Éducation et francophonie

Les intra-actions sociomatérielles au service de l'apprentissage mathématique
Socio-material intra-actions supporting mathematical education
Las intra-acciones socio-materiales al servicio del aprendizaje en matemáticas

Magali Forte et Nathalie Sinclair

Volume 47, numéro 3, automne 2019
Les interactions sociales au service des apprentissages mathématiques

URI : https://id.erudit.org/iderudit/1066514ar
DOI : https://doi.org/10.7202/1066514ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Association canadienne d'éducation de langue française

ISSN

1916-8659 (numérique)

Résumé de l'article

Dans le cadre de ce numéro thématique sur les interactions sociales au service des apprentissages mathématiques, nous souhaitons mettre l'accent sur des éléments théoriques nouveaux, issus des courants du nouveau matérialisme et du posthumanisme, qui permettent de réexaminer le concept d'interaction sociale afin de mieux comprendre l'aspect matériel de l'activité mathématique. Comment peut-on considérer les interactions entre élèves, et entre enseignant ou enseignante et élèves, d'une manière différente afin de formuler une théorie de l'apprentissage ou du concept qui reconnaisse l'aspect matériel du monde physique, du langage, des interactions sociales et des concepts, y compris des concepts mathématiques, et qui nous amène ainsi à redéfinir la notion même d'interaction? En mêlant transcription narrative de l'enregistrement vidéo d'une leçon de mathématiques, qui a eu lieu dans une classe de première année d'immersion française dans une école de Colombie-Britannique, avec notre interprétation du concept d'intra-action, nous proposons de repenser l'acte d'enseignement-apprentissage comme un acte certes social, mais aussi, avant tout, matériel.

Les intra-actions sociomatérielles au service de l'apprentissage mathématique

Magali FORTE
Université Simon Fraser, Colombie-Britannique, Canada

Nathalie SINCLAIR
Université Simon Fraser, Colombie-Britannique, Canada

RÉSUMÉ

Dans le cadre de ce numéro thématique sur les interactions sociales au service des apprentissages mathématiques, nous souhaitons mettre l'accent sur des éléments théoriques nouveaux, issus des courants du nouveau matérialisme et du posthumanisme, qui permettent de réexaminer le concept d'interaction sociale afin de mieux comprendre l'aspect matériel de l'activité mathématique. Comment peut-on considérer les interactions entre élèves, et entre enseignant ou enseignante et élèves, d'une manière différente afin de formuler une théorie de l'apprentissage ou du concept qui reconnaisse l'aspect matériel du monde physique, du langage, des interactions sociales et des concepts, y compris des concepts mathématiques, et qui nous amène ainsi à redéfinir la notion même d'interaction? En mêlant transcription narrative de l'enregistrement vidéo d'une leçon de mathématiques, qui a eu lieu dans une classe de première année d'immersion française dans une école de Colombie-Britannique, avec notre interprétation du concept d'intra-action, nous proposons de repenser l'acte d'enseignement-apprentissage comme un acte certes social, mais aussi, avant tout, matériel.

ABSTRACT

Socio-material intra-actions supporting mathematical education

Magali FORTE, Simon Fraser University, British Columbia, Canada
Nathalie SINCLAIR, Simon Fraser University, British Columbia, Canada

As part of this thematic issue on social interactions supporting mathematical education, we wish to focus on new theoretical elements, stemming from the currents of new materialism and posthumanism, which make it possible to re-examine the concept of social interaction to better understand the material aspect of math activities. How can interactions between students and between teachers and students be viewed differently in order to formulate a theory of learning or a concept that recognizes the material aspect of the physical world, language, interactions and concepts, including mathematical concepts, and that leads us to redefining the very notion of interaction? Combining a narrative transcript of a video of a mathematics lesson, which took place at a British Columbia school in a first-grade French immersion class, with our interpretation of the concept of intra-action, we propose rethinking the teaching-learning act as a social act of course, but also as a material act above all.

RESUMEN

Las intra-acciones socio-materiales al servicio del aprendizaje en matemáticas

Magali FORTE, Universidad Simon Fraser, Colombia Británica, Canadá
Nathalie SINCLAIR, Universidad Simon Fraser, Colombia Británica, Canadá

En el marco de este número temático sobre las interacciones sociales al servicio del aprendizaje de las matemáticas, deseamos subrayar los elementos teóricos nuevos, provenientes de corrientes del nuevo materialismo y del pos-humanismo, que permiten re-examinar el concepto de interacción social con el fin de comprender más cabalmente el aspecto material de la actividad matemática. ¿Cómo se pueden considerar las interacciones entre alumnos, y entre maestros y maestras y alumnos, de una manera diferente con el fin de formular una teoría del aprendizaje o del concepto que reconozca el aspecto material del mundo físico, del lenguaje, de las interacciones sociales y de los conceptos, incluidos los conceptos matemáticos, y que nos conduzca hacia la redefinición de la noción misma de interacción? Mezclando la transcripción narrativa de una grabación video de una lección de matemáticas realizada en un clase de primer año de inmersión en francés en una escuela de Colombia Británica, con nuestra interpretación del concepto de inter-acción, nos proponemos reformular el acto de enseñanza-aprendizaje como un acto ciertamente social pero también y principalmente material.

INTRODUCTION

Dans le cadre de ce numéro thématique sur les interactions sociales au service des apprentissages mathématiques, nous souhaitons mettre l'accent sur des éléments théoriques nouveaux qui permettent de réexaminer le concept d'interaction sociale afin de mieux comprendre l'aspect matériel de l'activité mathématique. Nous nous appuyons sur des théories liées à la cognition incarnée, ainsi que des notions issues des courants du nouveau matérialisme et du posthumanisme.

La théorie de la cognition incarnée (*embodied cognition* en anglais) reconnaît et souligne les liens directs et indissociables qui existent entre notre corps, notre façon d'apprendre et d'agir, et l'environnement dans lequel nous nous situons et avec lequel nous interagissons. Elle nous amène, entre autres, à dépasser les divisions traditionnelles cartésiennes du type corps/esprit et humain/nature, en considérant, avant tout, que « l'esprit doit être compris dans le contexte de son corps (le "contexte sensorimoteur"), et de l'interaction de ce dernier avec l'environnement » (Dutriaux et Gyselinck, 2016, p. 420).

Dans le champ des mathématiques, les travaux pionniers de Lakoff et Núñez (2000), s'ils explorent bien la théorie de la cognition incarnée, demeurent tout de même fondamentalement dualistes en cela qu'ils subordonnent justement ce contexte sensorimoteur, cet environnement, aux capacités mentales et langagières. Ce sont, par la suite, les travaux de Nemirovsky et Ferrara (2009), de Roth et Thom (2009), et de Radford (2011) qui nous ont amenés à nous éloigner d'une perspective dualiste de la relation entre corps et esprit, considérée jusque-là comme essentiellement binaire. Radford (2011) propose, entre autres, une théorie de la cognition sensuelle (*sensuous cognition*, en anglais) qui met en avant « une conception non mentaliste de la pensée » (p. 55). Il s'attache ainsi à décrire la capacité réactive des sens de l'être humain comme étant entremêlée, de manière constante, avec la culture matérielle dans laquelle nous vivons et évoluons. Il est important de noter que ces idées relèvent d'une tradition phénoménologique qui donne à l'être humain, considéré comme sujet, une place centrale au sein de l'activité cognitive. L'environnement, quant à lui, joue certes un rôle de support, mais reste tout de même passif dans ces travaux. Ce sont les travaux menés par de Freitas et Sinclair (2014) qui viennent pousser cette réflexion encore plus loin en cherchant justement à décentrer l'être humain, et à reconnaître le rôle actif et la capacité agentielle du monde matériel, qui ont, dans la tradition philosophique cartésienne et phénoménologique, été relégués au second plan. Les travaux inscrits dans ces traditions mettent notamment en avant la notion d'un « mélange concept-matière » (Sinclair et de Freitas, 2019, p. 230), lequel implique une vision différente des concepts mathématiques – vision à travers laquelle ils ne sont plus conçus comme les produits de processus socioculturels par essence, mais également comme intrinsèquement matériels.

Afin de repousser les limites des théories socioculturelles qui interprètent l’apprentissage d’un point de vue logocentrique et social, nous nous tournons donc vers les idées développées par certains philosophes posthumanistes qui suggèrent que le corps n’est pas le seul agent impliqué dans les processus d’apprentissage, et n’est ni fixe ni fini. Ces idées nous permettent ainsi de repousser les limites d’une ontologie dualiste qui considère les corps humains, les objets et l’environnement comme des entités séparées afin de nous tourner vers une nouvelle façon de conceptualiser la matière qui abandonne la division binaire entre capacité à agir des humains et passivité inerte de ce qui a, jusque-là, été qualifié de « non-humain » et que nous désignons souvent comme « contexte ». C’est l’ontologie dite « moniste » que nous adopterons donc ici, ontologie qui met de côté les perspectives dualistes telles que corps/esprit, cognition/matière, humains/nature, espace/temps (Canagarajah, 2018), souvent mobilisées dans les théories d’apprentissage.

Nous proposons de montrer (a) comment l’acte collaboratif d’enseignement/apprentissage, qui a lieu dans la salle de classe en ayant recours au langage, se produit également, de façon significative, à travers les corps et la gestuelle des participants et participantes, et (b) comment l’interaction qui a lieu entre enseignant, enseignante et élèves va au-delà de la reproduction de concepts ou de pratiques déjà établis par des processus socioculturels, en créant de nouveaux concepts mathématiques. Ces observations nous amènent ainsi à reconsidérer cet acte d’enseignement/apprentissage d’un point de vue épistémologique et ontologique. Ce faisant, nous cherchons à élargir la notion de participation, en sortant d’une perspective socioculturelle dans le champ de la recherche en éducation (par exemple, celle de Lave et Wenger, 1991), afin de mettre l’accent sur la vitalité du monde matériel, du corps humain, mais aussi et principalement du *corps mathématique*.

Parmi les concepts développés dans le courant de pensée du nouveau matérialisme auquel contribue la philosophe et physicienne Karen Barad (2007), nous choisissons donc ici d’expliciter celui d’intra-action, qui se joue sur le plan matériel aussi bien que sur le plan social, et qui privilégie une posture ontologique, voire ontoépistémologique (dans laquelle ce que nous sommes importe tout autant que ce que nous savons/apprenons) à une posture avant tout épistémologique.

DE L’INTERACTION À L’INTRA-ACTION

Les recherches sur les interactions sociocognitives dans le champ de l’apprentissage mathématique s’intéressent surtout à la façon dont la communication entre élèves est structurée, à l’efficacité des travaux de groupes, et aux stratégies qui favorisent la résolution de problèmes. La notion d’interaction implique deux agents (élèves, enseignants, enseignantes) qui, comme les sommets d’un graphe, établissent des liens, souvent en discutant. Mais l’interaction peut aussi inclure des ressources pédagogiques, y compris des outils technologiques. Vygotsky (1986) souligne que ces outils jouent le rôle de médiateurs: ils sont perçus comme étant au service de l'élève, qui s'en sert afin d'intérioriser des signes mathématiques. À ce sujet, Vlassis, Fagnant et Demonty (2015) proposent que «le développement cognitif trouve son origine dans les interactions sociales médiatisées, c'est-à-dire instrumentées ou outillées, par des "signes" tels que le langage, l'écriture, les symboles, le dessin ou encore les schémas» (p. 5). Si cette réflexion permet de mieux saisir la dialectique conceptualisation/symbolisation qui est propre à la pensée mathématique, il demeure que l'élève et l'outil sont distincts en son sein, même s'ils peuvent avoir un effet l'un sur l'autre. L'élève, en tant que sujet, est bien celui qui utilise l'outil, outil qui va à son tour lui permettre d'accéder à un certain savoir. Dans cette perspective, l'outil sert de médiateur, et sera, par conséquent, mis de côté à un moment donné du processus d'apprentissage afin que l'élève puisse accéder à une forme de savoir «pur»[1]. Ces théories socioculturelles sont fondées sur des interactions qui ont lieu entre sujets humains ou entre sujets humains et outils non humains, le langage en faisant partie.

En introduisant l'idée d'intra-action, Barad (2007) inverse la logique du graphe en proposant que les relations précèdent les sommets, qui sont eux-mêmes le résultat d'une activité ou d'un évènement, au lieu d'en être à l'origine. Les participants humains et non humains, que nous considérons habituellement comme des entités séparées et organisées de façon hiérarchique sont, dans la perspective posthumaniste, toujours et déjà enchevêtrés dans la production de savoirs et de connaissances. Barad (2007) met en avant la notion d'intra-action pour souligner à quel point les composantes d'une activité (personnes, outils, concepts, chaises, tableaux noirs/blancs/interactifs, etc.) sont entremêlées, enchevêtrées, imbriquées[2].

Ce sont dans les travaux de Gilles Châtelet (1993), philosophe des mathématiques, que l'idée de mathématiques matérielles, ainsi que le concept du virtuel, prennent forme. À partir de ses études sur la création de nouveaux concepts dans l'histoire des mathématiques, il montre que les mathématiques ne peuvent pas être séparées du matériel, du sensible, ou des mouvements des corps. Tout concept a un aspect virtuel potentiel, en raison de sa multiplicité ontologique (comme le photon, par exemple, qui a une multiplicité ontologique dans la théorie quantique, étant à la fois onde et particule), et un aspect actuel, dans le sens de son émergence dans un certain contexte matériel observable. Châtelet (1993) s'appuie sur les gestes et les diagrammes afin d'illustrer ses idées. Les gestes qui l'intéressent ne sont pas ceux qui s'inscrivent dans une logique de représentation, mais ceux qui interfèrent, qui produisent, et qui pensent, ceux qui précèdent parfois la pensée consciente et qui actualisent, matérialisent le virtuel. Par exemple, le geste que fait un mathématicien,

---

1. C'est, par ailleurs, précisément cette logique qui amène les enseignants et les enseignantes à décourager l'utilisation des doigts pour compter, ou l'utilisation de calculatrices en période d'examens. Cette logique renie le fait que les mathématiques et les outils ont toujours évolué ensemble, comme le montre Rotman (2008).

2. Hultman et Lenz Taguchi (2010) définissent le phénomène d'intra-action mis en avant dans les travaux de Barad (2007) en ceci qu'il implique des organismes humains et non humains qui ne sont pas séparés par des frontières nettes et inhérentes et qui entrent dans des états d'intra-activité à divers degrés et à diverses vitesses selon la perspective adoptée et le contexte donné.

en éloignant sa main de son corps tout en la tournant de façon cyclique et répétitive, lorsqu'il évoque l'idée de l'infini (Núñez, 2003). En inscrivant les mathématiques dans cette mobilité incarnée, Châtelet écarte les notions de transcendance platonicienne et de transcendance culturelle sur lesquelles reposent les théories socioculturelles, et dans lesquelles les humains (leur langage, leurs institutions, leurs interventions) déterminent le sens de toute chose. Ceci est important, de notre point de vue, si l'on souhaite mieux cerner l'apprentissage mathématique.

Dans le champ de la didactique des mathématiques, de Freitas et Sinclair (2014) soulignent l'aspect matériel ainsi que l'aspect socioculturel des concepts mathématiques, et mettent en évidence la multiplicité de chaque concept, actualisé de façon différente dans chacun des contextes matériels uniques desquels ils émergent. Un concept tel que la multiplication est donc toujours matériel, jamais complètement fixe, inerte ou déterminé par son sens socioculturel, comme Radford (2011) le définit dans son approche, par exemple.

En nous interrogeant sur les conditions d'efficacité des interactions entre élèves, et entre enseignant, enseignante et élèves, *ainsi que* sur l'impact de ces interactions sur les apprentissages des élèves, nous proposons donc de considérer une approche intra-active différente qui permettrait d'apporter des réponses nouvelles dans le champ de l'étude des apprentissages mathématiques. C'est afin d'essayer de mieux comprendre les éléments déclencheurs de ces apprentissages que nous formulons donc la question suivante : comment peut-on considérer les interactions entre élèves, et entre enseignant, enseignante et élèves, d'une manière différente afin de formuler une théorie de l'apprentissage/du concept qui reconnaisse l'aspect matériel du monde physique, du langage, des interactions sociales et des concepts, y compris des concepts mathématiques, à travers l'étude des intra-actions qui ont lieu entre les corps présents?

VERS UNE REDÉFINITION SITUÉE DU CONCEPT « DOUBLER »

Afin d'expliciter notre approche intra-active, nous présentons ci-dessous l'extrait d'une leçon de mathématiques qui a eu lieu dans une classe de première année d'immersion française dans une école de banlieue, en Colombie-Britannique. Le projet de recherche visait à explorer l'utilisation d'une nouvelle technologie pour l'enseignement du nombre. Il a duré environ cinq mois, durant lesquels les chercheurs ont coenseigné avec l'enseignante une fois par semaine, pendant une heure. Toutes ces séances ont été enregistrées. Dans l'extrait dont il est ici question, la leçon visait non seulement à l'apprentissage des nombres, mais aussi à l'apprentissage du vocabulaire mathématique en français puisqu'il s'agit d'un contexte d'immersion. L'approche didactique est celle de Gattegno (1974) qui cherche à développer un sens du nombre ordinal aussi bien que cardinal[3]. Cette approche encourage également l'utilisation des doigts chez les enfants dans le processus d'apprentissage du nombre, une pratique qui a longtemps été critiquée en didactique des mathématiques, mais qui connaît un renouveau, notamment chez les chercheurs en sciences cognitives (Soylu *et al.*, 2018). L'enseignante a choisi une activité de groupe en classe entière afin de permettre aux élèves de s'exprimer tous ensemble, oralement aussi bien qu'avec des gestes. Nous avons choisi cet extrait parce qu'il s'agit d'un exemple d'activité courante en mathématiques au primaire, et au sein de laquelle l'approche didactique adoptée nous permet de mettre en évidence le phénomène d'intra-action qui a lieu.

Nous présentons ci-dessous une description narrative de l'extrait et l'interrompons à trois reprises afin d'évoquer les aspects suivants de l'intra-action en question, lesquels nous semblent pertinents dans le cadre de l'apprentissage des mathématiques: (1) les rites et l'imitation en contexte collectif; (2) le rôle du geste dans la création mathématique; et (3) l'émergence matérielle des concepts mathématiques.

Analyse du premier extrait de leçon: les rites et l'imitation en contexte collectif

Tableau 1. **Description de l'extrait: partie 1**

Un tableau blanc est en toile de fond. De multiples affiches et textes à vocation pédagogique sont aimantés au tableau et accrochés autour. Sur la gauche, un bureau couvert de papiers, de boîtes à archives, et sur lequel est posé un ordinateur, est visible. Devant le tableau blanc, mais sans y faire directement face, est assis un groupe d'une vingtaine d'enfants, filles et garçons mélangés, sur un grand tapis.

Une adulte, chercheure en visite dans cette classe, est assise dans un beau fauteuil en bois à bascule, en position surélevée par rapport aux élèves. Elle parle d'une voix enjouée et dynamique et utilise ses mains: «Doublez trois, doublez trois, ça donne…?» dit-elle en levant tout d'abord l'index, le majeur et l'annulaire de sa main droite, puis en levant les mêmes doigts de sa main gauche lorsque les élèves répondent, eux aussi, sur un ton enjoué et dynamique: «Six!» Certains et certaines l'imitent en utilisant leurs doigts et leurs mains à eux. D'autres non. Elle les encourage: «Ok, fermez les doigts. Si je double deux, qu'est-ce que ça donne? Vous pouvez lever les doigts?» Cette fois, plus de la moitié des enfants lèvent leurs doigts et leurs mains, certains et certaines bien haut, au-dessus de leur tête. Une marée de mains et de doigts agités apparaît à hauteur du champ de vision de la chercheure assise dans le fauteuil.

Une autre adulte, l'enseignante de cette classe, fait son entrée dans le champ de vision de la caméra. Elle se place à côté de la chercheure, sur sa gauche, et s'assoit, elle aussi, en hauteur par rapport au groupe d'élèves, sur le rebord d'une table. Elle utilise elle aussi ses mains et ses doigts, tout en regardant les élèves, lorsque la chercheure demande: «Si je

3. Il est important de noter ici que cette approche va à l'encontre de la plupart des programmes de mathématiques au niveau primaire en Amérique du Nord, lesquels mettent beaucoup plus l'accent sur le nombre cardinal.

double quatre? » et que les élèves répondent « Huit! » en brandissant leurs mains armées du nombre de doigts correspondant à la réponse, formulée à voix haute, toujours d'une voix enjouée. À plusieurs reprises, l'enseignante interpelle, depuis le bord de la table où elle s'est assise, certains et certaines élèves, par la voix, par le regard, par des gestes, en secouant la tête, en s'approchant d'eux et en les replaçant, car ces petits corps ne cessent de bouger, de gigoter et de se tortiller. Ils ne sont pas immobiles, mais, d'après les gestes et les demandes verbales de cette deuxième présence adulte, on s'attend vraisemblablement à ce qu'ils le soient.

Cette activité de groupe en classe entière invite les élèves à répondre en chœur et à imiter les paroles et les gestes de l'adulte (ainsi que ceux des autres élèves). Elle peut donc, à première vue, sembler vide de sens ou de raisonnement, puisqu'elle repose sur une pratique pédagogique centrée sur l'apprentissage par cœur. Si nous décrivons ici le fait que certains enfants imitent les gestes des autres, nous souhaitons tout de même souligner que nous pourrions tout aussi bien décrire le fait qu'une main imite l'autre, sans intention de la copier, mais en intra-action. Ce concept d'intra-action nous encourage en fait à remettre en question une posture critique qui dédaignerait tout ce qui est rite et imitation dans l'apprentissage des mathématiques. En effet, d'un point de vue posthumaniste, nous ne pouvons plus séparer le matériel du mental (le corps de la raison), et nous devons donc nous interroger sur la façon dont les mouvements du corps (en particulier des lèvres et des mains, entre autres, ici) sont impliqués dans la conceptualisation mathématique. Le concept « doubler », dans cet extrait, est enchevêtré avec le fait d'avoir deux mains et de pouvoir les mettre côte à côte. C'est le geste lui-même qui produit le concept « doubler » dans cette salle de classe, et donc, l'imitation n'est pas vide de sens, mais, au contraire, mobilise bien le concept « doubler ». Si certains théoriciens comme Piaget et Vygotsky ont voulu montrer comment les connaissances sont acquises de façon intellectuelle ou consciente, le posthumanisme s'intéresse aussi à ce qui précède, à ce qui permet et donne une force incarnée à ces jugements et inférences. Comme Michel Serres (2000) le souligne, « il n'y a rien dans la connaissance qui n'ait été d'abord dans le corps entier dont les métamorphoses gestuelles, les postures mobiles, l'évolution même miment tout ce qui l'entoure » (p. 96). Autrement dit, on peut aussi apprendre *par corps, par mains*.

C'est cette même dualité entre corps et esprit qui nous amène à émettre une autre critique à propos de ce qu'il se passe dans cet extrait, concernant l'aspect rituel de l'activité décrite. Les rituels sont souvent vus comme des actions irréfléchies ou comme des habitudes qui sont tout simplement physiques, et, en cela même, déconnectées de notre capacité à penser. Le concept d'intra-action nous permet ici de nous éloigner de cette dichotomie qui postule que tout ce qui est matériel (y compris le corps) serait passif et inerte, et que, donc, tout ce qui est rituel n'est que répétition, procédure ou formalité. Si l'on considère que l'action va de pair avec la pensée, nous devons dès lors chercher à comprendre comment ce rituel établi dans la salle de classe peut être associé aux pratiques conceptuelles et discursives que nous privilégions ici.

Nous proposons donc d'adopter la définition moniste de la ritualisation proposée par l'anthropologiste Catherine Bell (1992) : la ritualisation est perçue comme une forme de pensée non discursive qui accompagne le corps en mouvement dans le cadre d'un environnement structuré de façon symbolique (Coles et Sinclair, 2017). Dans notre exemple, cet environnement est celui où s'enchevêtrent nombres, chiffres et relations avec les doigts. Ce n'est pas parce que les élèves n'expliquent pas comment on double, ou pourquoi on peut doubler avec ses deux mains, qu'il n'y a pas de pensée mathématique complexe. Au contraire, nous voyons dans cet extrait une activité mathématique assez sophistiquée, car les élèves ont en fait ici accès à une forme de savoir et de savoir-faire qui vont au-delà de l'activité collective, comme nous allons le constater dans la deuxième partie de l'extrait.

Analyse du deuxième extrait de leçon : le rôle du geste dans la création mathématique

Tableau 2. **Description de l'extrait : partie 2**

La chercheure annonce un changement dans la routine de l'exercice mathématique qui venait de s'établir en déclarant : « J'ai besoin d'aide! » Elle choisit l'une des élèves qui s'est portée volontaire, en lui faisant signe de s'approcher, et en lui disant : « Viens-t'en! » Cette élève est elle aussi désormais positionnée en hauteur par rapport au reste de ses pairs puisqu'elle est maintenant debout. La chercheure, toujours assise dans son fauteuil, lui demande « Tu peux m'aider à doubler six? » en la regardant et en lui montrant sa main droite paume ouverte (cinq doigts) et le pouce levé de sa main gauche (un doigt). Puis, une fois que l'élève en question imite la gestuelle de l'adulte, elle se tourne vers les autres élèves et pose la question : « Ça fait combien quand on double six? » Après quelques secondes pendant lesquelles les autres élèves offrent toutes sortes de réponses (trois, six, onze, huit, seize, sixteen), et alors que certain ou certaines en sont arrivés à la réponse attendue et la crient avec enthousiasme (DOUZE!), la chercheure propose aux élèves de suivre sa chorégraphie gestuelle : « D'abord, on va doubler cinq. Ça donne combien? » Les élèves répondent plus rapidement cette fois-ci : « Dix*!* » Elle continue : « Et si on double six? » Certains et certaines élèves répondent, sur un ton empreint d'hésitation : « Onze? » Deux élèves offrent la réponse « Douze » sur un ton un peu plus assuré. La chercheure valide en répétant à son tour et en mettant l'accent sur les deux voyelles du milieu : « Douuuuuze. » Elle joint ensuite le geste à la parole en reprenant la chorégraphie en deux étapes proposée auparavant : « Dix. » (Elle place sa main droite, paume ouverte, à côté de la main droite de l'enfant qui se tient toujours debout près d'elle.) « Douze. » (Elle place le pouce levé de sa main gauche près de celui de l'enfant qui est debout.).

Pendant quelques minutes, la chercheure choisit quelques autres élèves qui lèvent la main avec énergie pour se porter volontaires eux aussi. Les élèves se succèdent en se plaçant debout, près d'elle, comme l'avait fait la première élève, et, tour à tour, décident, en le lui chuchotant à l'oreille, du nombre qu'ils et elles vont doubler.

Cet environnement, structuré par les nombres et les doigts, donne lieu à l'émergence d'un rituel dans lequel les élèves peuvent aller au-delà des doigts d'une main afin de doubler des nombres encore plus grands, en cocréant, à travers le rapprochement de leurs mains à celles de la chercheure, des quantités qu'ils/elles savent à peine nommer en anglais, et plus difficilement encore en français. Le rituel offre une chorégraphie qui permet de doubler n'importe quel nombre, au sein de laquelle l'accent est mis sur l'action physique de doubler plus que sur le calcul du produit.

Nous proposons donc ici de revenir sur le rôle que jouent les gestes dans cet extrait en nous référant à Châtelet (1993). Dans ce contexte d'apprentissage des nombres au niveau primaire, les doigts ont une fonction double : ils sont une extension physique de celui ou celle qui compte (et qui les montre au monde), et ils constituent également des éléments qui peuvent être comptés (lorsque le regard les saisit et s'y attarde). Châtelet (1993) avait déjà mis en avant cette double fonction que peuvent avoir les doigts en cherchant à comprendre et à expliquer comment les concepts abstraits mathématiques pouvaient émerger d'un corps humain physique. Nous irons jusqu'à dire, pour notre part, que les doigts sont de ce fait à la fois sujets et objets, puisqu'ils font partie de l'identité de la personne qui les montre aussi bien que de celle du monde qui les regarde et les reconnaît. Dans l'extrait présenté ci-dessus, les élèves se servent de leurs doigts pour offrir un nombre au monde, ainsi que pour compter le nombre de doigts qu'ils voient sur les mains des autres. C'est bel et bien ce geste, qui imite les doigts d'une main, qui exprime, en même temps, la relation « doubler ». De plus, ce geste donne naissance à de nouveaux gestes, ceux qui permettent de mettre ensemble et de séparer les doigts (peu importe à qui ils appartiennent) en groupes de nombres. Châtelet (1993) nous pousse non seulement à voir cette panoplie de gestes comme la représentation de concepts mathématiques abstraits et statiques (quatre doigts levés qui représentent la quantité « 4 »), mais également à apprécier la façon dont la mobilité des mains, qui explorent et qui communiquent en tant qu'actions mathématiques, forge de nouvelles idées avec le corps et à travers celui-ci.

Analyse du troisième extrait de leçon : l'émergence matérielle des concepts mathématiques

Tableau 3. **Description de l'extrait : partie 3**

Son tour venu, un petit garçon fait une proposition qui suscite une réaction différente de la part de la chercheure, laquelle s'exclame, tout en se tenant la tête : « Ouh là là, ça va être très difficile*!* » Elle se tourne vers l'élève volontaire, qui se trouve cette fois sur sa droite, à côté du tableau blanc, et lui demande : « Comment est-ce qu'on va doubler onze? » Le garçon lui murmure quelque chose qu'on n'entend pas, sourit et lève légèrement l'un de ses pieds. Elle répond, elle aussi en souriant : « Ah ok! On va… » Elle laisse la fin de sa phrase en suspens, mais lève elle aussi son pied, toujours assise dans son fauteuil. Elle joint alors la parole à ses gestes en expliquant au reste du groupe, alors que le garçon lève lui-même son pied droit plus haut, ainsi que ses deux mains, paumes ouvertes face au reste du groupe : « Ça c’est un ». Elle montre son pied gauche levé, avant d’ajouter, en levant elle aussi ses deux mains, paumes ouvertes : « On va doubler onze. » La deuxième adulte, l’enseignante, qui vient tout juste d’entrer à nouveau dans le champ de la caméra, mais à un autre endroit cette fois, se positionne derrière le groupe d’élèves, assise sur le rebord du bureau qui se trouve au fond. Elle rit en regardant l’adulte assise dans son fauteuil et le garçon qui se tient à côté d’elle, tous deux avec leurs mains en l’air et un de leurs pieds levé. D’autres élèves rient en même temps. « Ça fait combien quand on double onze? » demande à nouveau la chercheure. Certains élèves proposent : « Douze ».

Un petit garçon, qui semblait ne pas faire attention au début de la vidéo (il faisait la girouette, à genoux, au lieu de s’asseoir comme les autres, et discutait avec un élève assis à côté de lui sans sembler prêter attention à la chercheure) se retourne tout à coup et, après avoir regardé la chercheure et l’élève volontaire pendant quelques secondes, il crie : « VINGT-ET-DEUX! » La chercheure renchérit, en criant elle aussi, et le félicite : « Vingt-deux! Bravo! Quand on double onze, ça fait vingt-deux! » Elle lève sa main pour taper dans celle de l’enfant qui vient de fournir la bonne réponse, faisant ainsi coïncider son enthousiasme verbal avec un geste non verbal informel, cependant bien connu des enfants. Elle continue ainsi de créer une certaine complicité avec eux, puisqu’elle s’exprime aussi à travers leur registre.

À l’étude de la scène décrite plus haut, et en tentant de répondre à l’invitation lancée par Barad (2007) à prêter attention à l’aspect matériel des contextes de nos projets de recherche, nous postulons donc que l’action qui amène à utiliser les mains et les pieds afin de calculer (action engendrée par le petit garçon volontaire à la fin de la scène et reprise par la chercheure présente dans la classe ce jour-là) relève d’un enchevêtrement matériel du corps humain et de l’opération mathématique « doubler » qui est à l’œuvre. Ces mains et ces pieds deviennent inséparables du concept mathématique « doubler ». Ce concept naît alors de l’intra-action entre pensée, mots, nombres, gestes et émotions qui circulent entre les différents participants et participantes présents, situés dans l’espace exigu de la salle de classe (sur le tapis). Cette configuration spatiale de l’activité permet aux corps de bouger d’une manière différente de celle qu’ils adopteraient si les enfants étaient assis derrière un pupitre : des sourires sont échangés, des mains et des pieds bougent, et l’on sent l’énergie débordante qui règne pendant cette activité. Le concept mathématique « doubler » n’est donc pas considéré comme étant inerte ou à découvrir. À travers l’approche intra-active qui est la nôtre ici, nous tentons plutôt de montrer que ce concept mathématique « doubler » est en fait dynamique, vivant et vibrant. Il fait partie intégrale de l’agencement matériel qui émerge dans l’intra-action décrite plus haut, marquée par l’enjouement et la complicité tangible entre les participants et participantes présents, et n’aurait pu être prévu ni planifié.

La levée du pied du petit garçon s’inscrit pour nous dans la pratique gestuelle dont parle Châtelet (1993). Le pied de ce garçon ne semble pas se lever à la suite d’un processus de raisonnement conscient. Son geste semble plutôt lui venir avant même qu'il ne puisse l'appréhender. C'est pourquoi Châtelet (1993) affirme que «le geste n'est pas un simple déplacement spatial: il décide, libère et propose une nouvelle modalité du "se mouvoir" (p. 20). C'est un geste qui actualise le nombre 11 comme nouvelle configuration du corps, et qui permet la naissance de nouveaux gestes chez les autres élèves, ainsi que chez la chercheure.

Dans leur analyse de l'interaction en classe de langue, Moore et Simon (2002) soulignent les «moments de déritualisation» qui ont parfois lieu en salle de classe et les définissent comme «des moments clefs dont les orientations discursives, soudain prises en charge par les apprenants, leur permettent de se resituer en tant qu'apprenant-actif, de redessiner les contours de leur territoire tels qu'ils choisissent eux-mêmes de le définir dans l'interaction» (p. 11). C'est bien l'apprenant qui prend en charge le moment que nous avons choisi d'étudier, en utilisant son pied pour ajouter «un» aux dix doigts de ses mains et arriver au nombre 11 qu'il propose à la chercheure de doubler. De plus, nous avançons également que le fait qu'il utilise son corps, et plus précisément son pied, en plus de ses mains, pour doubler le nombre de son choix, ne relève pas simplement d'une intention humaine cognitive. Ce n'est pas seulement l'apprenant qui effectue ce choix. Il fait lui-même partie d'un ensemble de facteurs qui jouent un rôle tous ensemble, enchevêtrés les uns avec les autres, afin de rendre palpable, compréhensible et vibrant ce concept mathématique «doubler». Les théories de la cognition située et distribuée, notamment dans les travaux d'Hutchins (1995), nous encouragent à considérer les apprenants et apprenantes, les enseignants et enseignantes, les contextes et les espaces comme un système complexe formé de réseaux multiples.

Pour aller plus loin dans l'analyse de l'extrait précédent, nous postulons que les pieds, les mains, le nombre 11, le tapis sur lequel se trouvent les enfants, le fauteuil sur lequel est assise la chercheure, les sourires, la réaction de l'autre petit garçon, à genoux sur le tapis, qui crie d'une voix enjouée la réponse «vingt-et-deux» (imparfaite d'un point de vue langagier, mais cela importe peu ici), et le geste final entre ce dernier et la chercheure (quand elle lui tape dans la main, validant ainsi la réponse qu'il donne), ainsi que d'autres facteurs, intra-agissent et participent tous à la construction du concept «doubler». Ce concept, dans cette construction, devient alors unique dans toute sa matérialité et sa vitalité. Le moment de déritualisation devient un moment clef tout particulièrement parce qu'il marque le moment où les apprenants et apprenantes ont construit ce concept, en collaboration avec les autres participants, humains et non-humains, présents ce jour-là. C'est bien un moment d'apprentissage collaboratif réussi, que l'on n'aurait pas pu planifier et qui vient déstabiliser ce que l'on perçoit et définit comme une séquence d'apprentissage de façon traditionnelle. À travers cette analyse, nous souhaitons répondre à l'appel de Smythe *et al.* (2017) qui nous invitent à redéfinir la notion de concept: un concept devient intelligible non pas à travers un processus d'abstraction, mais bien à travers des actions (telles que bouger, retirer, couper à travers des diagrammes et des gestes) qui révèlent ce qui n'était pas apparent, mais qui était là tout le long, implicite et trépidant, en attente d'une actualisation (p. 119-120).

CONCLUSION

Notre but principal ici était de montrer pourquoi et comment les apprentissages mathématiques émergent non seulement dans un contexte social et culturel, mais aussi dans un contexte matériel. Ce dernier n'est ni passif ni inerte, et n'est pas uniquement contrôlé par les acteurs humains présents dans une salle de classe. Il ne peut être séparé des activités, des discussions et des concepts mathématiques. Cette perspective ne diminue pas l'importance du langage et du raisonnement, qui ont été étudiés et mis en avant à de nombreuses reprises. En revanche, elle peut nous amener à remettre en question ce que nous considérons traditionnellement comme central dans une salle de classe. À ce titre, nous avons essayé de montrer que le rite et l'imitation peuvent jouer un rôle important dans l'apprentissage des mathématiques.

Avec notre adaptation de l'idée de déritualisation, nous avons tenté de montrer comment l'apprentissage mathématique peut constituer une entreprise ontologique aussi bien qu'épistémologique dans la mesure où le but de cet apprentissage est la création de nouveaux concepts. Pour Deleuze et Guattari (2005), il s'agirait ici d'une «pédagogie du concept», dans laquelle on ne s'imagine pas que la responsabilité d'acquérir ou d'enseigner un concept quelconque revienne entièrement à l'apprenant, l'apprenante, l'enseignant ou l'enseignante, mais où l'on considère aussi le fait que ce concept vive une mutation en intra-agissant avec des mains, des outils et des tableaux blancs.

Nous avons fait de multiples références aux gestes et mouvements du corps qui semblent particulièrement pertinents dans un contexte d'enseignement et d'apprentissage. Et bien que les gestes fassent déjà partie des études sur l'interaction, comme modalité qui vient souvent compléter le langage oral, une perspective posthumaniste nous a ici amenées à avancer que le geste est aussi moteur de création mathématique, lorsqu'on le considère dans son intra-action avec les concepts mathématiques. Dès lors, les mouvements du corps (des mains, mais aussi des pieds, par exemple) constituent une source inépuisable de raisonnement mathématique, qui permet l'actualisation du virtuel.

Références bibliographiques

BARAD, K. (2007). *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Durham : Duke University Press.

BELL, C. (1992). *Ritual theory, ritual practice*. New York : Oxford University Press.

CANAGARAJAH, S. (2018). Materializing 'Competence': Perspectives From International STEM Scholars. *The Modern Language Journal*, *102*(2), 268-291.

CHÂTELET, G. (1993). *Les enjeux du mobile*. Paris : Seuil.

COLES, A. et SINCLAIR, N. (2017). Re-thinking Place Value : From Metaphor to Metonym. *For the learning of mathematics*, *37*(1), 3-8.

DELEUZE, G. et GUATTARI, F. (2005). *Qu'est-ce que la philosophie?* Paris : Éditions de Minuit.

DE FREITAS, E. et SINCLAIR, N. (2014). *Mathematics and the body: Material entanglements in the mathematics classroom*. New York : Cambridge University Press.

DUTRIAUX, L. et GYSELINCK, V. (2016). Cognition incarnée : Un point de vue sur les représentations spatiales. *L'Année Psychologique*, *116*(3), 419-465.

GATTEGNO, C. (1974). *The common sense of teaching mathematics*. New York : Educational Solutions.

HULTMAN, K. et LENZ TAGUCHI, H. (2010). Challenging anthropocentric analysis of visual data: A relational materialist methodological approach to educational research. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, *23*(5), 525-542.

HUTCHINS, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge : MIT Press.

LAKOFF, G. et NÚÑEZ, R. (2000). *Where Mathematics comes from: How the Embodied Mind brings Mathematics into Being*. New York : Basic Books.

LAVE, J. et WENGER, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge University Press.

MOORE, D. et SIMON, D.-L. (2002). Déritualisation et identité d'apprenants. *Aile*, *16*, 121-144.

NEMIROVSKY, R. et FERRARA, F. (2009). Mathematical imagination and embodied cognition. *Educational Studies in Mathematics*, *70*, 159-174.

NÚÑEZ, R. (2003). Do real numbers really move? Language, thought, and gesture: The embodied cognitive foundations of mathematics. Dans R. Hersh (dir.), *18 unconventional essays on the nature of mathematics* (p. 160-181). New York: Springer.

RADFORD, L. (2011). Vers une théorie socioculturelle de l'enseignement-apprentissage: la théorie de l'objectivation. *Éléments*, *1*, 1-27.

ROTH, W. M. et THOM, J. S. (2009). Bodily experience and mathematical conceptions: From classical views to a phenomenological reconceptualization. *Educational Studies in Mathematics*, *70*(2), 175-189.

ROTMAN, B. (2008). *Becoming beside ourselves: The alphabet, ghosts, and distributed human beings*. Durham: Duke University Press.

SERRES, M. (2000). *Variations sur le corps*. Paris: Éditions Le Pommier.

SINCLAIR, N. et DE FREITAS, E. (2019). Body studies in mathematics education: Diverse scales of mattering. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, *51*(2), 227-237.

SMYTHE, S., HILL, C., MACDONALD, M., DAGENAIS, D., SINCLAIR, N. et TOOHEY, K. (2017). *Disrupting boundaries in education and research*. Cambridge: Cambridge University Press.

SOYLU, F., LESTER, F. et NEWMAN, S. (2018). You can count on your fingers: The role of fingers in early mathematical development. *The Journal of Numerical Cognition*, *4*(1), 107-135. doi:10.5964/jnc.v4i1.85

VLASSIS, J., FAGNANT, A. et DEMONTY, I. (2015). Symboliser et conceptualiser, une dialectique intrinsèque aux mathématiques et à leur apprentissage. Dans M. Crahay et M. Dutrévis (dir.), *Psychologie des apprentissages scolaires* (2e éd., p. 221-255). Bruxelles: De Boeck.

VYGOTSKY, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press.

WHITEHEAD, A. (1929/1978). *Process and Reality*. New York: The Free Press.