera différentes affordances dans la classe (voir tableau 1).

|  |  |
| --- | --- |
| **Blocs de base dix** | **Abaque maison** |
| * Modèle proportionnel; * Unités visibles, mais inaccessibles (non destructible); * La valeur ne dépend pas de l’organisation du matériel; * Le même objet peut seulement avoir une valeur. | * Modèle non proportionnel; * Matériel symbolique (unités non visibles ni destructibles) * La valeur dépend de l’arrangement du matériel; * Le même objet peut changer de valeur. |

**Tableau 1: Caractéristiques de chaque matériel.**

**Analyse et résultats**

L’analyse de données a impliqué trois étapes. Premièrement, pour explorer l’affordance lors de l’utilisation du matériel, nous avons regardé les vidéos plusieurs fois. Deuxièmement, nous avons extrait chaque action posée par les élèves pour les observer. Chaque action a ensuite été décrite en association avec les caractéristiques du matériel de manipulation. Finalement, nous avons groupé les actions en trois différentes activités mathématiques impliquées dans la classe et dans l’organisation de la classe (l’utilisation du matériel).

L’une des plus grandes difficultés de cette tâche a été de choisir la meilleure opération. Nous sommes conscientes que l’utilisation du matériel n’aide pas les élèves à faire ce choix. Toutefois, les blocs de base dix et les abaques utilisés par les élèves ont aidé l’enseignant à identifier en un coup d’oeil qui choisissait le bon. Autrement que dans le choix de l’opération, la plupart des erreurs sont survenues dans les stratégies de dénombrement. Le tableau 2 présente l’analyse des actions posées par les élèves en relation avec les caractéristiques de chaque matériel. Nous avons regroupé les différentes actions en fonction de l’activité mathématique impliquée: représenter, opérer et interpréter.

Pour représenter des nombres, la plupart des élèves étaient capables d’exploiter le matériel. Pour les blocs de base dix, ils associaient le bon bloc (unité, bâtonnet, plaquette, etc.) à chaque position. Néanmoins, peu d'entre eux ont disposé les blocs de manière à pouvoir « reconnaître » rapidement le nombre devant eux. Pour l’abaque, certains élèves ont eu de la difficulté à choisir la bonne colonne pour représenter le deuxième nombre. De plus, davantage d'élèves ont eu recours à la structuration visuelle, les aidant ainsi à interpréter ultérieurement le nombre.

En opérant sur les nombres, des difficultés de conversion sont survenues en plus des erreurs de dénombrement. Même si les élèves mentionnent échanger 10 unités pour une dizaine (par exemple), nous avons observé plus d’une fois que les élèves échangeaient 11 unités pour une dizaine. Quand ils utilisent l’abaque pour échanger une dizaine en unités, ils déplacent une pièce de la colonne des dizaines à la colonne des unités ET ajoutent dix nouvelles pièces à la colonne des unités.

Les élèves ont interprété les nombres de la même façon qu’ils les ont représentés. Seulement un élève qui travaillait avec l’abaque est incohérent: il représente 1009 de la droite vers la gauche, il gère les calculs, mais il lit le nombre de gauche vers la droite quand il interprète le résultat. Cela a permis à l’enseignant de saisir l’opportunité pour parler de la communication en mathématiques.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Activités mathématiques** | **Caractéristiques des blocs de base dix et des actions observées** | **Caractéristiques de l’abaque maison et actions observées** |
| **Représenter** | * Nécessité de compter les blocs pour chaque valeur de position: cubes, plaquettes, bâtonnets et unités. * Disposition des blocs pour que la plus grande valeur soit à l'extrême gauche et les autres soient à sa droite (aucun espace vide pour la valeur zéro). * Empiler les blocs (par exemple, 9 unités déposées sur un cube représentent 1009). * Utiliser l’espace pour différencier les positions: par exemple, dix bâtonnets (au lieu d’un cube), suivi des autres bâtonnets, etc. | * Compter correctement ou non les pièces et les déposer à droite ou dans la mauvaise colonne. * Disposer les pièces dans le même ordre que nous lisons les nombres. Seulement un élève les a disposés dans l’ordre inverse. * Dans chaque colonne, utiliser ou non une organisation visuelle pour placer les pièces dans chaque colonne (exemple 3 rangées de 3 pour représenter 9). |
| **Opérer** |  |  |
| **Algorithmes** | * Gestion de la valeur de position   + Gérer la position où aucun échange n’est requis en premier.   + Opérer de gauche à droite.   + Utiliser l’algorithme appris (des unités aux cubes)   + Mélange de stratégies. * Calculs intermédiaires   + Dénombrement (par exemple quand on ajoute 4 bâtonnets à 8 bâtonnets, les regrouper puis tous les compter). | * Gestion de la valeur de position   + Premièrement, gérer avec les colonnes où aucun échange n’est requis.   + Utiliser l’algorithme appris (des unités aux milliers). * Calculs intermédiaires   + Dénombrement (par exemple, quand on ajoute 4 pièces à 8 pièces, les regrouper et dénombrer le résultat).   + Calcul mental en articulant le matériel et les nombres correctement ou non. |
| **Convertir** | * Changer un bâtonnet pour dix unités (ou 10 unités pour un bâtonnet)   + en comptant correctement ou non les dix unités;   + (de dix unités à un bâtonnet) en retirant les unités comptées ou non;   + changer 11 unités pour un bâtonnet. | * Changer une pièce en 10 pièces dans une autre colonne (vice versa)   + En comptant correctement ou non 10 pièces   + (d’une dizaine à dix unités) en retirant une pièce de la colonne des unités et en ajoutant 10 nouvelles pièces.   + (De dix unités à une dizaine) en retirant toutes les pièces comptées ou non. * En plaçant les pièces échangées dans la bonne ou dans la mauvaise colonne. |
| **Interpréter** | * Associer la bonne valeur pour chaque sorte de blocs. | * En associant la bonne colonne à chaque position * En utilisant une direction de lecture différente de celle utilisée lors de la représentation |

***Tableau 2:* Actions posées par les élèves en relation aux caractéristiques de chaque matériel**.

**Discussion**

À partir du tableau présenté ci-haut, nous avons tenté de mieux comprendre ce que signifie de faire des mathématiques avec du matériel lors de l’apprentissage du sens du nombre et des habiletés de calcul au primaire. En examinant les caractéristiques associées à l’action, nous avons mis en lumière différentes affordances. Même si certaines affordances sont partagées, d’autres sont spécifiques à un matériel. Dans cette section, nous discutons davantage d'une idée de ce que nous avons analysé. Cette idée nous permet de mettre en lumière certaines différences dans les actions des élèves qui sont associées aux caractéristiques du matériel. Aussi, le fait de discuter d’affordance correspond à parler de ce qui peut être observé, mais qui ne l’est pas. Autant ce qui est observé que ce qui ne l’est pas transmettent des informations sur la pratique du matériel de manipulation en classe.

**Compter encore et encore**

Dans les premières années du primaire, les élèves sont habitués à dénombrer pour résoudre des problèmes. L’enseignant tente d’enrichir leur sens du nombre en transformant leur dénombrement en des stratégies plus complexes (avec des faits numériques, compléments de dix, disposition visuelle, etc.). Toutefois, pour la plupart des élèves, le dénombrement, encouragé par l’utilisation du matériel, prend le dessus sur les habiletés de calculs et entraîne une perte de contrôle des activités mathématiques des élèves. Lors de l’utilisation de blocs de base dix, la plupart des élèves comptent les blocs par petites quantités. Par exemple, quand ils ajoutent 3 à 9 unités, nous avons observé que les élèves comptaient trois unités, puis ils comptaient 9 unités, les plaçaient ensemble, comptaient le total, obtenaient 12 unités puis comptaient 10 unités pour les échanger contre une dizaine. Cela peut sembler banal dans la mesure où la stratégie de dénombrement est maîtrisée; cela ne signifie pas qu’il y a un manque de contrôle. D’un autre côté, nous avons observé plusieurs erreurs qui découlent de cette façon de faire malgré que les élèves connaissent leurs faits numériques. Par exemple, un élève avait pris 8 unités, mais en comptait 9. Ainsi, quand il a ajouté 3 unités et compté le total, il a obtenu 11 unités (non pas 12). Il a continué ses calculs avec 11 unités et a obtenu une réponse vraiment près de la bonne, mais qui était fausse. Cependant, plus loin dans la vidéo, nous l’avons observé mentionner à un autre élève que 9 plus 3 donne 12.

Également, même si les élèves étaient capables de grouper par dix et de les dégrouper, ils ne s’appuient pas sur cette propriété encore visible des blocs de base dix. Ils préfèrent dénombrer. Par exemple, à nouveau, pour ajouter 3 à 9 unités, les élèves peuvent avoir pris une dizaine et garder seulement deux unités, mais ils comptent tels que décrits plus haut.

Cependant, alors que nous avons observé la même façon de faire avec un abaque, nous avons aussi vu des stratégies plus complexes. Par exemple, quand nous additionnons 9 et 3, un élève a additionné à 10. Cependant, il n’est pas parvenu à coordonner son action avec l’abaque et l’opération mentale.

En bref, la principale action observée pendant la tâche est le dénombrement. Dénombrer encore et encore semblait diviser la tâche globale en sous-tâches de dénombrement. Après chaque sous-tâche, la plupart des élèves avaient à penser à nouveau à ce qu’ils étaient en train de faire et ils sont pris dans un cercle vicieux: penser à la tâche globale leur fait oublier le dénombrement qu’ils ont fait et le fait de dénombrer à nouveau leur fait oublier la tâche globale. Avec le matériel, c’est difficile de garder la trace de ce qui est fait et ce qui doit être fait.

Est-ce que cela signifie que l’utilisation de matériel suggère seulement cette façon de faire pour ces élèves? Il y a plus d’une réponse à cette question. D’un côté, c’est le cas parce que même si ce n’est pas toujours nécessaire, il y a toujours du dénombrement à faire. Utiliser du matériel pour additionner et soustraire implique de compter des objets physiques. L’aspect physique du matériel impose cette façon de faire. Par contre, le dénombrement n’est pas toujours la stratégie la plus efficace à utiliser ici. Bien sûr, l’environnement c’est-à-dire les activités habituelles de la classe contribue à renforcer cette stratégie. Tel que mentionné il y a plusieurs années par des chercheurs (p. ex. Bednarz et Janvier, 1982), les tâches performées avec l’aide du matériel de manipulation reposent essentiellement sur la représentation des nombres et la “traduction”, un travail sur la représentation des nombres dans notre système de numération. Comme les élèves ont vraisemblablement utilisé des blocs de base dix principalement pour compter et plutôt que pour opérer en coordination avec d’autres stratégies, on peut penser que la pratique de ce matériel est associée immédiatement à compter. Alors que nous tendons à croire que l’utilisation du matériel de manipulation supporte le raisonnement mathématique, dans ce cas, nous observons plutôt que les élèves réfèrent à un raisonnement plus simple que ce qu’ils peuvent utiliser. En fait, nous observons davantage de stratégies plus avancées avec l’abaque qui est moins familier pour eux que les blocs de base dix qu’ils utilisent depuis la première année. Pour McNeil et Jarvin (2007), travailler avec du matériel familier peut attirer l’attention des élèves vers l’erreur. Dans notre cas, ce n’est pas qu’ils ont pris une mauvaise direction, mais le matériel semble mener vers des stratégies moins avancées et une certaine perte de contrôle.

**Conclusion**

Carbonneau et al. (2013) ont mentionné que « specific instructional variables either suppress or increase the efficacy of manipulatives suggests that simply incorporating manipulatives into mathematics instruction may not be enough to increase student achievement in mathematics » (p. 397). Observer les affordances nous a aidés à comprendre que non seulement le cadre pédagogique, mais aussi la culture de la classe et les expériences des élèves jouent un rôle lorsque nous parlons de l’apprentissage avec le matériel de manipulation. Puisque le matériel de manipulation utilisé pour réaliser cette tâche est par définition un objet physique, le dénombrement est une action qui ne peut pas en être détachée. Nous avons également observé que les élèves s’appuient surtout sur ce qu’ils sont habitués de faire avec un matériel spécifique plutôt que ce qu’ils sont habitués de faire sans. La question est alors comment aider les élèves qui s’appuient sur les autres caractéristiques de ces matériels? Drijvers (2003) a souligné que l’affordance qui pourrait être réalisée dans la classe dépend non seulement de l’outil lui-même, mais aussi de l'exploitation de ces affordances qui sont dictées par le contexte éducatif et par l'enseignant. Puisque les blocs de base dix sont souvent utilisés en première et deuxième année quand les élèves ne maîtrisent pas les tables d’addition, le rôle de l’enseignant est ici très important pour aider les élèves à dépasser le dénombrement et à percevoir le pouvoir d’organiser le matériel pour exploiter l’espace pour “voir” les tables de l’addition et ne pas seulement s'appuyer sur celui-ci pour compter et pour représenter des nombres. Pour ce faire, les enseignants peuvent exploiter l'affordance du matériel pour proposer davantage et de meilleures opportunités d’apprendre aux élèves.

**Remerciements**

Le projet *MathéRéaliser* est financé par le Conseil canadien de recherches en sciences humaines.

**References**

Ball, D. (1992). Magical Hopes: Manipulatives and the reform of math education. *American Education.* 16(2).

Bednarz, N., & Janvier, J. (1982). The understanding of numeration in primary School, *Educational Studies in Mathematics,* *13*, 33–57.

Brown, J., Stillman, G., & Herbert, S. (2004). Can the notion of affordances be of use in the design of a technology enriched mathematics curriculum. In I. Putt, R. Faragher, & M. McLean (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp.119–126)*.* Sydney, Australia: MERGA.

Bruner, J. S. (1977). Process orientation. In D. B. Aichele, & R. E. Reys (Eds.). *Readings in Secondary School Mathematics* (2nd ed.). Boston, MA: Prindle, Weber, & Schmidt.

Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, *105*, 380–400.

Clot, Y., & Béguin, P. (2004). Situated action in the development of activity. *Activités*, *1*(1–2).

Cobb, P., Perlwitz, M. & Underwood, D. (1994). Construction individuelle, acculturation mathématique et communauté scolaire. *Revue des sciences de l’éducation*, *XX*(1), 41–61.

Corriveau, C. & Bednarz, N. (2016). Collaborative research in mathematics education: approaching questions related to teaching practices. Paper presented at International Congress on Mathematical Education (ICME). Hamburg (Germany): University of Hamburg.

Corriveau, C., & Jeannotte D. (2015) Quelques apports du matériel de manipulation sur l’activité mathématique au primaire. *Bulletin AMQ.* LV(3), 32–49.

Desgagné, S. (1998). La position du chercheur en recherche collaborative: illustration d’une démarche de médiation entre culture universitaire et culture scolaire. *Recherches qualitatives*, *18*, 77–105.

Dienes, Z. P. (1973). Mathematics through the senses, games, dance, and art. Windsor, UK: The National Foundation for Educational Research Publishing Company Ltd.

Domino, J. (2010). The effects of physical manipulatives on achievement in mathematics in grades K-6: a meta-analysis. (thèse non publiée). State University of New York at Buffalo.

Drijvers, P. (2003). *Learning algebra* *in a computer algebra environment: design research on the understanding of the concept of parameter*. Utrecht, the Netherlands: CD-β Press

Garfinkel, H. (1967). *Studies in ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. Paradigm Publishers.

Jeannotte, D. & Corriveau, C. (2015). Analyse de l’utilisation d’un matériel symbolique en troisième année du primaire : raisonnement mathématique et accompagnement. *In* A. Adihou *et al*. (Eds.) *Proceedings of the 2015 GDM Seminar*, Québec: Université de Sherbrooke.

Kosko, K. W., & Wilkins, J. L. (2010). Mathematical communication and its relation to the frequency of manipulative use. International Electronic Journal of Mathematic Education, *5*(2), 79–90.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lett, S. (2007). Using manipulative materials to increase pupil achievement in mathematics. *Rapport de recherche,* Marie Grove College.

McNeil, N., & Jarvin, L. (2007). When theories don't add up: disentangling he manipulatives debate. Theory into Practice, *46*(4), 309–316.

Moyer, P. S. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, *47*(2), 175–197.

Noss, R. (2002). Mathematical epistemologies at work. *For the Learning of Mathematics, 22(2),* 2*–*13.

Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. (1993). *Street mathematics and school mathematics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Özgün-Koca, S., & Edwards, T. (2011) Hands-on, minds-on or both? A discussion of the development of a mathematics activity by using virtual and physical Manipulatives. *Journal of Computers in Mathematics and Sciences Teaching*. *30*(4), 389–402.

1. Traduction de **Jeannotte**, D. et Corriveau, C. (2020). Interactions Between Pupils’ Actions and Manipulative Characteristics when Solving an Arithmetical Task. *Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education.* Utrecht, NL. [↑](#footnote-ref-1)
2. Néologisme formé par mathématiques et réalisation. [↑](#footnote-ref-2)