

L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES AUX ÉLÈVES AYANT DES TROUBLES DE L'APPRENTISSAGE OU DES DIFFICULTÉS EN MATHÉMATIQUES

Un Guide pour les Maîtres

Madhavi Jayanthi
Russell Gersten
Scott Baker
Instructional Research Group

2008

Traduction Claire Mouhot

INTRODUCTION

Au cours de l'histoire, l'enseignement des mathématiques aux élèves ayant des troubles de l'apprentissage, ou en difficulté, n'a pas reçu le même degré de considération et d'attention de la part de la communauté des chercheurs, des politiciens, et des administrateurs de l'enseignement, que n'en a reçu le champ de la lecture.

Il existe néanmoins suffisamment d'études pour permettre de dicter une ligne de conduite.

Récemment, le Center on Instruction a conduit une méta-analyse (méthode statistique permettant de déterminer l'efficacité d'un certain type de pédagogie) sur l'enseignement des mathématiques aux élèves ayant des troubles de l'apprentissage. (Gersten, Chard, Jayanthi, Baker, Morphy, & Flojo, 2008).

Sept pratiques d'enseignement efficaces

Les conclusions de cette étude ont permis d'identifier sept pratiques efficaces d'enseignement pour l'enseignement des mathématiques à des élèves de classe 12 (équivalent Terminale) ayant des troubles de l'apprentissage.

Les sept pratiques d'enseignement efficace décrites dans ce document s'appuient sur les résultats de recherches récentes. Il se peut qu'il existe d'autres méthodes efficaces d'enseignement, mais il n'y a pas actuellement suffisamment d'études de bonne qualité qui permettent de recommander leur utilisation aujourd'hui.

Certaines des recommandations énumérées plus bas (ex. Enseigner de façon explicite et utiliser des supports visuels) constituent des moyens d'enseignement vieux comme le monde. Bien qu'il n'y ait rien de neuf concernant ces façons de faire, la recherche continue de les valider en tant que méthodes efficaces pour les élèves ayant des troubles de l'apprentissage, ou manifestant des difficultés, et leur utilisation régulière est justifiée.

D'autres méthodes d'enseignement recommandées ici, telles que l'utilisation de multiples exemples et l'enseignement de stratégies nombreuses, ont aussi été reconnues

par des études qui se concentraient sur l'enseignement des mathématiques dans des classes "normales". Cet alignement des pédagogies utilisées en éducation spécialisée et dans le système éducatif standard permet aux étudiants ayant des troubles de l'apprentissage de suivre le curriculum normal en étant intégrés dans des classes standards.

Les savoirs mathématiques

Les chercheurs contemporains en mathématiques décrivent trois domaines de compétences mathématiques. Ce sont:

- les savoirs procéduraux
- la "souplesse procédurale"
- les savoirs conceptuels

Les savoirs procéduraux font référence aux capacités de base ou à la succession d'étapes nécessaires à la résolution de problèmes mathématiques. Les savoirs procéduraux permettent à l'élève d'accomplir la suite d'actions permettant de résoudre un problème.

La "souplesse procédurale" consiste à connaître les multiples façons différentes de résoudre un problème. Les élèves qui ont une bonne souplesse procédurale savent qu'un problème donné peut être résolu de plusieurs façons, et peuvent résoudre un problème inconnu en lui trouvant une solution possible.

Par "savoirs conceptuels", on entend la maîtrise des concepts et des idées mathématiques qui ne sont pas spécifiques à un problème, et qui peuvent donc être appliqués à n'importe quelles situations de résolution de problème.

Notre document est un outil à l'usage des enseignants d'élèves de classe 12 (équivalent Terminale) en grande difficulté, ou en risque de difficulté, pour les guider dans leur choix et leur utilisation de méthodes efficaces d'enseignement des mathématiques. Pour chacune des sept recommandations, nous expliquons ce qui fonctionne, décrivons comment la séance devrait se dérouler, et synthétisons les preuves qui soutiennent cette recommandation (voir [document complet: www.3evoie.org/index.php?option=com_content&view=category&id=51&Itemid=76](http://www.3evoie.org/index.php?option=com_content&view=category&id=51&Itemid=76))

RECOMMANDATIONS

Recommandation 1:

Utiliser régulièrement des *méthodes d'enseignement explicites*

L'enseignement explicite, un élément clef dans de nombreux programmes d'éducation spécialisée, comprend des caractéristiques telles que:

- Présenter clairement la solution propre à un problème
- Enoncer à voix haute les étapes spécifiques pendant la présentation
- Montrer de multiples exemples d'un même problème et leur appliquer la solution
- Fournir des corrections et des commentaires immédiats aux élèves

Lorsqu'ils enseignent une nouvelle procédure ou une nouvelle notion, les maîtres devraient commencer par "modeler" et/ou énoncer à voix haute leur pensée, en utilisant différents exemples. Lorsqu'il présente les différentes étapes de la résolution du problème (sur un tableau ou au rétroprojecteur), l'enseignant devrait verbaliser les procédures, écrire les symboles utilisés et leur signification, et expliciter toutes ses décisions et le cours de sa réflexion (par exemple, "Cela est un signe plus. Cela signifie que je dois...")

Les enseignants devraient mener cette présentation en utilisant des problèmes ayant des caractéristiques différentes.

Une technique particulièrement importante est l'apprentissage assisté, dans lequel les élèves travaillent par deux sous la supervision du maître. Pendant la phase initiale d'apprentissage et de pratique, l'enseignant commente immédiatement les travaux afin d'éviter les erreurs, et permet aux élèves de demander des éclaircissements.

Recommandation 2: Enseigner en utilisant des *exemples nombreux*

Le choix des exemples pour l'enseignement de nouvelles compétences ou notions mathématiques est un élément essentiel particulièrement mis en évidence dans la littérature concernant les méthodes d'enseignement efficaces.

Les enseignants doivent consacrer du temps à planifier leurs leçons de mathématiques, en accordant une importance particulière au choix et à l'ordre des exemples à utiliser. Le but est de sélectionner une série d'exemples variés d'un type de problèmes. L'intention sous-jacente est d'exposer les élèves à autant de variations de ce problème que possible, et en même temps de mettre en évidence les éléments communs importants de problèmes qui peuvent sembler à première vue disparates.

Par exemple, lorsqu'on apprend aux élèves à diviser un nombre par deux, on peut proposer une série de problèmes qui diffèrent par leur façon de désigner cette opération (i.e., utiliser le symbole $\frac{1}{2}$, utiliser le mot "moitié", utiliser l'expression "un demi", etc.)

Ces multiples exemples peuvent être amenés selon un ordre spécifique, par exemple du concret vers l'abstrait, du facile vers le plus difficile, et du simple au complexe. On peut ainsi enseigner les fractions et les équations algébriques en s'appuyant d'abord sur des exemples concrets, puis sur des représentations picturales, et enfin d'une façon plus abstraite.

On peut aussi présenter de nombreux exemples en variant systématiquement leurs registres (ex. proposer d'abord uniquement des fractions dont le numérateur est inférieur au dénominateur – "proper fractions" -, vs. proposer d'entrée à la fois des fractions de ce type et des fractions dont le numérateur est *supérieur* au dénominateur – "improper fractions").

C'est *l'ordre* des exemples qui est probablement plus important lors de l'apprentissage initial de nouvelles compétences, lorsqu'un support solide est nécessaire à la maîtrise du savoir-faire par les élèves. En revanche, c'est leur *registre* qui est certainement essentiel pour permettre ensuite le transfert d'habiletés à de nouvelles situations et de nouveaux problèmes.

En d'autres termes, si l'enseignant utilise un registre varié d'exemples, cela permettra à l'élève d'appliquer son savoir-faire à un plus grand nombre de situations-problème.

Il est essentiel de réfléchir soigneusement à ces deux éléments de la préparation (ordre et registres des exemples), notamment lorsqu'on enseigne à des élèves ayant des troubles de l'apprentissage.

Recommandation 3:

Faire verbaliser par les élèves leurs choix et leurs solutions face à un problème mathématique

Encourager les élèves à verbaliser, ou à "penser à voix haute" leurs choix et leurs solutions face à un problème mathématique constitue un aspect essentiel d'un enseignement solidement construit.

La verbalisation par les élèves peut être spécifique à un problème ou plus générale. Les élèves peuvent énoncer les différentes étapes qui amènent à la solution du problème (ex. "Il faut que je divise par deux pour obtenir la moitié"), ou bien ils peuvent exprimer les étapes génériques communes à tous les problèmes (ex. "Maintenant, je dois vérifier mon résultat"). Les élèves peuvent énoncer les étapes sous forme de solution (ex. "D'abord j'additionne les chiffres qui sont dans la colonne des unités; j'écris le résultat; j'additionne les chiffres des dizaines..."), ou encore sous forme de question/réponse (ex. "Qu'est-ce que je dois faire d'abord? Je dois..."). Les étudiants peuvent verbaliser leurs actions soit en même temps qu'ils résolvent le problème, soit une fois qu'ils l'ont résolu.

Beaucoup d'élèves ayant des troubles de l'apprentissage agissent de façon impulsive, et face à un problème "à tiroirs", tentent souvent de le résoudre en associant les nombres au hasard, au lieu de mettre en place une stratégie de résolution par étapes.

Il est probable que le fait de verbaliser aide à stabiliser les compétences et les stratégies aussi bien au niveau du comportement que des mathématiques.

Recommandation 4:

Apprendre aux élèves à représenter visuellement les informations d'un problème mathématique

Les supports visuels (dessins, graphiques) sont utilisés de façon intuitive par les enseignants pour expliquer et clarifier les données d'un problème, et par les élèves pour les comprendre et les simplifier. Lorsqu'ils sont utilisés de façon systématique, ces supports visuels ont des effets positifs sur les résultats des élèves en mathématiques. Ils sont plus efficaces lorsqu'ils sont associés à un enseignement explicite.

Les élèves retirent plus de bénéfice lorsqu'ils utilisent le support visuel désigné par l'enseignant plutôt qu'un support qu'ils choisissent eux-mêmes.

D'autre part, les supports visuels conçus spécifiquement pour des types de problèmes particuliers sont plus efficaces que ceux qui ne sont pas spécifiques à tel ou tel problème.

Par exemple, dans l'étude menée par Xin et ses collègues, les élèves devaient tout d'abord identifier à quel type de problème ils avaient affaire (ex., situation de proportions, multiplicative), et ils utilisaient ensuite le schéma correspondant (qu'on leur avait enseigné auparavant) pour représenter les informations essentielles et la procédure mathématique permettant de trouver l'inconnue. Ils traduisaient alors le schéma en phrase mathématique et la résolvaient.

Enfin, les supports visuels apportent plus de bénéfices s'ils sont utilisés non pas uniquement par l'enseignant, mais bien à la fois par l'enseignant et les élèves.

Recommandation 5: **Apprendre aux élèves à résoudre des problèmes grâce à des stratégies nombreuses/heuristiques**

L'utilisation de stratégies multiples/heuristiques fait partie d'une tendance contemporaine de l'enseignement des mathématiques. L'utilisation d'une approche heuristique semble prometteuse avec des élèves ayant des troubles de l'apprentissage. Cette méthode d'enseignement est utilisée notamment pour l'acquisition de compétences en calcul, en résolution de problèmes et pour l'apprentissage des fractions.

Une méthode heuristique est une méthode qui préconise une stratégie générale pour résoudre un problème. Par exemple, une stratégie heuristique peut comporter des étapes telles que "Lis le problème. Surligne les mots-clefs. Résous le problème. Vérifie ton travail."

Les méthodes heuristiques peuvent être utilisées pour organiser les informations et résoudre toute une gamme de problèmes mathématiques. Elles comprennent généralement les avis et les réflexions des élèves sur les différentes stratégies de résolution et leur choix final quant à la solution à retenir.

Par exemple, dans l'étude de Van Luit et Naglieri (1991), l'enseignant commençait par présenter différentes stratégies pour résoudre un problème de calcul. Toutefois, pendant la majeure partie de la leçon, la tâche du maître consistait à conduire la discussion concernant les stratégies à utiliser, et à guider le débat sur les solutions proposées par les élèves. Chaque élève était libre de choisir la stratégie à utiliser, mais le maître les aidait dans leur réflexion et leur choix final.

De même, dans l'étude de Woodward (2006), on enseignait aux élèves de multiples stratégies de résolution. Les leçons quotidiennes consistaient à introduire de nouvelles stratégies, ou à en réviser d'anciennes. On ne demandait pas aux élèves de les mémoriser. Ils étaient en revanche encouragés à les discuter et à les comparer avec des stratégies vues auparavant.

Par exemple, on montrait aux élèves que, puisque 9×5 a la même valeur que 5×9 , ils étaient libres de traiter le problème aussi bien en tant que "neuf fois une quantité de cinq", ou bien "cinq fois une quantité de neuf". On leur montrait aussi que ce calcul était équivalent à "10 fois cinq moins cinq", et que cela pouvait constituer une façon plus rapide de résoudre le problème mentalement. Ainsi, toute une série de possibilités était discutée avec les élèves.

Recommandation 6: **Fournir régulièrement aux enseignants des données d'évaluation formative**

Une évaluation formative régulière des progrès des élèves en mathématiques peut aider les enseignants à mesurer le rythme de leur évolution ainsi que leur permettre d'ajuster leur enseignement au plus près des besoins de leurs élèves.

Les enseignants peuvent faire passer les évaluations à leur classe, puis c'est un logiciel qui peut leur fournir les données illustrant les niveaux mathématiques de leurs élèves.

Fournir aux enseignants des informations sur les progrès de leurs élèves en mathématiques a des effets bénéfiques sur les résultats de ces mêmes élèves. Cependant, on observera de plus grands bénéfices encore si les enseignants reçoivent non seulement des retours sur les acquisitions de leurs élèves, mais aussi des conseils concernant leur enseignements et des suggestions qui peuvent les aider à décider quel contenu enseigner, quand introduire la compétence suivante, et comment grouper leurs élèves.

On peut ainsi fournir aux enseignants une série de questions écrites pour les aider à utiliser les résultats des évaluations formatives, en adaptant et en individualisant leur enseignement. Ces questions écrites pourraient inclure: "Sur quelle compétence l'élève s'est-il amélioré depuis les deux dernières semaines?" ou "Comment pourrais-je améliorer le résultat de l'élève sur cette compétence en particulier?". Les enseignants peuvent répondre à ces questions puis les aborder à nouveau lorsqu'ils ont de nouveaux résultats d'évaluations.

Les enseignants pourraient aussi disposer d'un ensemble de recommandations spécifiques concernant des questions telles que: Quelles compétences mathématiques nécessitent un temps d'enseignement supplémentaire en classe entière? Quels élèves ont besoin d'aide supplémentaire en petits groupes ou via un système de tutorat? Et quels sujets devraient faire l'objet d'un enseignement en petit groupe?

Recommandation 7: Organiser un enseignement par tutorat.

Les élèves ayant des troubles de l'apprentissage reçoivent parfois une forme de soutien par leurs pairs ou un tutorat individuel dans les domaines pour lesquels ils ont besoin d'aide. Le système traditionnel d'enseignement par tutorat se fait entre élèves d'âges différents, où un élève d'une classe supérieure est le tuteur d'un élève d'une plus petite classe.

Selon la nouvelle approche "intra-classe", deux élèves de la même classe sont tuteurs l'un de l'autre. Dans la plupart des cas, un élève qui réussit bien est associé à un élève qui réussit moins bien, mais souvent, les deux élèves remplissent à la fois les deux rôles: le tuteur (qui fournit l'aide), et le tuteur (qui la reçoit).

Il semble que le système de tutorat entre élèves d'âges différents soit plus bénéfique pour les élèves ayant des troubles de l'apprentissage, qu'un système qui fonctionne à l'intérieur d'une même classe. On peut émettre l'hypothèse que les élèves ayant des troubles de l'apprentissage ont un niveau trop inférieur à celui de leur classe pour pouvoir bénéficier de l'aide d'un de leurs pairs. Il est probable que les tentatives de tutorat à l'intérieur d'une même classe à l'égard d'élèves qui présentent des troubles de l'apprentissage ne soient pas efficaces du fait d'un défaut d'explicitation (de la part des tuteurs); au contraire, dans un système de tutorat entre élèves d'âges différents, on peut apprendre à des élèves plus âgés à expliquer des notions à des élèves qui sont plus jeunes qu'eux.

Il est intéressant de noter que les systèmes de tutorat internes à une même classe semblent en revanche pouvoir aider les élèves "simplement" faibles en mathématiques. Une explication possible serait que le retard de connaissances des élèves présentant des troubles de l'apprentissage serait trop important par comparaison avec les élèves faibles

ayant de simples difficultés en mathématiques; ainsi le tutorat entre pairs serait plus bénéfique pour les élèves "à risques" que pour les élèves atteints de troubles de l'apprentissage.

LISTE DE RECOMMANDATIONS:

- 1. Utiliser régulièrement des *méthodes d'enseignement explicites*.**
- 2. Enseigner en utilisant des *exemples nombreux*.**
- 3. Faire *verbaliser* par les élèves *leurs choix et leurs solutions* face à un problème mathématique.**
- 4. Apprendre aux élèves à *représenter visuellement les informations* d'un problème mathématique.**
- 5. Apprendre aux élèves à résoudre des problèmes grâce à des *stratégies nombreuses/heuristiques*.**
- 6. Fournir *régulièrement* aux enseignants des *données d'évaluation formative*.**
- 7. Organiser un *enseignement par tutorat*.**