

Réflexions autour du matériel de manipulation

Louise Poirier

Professeure, Département de didactique, Université de Montréal
Chercheure au Cirade.

Note : Ce texte reprend dans l'ensemble les éléments de la conférence d'ouverture du congrès d'octobre 1998 de l'APAME.

De nos jours, le recours à du matériel de manipulation pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques va de soi et n'est pas vraiment remis en question. On s'entend même pour dire qu'un enseignement efficace des mathématiques au primaire implique nécessairement l'utilisation fréquente de matériel. Le but de mes propos est de réfléchir sur le rôle du matériel de manipulation. Plusieurs questions me viennent à l'esprit :

- A-t-on toujours fait appel à du matériel de manipulation dans l'enseignement des mathématiques? si non, quand a-t-il fait son apparition?
- Quelle est l'argumentation théorique derrière un tel usage?
- Comment utiliser le matériel de manière judicieuse et réfléchie?

Dans les lignes qui suivent je tenterai d'apporter quelques éléments de réponse.

1. Historique de l'utilisation du matériel de manipulation.

A-t-on toujours fait appel à du matériel de manipulation? Le livre de Georges Ifrah, Histoire universelle des chiffres, regorge d'illustrations de divers matériels dont quelques versions du boulier qu'il soit chinois, russe ou français. Diverses cultures et époques ont ainsi fait appel à une certaine forme de matériel pour soutenir l'activité arithmétique. Et que penser de cette illustration datant des années 1890 et reprise par Burton (1984), ne dirait-on pas le matériel multibase encore utilisé dans nos classes?

Plus près de nous et je m'en tiendrai au Québec, un retour aux programmes d'études et manuels scolaires anciens et plus récents nous permet de constater si oui ou non on y préconisait le recours à du matériel de manipulation. C'est d'abord à un retour

174 AN ELEMENTARY ARITHMETIC



1. b equals what part of c ?
 2. How many rows equal to a in one layer of c ?
 3. Into how many cubes $1''$ by $1''$ by $1''$ can a be cut?
 4. How many rows of 10 cubes in one layer of c ?
 5. How many cubes in one layer?
 6. What is the ratio of c to a layer? of a layer to a row? of a row to a cube? of a layer to a cube? of c to one of the small cubes?
 7. What is the ratio of c to 5 layers? of a layer to 5 rows?
 8. Make five sentences like this: 2 c 's and 3 layers equal 23 layers.
 9. Make five like this: 43 layers equal 4 c 's and 3 layers.
 10. Make five like this: 3 c 's, 7 layers, 4 rows equal 374 rows.
 11. Make five like this: 673 rows equal 6 c 's, 7 layers, 3 rows.
1. How many inch cubes in 3 c 's, 4 layers? in 7 c 's, 8 layers? in 36 c 's, 5 layers? in 3 c 's, 2

Figure 1

Illustration tirée d'un manuel scolaire américain 1897.

dans le temps que je convie le lecteur. Il y a un peu plus de cent ans, le 20 avril 1888, était émis le premier Programme d'études pour les écoles catholiques approuvé par le Comité catholique du Conseil de l'Instruction publique. Ce programme sera en vigueur jusqu'en 1898. On peut y lire :

Avec les commençants on doit se servir de menus objets ou d'un boulier-compteur pour leur donner une connaissance exacte des nombres.... Une étude complète de la numération est trop difficile pour les commençants. Il est préférable de leur enseigner intuitivement et pratiquement les quatre opérations sur les nombres d'un et de deux chiffres.

Déjà à cette époque, on faisait référence au boulier-compteur que nous avons vu précédemment utilisé par diverses cultures, ou à des petits objets. Bien que le programme soit très succinct, il y va d'un conseil pédagogique, le recours à l'enseignement intuitif, qui sera repris dans les programmes ultérieurs. Ainsi, dans la version de 1904 du programme, on nous renseigne quelque peu sur ce qu'on entend par «procédé intuitif» :

Employer le procédé intuitif, c'est recourir à un objet concret pour inculquer une notion abstraite. Ainsi se servir de billes, de bâtonnets, de bûchettes, pour donner aux enfants l'idée du nombre, des unités, des dizaines... montrer à la classe un carré de papier, un dé à jouer, avant d'aborder le tracé ou l'étude de ces figures géométriques... Et si le maître veut être compris surtout des plus jeunes enfants, il lui faut absolument user de ce moyen d'instruction. Utiles et même nécessaires dans toutes les classes du cours élémentaire, les procédés intuitifs seront aussi très précieux dans les cours supérieurs.

Ceci se traduit ainsi dans les manuels scolaires où on peut lire au chapitre de l'addition, «Pour donner aux petits enfants l'idée de l'addition, le maître fera opérer sur les objets eux-mêmes avant d'effectuer les opérations au tableau noir.» Mes premières leçons d'arithmétique. Frères du Sacré Coeur.

Cette idée de l'importance des procédés intuitifs devient même un principe du programme de 1923 :

L'enseignement doit être intuitif. L'enseignement intuitif consiste à présenter sous une forme concrète ou sensible la notion que l'on veut faire acquérir à l'élève afin de le faire observer, lui apprendre à voir et l'amener par là à l'abstraction de l'idée qui autrement n'entrerait pas dans son intelligence.

Et Mgr Ross dans son Traité de pédagogie d'ajouter :

Intuitif. En conséquence les objets concrets serviront de point de départ à l'enseignement des nombres, des quatre opérations fondamentales et des fractions. Et tout problème sera rendu concret pour être expliqué et raisonné par les procédés intuitifs au moyen de lignes, de bâtonnets ou autres objets appropriés. Pour enseigner les premiers nombres, l'institutrice peut utiliser les objets qui appartiennent aux enfants : crayons, livres, doigts de la main, etc. Les lignes au tableau noir, ou encore des dessins d'oiseaux, de papillons, etc., qui fixent davantage l'attention en provoquant l'intérêt, seront utilisés avec le même profit. Mais il est très à propos qu'elle se munisse d'un certain nombre d'objets qui répondront à la variété des connaissances qu'elle doit faire acquérir : un pied pliant (pied-de-roi), la série des monnaies, des poids et des mesures de capacité. L'enfant comprendra d'autant mieux l'addition et la soustraction des nombres, si on le laisse manipuler lui-même les objets qu'il peut mettre ensemble et séparer à son goût, pour vérifier ce qu'on veut lui faire comprendre. Il n'aura bien l'idée des longueurs, que si on lui met la règle en mains pour mesurer lui-même, et il ne comprendra bien la valeur des poids, des mesures de capacité, des monnaies, que s'il peut se livrer à une vérification expérimentale. On ne négligera pas d'exercer les sens de l'élève pour lui faire mesurer à l'oeil les longueurs, les distances et les volumes, et estimer les poids à la main. On fait vérifier ensuite. (Mgr Ross, 1924.)

Dans les manuels scolaires de la même époque, on faisait appel à des illustrations d'objets usuels (pommes, bâtons de craie, bûchettes, domino...). Il est à noter que de telles illustrations étaient jusqu'alors quasi absentes des manuels scolaires.

17. Unités. — L'unité est le premier nombre; on l'a nommée un. Pour former les autres nombres, on ajoute l'unité à elle-même, et l'on a le nombre deux; ce dernier, augmenté d'une unité, donne trois, et l'on obtient ainsi successivement les nombres quatre, cinq, six, sept, huit, neuf. Ces neuf premiers nombres s'appellent unités simples ou unités du premier ordre.

18. Dizaines. — En ajoutant l'unité à neuf, on a le nombre dix, qu'on appelle dizaine ou unité du second ordre.



Figure 2

Le passage des unités aux dizaines tel qu'illustré dans un manuel de 1917.

FRACTIONS ORDINAIRES
NOTIONS INTUITIVES

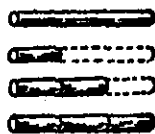
LES FRACTIONS ET LEURS NOMS

97. DEMIS.—Si l'on partage une pomme en deux parties égales, chaque partie est une moitié de la pomme, ou une demi-pomme; en réunissant les deux demi-pommes, on a de nouveau la pomme entière: deux demis font un entier.

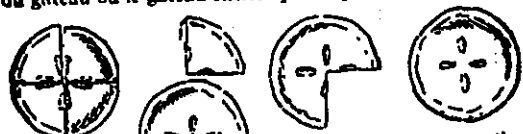


Deux demis = un entier.

98. TIERS.—Si l'on brise un bâton de craie en trois parties égales, chaque partie est un tiers du bâton; 2 parties sont les 2 tiers du bâton, et les trois parties réunies sont les 3 tiers du bâton ou le bâton de craie entier: trois tiers font un entier.



99. QUARTS.—Si l'on divise un gâteau en quatre parties égales, chaque partie est un quart du gâteau; 2 de ces parties sont les 2 quarts du gâteau, 3 parties sont les 3 quarts du gâteau, et les quatre parties réunies sont les 4 quarts du gâteau ou le gâteau entier: quatre quarts font un entier.



Un entier = 4 quarts. un, deux et trois quarts. 4 quarts = un entier.

Figure 3.

Les notions intuitives de la fraction ordinaire, manuel de 1929.

En 1948, il y a refonte majeure du programme d'études. Ce dernier est beaucoup plus détaillé, il fait plus de six cents pages, chaque section est pour la première fois rédigée par un spécialiste du domaine. En arithmétique, il s'agit de Gérard Beaudry. Ce programme sera en vigueur au Québec jusqu'au programme-cadre des années 1970. Dans le programme de 1948, l'utilisation du matériel de manipulation n'est pas explicitée comme telle. Est-ce à dire qu'on n'y avait plus recours? Non, car dans le livre de pédagogie intitulé «Méthodologie spéciale» sous la direction de Roland Vinette, Gérard Beaudry, l'auteur du programme d'études, traite justement de l'importance du matériel de manipulation et du jeu éducatif qui fait ici son apparition.

Importance du matériel. On ne saurait trop insister sur la nécessité de l'emploi du matériel scolaire concret et semi-concret. Dans certaines classes nombreuses, on trouve qu'il faut trop de temps pour la distribution et la mise en branle; on préfère s'en passer. Non! mille fois non! Malgré une apparence de perte de temps, c'est toujours une grande économie. Un exercice de manipulation de trois minutes, où l'enfant touche et déplace des objets, peut sauver des heures d'explications et de calculs. De plus, à un moment donné l'enfant a besoin de remuer, sa physiologie le lui commande, c'est plus fort que lui, il ne sert à rien de chercher à l'en empêcher et de tenter de lui montrer quoi que ce soit. Ces exercices le reposent, le détendent et le délassent, et alors il devient apte à l'étude.

Jeu éducatif. La même remarque s'applique au jeu éducatif. Le jeu prend du temps; on peut croire que l'enfant n'a rien fait et rien appris après un jeu. Il n'en est rien car un exercice court fait avec attention et intérêt porte plus de profit que cent exercices faits sans attention ni intérêt. De plus, le désir de gagner au jeu stimule l'enfant, le motive, le conditionne : il veut apprendre pour pouvoir gagner ou faire gagner son équipe. Quoi

de plus humiliant que de se faire dire par ses camarades que si l'équipe a perdu, c'est de sa faute; ce reproche est parfois suffisant pour décider un paresseux invétéré à se mettre au travail (p. 353-354).

Gérard Beaudry était aussi auteur des manuels scolaires de la collection «Le calcul vivant». Dans le guide du maître de 3^e année, Beaudry écrit ceci au sujet de la nécessité du matériel.

Il est évident que nous ne pouvons pas faire comprendre, si nous n'obtenons pas la collaboration de l'enfant et si nous ne prenons pas les moyens qu'exige sa psychologie. L'enfant de troisième année est encore au stade de l'intelligence concrète. Il ne sert à rien de lui donner des explications théoriques, il n'y voit que du feu. À cet âge, «l'enfant comprend ce qu'il agit», «il comprend avec ses doigts». Il ne comprend que ce qu'il fait, que ce qu'il touche, que ce qu'il voit. Il faut donc pour l'amener à l'abstrait passer auparavant par le stade concret, où les démonstrations sont matérielles, et par le stade semi-concret, où les démonstrations sont faites au moyen de dessins. Ces deux stades permettent à l'enfant de comprendre, d'abstraire les notions et de généraliser ensuite...

Nous venons de le dire, l'enfant ne comprend que ce qu'il agit, que ce qu'il touche et que ce qu'il voit. De plus, l'enfant a un besoin physiologique de remuer. Lorsqu'il ressent ce besoin, il n'est plus apte à aucun travail intellectuel; il ne sert absolument à rien d'essayer de lui montrer quoi que ce soit. Les manipulations qu'on lui fait faire alors le détendent, le reposent et le rendent apte à continuer son travail intellectuel. (Le calcul vivant, 3^e année. Livre du maître. G. Beaudry, A. Sabourin, R. Levasseur et M.J. Demers. p.7).

Comme nous pouvons le constater, le matériel de manipulation joue ici un rôle de soutien à l'attention. De plus, pour apprendre l'enfant a besoin de toucher, de voir. D'ailleurs, Beaudry dira à propos de

la mesure : «Pour montrer les diverses mesures et les relations qu'il y a entre elles, il faut se servir de l'instrument qui sert à mesurer... Pour comprendre les relations qui unissent les diverses mesures, l'enfant doit manipuler. Celui qui a appliqué 3 fois le pied sur la verge sait pour toujours qu'il y a 3 pieds dans une verge.»

Cette citation peut nous faire sourire par sa naïveté («... il sait pour toujours...») mais remise dans son contexte, elle est en accord avec les méthodes d'enseignement de cette époque. En effet, la démarche d'enseignement d'alors que ce soit pour le nombre, la géométrie ou la mesure préconisait une lente progression pré-établie. Il s'agissait de transmettre un certain savoir déjà constitué : l'enfant apprend en observant et en répétant. L'équipe de didactique des mathématiques sous la direction de Jacques Colomb dit de cette époque : «Les méthodes pédagogiques apparaissent ainsi influencées par l'empirisme sensualiste : les connaissances se forment à partir de l'expérience et de l'observation, et allant du simple au complexe. L'apprentissage est basé sur la réception et la répétition.» Il n'est pas alors étonnant que Gérard Beaudry tant dans le programme d'étude que dans un manuel de pédagogie, préconisait que l'apprentissage se fasse par la pratique : n'est-ce pas en forgeant que l'on devient forgeron? Roland Vinette dans son livre «Pédagogie générale» publié en 1948 explicite le lien entre l'intuition et le recours au matériel dans l'enseignement. Après avoir défini l'intuition comme étant «un procédé par lequel la connaissance à acquérir est présentée sous une forme concrète ou sensible» (p. 265), il nous dit que «l'intuition est un procédé indispensable au succès de l'enseignement». Mais comment faire en sorte que notre enseignement soit basé sur ce procédé? Par exemples, «faire acquérir la notion d'un nombre au moyen d'objets. Illustrer un problème d'arithmétique au moyen de graphiques ou de dessins». Et Vinette d'insister sur l'importance d'un tel procédé à cause du rôle des sens dans la connaissance (ce à quoi Colomb faisait référence en parlant de l'empirisme sensualiste). Vinette dira : «... l'intuition, en multipliant les sensations et les images, multiplie les sources d'idées... L'intuition permet de mieux retenir l'at-

tention des élèves» (p. 269). Ainsi, en présentant aux élèves des objets ou des images, l'enseignant attire leur attention et soutient leur intérêt. «Si donc le maître ne prend pas soin d'occuper les sens de ses élèves avec des objets en rapport avec les idées qu'il veut leur faire acquérir, il court le risque que les sens soient attirés par d'autres objets qui suggéreront aux élèves des idées étrangères à l'enseignement du maître» (p.270). Le recours au matériel de manipulation, on le sent bien, a davantage pour but de diminuer les risques d'inattention de la part des élèves, de soutenir leur attention (ce que nous avons vu aussi chez Beaudry) que de faire partie intégrante de l'apprentissage de ces derniers.

2. Théories de l'apprentissage sous-jacentes à ces programmes.

Nous venons de voir deux époques importantes dans l'élaboration des programmes d'études au Québec, une première époque allant de 1888 à 1948 et celle de 1948 jusqu'au programme-cadre de 1970. Sans faire le tour de tous les pédagogues qui ont pu influencer les concepteurs de programme, j'en retiendrai deux, un par époque.

Période de 1888-1948 : Le Journal de l'Instruction Publique, mensuel publié au Québec et que les enseignants recevaient, nous informe par ses articles du courant de pensée qui influençait alors les pédagogues et concepteurs de programmes et de manuels scolaires. Un nom revient souvent, celui de Pestalozzi. Né à Zurich en 1746 mort en 1827, il s'était fixé comme objectif d'instruire et d'éduquer les classes pauvres. Il voulait donner au peuple des campagnes l'instruction et le bien-être. Pour cela, il allie dans son programme les leçons théoriques aux travaux manuels. Il nous a laissé six principes didactiques :

- 1- l'intuition doit être la base de toute connaissance; il faut partir du concret pour aller à l'abstrait;
- 2- le langage, source des idées, doit être à la base de l'enseignement;
- 3- l'enseignement doit être progressif et adapté au niveau mental des élèves;
- 4- la formation de l'intelligence par les leçons de

chose, l'idée et l'action, importe plus que la rétention des connaissances;

- 5- la pédagogie doit s'inspirer des lois naturelles qui développent toutes les facultés à la fois;
- 6- l'enseignement doit donner des connaissances utiles dans la vie, mais aussi contribuer au développement des facultés spirituelles et du coeur.

Il faut aussi dire que Pestalozzi associait le travail manuel et les exercices corporels (gymnastique, natation) au travail de l'esprit. Tous les objets de la nature (plantes, cailloux, glaise) devenaient matériel didactique. On peut trouver des traces de ces principes dans les premiers programmes d'études québécois. Ainsi, dans le programme de 1923, on peut lire «Intuitif et pratique : tel doit être le caractère de l'enseignement de l'arithmétique». Mgr Ross dans son traité de pédagogie, nous l'avons dit, nous renseigne sur ce caractère intuitif préconisé par les programmes d'études et mis de l'avant par Pestalozzi. De plus, il nous fait part des principes pédagogiques généraux «qui constituent les règles fondamentales que le maître doit suivre dans son enseignement,» qui ne sont pas sans rappeler les principes didactiques de Pestalozzi. Il s'agit :

Premier principe : L'enseignement doit constamment provoquer, diriger et soutenir l'activité personnelle de l'élève. (voir le principe 4 de Pestalozzi)

Deuxième principe : L'enseignement doit être gradué ou mis à la portée de l'élève. (principe 3 de Pestalozzi).

Troisième principe : L'enseignement doit être intuitif (principe 1 de Pestalozzi)

Quatrième principe : Dans l'enseignement il faut coordonner et associer les connaissances.

Cinquième principe : Dans l'enseignement, il faut appliquer l'adage : Peu mais bien. Ce principe comporte deux choses : 1° éviter la précipitation, 2° revenir sur les connaissances acquises.

Sixième principe : Il faut faire comprendre avant de faire apprendre. ... condition essentielle de développement intellectuel par l'enseignement, et inspirer l'horreur du simple par coeur. (principe 4 de Pestalozzi).

Septième principe. Dans l'enseignement il faut pourvoir au développement physique, intellectuel et moral de l'élève. L'école n'est pas en effet un simple lieu d'instruction, mais d'éducation intégrale. (principes 5 et 6 de Pestalozzi).

De la deuxième période identifiée de 1948 jusqu'au programme-cadre, j'ai retenu William James né en 1842 mort en 1912. Il est le frère du romancier américain Henry James. Il a étudié à Genève et à Harvard. Il disait : «J'ai comme alternative l'histoire naturelle, la médecine, l'imprimerie, la mendicité. Il y a beaucoup à dire en faveur de chacune d'elles». C'est finalement la psychologie, la philosophie et la pédagogie qui l'emporteront. Pour James, l'organisation d'une école doit respecter certaines lois de la vie mentale des enfants : lois qui gouvernent la mémoire, l'attention, l'intérêt, la volonté...

Quelques principes pédagogiques développés dans ses *Causeries pédagogiques* sont présentés :

- l'éducateur doit connaître avant tout les éléments généraux et le fonctionnement de l'esprit.
- l'enfant est un organisme agissant.
- l'éducation ne peut être mieux définie que comme l'organisation d'habitudes acquises et des tendances à l'action
- l'éducateur peut définir sa tâche : la construction de systèmes d'associations dans l'esprit de l'élève (ASSOCIATIONNISME)
- tout objet sans intérêt propre peut en emprunter à un objet intéressant grâce aux associations d'idées qui se forment entre eux.
- quiconque s'occupe de l'intérêt traite nécessairement de l'attention, car, dire qu'un sujet est intéressant est une autre manière de dire qu'il excite l'attention.
- un constant exercice de mémorisation verbale est un rouage indispensable de toute saine éducation
- les phénomènes de la mémoire sont parmi les conséquences les plus immédiates et les plus simples de l'association des idées.

Les élèves doivent avoir des cahiers, dessiner des plans, des cartes, prendre des mesures, travailler au laboratoire et y faire des expériences, composer des travaux... Le travail du laboratoire et de l'atelier engendre des habitudes d'observation.

Beaudry a puisé plusieurs idées mises de l'avant par James. Ainsi, dans le programme d'études de 1948, on peut lire ce qui suit : «L'association joue, dans l'activité mentale, un rôle d'importance primordiale. La mémoire fournit le contenu mental, l'association est la mise en oeuvre de ce contenu». Si la mémoire est centrale dans l'apprentissage, le lecteur ne sera pas étonné de la très grande insistance donnée à partir de ce moment à l'apprentissage des tables ou combinaisons comme en témoigne cette page tirée du manuel scolaire *Le Calcul Vivant, Arithmétique, 3^e année de Beaudry* édité en 1950.

Revue des combinaisons

11		$\begin{array}{r} 9 \quad 2 \quad 11 \quad 11 \\ +2 \quad +9 \quad -2 \quad -9 \\ \hline 11 \quad 11 \quad 9 \quad 2 \end{array}$
11		$\begin{array}{r} 8 \quad 3 \quad 11 \quad 11 \\ +3 \quad +8 \quad -3 \quad -8 \\ \hline 11 \quad 11 \quad 8 \quad 3 \end{array}$
11		$\begin{array}{r} 7 \quad 4 \quad 11 \quad 11 \\ +4 \quad +7 \quad -4 \quad -7 \\ \hline 11 \quad 11 \quad 7 \quad 4 \end{array}$
11		$\begin{array}{r} 6 \quad 5 \quad 11 \quad 11 \\ +5 \quad +6 \quad -5 \quad -6 \\ \hline 11 \quad 11 \quad 6 \quad 5 \end{array}$
12		$\begin{array}{r} 9 \quad 3 \quad 12 \quad 12 \\ +3 \quad +9 \quad -3 \quad -9 \\ \hline 12 \quad 12 \quad 9 \quad 3 \end{array}$
12		$\begin{array}{r} 8 \quad 4 \quad 12 \quad 12 \\ +4 \quad +8 \quad -4 \quad -8 \\ \hline 12 \quad 12 \quad 8 \quad 4 \end{array}$

Figure 4.

Chaque nombre jusqu'à 18 était ainsi passé en revue.

Durant ces mêmes années, un autre courant de pensée émergeait, qui lui, a influencé le programme actuel : il s'agit du constructivisme. Nous pouvons lire dans le programme de 1980 : «l'apprenant construit lui-même l'édifice de ses connaissances». On reconnaît aussi dans ce programme l'importance du rôle actif de l'apprenant. La figure de proue de cette école de pensée a été Jean Piaget.

Dans son livre Où va l'éducation? Piaget dit à propos de l'associationnisme, repris par Beaudry : «une direction en pédagogie reste orientée vers un associationnisme qui réduit toute connaissance à une acquisition de l'extérieur, à partir de l'expérience ou des présentations verbales dirigées par l'adulte... L'autre direction, dit Piaget, qui est résolument la nôtre, est de nature constructiviste, c'est-à-dire par continuel dépassements, ce qui pédagogiquement conduit à mettre tout l'accent sur les activités en partie spontanée de l'enfant» (1972). Piaget reconnaît ainsi l'importance du rôle actif de l'apprenant.

Que disait Piaget du matériel de manipulation et de ce rôle actif de l'apprenant? D'abord une mise en garde s'impose. Le rôle actif de l'apprenant ne veut pas dire seulement l'action physique bien qu'elle soit importante comme nous le verrons; cela veut aussi et surtout dire l'activité mentale. Mais cette activité mentale suppose la présence d'objets. C'est ainsi que parlant des opérations mentales, Piaget dit que «ce sont des actions puisqu'elles font d'abord appel à des objets avant d'être faites sur des symboles. Les actions mentales émergent de la manipulation d'objets : l'action physique portée sur des objets nourrit l'action mentale non seulement des enfants mais des adultes aussi». Pensez aux anecdotes entourant Archimède et Newton, le premier dans son bain observant son savon, le second observant une pomme tombant d'un pommier. Piaget a dit : «Le sujet doit être actif, doit transformer les objets et dégager la structure de ses actions sur les objets.» Il devient alors important de penser à des situations d'apprentissage faisant appel à la manipulation et qui stimuleront l'activité mentale de l'enfant». La manipulation fait maintenant partie intégrale de l'apprentissage; elle ne précède pas l'apprentissage afin de bien

disposer l'enfant à un travail intellectuel comme le préconisaient les concepteurs des programmes antérieurs. La manipulation permet plus que des associations d'idées, elle permet la construction de ces idées.

Piaget reconnaissait donc l'importance de ce qu'il appelait les méthodes actives faisant appel à la recherche de l'apprenant. Mais dans le même souffle, il nous alertait :

«Or, un malentendu fréquent enlève beaucoup de leur valeur aux essais accomplis jusqu'ici en ce sens : la crainte que le rôle du maître devienne nul, en ces essais, et qu'il soit nécessaire pour bien faire de laisser les écoliers totalement libres de travailler ou jouer à leur guise.» (1972).

Il ne faut pas confondre ici constructivisme et pédagogie de la découverte. Et Piaget de poursuivre :

«Or, il va de soi que l'éducateur demeure indispensable à titre d'animateur pour créer les situations et construire les dispositifs de départ susceptibles de poser des problèmes utiles à l'enfant et ensuite pour organiser des contre-exemples forçant à la réflexion et obligeant au contrôle des solutions trop hâtives : ce que l'on désire est que le maître cesse de n'être qu'un conférencier et qu'il stimule la recherche et l'effort au lieu de se contenter de transmettre des solutions toutes faites.» (p. 20)

Le rôle de l'enseignant devient primordial, c'est ce que nous verrons dans la section suivante.

3. L'enseignement basé sur le matériel de manipulation.

Nombreuses sont les études qui ont montré que la performance à des tests de mathématiques était supérieure dans des classes où les élèves manipulaient que dans des classes où la manipulation était absente. D'autres études, par contre, ont montré que la manipulation ne garantit pas la réussite. Ainsi, certains élèves apprennent à se servir du matériel de façon

mécanique, par coeur. Ils feront les bons gestes, au bon moment sans toutefois comprendre ou faire des liens.

Pourquoi autant de différence dans les résultats de recherche? La réponse réside probablement dans la manière même d'utiliser le matériel de manipulation. En tout cas, l'utilisation du matériel de manipulation seule ne garantit pas le succès, il faut plus que cela. En effet, le sens mathématique n'est pas dans le matériel et sa manipulation : l'idée de « quatre » n'est pas dans les quatre cubes que l'on pose devant l'élève ou dans les quatre pommes dessinées dans son manuel scolaire. L'élève donne un sens à « 4 » en se construisant une représentation mentale du nombre et en la reliant aux quatre cubes ou aux quatre pommes dessinées. Si le recours à du matériel de manipulation seule ne garantit pas le succès, que faire? Comment l'enseignant peut-il aménager la manipulation pour amener les élèves à donner un sens à ce qu'ils font lorsqu'ils manipulent des objets, à dégager le sens mathématique de leurs actions? La réponse réside probablement dans la réflexion que l'enseignant amène les élèves à poser lors de la manipulation. Une telle réflexion se fera par le biais du questionnement de l'enseignant auprès de ses élèves soit pendant la manipulation ou lors d'un retour après une activité.

Sans en dresser une liste exhaustive, nous pouvons dégager des catégories de questions : les questions factuelles (Qu'est-ce que?), les questions d'explicitation (Comment?), les questions de justification (Pourquoi?) et les questions de comparaison et d'analyse. Dans ce qui suit, je reviendrai brièvement sur ces divers types de questions.

Les questions d'information factuelle sont probablement les questions les plus fréquentes. Par exemple : « Comment se nomme telle figure » ou encore, « Quel nombre as-tu devant toi ? » De façon générale, de telles questions nous permettent de voir si les élèves connaissent certains faits mathématiques. Ce type de question repose sur la mémorisation : l'enseignant demande à un élève comment se nomme une figure à cinq côtés. L'élève répond. L'enseignant demande

aux autres élèves s'ils sont d'accord. Si l'élève s'est trompé, les autres le corrigent. Toutefois, même s'il y a ici peu de place à l'argumentation, à la discussion, ce type de question peut s'avérer intéressant.

Ainsi, lors d'une intervention dans une classe de deuxième année primaire portant sur la numération, j'avais amené en classe du matériel multibase. Afin de vérifier si les élèves connaissaient ce matériel et d'établir un vocabulaire commun, je leur montre un cube unité, tous de me dire en chœur qu'il s'agit d'une unité. Lorsque je leur montre la barre dizaine, ils me disent que c'est un décimètre. En effet, quelque temps auparavant, ils avaient subdivisé un mètre en décimètres en utilisant une barre du matériel multibase. Mais lorsque j'ai poussé le questionnement à savoir ce qu'était un décimètre et leur ai demandé de venir me montrer sur la barre, un décimètre, ils n'en avaient pas la moindre idée. Décimètre était le nom que revêtait cet objet et non pas une unité de mesure. On voit ici que ces élèves avaient développé une conception erronée du décimètre que ce type de questionnement a pu mettre à jour. Mais il ne faut pas s'en tenir uniquement aux questions factuelles. Les questions d'explicitation du genre « Comment as-tu fait ? » ou encore « Qu'est-ce que tu as fait ? » amènent les élèves à verbaliser leur action, leurs gestes, à mettre des mots sur ce qu'ils ont fait. On peut pousser plus avant la réflexion des élèves en leur demandant de justifier ce qu'ils ont fait : « Pourquoi as-tu fait cela ? » On amène ici les élèves à réfléchir sur leurs actions, à argumenter leurs choix. On peut aussi amener les élèves à comparer diverses procédures, différentes manières de résoudre la tâche demandée, sur l'efficacité relative de ces procédures ou encore de réfléchir ensemble à pourquoi telle manière de faire a produit une erreur. Dewey disait « Une expérience n'est une véritable expérience que lorsqu'elle est réflexive ». Il importe donc, lorsqu'on a recours à du matériel de manipulation de dépasser l'action en amenant les élèves à parler de cette action, à la justifier, à argumenter dans un véritable processus réflexif.

4. Quelles leçons tirer de tout cela?

D'abord, il semblerait bien que de tout temps,

les pédagogues ont fait appel à du matériel de manipulation. Tous semblent s'entendre sur son importance pour concrétiser des concepts qui autrement risqueraient de demeurer abstraits. Ainsi, plus récemment, Hynes (1986) nous donnait cette définition du matériel de manipulation : «Le matériel de manipulation est un modèle concret intégrant des concepts mathématiques et faisant appel aux sens des élèves. Ces derniers peuvent le toucher et le déplacer». Que l'on parle de «procédé intuitif» comme le faisaient les auteurs des premiers programmes ou de l'emploi du «matériel scolaire concret ou semi-concret» chez Beaudry tous préconisent un tel usage. Toutefois, les raisons le sous-tendant ont connu une certaine évolution.

L'enseignement doit être intuitif disait-on au tournant du siècle, c'est-à-dire concret pour donner aux élèves l'idée abstraite que le maître voulait les voir acquérir. Par contre les théories de l'apprentissage de l'époque n'offraient pas réellement d'explication sur les procédés même de l'apprentissage. Disons que le tout demeurait passablement «intuitif»... En 1948, on assiste à un changement important dans les programmes d'études suite à l'influence de psychologues américains, dont James, et de la théorie associationniste mettant l'accent sur l'association d'idées par le biais de la mémorisation et sur l'attention et l'intérêt des élèves. Le matériel de manipulation aura un rôle de soutien de l'intérêt des élèves et de délasserment. Mais le matériel semble demeurer extérieur au processus d'apprentissage. Il faudra attendre Piaget pour que le matériel joue un rôle plus fondamental dans l'apprentissage. Même si de toutes les époques, on a reconnu l'importance de l'activité de l'apprenant, c'est avec Piaget que l'activité mentale et ses processus seront identifiés. On reconnaîtra alors l'importance de la manipulation dans la construction des concepts mathématiques. Est-ce à dire que tout concept mathématique, même à l'école primaire, peut aisément être modélisé par du matériel de manipulation? Pas vraiment, pensons aux entiers relatifs. Avant de terminer, je citerai deux articles parus dans cette revue et qui démontrent les difficultés que peut engendrer une trop grande insistance sur la modélisation par des exemples concrets de certains concepts mathématiques : C. Lajoie et R. Mura

(1995) *La division par zéro ou le danger d'un trop grand attachement au concret.* et R. Pallascio (1991) *Puissance et limite des modèles : deux exemples appliqués aux propriétés multiplicatives et à la notion de dimension!*

Références bibliographique

- BEAUDRY, G., (1950). Arithmétique. in *Méthodologie spéciale*, Montréal : Centre de Psychologie et de Pédagogie., pp 342-482.
- BEAUDRY, G., SABOURIN, A., LEVASSEUR, R., DEMERS, M.J., (1950). *Le calcul vivant, 3e année*, Montréal : Centre de Psychologie et de Pédagogie.
- BURTON, G.M., (1984). Teaching the most basic basic. *Arithmetic Teacher*, 31 (1) 20-25.
- CHÂTEAU, J. (1996). *Les grands pédagogues*. Paris : Presses universitaires de France.
- COLOMB, Jacques, (1997). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes*. ERMEL, Équipe de didactique des mathématiques sous la direction de Jacques Colomb, Paris : Hatier Pédagogie.
- FRÈRES DU SACRÉ-COEUR, (1914). *Mes premières leçons d'arithmétiques*. Montréal.
- HYNES, Michael C., (1986). Selection criteria. *Arithmetic Teacher*. 33 (6) 11-13.
- IFRAH, G (1981, 1994). *Histoire universelle des chiffres. L'intelligence des hommes racontée par les nombres et le calcul*. Tome 1 et 2. Collection Bouquins. Paris : Éditions Robert Laffont.
- LAJOIE, C., MURA, R., (1995). La division par zéro ou le danger d'un trop grand attachement au concret. *Instantanés Mathématiques*, XXXI (4) 7-15.
- PALLASCIO, R., (1991). Puissance et limite des modèles : deux exemples appliqués aux propriétés multiplicatives et à la notion de dimension! *Instantanés Mathématiques*, XXVII (4) 9-13.
- PIAGET, Jean, (1972). *Où va l'éducation?* Bibliothèque Médiations. Paris : Denoël/Gonthier.
- ROBERT, E., C.S.V., (1917). *L'arithmétique des écoles*. Cours Intermédiaire. Montréal : Éditions des Clercs Saint-Viateur.
- ROBERT, E., C.S.V., (1929). *L'arithmétique des écoles*. 3e et 4e années. Montréal : Éditions des Clercs Saint-Viateur.
- ROSS, Mgr F.X., (1924). *Pédagogie Théorique et Pratique*, Québec : Charrier et Dugal.
- VINETTE, Roland, (1948). *Pédagogie générale*. Montréal : Centre de Psychologie et de Pédagogie.

