

Quelques éléments de réflexion sur la dyscalculie

I] Le développement du calcul chez l'enfant :

Les travaux de Piaget :

Le modèle théorique sur la genèse du nombre chez l'enfant provient de Piaget :

Pour Piaget, l'intelligence de l'enfant se développe selon différents stades.

-Le premier, le stade "sensori-moteur", va de la naissance jusqu'à dix-huit mois ou deux ans : le bébé apprend à **connaître le monde par les objets qu'il utilise**.

-Vers deux ans, l'enfant passe au stade "préopératoire" : il peut **se représenter certains actes sans les accomplir** ; c'est la période du jeu symbolique, qui correspond à l'acquisition du langage (voir *La Représentation du monde chez l'enfant*, 1926, et *La Construction du réel chez l'enfant*, 1937).

-Vers sept ou huit ans, l'enfant entre dans la période des "**opérations concrètes**" : il se socialise, notamment sous l'influence de l'école.

-Enfin, vers onze ou douze ans, il atteint le stade des "**opérations formelles**", celui de **l'abstraction**.

Ce schéma type varie, bien entendu, selon les individus. Chacun construit son intelligence - donnée par l'hérédité comme potentialité - selon un rythme et une durée qui lui sont propres (*La Naissance de l'intelligence chez l'enfant*, 1936).

Cette conception a des conséquences sur le plan pédagogique : **l'enfant ne peut apprendre que s'il est apte à construire les schémas lui permettant d'assimiler les connaissances qu'on veut lui transmettre**. L'enseignement doit donc être adapté aux différents stades de développement de l'enfant, et différencié, puisque ce développement se produit à un rythme et selon une durée variables pour chaque individu.

Ce modèle est actuellement largement remis en cause. Les recherches sur capacités perceptives du nourrisson montrent que des enfants de moins d'un an sont capables de comptages et d'appréhension spatiale avant même la manipulation d'objets. Les cognitivistes reprochent à Piaget de faire de l'acquisition du nombre un processus intérieur à l'enfant en niant l'environnement socio-culturel et scolaire. Piaget semble ainsi nier l'influence du langage de l'adulte. Or la maîtrise de la séquence verbale des nombres est de toute première importance et sous-tend le développement des capacités arithmétiques au sens large. Elle influence l'acquisition des principes numériques de base.

La maîtrise du *dénombrement* exige :

1) la connaissance de la chaîne numérique,

2) le pointage terme à terme de chaque élément d'un ensemble considéré une seule fois et une fois seulement

3) la coordination de ces deux activités qui détermine avec précision la frontière entre les «déjà comptés» et les «encore à compter» (Fayol, 1990).

Camos et ses collaborateurs (1998) ont voulu démontrer que des contraintes fonctionnelles affectant l'exécution de dénombrement pouvaient dégrader la performance (la réussite) sans altérer pour autant la compétence (la compréhension). Les enfants dyspraxiques (anormalement maladroits) font plus d'erreurs de dénombrement que les enfants dysphasiques (déficience au niveau langage). L'étude de Camos démontre donc l'importance d'une intégrité des fonctions de vision spatiale et/ou de d'habileté du geste dans le dénombrement chez l'enfant.

Après le passage de la maternelle l'enfant poursuivra l'apprentissage des nombres par l'accès à des règles arbitraires de plus en plus complexes qui l'amèneront à comprendre la valeur des nombres et à pouvoir les produire. Il passera progressivement d'une appréhension intuitive qui fait appel à ses capacités de vision spatiale à un système codifié qui fait intervenir ses capacités logico-mathématiques.

Toutes les civilisations ont élaboré un système de numération comprenant un certain nombre d'éléments et des règles qui les régissent afin de réduire la multiplicité des éléments nécessaires à son élaboration.

Le système arabe ne contient que 10 éléments (0 à 9) à partir desquels on peut constituer tous les autres nombres suivant une syntaxe qui, elle, repose sur une dimension spatiale, c'est à dire de position ; la valeur d'un élément dépend de sa position dans la séquence. L'enfant apprend progressivement les règles syntaxiques de ces deux systèmes et *les règles de transcoding* lui permettant de passer d'un système à l'autre.

Lors de l'acquisition des règles de codages, deux sortes d'erreurs sont repérées erreurs **lexicales** et erreurs **syntaxiques**. Les erreurs lexicales disparaissent avant les erreurs syntaxiques. Les erreurs syntaxiques ressemblent aux erreurs que nous repérons souvent au collège : l'élève s'invente sa propre règle en généralisant : si mille deux s'écrit 1002 alors mille douze devra s'écrire 10012. (voir cahiers d'évaluation de 6^{ème}).

Acquisitions ultérieures :

Exemple : l'acquisition de l'addition repose à la fois sur le concept de somme, sur la connaissance de la numération de position ainsi que sur la connaissance mémorisée des tables d'addition.

Il existe des systèmes hiérarchiques aisément repérables dans le développement des conceptualisations arithmétiques. Les enfants ne comptent jamais au delà de 10 avant de compter jusqu'à 10 ; les doubles sont plus facilement mémorisés ($6 + 6$ est plus facile que $6 + 7$) ; les enfants réussissent à trouver l'état final d'une collection connaissant son état initial et la transformation qu'il subit (augmentation ou diminution), avant d'être capables de trouver l'état initial, connaissant l'état final et la transformation (par ex.: $8 + 3 = ?$ est plus facile que $? + 3 = 11$).

Le développement des connaissances s'effectue le plus souvent sur une base hiérarchique, c'est à dire que l'acquisition d'une habileté repose sur celle qui la précède.

Même si un enfant développe des goûts ou des compétences préférentiellement pour le calcul ou la géométrie ou la résolution de problèmes, ces 3 domaines sont tous imbriqués les uns dans les autres. Il s'agit de systèmes différents de communication pour exprimer une même réalité. (exemple : la notion de vecteur en 3^{ème} est vue sous l'angle du calcul, de la géométrie et de la géométrie analytique : demande des compétences en calcul en représentation spatiale en résolution de problèmes, en manipulation de lettres).

Qu'arrive-t-il donc à l'enfant qui échoue à l'une ou l'autre des étapes de la construction des compétences en mathématiques ?

II] La dyscalculie :

Définition : La dyscalculie développementale se diagnostique grâce à trois critères:

1) Les aptitudes arithmétiques évaluées par des tests standardisés sont nettement en dessous du niveau attendu.

2) Ce trouble a des conséquences nettes sur les résultats scolaires de l'enfant ou dans la vie courante.

3) Ces difficultés ne sont pas liées à un déficit sensoriel.

Plusieurs définitions coexistent. Certains limitent la définition à l'arithmétique, d'autres l'élargissent aussi à des troubles de raisonnement ou de vision spatiale.

On parle de dyscalculie développementale car elle apparaît au cours du développement de l'enfant.

La dyscalculie est bien moins connue et étudiée que la dyslexie. Sans doute parce que certains enfants arrivent à la dissimuler en développant des stratégies de contournement, par exemple en apprenant par coeur la table de multiplication sans en comprendre le sens. Alors que d'autres se contentent d'admettre sans sourciller, avec leurs parents et leur instituteur, qu'ils sont tout simplement « nuls en maths », sans chercher à comprendre pourquoi.

À l'âge adulte, les dyscalculiques continuent à rencontrer des difficultés dans la vie quotidienne : bien souvent, ils ne comprennent pas le prix d'un produit, ne savent pas estimer une distance ou la taille d'un objet. Leur parcours professionnel peut s'en trouver affecté. Même si des rééducations existent, leur efficacité reste mal connue. Les conséquences sur l'image des maths est importante.

Prévalence de la dyscalculie : 2 à 6% suivant les auteurs. Une équipe israélienne (Gross Tsur 1996) trouve 6,5% d'enfants dyscalculiques. Parmi ces enfants dyscalculiques, ils ont repéré 17% de dyslexiques et autant de filles que de garçons étaient atteints.

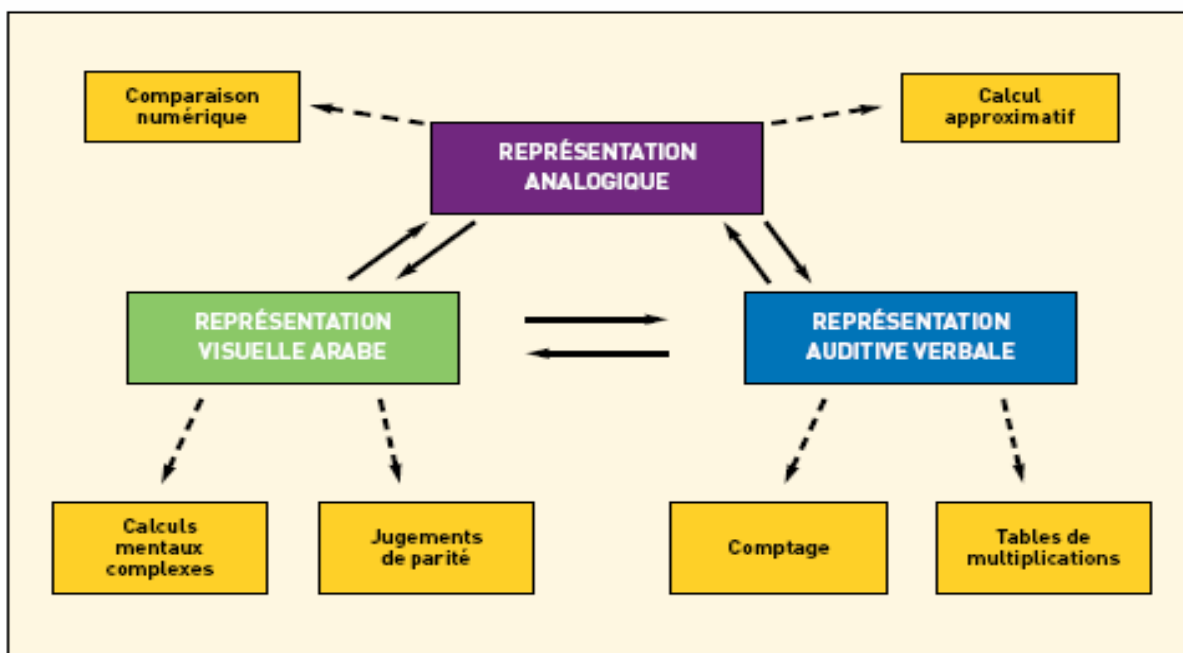
Il existe probablement une contribution génétique (études sur jumeaux homozygotes, ainsi que des études sur des syndromes d'origine génétique : syndrome de Turner). Les facteurs environnementaux ont aussi leur importance : prématurité, alcoolisme de la mère.

Approche anatomo clinique : On a essayé de relier les incapacités calculatoires à des régions précises du cerveau. On essayé aussi de classer les différentes dyscalculies et de leur attribuer une région cérébrale lésée. Différents modèles ont été proposés.

Approche en neuropsychologie cognitive :

Le modèle actuel est celui de Dehaene : ou modèle du triple code. **Le code visuel arabe** permettrait les calculs écrits (procédures) et le jugement de parité. **Le code verbal auditif** jouerait un rôle dans le comptage (dénombrement) et le stockage des séquences verbales propres aux tables de multiplication et d'addition. Enfin, **le code analogique** représenté par une droite numérique autoriserait les comparaisons numériques, les approximations et l'appréhension immédiate de la valeur d'un nombre.

Il est à noter que ce triple code ne prend pas en compte les tâches liées à la vision spatiale. Ce modèle séduisant et efficace mais néglige cet aspect important.



Les travaux en cours proposent que la dyscalculie soit liée à un trouble primaire de la perception des nombres en rapport avec une désorganisation des neurones de la **région intrapariétale** du cortex.

Des études ont porté sur des cas de dyscalculie sévère mais pour lesquels il n'y a pas de problème pour les autres domaines cognitifs.

Des études ont établi des similarités de symptômes entre la dyscalculie développementale chez l'enfant et des patients acalculiques suite à un accident vasculaire cérébral. (particulièrement le syndrome de Gertsman). Ces études (visualisation de désorganisation cérébrale invisibles sur le plan macroscopique par imagerie RMN) ont permis de localiser

dans la partie intrapariétale du cerveau « le sens non verbal des nombres » (réduction de la quantité de matière grise du cerveau de cette région chez des enfants nés prématurément et dyscalculiques par rapport à d'autres non dyscalculiques). Cette région semble nécessaire pour mettre en place les premières notions de quantités chez les enfants. D'où l'idée de déceler le plus tôt possible et de rééduquer (le cerveau de l'enfant étant très plastique) par des activités qui leur permettent de développer **le sens élémentaire des nombres**.

III] La rééducation de la dyscalculie.

1°) **Le GEPALM** : (groupe d'étude sur la psychopathologie des activités logicomathématique) utilise les travaux de Piaget : il faut 10ans de formation pour les orthophonistes qui le souhaitent. (les enseignants peuvent aussi suivre ces formations). Les techniques de rééducation sont basées sur le raisonnement et elles s'appuient sur du réel.

Voici les trois aspects de cette rééducation:

-Structure des classifications (jeux de familles multicritères), (types d'énoncés posant ce type de difficulté : exemple : calculer A et B pour $x=2$ et pour $x=-3$).

-Structure de sériations (rangements par ordre de taille et transitivité),

-Invariance des quantités, construction de l'espace et du temps.

Cette rééducation fait beaucoup manipuler les enfants leur fait toucher du doigt des quantités concrètes à associer aux nombres.

Le GEPALM évite l'écueil qui consiste à essayer de faire comprendre à quelqu'un une notion au dessus de ses outils mentaux. Il respecte les différentes étapes d'acquisition du calcul définies par Piaget, il vise le réveil des disponibilités intellectuelles. La rééducation est longue, il faut 3 ans de travail pour un résultat probant.

2°) **Un programme OCDE** est en cours actuellement pour développer la liaison entre neurosciences et enseignement (OCDE : comprendre le cerveau, pour une nouvelle science de l'apprentissage). Un programme de création de logiciels spécifiques de rééducation s'appuyant sur des jeux de nombres est à l'étude:

Pour les élèves dyscalculiques, il est utile d'employer du matériel pédagogique utilisant une métaphore spatiale de l'ensemble des nombres en utilisant des objets concrets (jeu de l'oie). Après une formation de 40 séances de 20 minutes certains enfants dyscalculiques acquièrent des compétences normales pour leur âge.

« C'est pourquoi nous nous sommes lancés dans un projet similaire pour tenter de rééduquer les enfants dyscalculiques âgés de 8 à 10 ans. Notre approche est fondée sur un entraînement intensif du sens élémentaire des quantités à l'aide d'un logiciel proche d'un jeu de l'oie. L'idée est de faire travailler les enfants directement sur les quantités, sans passer par le langage, à l'aide d'exercices de comparaison de nombres présentés sous un aspect ludique. La difficulté des exercices est modulée par des facteurs comme la distance, la taille ou le mode de présentation des nombres. Un algorithme adapte en permanence les exercices au niveau du

joueur afin qu'il réussisse toujours dans 75 % des essais. Ainsi, l'enfant travaille à un niveau de difficulté optimal sans pour autant se décourager. » (Dehaene, 2004)

Pour les élèves dyscalculiques, il est très utile d'utiliser l'informatique qui leur permettra de travailler à leur rythme et dans la répétition, la pluri disciplinarité permet aussi de présenter des nombres sur des supports ou des problèmes variés.

3°) Rééducation et entraînement digital

--

-Notre numération est à base 10.

-L'utilisation des doigts semble universelle: dans toutes les cultures les enfants utilisent leurs doigts pour compter. Les doigts permettent l'abstraction.

-Le syndrome de Gertsman: associe acalculie, agraphie, agnosie digitale et indistinction gauche-droite.

-Des expériences menées sur des enfants de 5 à 8 ans montre que le score obtenu dans des épreuves perceptivo-tactiles (reconnaissance et discrimination des doigts) prédit mieux la réussite en maths que le niveau de développement général (dessins de bonhommes, copies de carrés ou de losanges) (voir article Dehaene la recherche)

D'où l'hypothèse que l'utilisation des doigts pourrait jouer un rôle fondamental lors de l'apprentissage du calcul.

Pour valider cette hypothèse, des expériences sont menées actuellement pour entraîner systématiquement des enfants de cinq ans à avoir des doigts plus déliés.

Hélène Audren, Janvier 2005

Cette revue a été rédigée grâce aux travaux suivants :

Bibliographie

1)Les travaux de Valérie Camos :

http://www.psychu.univ-paris5.fr/recherch/labo_cog/Personnel/ValerieCamos.htm

2)Une revue sur la dyscalculie (CENOP de Montréal Québec)

<http://www.cenopfl.com/documentation/dyscalculie.htm>

3)L'article de la recherche sur la dyscalculie : (Equipe de S.Dehaene)

http://www.unicog.org/publications/MolkoWilsonDehaene_Dyscalculie_LaRecherche2004.pdf

4)Le site du GEPALM :

<http://www.gepalm.org/>

5)Le site de l'OCDE sur l'apprentissage :

http://www.oecd.org/department/0,2688,fr_2649_14935397_1_1_1_1_1,00.html

http://www.oecd.org/findDocument/0,2350,fr_2649_14935397_1_119699_1_1_1,00.html

6) Le site de l'INSERM consacré à la neuro-imagerie cognitive :

<http://www.unicog.org/>

7) Une revue sur les acalculies par Cathy Lemer :

<http://www.neurologies.net/pathologies/contenu/NEURO51pratik.pdf>

et quelques autres sites et articles de recherche dont j'ai pu oublier le nom et les auteurs ainsi que certains articles de recherche auxquels vous ne pourrez avoir accès sur le net.