Les difficultés rencontrées par les enfants en mathématiques

On doit parler avec précaution des difficultés rencontrées par l'enfant en mathématiques. Si difficultés il y a, ont-elles leur origine chez l'enfant, ou celui-ci n'est-il porteur que d'un reflet ? Et comment savoir en quoi l'apprentissage des mathématiques lui-même est concerné ? Les propos qui suivent cherchent à approcher ces questions, à discerner les rôles et la nature des aides, en invitant à la plus grande prudence.
Notre approche sera concentrique, en partant des obstacles qui semblent les plus faciles à identifier, c'est-à-dire les plus rapprochées des objets mathématiques.

Un principe fondamental est celui d'économie (Occam) : il impose de limiter autant que possible les hypothèses, c'est-à-dire de commencer l'investigation par les aspects techniques des apprentissages, et non par une exploration des résistances ou résonances psychologiques. En effet une interprétation comporte toujours un risque, et l'invocation hâtive d'hypothèses "lourdes" au mieux n'explique rien puisqu'elle dispense de preuves, au pire masque des causes réelles peut-être plus bénignes.

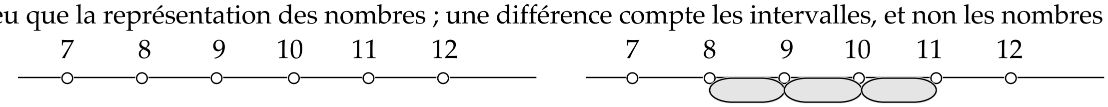
Le "premier cercle" : les obstacles liés aux objets mathématiques

On peut distinguer plusieurs niveaux à l'intérieur de ce cercle, selon le degré de technicité. L'aspect le plus technique est sans doute le plus bénin car les résonances engendrées sont de portées limitées. Il s'agit de lacunes limitées pour cause d'absence, d'oubli etc., qui du fait de la forte cohérence des acquisitions en mathématiques peuvent entraîner des perturbations ou des décrochages de plus en plus importants. Certaines connaissances ne sont pas installées, ou sont peu liées entre elles, donc impossibles à récupérer, ou même encore, et ce n'est pas rare, installées de façon stable mais erronée.

Voici quelques exemples :

• Une procédure erronée : à l'opération donnée en ligne « 31 – 18 = ? » l'enfant répond, sans poser l'opération "27", ou bien "17" et la justifie ainsi : « 1–8, on ne peut pas, alors on fait 8–1 = 7 » et puis (s'il admet une retenue) répond "17", sinon "27". Cette procédure est loin d'être exceptionnelle. Sur plusieurs centaines d'enfants de CE2 interrogés, elle a représenté 40% des erreurs, c'est-à-dire plus du quart des réponses. Elle n'a bien sûr jamais été enseignée à l'école. C'est une procédure mal montée et consolidée par l'enfant. Van Lehn [1983] parle de "bug". Dans un tel cas, il reste à démonter la procédure, à revenir à son sens, à la remonter explicitement, et à entraîner la procédure exacte. On peut penser que ceci ne relève pas d'une aide spécialisée, mais plutôt du maître de la classe.

Un autre exemple du même ordre provient de la réponse "4" à la question « 11 – 8 ? ». S'il ne s'agit pas d'un rappel, mais d'une reconstruction comme c'est le plus souvent le cas au cycle II (Fayol, 1990, chap 5), la procédure erronée consiste à "aller de 8 à 11", en partant de 8 : "8, 9, 10, 11". Ici, c'est moins une procédure qui est en jeu que la représentation des nombres ; une différence compte les intervalles, et non les nombres :



repères et intervalles.

• Mais il peut s'agir aussi d'une erreur de rappel : l'appel « 11–8 » active la réponse "11–8 = 4" ou encore "8+4 = 11". Ce genre de rappel erroné se rencontre plus souvent encore dans les résultats multiplicatifs élémentaires. Siegler et Shrager [1984] donnent une interprétation statistique du rappel ; l'appel de (7, 8, ×) n'active pas seulement l'association (7∞ 8 —>56) dans le "réseau sémantique" de la mémoire ; il peut activer

d'autres traces comme 7× 8 —>54 ou 7× 8 —>48 par exemple. Le but de l'entraînement est d'accroître la probabilité de la première association et d'inhiber les autres. L'une des causes d'erreur systématique pourrait être *l'interférence* : si l'on répète les "tables" toujours dans la même succession, les voisins 48 et 64 sont des candidats possibles au rappel.
Une représentation **déclarative** (savoir que…) est plus flexible, plus facile à communiquer, c'est une *acquisition d'information*. Une représentation **procédurale** (savoir comment…) rend le savoir effectif, et s'intègre mieux dans les démarches pratiques, c'est un accroissement de *capacité*.
Une pratique répétée permet de constituer de nouvelles procédures. Cet apprentissage est plus lent qu'un encodage en mémoire déclarative, mais beaucoup plus résistant (un apprentissage déclaratif est vite acquis mais vite oublié).

Ici intervient une question importante, celle de la *stabilité* des erreurs.
On doit distinguer l'erreur occasionnelle (souvent baptisée étourderie) de l'erreur systématique. Les causes peuvent être diverses : procédure "mal montée", parasitage d'un rappel, manquement à une règle connue, ou encore ignorance de cette règle ou de son champ d'usage (le calcul fractionnaire ou algébrique en fournissent maints exemples).
L'erreur occasionnelle peut relever d'une inattention momentanée. Il n'y a pas lieu de sur-interpréter une évaluation isolée. Elle peut relever aussi d'une surcharge temporaire ; c'est alors l'organisation des informations en mémoire de travail qui est en cause ; il en sera question plus loin. Parler d'étourderie ou d'inattention n'explique rien ; il peut s'agir d'une attention à autre chose, ou d'une cause moins simple.

Mais un autre phénomène, trop peu signalé, tout aussi importante est bien plus difficile à interpréter. Il s'agit de **l'instabilité**. Voici un exemple :

ETI (CE2), en calcul mental, à deux occurrences de « 31–18=? » répond 27 ainsi qu'à deux occurrences de « 50–37=? » ; l'erreur est classique en CE2, et l'interprétation simple. On peut y voir une procédure fautive stable. En revanche le même enfant propose les réponses suivantes :

73+19 = 28 63+19 = 73 53+19 = 76 63 + 19 = 13

Cette instabilité est bien plus difficile à interpréter. C'est sans doute pourquoi les psychologues ou les didacticiens n'en parlent pas. Le principe est commode selon lequel « *la démarche de l'enfant est toujours logique* » [GEPALM, 1977] mais la réalité le met évidemment en défaut, tout comme l'interprétation en terme de bug (Van Lehn). Ces cas sont loin d'être exceptionnels, et ne relèvent pas aussi clairement de la seule action du maître de la classe, ni probablement de ce "premier cercle".

Parcourons encore ce premier cercle qui concerne les objets d'apprentissage (mathématiques) ; les objets eux-mêmes peuvent se ranger en connaissances simples (comme "7× 4 = 28"), ou en procédures (algorithme de calcul, usage d'un instrument…). L'objet de l'exercice est de les rendre disponibles rapidement et sûrement ; c'est le cas notamment pour les tables d'opérations, les stratégies de calcul, mais aussi les connaissances géométriques ou logiques. A un concept en cours de construction s'attachent des représentations mentales et des schémas qui permettent son utilisation ; faute de quoi les procédures ou éléments de savoir "flottent". Ces représentations sont multiples, le plus souvent locales, c'est-à-dire qu'elles s'établissent de proche en proche. Le concept de Nombre fournit un bon exemple ; aux différentes étapes de sa construction sont associées des représentations qui sont partiellement hiérarchisées. Ce n'est pas le lieu de les développer ici [cf. F.BOULE, 1997 et 1998]. La question qui se pose à l'enseignant spécialisé (particulièrement du maître E) est d'identifier les représentations disponibles et de les faire rapprocher des situations où elles sont pertinentes.

Dans cette rubrique, on peut également loger les questions d'évocation associées, par exemple, à un problème. De quoi est-il question dans le problème ? Que cherche-t-on ? De quoi dispose-t-on ? Ce problème ressemble-t-il à une autre déjà rencontré ? Il arrive fréquemment que cette évocation soit non pas difficile mais absente ; l'enfant la remplace alors par des stéréotypes plus ou moins adéquats ; l'exemple le plus célèbre a été exposé jadis par l'équipe élémentaire de l'IREM de Grenoble [1980].
Julo et Houdebine [1988] évoquent cette question à propos d'élèves en difficulté au début du collège.
Ils notent que les représentations des situations évoquées dans des textes écrits sont à l'origine de blocages importants ; mais, strictement, il ne s'agit pas de difficultés de lecture. Les représentations que se font les élèves paraissent instables, et surtout trop peu explicitables pour constituer des hypothèses efficaces pour la résolution.

Elargissons encore un peu ce premier cercle : il arrive que l'enfant soit conduit à considérer des "objets" ou des énoncés qui, pour lui, n'ont pas de sens ; ils ne renvoient à aucune réalité, à aucune évidence, à aucune intuition. Stella Baruk [1973, 1977, 1985] a maintes fois évoqué avec véhémence le désarroi qui en résulte. L'une des raisons de cette perte de sens vient de ce qu'un vain souci de rigueur fait quelquefois préférer un enseignement formel, déraciné de toute allusion au réel et de toute problématique. Cette circonstance est plutôt rare à l'école maternelle ou élémentaire, mais malheureusement bien plus fréquente au collège. On n'insiste jamais assez sur la nécessité non seulement de partir d'objets ou d'actions réelles, de manipulations, de problèmes vraiment concrets, mais aussi d'y revenir souvent et de faire participer les enfants à ce mouvement.
Ce "premier cercle" est vraisemblablement du domaine de compétence du maître de la classe, ou d'une aide à dominante psychopédagogique.

Le deuxième cercle : les moyens de connaître.

Il ne s'agit plus ici spécifiquement des apprentissages mathématiques, mais aussi de tous les autres. C'est le surgissement d'obstacles à propos de tel ou tel apprentissage qui peut révéler, éventuellement tard, que la difficulté ne vient pas des mathématiques ; celle-ci n'en constitue que la surface, ou le symptome. Dans ce champ se rencontrent les activités assez vaguement désignées par " structuration de l'espace et du temps", auxquelles on prête beaucoup d'attention à l'école maternelle, et plus guère après. On peut y adjoindre les questions liées à la logique ou au langage, et surtout à la mémoire. Il s'agit d'un déficit, non de savoirs et de procédures, mais des *moyens de développer* ces savoirs et procédures. Par nature-même, ce déficit n'est lisible qu'à travers des effets de surface.

Au premier rang de cette rubrique, on doit placer la construction de l'espace dans ses divers aspects, qui conditionne le développement et l'organisation des représentations. F. Bresson [1974] reconnait d'une part que « l'organisation topologique de l'espace apparait faire partie des universaux de la représentation et du langage humain » ; et que d'autre part, non seulement il n'y a pas de géométrie sans opérations logiques, mais « on peut se demander si les opérations logiques n'impliquent pas dans leur réalisation des aspects spatiaux »… Ce premier point appelle deux remarques :

• Il va de soi qu'il est question ici de construction de l'espace (et non pas de géométrie), c'est-à-dire des moyens d'organiser le repérage, l'orientation et les déplacements de soi-même ou des objets, de reconnaître des configurations ; ceci permet de passer d'un espace vécu immédiat à un espace objectif de représentations. Mais il y a lieu de distinguer encore l'espace très proche, celui de la page ou des mouvements de la main, de l'espace "à l'échelle humaine" (la pièce, la maison…). Une forte structuration de la page est une condition essentielle pour les apprentissages (et pas seulement de la lecture ou du calcul). Elle est normalement à l'œuvre entre trois et six ans. C'est peut-être pourquoi on semble (malheureusement) s'en soucier beaucoup moins au-delà.

• La seconde remarque est de méthode, et vaut aussi pour les points suivants.
Le maître spécialisé a pour tâche de repérer des difficultés et d'apporter une aide. Cette aide, dans le champ évoqué ici, ne relève pas de contenus scolaires spécifiques, mais ne les exclue pas non plus. Il importe, d'une part d'éviter la reproduction de situations devant lesquelles l'enfant a pu se trouver en difficulté, et d'autre part d'offrir une grande variété de supports et de représentations. Les jeux offrent cette possibilité, du moins s'ils sont acceptés comme tels par l'enfant et proposés par le maître avec une visée précise.

On a associé ci-dessus "structuration du temps" et activités logiques. On pourrait aussi, comme le propose Klauer [1998] rapprocher les activités logiques du raisonnement inductif : il s'agit de repérer dans un ensemble d'objets des régularités ou des règles ; lesquelles sont, pour une part, exprimées par des classements (différences et similitudes), ou développées dans une durée (rythme, sériation) et prolonger cela par tout ce qui concerne l' organisation des actions dans la durée : planification, anticipation, stratégies. Il faut voir là une composante fondamentale des moyens d'apprendre. On est étonné de lire sous la plume d'une psychologue clinicienne « *…et c'est vrai que bien malin qui pourrait dire [à l'enfant] ce que sont la logique et le raisonnement* »*, et l'on est plus encore inquiet de savoir quelle aide un tel aveu peut apporter.

La psychologie cognitive, depuis une trentaine d'années, décrit les démarches de pensée et leurs limitations en termes de traitement d'information, de capacité, d'économie, et non plus en termes de "pré-requis" ou de préalables. Ceci concerne aussi bien la symbolisation ou l'élaboration de schémas, le classement, la planification des actions que la rétention des informations ou leur organisation en mémoire. Il est singulier que la didactique française des mathématiques, jusqu'à ce jour, méconnaisse ce champ de recherche. Il n'est pas impossible que l'on y trouve l'explication de bien des difficultés, notamment des instabilités indiquées ci-dessus. Leur origine pourrait être de l'ordre de la saturation ; c'est très vraisemblablement ainsi que l'on peut interpréter des incompréhensions de consigne, des interruptions de processus de calcul et des difficultés à schématiser. Encore faut-il en chercher confirmation et envisager une aide adaptée. Celle-ci n'est pas à chercher dans une extension de la capacité de mémoire, mais dans sa gestion. Le coût d'une information est réduit par l'exercice, et c'est la condition pour l'inclure dans un schéma. Si trop d'informations réclament attention, elles demeurent disparates, ne font pas sens, et plusieurs s'évaporent.

Mémoire de travail

Cette instance contient les informations nécessaires au traitement immédiat ; c'est la MdT qui intervient lorsqu'on lit un numéro de téléphone avant de le composer sur le clavier, ou encore lorsque l'on tente de comprendre le sens global d'une phrase écoutée. Son contenu se renouvelle sans cesse, mais il est soumis à une double limitation : limitation de durée et limitation de capacité. Les informations en MdT peuvent subsister pendant quelques dizaines de secondes. On a pu dire que la capacité maximale était de l'ordre de sept "unités d'informations", mais cette notion d'unité d'information mérite un examen plus approfondi. Il n'est pas équivalent de retenir six nombres de six chiffres ou six mots de six lettres ; un mot est reconnu comme une unité de sens, alors qu'il est rare qu'il en soit de même pour un nombre. On voit ainsi que s'il est très improbable de pouvoir accroître la capacité de la MdT, il est en revanche possible d'améliorer le traitement en constituant des unités de sens plus larges. La réalisation d'un calcul mental comme celui de « 733 - 359 » requiert :

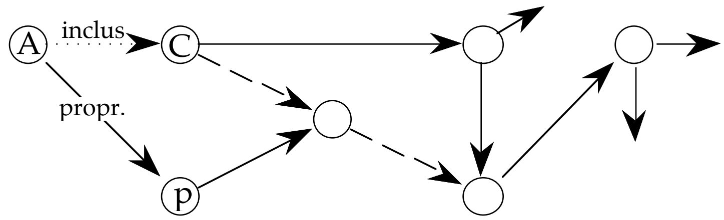
la mémorisation des données (six chiffres)
la disponibilité des règles de calcul de la soustraction (convoquées de la mémoire à long terme)
la mémorisation des résultats intermédiaires.

Chacune de ces tâches est facilement réalisable ; mais on se rend compte aisément que l'ensemble, simultanément, mène vraisemblablement au voisinage de la saturation de la MdT d'un adulte.
Il est clair en tous cas que cette capacité augmente avec l'âge et que vers 3/4 ans, elle est environ la moitié de ce qu'elle est vers 12/15 ans.
Ces limitations imposent une contrainte très forte à la réalisation de nombreuses activités, notamment la compréhension d'un énoncé oral ou écrit, au calcul mental, au raisonnement. Il existe des stratégies permettant, non pas de faire évoluer cette capacité, mais d'alléger cette contrainte, en améliorant l'organisation des "unités d'information", c'est-à-dire en en réduisant leur *coût cognitif*.

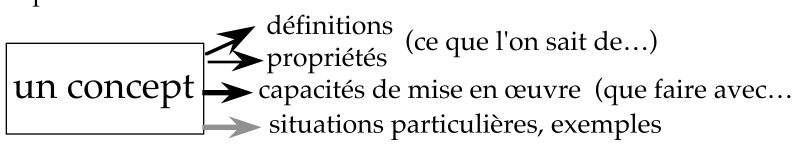
Mémoire à long terme ; réseau

La définition d'un mot (par exemple dans un dictionnaire) fait appel à d'autres mots. Il y a là un "paradoxe du langage". Ou bien ces définitions finissent pas "boucler", et cette circularité n'apporte pas d'information nouvelle ; ou bien elles régressent vers des objets premiers *indéfinissables*. Le fait est cependant qu'un dictionnaire est utilisable, et que le langage porte de l'information. L'utilisateur d'un dictionnaire connaît par avance la signification de beaucoup de termes mais son expérience n'est pas seulement langagière ; elle est aussi perceptive, motrice, affective etc. et s'enracine bien en deçà de sa connaissance de la langue.

A un concept [A], nœud du réseau, on associe généralement une classe plus générale [C] à laquelle il participe, des propriétés [p] qui restreignent cette généralité, et des situations particulières connues. Chacun de ces élément est à son tour impliqué dans d'autres relations : le réseau est très étendu, marqué par une hiérarchie de types d'information et par des types de connexion.



Ainsi à chaque nœud du réseau est associé une classe plus générale (autre nœud), un ensemble de prédicats restreignant l'extension de cette classe, et des propositions particulières, ou évocations de nature diverses associant des situations particulières.
En mathématique, on peut ainsi associer :



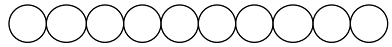
La reconnaissance d'un mot conduit à une "activation" des mots reliés. Récupérer une information, c'est établir un "chemin" à partir d'un point d'appel du réseau. Une connaissance est d'autant mieux acquise et plus facile à récupérer que ce réseau est dense (une connaissance isolée n'est pas récupérable), et que ces liens sont entretenus (entraînement) et/ou chargés affectivement.

Troisième cercle : causes psychologiques

La réussite en mathématiques dépend assurément de l'idée que l'enfant se fait de lui-même et de ses capacités, idées fortement marquées affectivement, mais aussi de l'idée que s'en fait sa famille, et que s'en fait l'enseignant lui-même (laquelle retentit évidemment sur son enseignement). Cette réussite dépend aussi de la représentation que l'enfant se fait de l'Ecole, et de son insertion réelle. Plus généralement, ce qui peut être en cause est un manque d'assurance ou d'estime de soi ou une attitude négative vis-à-vis de connaissances nouvelles —mathématiques en particulier— . On voit donc que ce dernier cercle est le lieu de retentissements divers des représentations que l'enfant, sa famille ou le maître se font de l'école, des mathématiques ou de l'enfant lui-même, sans aller chercher d'incertaines "explications" du côté de l'inconscient. Associer mathématique et rapport à la mère (***), ou dénicher un symbolisme freudien dans les chiffres [Brousselle, 1974], relève, au-delà de la méconnaissance des mathématiques, d' une **interprétation** qui ne se sent engagée à aucune preuve, ce qui ouvre la voie à l'abus de pouvoir. Ici encore, le principe d'Occam impose une prudence salutaire.

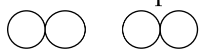
Il est plus simple de commencer par se dire que le signalement provient d'une personne (ou de plusieurs), et par conséquent ne met pas seulement en jeu le rapport de l'enfant au savoir : s'il est moins rare d'observer des signalements en lecture qu'en mathématiques, cela peut s'expliquer aussi par les conceptions (ou les résistances) des enseignants concernant ce domaine. Il est moins rare d'éprouver — et d'annoncer— une aversion pour les mathématiques que, par exemple, pour la lecture ou la langue maternelle. Il est aussi clair qu'un manque de distance de l'enseignant par rapport aux contenus engendre une anxiété vis-à-vis de la "rigueur", et un enseignement formaliste, qui laisse l'enfant démuni de sens.

• Il est ainsi possible que certaines difficultés individuelles soient dues à une représentation que l'on se fait du fonctionnement des mathématiques. Si elles sont vues comme des règles de jeu, cette circonstance, selon les cas, peut être inhibante (si les règles sont inconnues ou paraissent arbitraires ; si l'on est trop pris par le réel pour pouvoir jouer…) ou bien favorisante (si le réel est pénalisant ; si l'on a besoin de cadres pour pouvoir se situer). Mais il ne s'agit pas de démonter ces représentations, comme on a parlé de démonter des procédures erronées, mais plutôt de les encercler par des activités que l'enfant acceptera sans réticence parce qu'il les trouvera plaisantes, ludiques, concrètes… sans rapport immédiat avec les habitudes scolaires ; elles ouvriront peu à peu des voies nouvelles vers une notion ou une procédure, ou plus fondamentalement une *posture* vis-à-vis des apprentissages. En voici une illustration. Il s'agit d'un jeu de stratégie dont la règle est très simple.

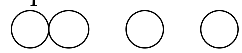


On dispose dix jetons en ligne

Chacun des deux joueurs, à tour de rôle, peut retirer un jeton de son choix, ou deux jetons pourvu qu'ils se touchent. Celui qui doit prendre le dernier a perdu. La règle est vite apprise, son "coût" est faible. On joue d'abord pour se familiariser ; s'il ne s'agit que de gagner, c'est pure distraction. Mais pourrait-on gagner à coup sûr ? Cette réflexion viendra en suspendant le jeu. Par exemple :



situation I



situation II

Devant la situation I, peut-on prévoir ce qui va se passer ? Peut-on gagner ? Est-on sûr de perdre ? Devant la situation II, comment jouer pour s'assurer de la victoire ? On voit qu'il s'agit d'anticiper, puis de classer les situations. C'est déjà apprendre. Alain résume ainsi de lumineuse façon : « *[Dans les] exercices d'attention, le principal obstacle est l'émotion même (surprise, désir de comprendre, crainte de n'y pas arriver). Voilà le problème. Toute opération difficile décourage. Mais le facile aussi. On arrive à purifier l'intérêt sans l'affaiblir par des conditions de temps.* » [1925].

• Dans un registre qui concerne plutôt l'évocation que la démarche, L.Weyl-Kayley insiste sur la "charge fantasmatique" que peuvent receler certaines notions ou certains termes : le zéro (comment peut-on diviser 0 par 4, puisque zéro ne représente rien ?), la division, les parenthèses (qui séparent), les fractions (fracture, ou effraction)… Elle en conclut qu'il faut détacher les fantasmes, et pour abstraire, que le concret ait d'abord une ferme existence ; « *un passage trop rapide à l'abstraction, […] non seulement mène à l'échec, mais favorise le développement de fantasmes* ».

Quelles directions envisager pour un programme d'aide ?

Les demandes d'aide liées à des difficultés en mathématiques sont relativement rares aux cycles I ou II, et plus spécialement relatives au champ numérique (dénombrement, opérations, problèmes). C'est pourquoi la plupart des exemples ci-dessus ont été pris dans ce champ. On peut y voir l'effet d'une conception classique des mathématiques qui valorise le calcul, les techniques opératoires, et plus généralement l'aspect instrumental au dépens des aspects méthodologiques ou culturels (raisonnement, logique, espace, géométrie) : les difficultés dans l'ordre numérique apparaissent vers la fin du C.E. quoique leurs causes profondes aient pu passer inaperçues jusque là. Mais plus le signalement est tardif, plus grand est le risque de "soigner le symptome" en plaquant un entraînement de surface qui ne donnerait que très provisoirement des résultats positifs.

D'où l'importance d'une investigation élargie permettant d'analyser ce que l'enfant met en jeu, de repérer ses démarches, d'interpréter ces difficultés. Ces moyens d'investigation permettront d'établir une carte des lignes de résistances et des capacités mobilisables, et ainsi de définir une aide dont la dominante serait "rééducative" ou "psychopédagogique". Le regard doit être dirigé vers l'activité de l'enfant, sous les formes les plus variées, en évitant les situations évocatrices d'échec ou de blocage, pour tenter d'atteindre les éléments qui paraissent bien établis et en limitant autant que possible le "poids" de l'interprétation.

François Boule, février 2002

ALAIN (1925) Pédagogie enfantine (11ème leçon), réunies in *Propos sur l'éducation*, PUF, 1986
BARUK, S. Echec et maths (1973) , Fabrice ou l'école des mathématiques (1977), L'âge du Capitaine (1985) Seuil.
BOULE, F. Le calcul mental à l'école (1997), Etapes du calcul mental (1998), IREM de Bourgogne.
BRESSON, F. (1974) Modèles de l'espace et géométries, in : *De l'espace corporel à l'espace écologique*, P.U.F., pp. 275-295.
BROUSSELLE, A. *Histoire du 0, histoire d'i, histoire d'O*, in Psychiatrie de l'enfant, vol XVI,PUF, 1974
FAYOL, M. (1990) L'enfant et le nombre, Delachaux et Niestlé
GEPALM, 1977, Recherche sur les fondements d'une pédagogie authentique, p. 29.
HOUDEBINE, J. et JULO, J. (1988) Les élèves en difficulté dans le premier cycle de l'enseignement secondaire, Revue française de pédagogie, n°84, pp.5-12.
IREM de Grenoble (1980) L'âge du capitaine, in Bulletin de l'APMEP n°323, pp. 235-243.
KLAUER, K-J. Entraîner le raisonnement inductif chez les enfants en difficulté d'apprentissage… in Büchel, Paour, Courbois, Scharnhorst *Attention, mémoire, apprentissage ; études sur le retard mental*, SZH, Lucerne, pp. 99-118.
SIEGLER, R.S. et SHRAGER, J. (1984) Strategic choices in addition and subtraction : How do children know what to do ? in C. Sophian *Origine of cognitive skills*. Hillsdale : Erlbaun.
VAN LEHN, K (1983) On the representation of procedures in repair theory, in : *Ginsburg The development of mathematical thinking*, N-Y. acad. Press.
WEYL-KAYLEY, L. (1985) Victoire sur les maths, Robert-Laffont.
* ROUX, M-O. Faire des math à son corps défendant, in « MATH ERRE », n°11, oct 93.
** MELJAC, C. Penser, de la peine au plaisir, in « MATH ERRE », n°11, oct 93.
***CHARRAUD, N. Mater mathematica, in « MATH ERRE », n°11, oct 93.