REVUE FRANCOPHONE DE LA
DÉFICIENCE INTELLECTUELLE
VOLUME 7, NUMÉRO 2, 163-191

ANALYSE COGNITIVE DE SCHEMES MATHEMATIQUES DISSOCIES CHEZ DES ENFANTS HANDICAPES MOTEURS AGES DE 7 A 10 ANS: ETUDES DE CAS

Anne-Marie Jovenet, Christiane Larere et Christian Sarralié

L'article met en évidence des compétences mathématiques originales, sur les plans logique, numérique et géométrique, chez sept sujets handicapés moteurs âgés de 7 à 10 ans, d'étiologie variée (I.M.C., myopathe, cérébro-lésé). Quatre épreuves dont deux classiques (E.D.E.I.) et deux moins connues (épreuve Mouchoir et E.C.P.N.) sont présentées aux enfants individuellement et l'analyse cognitive des procédures montre des dissociations de compétences chez un même sujet, surprenantes pour le chercheur. Ces dissociations ne peuvent s'expliquer par le seul recours au type de handicap ou au Q.I. Par exemple: des enfants très handicapés réussissent cependant à planifier leur action en géométrie lorsqu'on leur laisse procéder librement à des essais sans contrainte de temps et l'ordre de complexité des différentes épreuves (numériques, logique, géométrique) ne coïncide pas obligatoirement avec l'ordre de réussite individuelle très contrasté d'un sujet à l'autre. Le recours à la théorie de la Représentation (Vergnaud) tente de donner sens aux résultats observés et permet de dégager quelques pistes pour un enseignement plus efficace des mathématiques à ce type d'enfants. On ne peut définir pour ces enfants H.M. de compétences mathématiques générales. Le praticien a besoin de faire une analyse cognitive précise des tâches d'évaluation des compétences mathématiques qu'il propose aux enfants H.M. Ces tâches devront être très variées pour faire apparaître différentes manières de raisonner en mathématiques des sujets handicapés moteurs. Le pédagogue pourrait ensuite proposer des situations d'apprentissage dans lesquelles il aide le sujet handicapé à faire des prévisions et à vérifier les résultats de ses essais.

INTRODUCTION

Les difficultés en mathématiques des enfants handicapés ont été souvent décrites en référence aux compétences mathématiques d'enfants non handicapés de même âge. Il est classique d'évaluer, par des notes, leurs compétences lors de passations individuelles d'épreuves standardisées pour effectuer des comparaisons avec des populations normales.

L'objectif de cet article est de montrer que, pour aider ces enfants dans leurs apprentissages, il est nécessaire de ne pas se contenter de mesures quantitatives, mais de réaliser une analyse détaillée de leurs conduites lorsqu'ils ont à résoudre une tâche mathématique.

Anne-Marie Jovenet, A.T.E.R., Centre Universitaire de Recherches en Sciences de l'Education de Picardie (C.U.R.S.E.P.), Rue Salomon Mahlangu, 80025 AMIENS CEDEX 1 (France); Christiane Larere, Professeur de Mathématiques, I.U.F.M. de Versailles; Christian Sarralié, Professeur de Mathématiques, C.N.E.F.E.I., Suresnes.

Nous remercions M. Gérard Vergnaud, directeur de recherche au C.N.R.S. et Mme Corinne Bernardeau, psychologue, pour leur collaboration.

Cette analyse se fait ici par l'étude des "schèmes" qu'ils utilisent dans l'action, c'est-à-dire d'une part des procédures individuelles de réalisation des tâches et d'autre part, des connaissances ou des lacunes qui fondent leurs réponses: aspects observables et inobservables des conduites.

Quelles connaissances en acte (Vergnaud, 1991) et quelles règles pilotent, chez des enfants handicapés moteurs (H.M.) la reconnaissance des éléments pertinents d'une situation mathématique, indispensable à la prise d'information et à son traitement?

Il est courant dans la littérature de classer les enfants H.M. dans différentes catégories, soit en fonction de l'étiologie (myopathe, Infirme Moteur Cérébral, cérébro-lésé...), soit en fonction du degré du handicap (moteur et langagier) soit en fonction de mesures de l'intelligence (tests standardisés). Or l'étude présentée ici montre que ni l'origine du trouble moteur, ni son degré, ni le Q.I. ne peuvent, à eux seuls, rendre compte des différences observées dans les résolutions de problèmes mathématiques, des enfants H.M.

Dans ce but sept sujets ont été choisis, très différents les uns des autres, par le handicap, le niveau et rythme de scolarité ainsi que par les résultats testométriques. Ils sont soumis à quatre épreuves prises dans les champs numérique, logique et géométrique.

L'étude des passations individuelles de ces quatre épreuves consiste à répertorier et à décrire les ressources et les constructions que chacun de ces enfants H.M. peut mobiliser dans ces tâches, compte tenu de ses possibilités et des environnements qui lui sont offerts.

L'analyse détaillée des procédures de ces sept sujets montre alors l'existence:

a) *de compétences mathématiques originales* dans des domaines où, en général elles ne sont pas attendues, compte tenu du handicap présenté. Sans ces analyses cognitives fines, elles pourraient passer inaperçues chez des sujets H.M.

b) *des "dissociations" entre compétences mathématiques* chez un même sujet, qui réussit par exemple un item (a) et échoue un item (b) considéré plus facile.

Les questions théoriques que soulèvent de tels résultats ainsi que l'intérêt de telles analyses cognitives pour le praticien seront discutées après chaque épreuve et permettront de suggérer de nouvelles propositions pédagogiques.

RECENSION DES TRAVAUX S'INTERESSANT AUX APPRENTISSAGES CHEZ LES ENFANTS HANDICAPES MOTEURS

Trois types de travaux peuvent être répertoriés:

- ceux qui utilisent des tests standardisés et mesurent les capacités intellectuelles en termes de Q.I. (Dague, 1970, 1974, 1981; Dague et Temboury, 1970; Colin *et coll.*, 1974);

- ceux qui utilisent des épreuves Piagétiennes et se réfèrent alors à une conception du développement par stades (Colin et Nurit, 1980; Nurit, 1991);

- et ceux qui se fondant sur une perspective psychanalytique, s'appuient cependant sur des résultats testométriques (Benony, 1989; Reveillère, 1993).

De tout temps ces différentes échelles ou épreuves sont destinées à mesurer et à comparer pour caractériser les déficits et les anomalies des populations particulières. Ainsi en France, lorsque Binet et Simon construisent en 1905 la première échelle de mesure de l'intelligence, en réponse à la demande de la Commission Bourgeois, il s'agit de dépister les enfants, qui, par insuffisance intellectuelle, ne peuvent profiter de l'enseignement donné à tous. Les théories du développement vont renforcer cet objectif de comparaison: le sujet épistémique est la référence. Plus récemment quand les circulaires officielles attirent l'attention sur la nécessité d'individualiser l'enseignement, de s'adapter au rythme de chaque élève, des dispositifs sont mis en place pour évaluer et comparer les niveaux des élèves à ceux d'une moyenne nationale.

Certes, les auteurs eux-mêmes cherchaient à comprendre les différences: "Quel est le degré de ce défaut d'intelligence? Quelles en sont les causes? Les causes sont-elles de nature qu'on puisse les modifier?" (Binet, 1911). Piaget, accueilli dans son laboratoire parisien, pour la standardisation du test se déclare beaucoup plus intéressé par l'analyse qualitative des réponses et la compréhension des erreurs, transplantant ainsi la méthode clinique de la psychiatrie à la psychologie génétique. Les échelles se sont différenciées ("performance" contre "verbal") les facteurs ont été distingués (grapho-perceptifs, intellectuels, affectifs, instrumentaux ...). Les travaux de neuropsychologie tentent de caractériser de plus en plus finement les atteintes et les troubles qui engendrent les handicaps (Kosc, 1974; Badian, 1983 cités par Van Hout, 1995).

Cependant l'interprétation des résultats obtenus par les enfants en difficulté s'appuie toujours essentiellement sur la particularité de ces populations en comparaison avec la population normale. Ces enfants handicapés ont un "Q.I. inférieur", "la courbe est décalée vers la gauche", l'âge d'accession aux stades Piagétiens accuse un retard de un, deux, voire trois ans, à l'E.P.L. de Longeot, ces populations totalisent un nombre plus grand de "décalages" que les populations normales.

S'il n'est pas question explicitement de déficiences intellectuelles, il faut cependant dire que l'ensemble de ces travaux insistent sur les répercussions, c'est-à-dire sur les aspects négatifs du handicap par rapport à la norme. S'agissant des myopathes, Dague dit clairement que "des cerveaux génétiquement normaux ne fonctionneraient qu'à 80 % de leurs possibilités".

Selon le modèle de développement Piagétien, ces différences rapportées au manque d'action, d'expériences motrices entraînent des difficultés logiques et opératives qui se ressentent dans tous les domaines.

Imputées au handicap lui-même, ces constatations ne peuvent qu'engendrer des propositions vagues en matière de pédagogie:

"L'on peut obtenir beaucoup de ces enfants, l'école les aide à s'évader de l'angoisse et du repli sur soi, à s'exprimer et à se développer, en un mot à être heureux" (Dague, 1974). Pour Benony (1989) il faudrait "inventer et penser de nouvelles méthodes pédagogiques qui permettraient de mieux comprendre leur démarche d'appropriation de la réalité (mais cela demande) aux enseignants de daigner changer leurs méthodes dites 'classiques' encore trop utilisées". Selon Grappe (1992) qui s'appuie sur les travaux de Dague "pour ces enfants il faut savoir ne pas être trop exigeant vis-à-vis des résultats strictement scolaires en proposant un programme d'éducation ouvert vers des horizons très différents qui prennent en compte les désirs de l'enfant".

Il faut cependant noter que l'ensemble de ces travaux parlent essentiellement de capacités intellectuelles et non d'apprentissage.

Or il semble bien que la question du rapport entre handicap et déficience intellectuelle rejoigne celle du rapport entre développement et apprentissage. Dès 1927 Vygotski résume le problème en opposant la théorie de Piaget: "le développement précède l'apprentissage" à la sienne: "l'apprentissage entraîne le développement".

Selon la première position, le handicap entrave le développement et donc l'apprentissage. En revanche selon la seconde, l'apprentissage peut tirer en avant le développement. Appliquant cette idée générale au cas des enfants handicapés, il montre alors toute la force exprimée dans la loi d'Adler: le défaut "n'est pas seulement un moins, un manque, une faiblesse", il est aussi une force, une aptitude à condition que psychologues et pédagogues sachent que le défaut est source de richesse (Vygotski, 1927, trad fr 1994).

La problématique de cet article s'inscrit dans cette perspective. Elle vise à décrire et analyser en profondeur les compétences des enfants handicapés face aux tâches proposées. La théorie du tuteur proposée par J. Bruner (1976, trad 1983) et la théorie de la représentation de G. Vergnaud (1985, 1987, 1990) complèteront cette approche.

En effet ces deux théories qui ne sont pas conçues pour l'étude des populations handicapées sont d'un grand secours pour la compréhension des problèmes particuliers posés. En rappelant que le "bon tuteur" doit avoir deux préoccupations simultanément: la performance des élèves et l'étude de la tâche, Bruner (trad 1983) met le doigt sur un aspect occulté dans les travaux précédemment cités: il ne peut y avoir d'approche valable de la performance sans une analyse préalable de la tâche.

Vergnaud (1988) insiste en opposant cette approche avec les pratiques pédagogiques habituelles: "Une approche développementale et différentielle des compétences scolaires est donc indispensable. Encore faut-il conduire cette approche non pas en s'en tenant à la description des compétences que retient habituellement le sens commun (X sait ou ne sait pas lire couramment, X sait ou ne sait pas faire une soustraction...) mais avec une théorie de la connaissance qui permette d'analyser de manière détaillée la diversité des éléments constitutifs de ces compétences".

METHODOLOGIE

Présentation des sujets

Comme cela a été annoncé en introduction, les sujets ont été choisis très différents les uns des autres. Ils ont entre 7 et 10 ans. Du point de vue du handicap, quatre sont Infirmes Moteurs Cérébraux, avec des possibilités motrices différentes. L'un d'eux se déplace en fauteuil électrique, les trois autres marchent appareillés ou avec cannes. Deux d'entre eux sont à la fois spastiques et athétosiques, et ont donc des difficultés à saisir les objets. Enfin l'une d'entre eux est considérée "sans parole" (elle articule quelques mots, mais comprend le langage d'autrui).

Deux sont atteints d'une myopathie Duchenne de Boulogne et sont approximativement au même stade de la maladie: ils se déplacent en fauteuil électrique depuis peu, mais n'ont pas de difficulté au niveau des membres supérieurs.

Le dernier est cérébro-lésé à la suite d'une rupture d'anévrisme survenue un an auparavant. Il se déplace en fauteuil électrique, a des difficultés d'écriture et d'élocution, mais d'après les bilans neuro-psychologiques, ne présente pas de troubles spécifiques des fonctions supérieures.

Du point de vue de la scolarité, leur prise en charge est également différente. Le plus jeune I.M.C. fréquente une classe Montessori. Il est en C.P. à 7;2 ans. Les trois autres I.M.C. et les deux myopathes sont en établissement spécialisé: Centre ou Institut d'Education Motrice. Les temps de scolarité y sont réduits au profit d'activités éducatives et de rééducations. Les deux myopathes ont un retard scolaire accusé. Agés de 9 et 10 ans environ, le premier est en classe de C.P., le second est en section éducative, c'est-à-dire provisoirement à l'écart d'une classe "traditionnelle" par suite d'un refus d'apprendre à lire et à communiquer en classe. Quand au dernier sujet cérébro-lésé, il était, lui, un élève brillant avant son coma. Il a "sauté" le C.E.2, a suivi un excellent C.M.1 avec un an d'avance, mais a dû le refaire dans une E.R.E.A. Actuellement en C.M.2 en centre de rééducation fonctionnelle, il a un bon niveau scolaire mais a besoin d'un tiers temps pour toute activité scolaire.

Les résultats testométriques communiqués par les psychologues des établissements n'ont pas été tous établis avec les mêmes instruments, mais il est intéressant de noter des écarts surprenants, au W.I.S.C. entre un I.M.C. de 9 ans (C.E.1) qui obtient un Q.I. verbal de 115 à 3 épreuves verbales et Q.I. de 65 à 3 épreuves de performance et un myopathe de 9;11 (en section éducative) qui obtient un Q.I.V. de 74 et un Q.I.P. de 75. Le psychologue note à son propos une forte impression d'immaturité du point de vue de la présentation et du langage, mais une assez bonne adaptation au testing, une capacité à s'investir dans les activités proposées, et une approche réfléchie.

Il semble important de noter ici que cette diversité intra et inter individuelle s'offre à l'enseignant dans son travail quotidien et que cette étude de cas vise à donner des éléments de réflexion pour permettre une pédagogie plus individualisée.

Ces sujets ont passé préalablement aux épreuves présentées ici, l'épreuve de conservation terme à terme, reprise de Piaget par C. Meljac (1980) sous la forme "Bouchons-bouteilles" dans l'UDN 80.

Chez les enfants tout-venant, la conservation est acquise par 90 % des sujets de 6;6 ans.Or dans l'échantillon choisi seuls deux sujets: le plus jeune I.M.C., âgé de 7;2 et le sujet cérébro-lésé se montrent conservants quelle que soit la configuration.

Présentation des épreuves

Deux épreuves sont empruntées aux Echelles Différentielles d'Efficiences Intellectuelles (E.D.E.I.) proposées par Perron-Borelli (1978). Il s'agit de l'épreuve logique "Analyse catégorielle" et de l'épreuve "Encastrements" qui selon les auteurs doit compléter l'analyse "des processus d'abstraction et des opérations logiques [...] noyau de l'intelligence", par la prise en compte de "l'efficacité adaptative, (c'est-à-dire) de l'intelligence pratique. Elle situerait l'activité requise "sur le pôle concret par rapport au pôle abstrait de l'analyse catégorielle". Mais il apparaît important de souligner ici que cette épreuve fait appel à des connaissances géométriques.

Deux épreuves numériques sont ensuite proposées. Il s'agit de l'épreuve dite "du mouchoir" empruntée à Steffe (1983) et reprise par Chichignoud (1985) avec des enfants valides français et de l'Epreuve Conceptuelle de Résolution de Problèmes Numériques (E.C.P.N.) proposée par le groupe de chercheurs français CIMETE (1995) étalonnée sur 144 enfants de 4 à 9 ans et en cours d'étalonnage avec des enfants handicapés. Peu connues encore des chercheurs ou des praticiens, elles ont été retenues à cause de la finesse d'analyse des compétences numériques qu'elles permettent. Certains travaux récents (Larere, 1994, 1995; CIMETE, 1995) les ont cependant utilisées pour le repérage des connaissances mathématiques chez des enfants porteurs de pathologies diverses (I.M.C., dysphasie...).

Procédure

Les passations ont toutes été individuelles, en grande partie filmées au camescope. Les gestes et paroles ont été retranscrits fidèlement pour donner lieu aux observations et interprétations présentées ici.

Présentation des résultats

Pour faciliter la lecture, étant donné l'objectif d'analyse détaillée aussi bien des tâches, que des procédures et des résultats, chaque épreuve sera présentée successivement selon le plan suivant:

- Analyse de l'épreuve;
- Présentation des résultats;
- Incidence pédagogique.

Les résultats des épreuves standardisées (E.D.E.I.) sont présentés en "points" selon les consignes des auteurs. Mais les tableaux sont ordonnés de façon à faire ressortir la facilité/difficulté des items pour ces enfants et la réussite/échec de ces mêmes enfants. Les commentaires feront ressortir l'insuffisance de ces mesures, du point de vue de l'objectif de cette recherche.

Les résultats des deux épreuves numériques présentent les items réussis ou échoués, selon le même principe.

ANALYSE DES RESULTATS

L'Epreuve Encastrements

Analyse de l'épreuve

L'épreuve "Encastrements" présentait l'intérêt d'être non verbale. De plus, l'analyse des passations a permis de confronter les résultats en fonction du temps passé, aux procédures de résolution. En effet, pour les auteurs de l'épreuve, les items sont classés par ordre de difficulté, et les réussites sont évaluées en points d'après le temps passé, étalonnées en âge de développement.

Mais, l'évaluation des résultats par les temps de réalisation ne paraît pas suffisante, compte tenu de la particularité des sujets et de la nature de la tâche même. Dans le déroulement de l'épreuve, les enfants I.M.C. peuvent éprouver toutes sortes de difficultés: gêne pour saisir une pièce, pour la poser sans faire bouger les autres, pour l'orienter (mobilité réduite des doigts, gestes parasites). Ces difficultés sont de l'ordre de la motricité mais d'autres peuvent exister dans le champ de la représentation de l'espace: par exemple s'obstiner à "faire entrer" un carré dans un espace triangulaire.

Une réalisation rapide par essais-erreurs et manipulations nombreuses ne paraît donc pas équivalente à une réalisation directe par reconnaissance des propriétés géométriques. Les échecs, partiels ou complets - en nombre de points - peuvent recouvrir des conduites très différentes. Pour tirer profit de l'analyse des passations de cette épreuve, il est important d'ajouter d'autres indicateurs à la prise en considération du temps passé. Grâce à l'adjonction d'un temps supplémentaire, des sujets peuvent parvenir au but, ou construire progressivement des règles utilisables dans des items successifs.

Dans les douze items proposés, l'enfant doit réaliser, à l'intérieur d'un cadre de bois creux, un carré à partir de morceaux de bois de formes géométriques. D'après les consignes des auteurs, l'enfant doit lui-même extraire les morceaux de la planchette pour ensuite constituer le carré, l'épreuve doit être arrêtée après trois échecs successifs.

Compte tenu de la population et des objectifs fixés à cette étude, les consignes ont été aménagées. Les morceaux de bois étaient disposés à portée de la main de l'enfant, le cadre était maintenu. L'examen n'était pas arrêté après trois échecs successifs, et la passation de l'épreuve a été dans la plupart des cas coupée (items **1** à **6**, puis **7** à **12**) par une autre épreuve moins coûteuse en manipulations.

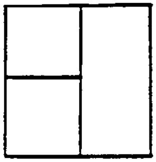
Aux fins d'analyse plus précise, les morceaux disponibles ont été identifiés à chaque item par une lettre **a**, **b**, **c**, du plus grand au plus petit, ou par **a** et **a'** par exemple, pour deux morceaux identiques (fig. n° 1).

L'intérêt est porté sur l'ordre de placement des pièces, les repères pris (sur un morceau ou sur les relations entre un morceau et le carré à construire), les conduites en cas de difficulté (démonter, tâtonner...) ou après aide de l'adulte et sur les conduites pour deux items différents (s'obstiner ou savoir dépasser une solution efficace auparavant, devenue non pertinente). Les erreurs sont analysées en fonction de chaque item (celles que le sujet corrige lui-même, celles qui se répètent).

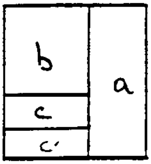
Analyse des résultats

L'hypothèse générale qui ferait concorder mouvement et déplacement dans l'espace avec représentation de l'espace laisse prévoir l'échec de sujets handicapés à de telles épreuves. Or les résultats manifestent de grands écarts avec cette

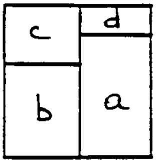
Figures N° 1



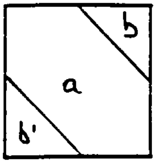
D



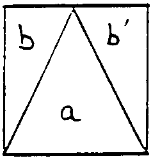
1



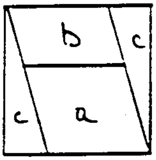
2



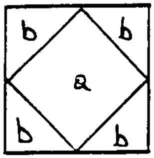
3



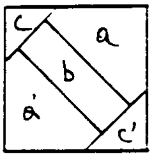
4



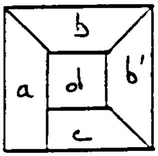
5



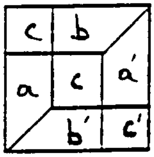
6



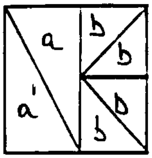
7



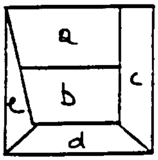
8



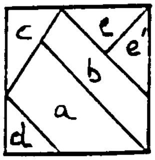
9



10



11



12

Tout autre arrangement possible est accepté prévision générale. D'après le temps passé les résultats seraient médiocres pour certains des sujets, mais l'observation des conduites invite à catégoriser très différemment les "échecs" de ces sujets.

Des compétences originales

L'analyse de procédures utilisées par les sujets permet de distinguer quatre types de conduites:

1. La résolution de la tâche par essais-erreurs, ou tâtonnements au hasard;

2. L'utilisation répétée d'un même schème reconnu comme efficace, au fil des items;

3. Un ensemble de conduites d'"essais pour voir et comprendre". Le sujet se distingue ici de ceux qui ont été cités en premier, en ce que ses essais, qui pourraient paraître inutiles, lui permettent de progresser;

4. Les conduites qui sont le résultat de calculs géométriques avant d'agir. L'action ne semble pas alors avoir le même statut que dans les trois premiers cas: elle apparaît le résultat d'une représentation de la tâche et d'une anticipation.

Ces quatre types de conduites peuvent être éclairés par quelques exemples.

- L'item **4** est réussi en un temps équivalent par deux enfants I.M.C. D essaie de placer **b** et **b'** côte à côte puis essaie de mettre **a**, sans se soucier de la place restante. Il s'obstine, écarte **b** et **b'**: il y a plus de place mais cet espace n'a pas la forme requise. Il essaie d'enfoncer **a** quand même (fig. n° 2). C cherche à placer **a** (le triangle **a** n'est pas équilatéral comme il y paraît; un seul de ses côtés correspond au côté du cadre (la difficulté à surmonter relève d'un problème de relations entre les propriétés). Elle a presque introduit **a** en laissant trois triangles vides. Son regard se détache un moment du cadre pour se porter sur **b** et **b'**, ce qui lui permet de déduire la position de **a**.

De fait, tout au long de l'épreuve les conduites de D relèvent de la première catégorie: il agit par essais-erreurs, tandis que celles de C, comme celles de M et de P, relèvent de la seconde: utiliser pour chaque item un même schème reconnu comme efficace. C cherche à placer le plus grand morceau en premier, M cherche d'emblée les morceaux qui se complètent "bien". Les erreurs apparaîtront quand ce schème de complètement le conduira à assembler deux morceaux pour faire une forme connue, sans tenir compte des autres morceaux disponibles. P s'appuie aussi sur le schème: placer le plus grand morceau et compléter. Il y ajoute une autre stratégie: réduire progressivement l'emplacement à remplir en essayant de placer d'abord des morceaux sur les bords du cadre.

J.B. illustrerait le troisième type de conduites. Les difficultés apparaissent massives dès les items **1** et **2**, ce qui pourrait amener à ne pas engager plus avant l'épreuve. Les premiers essais réussis sont démontés au profit d'"essais impossibles". A la lumière des items suivants, on peut faire l'hypothèse que J.B. en **1** et **2** prend conscience de la forme à remplir: il ferait des essais pour voir et pour comprendre comme en témoignent sa réflexion en **3**: "il faut faire un carré" et les manipulations des triangles en **4** et **5** .

Les schèmes communs à Gl et Gf sont, eux, essentiellement construits autour des relations entre les propriétés géométriques des morceaux à disposition et du carré à construire.

Gl s'appuie surtout sur la correspondance des angles droits, correspondance qu'il est capable de décomposer: en **8** il comprend que deux angles adjacents aigus peuvent former un angle droit. En **6**, Gf présente le carré sur sa base, mais le tourne immédiatement "en position losange" pour le compléter par les 4 triangles en angle (il est le seul à poser les morceaux du **6** dans cet ordre).

Tableau 1

Épreuve encastrements: Tableau des résultats

	Gf		Gl		P		D		C		M		JB		TOTAL
A.R. / A.D.	9;11 / 11		9;2 / 8		10;7 / 6;6		7;3 / 3;6		7;3 / 3;6		7;2 / 3;6		9;0 / pas côté		
Items															
1	8"	*4*	8"	*4*	24"	*3*	21"	*3*	39"	*3*	1'15	2	1'27	2	*21*
4	26"	*3*	16"	*4*	26"	*3*	1'32	2	1'26	2	45"	*3*	40"	*3*	*20*
2	10"	*4*	18"	*4*	20"	*4*	40"	*3*	1'4	2	1'15	2	2'11	*0*	*19*
3	7"	*4*	14"	*4*	43"	*3*	26"	*3*	1'3	2	1'20	2	1'51	*0*	*18*
6	18"	*4*	18"	*4*	50"	*3*	7'	*0*	2'34	*0*	5'35	*0*	4'19	*0*	*11*
9	24"	*4*	17"	*4*	48"	*3*	4'18	*0*	-				-		*11*
5	29"	*3*	21"	*3*	52"	2	2'13	*0*	2'33	*0*	4'30	*0*	2'3	*0*	*8*
8	17"	*4*	2'54	*0*	45"	*3*	3'45	*0*	5'5	*0*			-		*7*
7	17"	*4*	2'10	2	3'50	*0*	5'33	*0*	2'36	*0*	3'30	*0*	5'37	*0*	*6*
11	39"	*3*	3'15	*0*	45"	*3*	>5'	*0*	-		-		-		*6*
10	1'55	2	1'50	2	5'40	*0*	4'51	*0*	-		-		-		*4*
12	1'30	2	-		4'30	*0*	-		-		-		-		*2*
Total		***41***		***31***		***27***		***11***		***9***		***9***		***5***	

A.R. Age réel
A.D. Age de développement selon le barême Perron-Borelli

Maximum de points par item: 28 pour 7 sujets

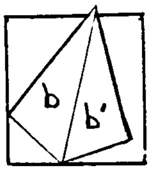
Construction du tableau

Sur les lignes sont portés les différents items par ordre de difficulté croissante pour les sept sujets. Ce classement montre par exemple que l'item **4** est mieux réussi que les items **2** et **3** et que l'item **9** est mieux réussi que le **5**. Il montre un écart au niveau des points entre **1**, **4**, **2**, **3** et **6**, **9**.

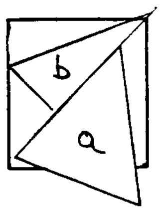
Dans les colonnes, les sujets sont classés dans l'ordre décroissant des points selon le barême Perron-Borelli (fondé sur le temps passé).

Un tel principe de construction permet de mettre en évidence plus facilement les dissociations et ruptures dans les résultats de chaque sujet.

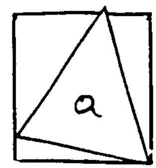
Figures N° 2



D 4

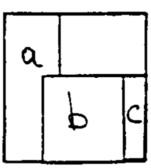


D 4

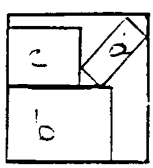


C 4

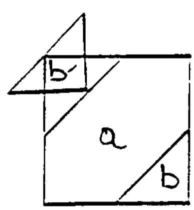
Figures N° 3



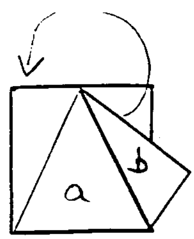
JB 1



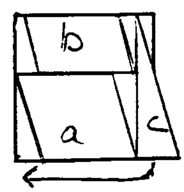
JB 2



JB 3

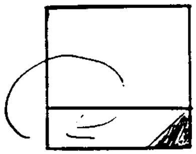


JB 4

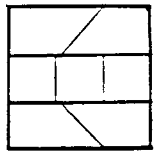


JB 5

Figures N° 4



Gf 11



Gl 9

A l'inverse de D dont l'objectif semblait "avec un morceau, remplir un espace" ou "deviner les positions", Gf et Gl prennent pour référence l'espace à construire et ordonnent leurs mouvements en fonction de cet espace. Ils tournent dans les mains un morceau afin de le présenter déjà orienté en fonction de l'emplacement, Gl fait des ajustements de 2 trapèzes sur la table (en **9**) pour transporter ensuite le résultat de l'ajustement dans le cadre. Chez Gf on voit de petits arrêts, sans manipulation de matériel, soit pour vérification soit pour chercher une solution. En **11**, constatant que s'il met **a**, petite base contre le côté du carré il condamne un petit triangle impossible à combler, et retourne alors immédiatement la pièce. Certaines conduites de P s'apparentent à ce même type, lorsque face aux morceaux "nouveaux" (parallélogramme ou trapèze) il se repère sur les ajustements de longueur entre les morceaux et le cadre, ou qu'en cas de difficultés il examine les vides et compare ces vides avec les morceaux restants. Les manipulations sont donc principalement effectuées pour indiquer une solution et non pour essayer.

Ce regroupement permet de retrouver chez les deux sujets myopathes présents dans l'échantillon les mêmes conduites que l'on a pu conserver sur des tâches similaires chez des myopathes de 15-16 ans, beaucoup plus handicapés et qui procèdent par anticipation de l'action, sans gestes, par "arrêt-regard" (Jovenet, 1992, 1993, 1995). Il permet aussi de montrer que les quatre I.M.C., "en échec" si l'on considère le temps passé, peuvent utiliser des procédures de trois types pour cette même épreuve.

Des dissociations entre compétences

Enfin la passation de l'épreuve "en temps libre" fait apparaître que dans les protocoles individuels le temps ne croît pas de façon continue au fur et à mesure des items (Gl met 2'10" en **7**, 2'54" en **8** et 0'17" en **9**, P met 5'40" en **10** et 0'45" en **11**). Tel item considéré comme plus facile peut donc être réussi en un temps plus long qu'un item réputé plus difficile. Ainsi c'est l'observation qualitative des difficultés qui renseigne sur les modalités de construction des connaissances plus que l'ordre des réussites des items de l'épreuve.

Cette épreuve permet aussi d'insister sur un point, particulièrement important lorsque l'on adopte un point de vue pédagogique. Les morceaux qui composent **6** et **10** sont familiers: carré et triangles. Pourtant leur ajustement comporte plus de difficultés que l'ajustement de morceaux moins familiers (comme en **9** par exemple).

En **6** comme en **10** tous les morceaux comportent des angles droits: tous ne sont donc pas à retenir pour déterminer les positions.

La difficulté du **6** repose sur la position "losange" du carré. On peut supposer que n'étant pas immédiates, les positions des triangles aux quatre angles, en seront plus fortement mémorisées.

Effectivement les trois meilleurs sujets, qui peinent en **10**, commencent par cette position des triangles **b** en angle. Le schème pertinent en **6** devient "dangereux" en **10** (Pascual-Leone, 1988). L'emplacement libre ne permet plus de poser **a** et **a'**. Constatant cette erreur, ils essaient **a** et **a'** dans les angles, ce qui conduit à remplir les espaces restants avec les 4 triangles **b**, sans succès immédiat, comme en témoignent les quelques essais de P présentés ici.

P, comme les autres, a certainement rencontré dans son cursus scolaire des carrés faits de 2 triangles, pourtant cette connaissance n'est d'aucune utilité, comme le prouve l'ordre final des positions (fig. n° 5). Ceci amène à réexaminer la difficulté présente ici: les équivalences d'aires (l'aire du carré **a** en **6** et la somme des aires **a** + **a'** en **10**) ne correspondent pas à des équivalences de formes, problème mis en évidence par M. J. Perrin et R. Douady (1986) avec des élèves valides de CM2 et 6e.

Incidence pédagogique

Cette épreuve met en évidence des compétences inattendues chez les deux sujets myopathes de l'épreuve. A la question de savoir si la manipulation plus aisée pour les myopathes que pour les I.M.C. explique les résultats, des travaux récents (Jovenet, 1995) montrent que les myopathes plus âgés et donc en grande difficulté motrice réussissent mieux ce type de tâche que leurs pairs moins handicapés ou que les valides.

S'agissant des deux sujets examinés, Gf et Gl, on a souligné à leurs propos un important retard scolaire, puisque l'un d'eux est en C.P. à 9 ans et l'autre fréquente actuellement une section éducative faute de savoir lire alors qu'il a près de 10 ans.

L'observation des procédures de ces deux sujets montre pourtant qu'ils savent utiliser des connaissances géométriques dans l'action. Ils savent prendre les informations pertinentes sur le matériel et la figure à construire, programmer leur action en fonction du but, maintenir ce but et contrôler leurs actions, ce qui leur permet en définitive de réussir dans un temps restreint en évitant les essais-erreurs.

Il apparaît ici que la mise en évidence de leurs compétences ne peut apparaître que s'il y a analyse fine de la tâche.

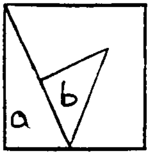
Les sujets I.M.C. apparaissent certes plus en difficulté, mais deux éléments importants ont été retenus. Deux temps équivalents pour deux sujets cachent des procédures très différentes, importantes à analyser pour proposer une progression adaptée à chacun d'eux.

A travers les difficultés massives du troisième sujet I.M.C., le pédagogue peut repérer comment le sujet s'y prend pour comprendre la tâche et proposer des solutions.

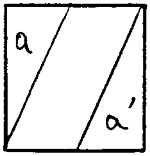
En résumé ne peut-on pas constater dans le cas des myopathes comme dans celui des I.M.C., l'intérêt du point de vue pédagogique à chercher ce qui sous-tend les actions observables?

Définir la tâche par des activités d'analyse et de synthèse, indépendamment du contenu spécifique à traiter, réduire les démarches du sujet à un double registre: insight ou essais-erreurs, s'en tenir au temps passé pour juger de la réussite ou de l'échec, comme le propose Perron-Borelli (1978) n'est donc

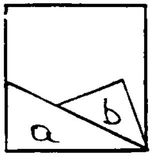
FIGURES n° 5



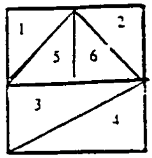
P 10



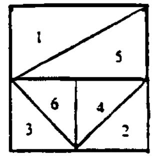
P 10



P 10



Gl 10



Gf 10

pas suffisant pour s'interroger sur l'apprentissage mathématique de ces sujets, il faut deux théories à la fois: celle de la performance des élèves et celle de la tâche (Bruner, 1983).

Epreuve "Analyse Catégorielle"

Analyse de l'épreuve

Cette épreuve présente ici un double avantage: c'est une des rares qui soit de type logique et elle a été utilisée, avec un logiciel adapté, sur une population I.M.C. ("Utilisation de l'informatique pour l'évaluation d'efficiences intellectuelles", Truscelli *et al.*, 1992).

Rappelons que la tâche consiste à partir de deux objets inducteurs donnés, à choisir un troisième objet parmi 25 objets donnés, qui doit "aller avec" les deux objets inducteurs.

Ex.: les deux objets inducteurs sont: le moyen triangle jaune et le moyen carré jaune.

La réponse attendue est: le moyen rond jaune.

L'invariant implicite utilisé ici est "même dimension et même couleur" et le seul des 25 objets répondant à cette propriété est le "moyen rond jaune" car chaque variable (forme, dimension ou couleur) ne peut prendre que trois valeurs. Par ailleurs, il n'est pas demandé dans cette épreuve d'expliciter verbalement l'invariant.

Les quatre principes de groupement ont été classés par ordre de difficulté croissante selon les auteurs des E.D.E.I. On a ainsi quatre séries d'items:

- série 1 FD forme et dimension identiques (couleur différente);
- série 2 FC forme et couleur identiques (dimension différente);
- série 3 CD couleur et dimension identiques (forme différente);
- série 4 D dimension identique (forme et couleur différentes).

Une série finale mélange des items empruntés aux quatre séries précédentes présentées dans le désordre.

Pour chacun de ces principes est prévue une série d'items différents. Chaque fois que l'enfant donne une mauvaise réponse à l'un des items (choix erroné de la troisième pièce), on lui indique la bonne réponse sans autre explication. Les quatre principes ont été présentés successivement, même lorsque l'un était échoué contrairement aux consignes habituelles de passation.

Analyse des résultats

Des compétences originales

Les observations recueillies lors des passations montrent l'extrême difficulté de l'épreuve Analyse Catégorielle pour ces jeunes I.M.C., avec ou sans parole. Si pour indication supplémentaire, on se réfère aux scores attribués selon le barême indiqué par les auteurs, ce constat est frappant (Voir tableau). Les résultats obtenus à cette épreuve par les enfants I.M.C. sont particulièrement faibles en comparaison de ceux d'une population valide. Ils vont également dans le même sens que ceux obtenus dans l'étude précitée. Le travail de Truscelli *et al.* (1992) portait sur 20 sujets I.M.C. sans parole et athétosiques, âgés de 6 à 12 ans. Cette épreuve pose beaucoup moins de problèmes aux trois autres sujets mais des différences importantes apparaissent au même âge, entre les résultats des deux enfants myopathes: Gf réussit mieux à la série (FD) qu'aux séries (FC) et (CD), Gl échoue particulièrement à la série (D) alors que pour lui les séries (FD, FC, CD) sont parfaitement réussies.

Des dissociations de compétences

Pour la série (FC) les résultats sont plus contrastés que ceux indiqués par Truscelli *et al.* (1992). Si deux des I.M.C. observés (C et M) réussissent mieux à (FC) qu'aux séries (CD) et (D), pour J.B. on obtient le contraire; (CD) et (D) sont mieux réussies que (FC) alors que (FD) était réussie. Ainsi, ces dissociations de compétences chez deux enfants I.M.C. athétosiques infirment l'hypothèse générale des auteurs précédemment cités selon laquelle les enfants I.M.C. athétosiques de cet âge auraient des difficultés particulières à traiter la dimension. Au contraire, les sujets I.M.C. athétosiques de cette étude ont, dès la première série (FD) pris en compte le critère dimension et globalement chez les sept sujets H.M. c'est la série (FD) qui est la mieux réussie.

Un autre type de dissociation existe pour la série (D) considérée par les auteurs de l'épreuve comme la plus difficile car alors deux critères sont différents (forme et couleur) au lieu d'un. La série (D) est soit totalement réussie (par les sujets P, Gf, J.B.), soit totalement échouée (par les sujets Gl, D, C, M). Deux enfants comme Gl et J.B. qui ont le même score final à l'épreuve entière obtiennent des résultats opposés à l'épreuve D et c'est J.B. qui est I.M.C. qui réussit. Mais par ailleurs J.B. est en difficulté dans les séries (FC) et (CD) considérées comme plus faciles contrairement à Gl.

Ainsi certains sujets obtiennent de meilleurs résultats à des séries considérées comme plus difficiles et les difficultés apparues ne confirment pas les hypothèses des recherches précédentes citées.

Incidence pédagogique

L'épreuve semble mettre particulièrement en évidence l'impossibilité à prévoir le "facile" et le "difficile" pour des sujets handicapés. Ni la norme prévue par le constructeur de l'épreuve, ni les résultats d'étalonnage obtenus sur une population "tout-venant" ne semblent de nature à permettre de prévoir les attitudes et les difficultés de ces sujets. Il s'avère donc nécessaire de dépasser les consignes habituelles d'arrêt en cas d'échec. La portée pédagogique de cette observation tend également à ne pas juger trop vite de la difficulté ou de l'échec. Là encore, comme le montrait Vygotski, toute pratique pédagogique qui s'appuient seulement sur des résultats déjà acquis, "consolide le handicap" et n'aide pas l'enfant à se dépasser.

Tableau 2

Epreuve "Analyse catégorielle": Tableau des résultats

Série \ Sujet	P	Gf	Gl	JB	D	C	M	Total par item
F D	4	6	6	6	5	6	4	37
F C	6	5	6	1	1	3	5	27
Epreuve finale	12	8	0	2	4	0	0	26
C D	5	3	6	3	1	1	0	19
D	6	6	0	6	0	0	0	18
Total par enfant	33	28	18	18	11	10	9	

Les nombres indiquent les scores obtenus à chaque série.

Construction du tableau

Sur les lignes sont portées les différentes séries par ordre de difficulté croissante. Le classement s'appuie sur les résultats obtenus par les sujets et non sur l'ordre de difficulté indiqué par les auteurs qui est celui-ci: FD < FC < CD < D < série finale.

Les sujets, dans les colonnes, sont classés dans l'ordre décroissant des points obtenus au score général.

En outre, comme pour l'épreuve Encastrements, il pourrait être intéressant d'analyser en détail chaque réponse proposée par un enfant, et de comparer ces réponses entre elles, afin de voir comment il comprend la règle d'une série, et comment il passe d'une série à l'autre.

Enfin, la résolution plus aisée de la série finale, réputée plus difficile puisqu'elle demande de mettre en oeuvre différentes règles successivement, montre que les enfants handicapés ne restent pas figés sur leurs acquisitions comme certains travaux le laisseraient penser.

Epreuve du Mouchoir

Analyse de l'épreuve

La tâche du mouchoir consiste à demander à l'enfant combien il y a d'objets cachés sous le mouchoir alors qu'on lui donne, par oral, le nombre total d'objets de la collection et qu'une partie de celle-ci est visible sur la table.

Par exemple, on dit qu'il y a 5 objets dans une collection, 3 de ces objets sont sur la table et les autres sont cachés sous un mouchoir devant l'enfant. On lui demande combien il y a d'objets sous le mouchoir (dans ce cas, la réponse exacte attendue est deux).

On peut interpréter cette situation comme un problème de recherche du cardinal d'une partie lorsqu'on connaît le cardinal du tout et l'autre partie. Cette situation est intéressante car il s'agit d'une tâche nouvelle en mathématique pour ces enfants. Elle n'est en général pas enseignée à l'école, ni proposée dans les épreuves classiques (tests standardisés d'arithmétique).

Les sujets ont ainsi à inventer des conduites originales car ils ne peuvent se limiter à des correspondances terme à terme, ni à des dénombrements d'objets puisqu'une partie de la collection n'est pas visible et que la collection entière n'est pas représentée. En travaillant à la fois avec des objets visibles et des objets cachés, l'objectif est de comprendre comment les enfants se représentent ces collections pour pouvoir raisonner sur elles et répondre à la question.

Dans ce but, plusieurs paramètres varient:

- la taille du domaine numérique (ne dépassant pas 8);

- la valeur de l'écart entre le cardinal de la collection entière et le cardinal de la partie visible (écart compris entre 1 et 5).

L'hypothèse est alors posée que ces variables sont importantes pour le choix par chaque sujet de tel ou tel schème de résolution.

Analyse des résultats

Des compétences originales

L'analyse cognitive fine des procédures des sept sujets fait apparaître des compétences arithmétiques originales et variées. Elles sont différentes de celles des jeunes sujets valides observés par Chichignoud (1985). En effet les sujets, même lorsqu'ils font des erreurs, essaient comme réponses des nombres qui ne sont pas donnés par la situation de départ, contrairement aux jeunes enfants qui répondent soit par le cardinal de la collection entière, soit par le cardinal de la collection visible.

Deux procédures différentes sont observées:

- Des comptages en avant à partir des nombres d'objets visibles jusqu'au nombre de la collection.

  Ces comptages sont contrôlés de différentes manières: par le mouvement des doigts, ou par des mots ou mentalement

  Ex.: item: 5 en tout, 4 visibles.

  Gl répond "deux" (inexact), puis zéro (in-

Tableau 3

Epreuve du "Mouchoir": Tableau des résultats

Item \ Enfant	P	JB	M	Gf	C	D	Gl
Item **3** (5,4)	X	X	X	X	X		
Item **6** (8,5)	X	X	X		X	X	
Item **2** (4,3)	X	X	X	X			
Item **5** (6,3)	X	X	X	X			
Item **1** (5,3)	X	X	X				
Item **4** (8,3)	X		X			X	
Item **7** (5,2)	X	X		X			
Nombre de réussites	7	6	6	4	2	2	0

X	Item réussi
	Item non réussi

exact) sans expliciter son comptage.

Gl a-t-il compté mentalement les mots-nombres en jeu, ici "4" et "5" pour répondre "deux", puis a-t-il changé de procédure et compté les "mots-nombres entre 4 et 5", pour répondre "zéro" comme Larere (1994) l'avait signalé avec un sujet I.M.C. athétosique de même âge?

J.B. et M comptent, en avant, au contraire tout haut pour certains items, bien que leurs procédures soient distinctes:

- Item: 8 en tout, 3 visibles.

  J.B. répond "un-deux-trois" puis tout bas "quatre-cinq-six-sept-huit" en touchant ses doigts un par un avant de répondre "trois" (inexact).

  J.B. compte aussi en avant à partir de un et ne réussit pas à contrôler un comptage en avant de cinq pas.

- M au contraire effectue un comptage en avant pour de petits écarts et compte en avant directement à partir du nombre d'objets visibles.

- Item: 5 en tout, 2 visibles: M dit "quatre, cinq" et répond "deux" (inexact).

- Item: 6 en tout, 3 visibles M dit "quatre, cinq, six" et répond "trois" (exact).

- Des calculs directs sans compter

La réponse est automatisée, rapide et fondée sur la connaissance de faits numériques. Par ex. C résout de cette manière deux items pour lesquels elle connaît le fait numérique:

- Item: 5 en tout, 4 visibles. C répond 1 (exact).

- Item: 8 en tout, 5 visibles. C répond 3 (exact).

  Gf pour le même item (8 en tout, 5 visibles) répond 4 (inexact) directement en faisant une erreur de calcul de 1.

Les sept enfants choisissent donc des procédures originales pour un même item. Certains préfèrent les comptages en avant (à partir de 1, ou à partir du nombre d'objets visibles) alors que d'autres pour les mêmes valeurs numériques donnent leurs réponses directement sans comptage explicité. Certains n'effectuent de comptage en avant que lorsque l'écart entre les nombres donnés est assez grand (supérieur à 3) alors que d'autres n'utilisent ce schème que pour de petits écarts (M et Gl). De même les réponses par calcul ne sont pas activées pour les mêmes valeurs numériques. C ne s'en sert que pour un écart de 1 et Gf ne s'en sert que pour des écarts supérieurs à 3.

Des dissociations de compétences

Il est intéressant de noter que certains sujets changent de procédures en fonction des variables numériques et tel item facile à résoudre pour l'un est difficile pour l'autre et inversement.

- Gf par exemple répond sans compter 4 (inexact) à l'item 8: en tout et 5 visibles et effectue par contre un comptage en avant avec contrôle sur ses doigts à l'item: 8 en tout et 3 visibles en disant "quatre, cinq, six, sept, huit" avant de répondre "quatre", inexact. Nous constatons qu'avec les variables (8,5), Gf s'appuie sur une connaissance numérique, alors qu'avec les variables (8,3) il choisit le schème de comptage. Dans les deux cas, il fait des erreurs de plus ou moins un.

- J.B. compte aussi en avant explicitement pour 8 jetons en tout et 3 visibles mais donne sa réponse exacte directement et sans compter pour des écarts inférieurs ou égaux à 3.

- Mais M n'effectue jamais de calcul et ne se sert que du comptage en avant même pour de petits écarts.

L'analyse cognitive de ces procédures différenciées se fonde sur l'hypothèse que les manières individuelles de résoudre tel ou tel item peuvent s'expliquer par les connaissances ou les lacunes du sujet. Ainsi tel item est plus facile ou plus difficile pour un sujet en fonction de ses connaissances arithmétiques à un moment donné. Par exemple résoudre l'item (6 en tout et 3 visibles) peut être facile pour un enfant qui maîtrise le fait numérique "3 et 3, 6" ou pour un autre enfant qui sait contrôler un comptage en avant "quatre, cinq, six" de trois pas alors qu'il devient très difficile pour celui qui n'a pas la connaissance du même fait numérique ou qui ne peut contrôler un comptage en avant de 3 pas, difficile compte tenu de son handicap moteur. Une analyse purement quantitative des échecs et des réussites ne suffit donc pas à rendre compte des différences de compétences observées à la tâche "du mouchoir" et des raisons pour lesquelles tel ou tel sujet handicapé choisit un schème pour résoudre la tâche, lorsque plusieurs schèmes font partie de son répertoire.

Il faut noter également qu'aucun des sept enfants H.M. n'utilise de comptage en arrière à partir du cardinal de la collection entière, comme l'avait observé Larere (1994) dans sa recherche avec un sujet I.M.C. sans parole âgé de 9 ans. Aucun non plus ne procède à des essais, suivis de vérification par comptage en avant ou par calcul, puis de réajustements éventuels.

C'est le schème de comptage en avant qui est le plus fréquemment utilisé et malgré la taille réduite du domaine numérique (nombres inférieurs à 8), les sujets H.M. peuvent être en difficulté lorsque le nombre de pas à contrôler est important et qu'ils ne disposent pas de fait numérique connu. Ainsi les items (5 en tout, 3 visibles) et (5 en tout, 2 visibles) sont très difficiles pour C, D, Gl qui échouent.

La portée pédagogique de ces résultats sera présentée après l'épreuve E.C.P.N.

<u>Epreuve "E.C.P.N.": Epreuve Conceptuelle de résolution de Problèmes Numériques destinée aux élèves en difficulté en mathématiques</u>

Analyse de l'épreuve

Cette épreuve a été construite en 1995 (CIMETE) par des chercheurs et des praticiens travaillant avec des enfants d'âge scolaire présentant des difficultés d'apprentissage importantes en mathématiques.

Elle permet essentiellement d'explorer les capacités de conceptualisation dans le domaine numérique, tout en ne faisant appel qu'à un domaine de connaissances assez limité étant donné que les quantités en jeu restent inférieures à 7 et que le recours à l'écrit chiffré et à la mémorisation de faits numériques sont évités contrairement aux tests numériques standardisés.

Plusieurs types de tâches sont proposés:

- des tâches de comparaison de collection d'objets (items **1** et **2**);

- des tâches d'égalisation (item **3**);

- des tâches de quantification de la relation d'ordre "de plus que" (items **4** et **5**);

- des tâches de recherche d'état initial ou de transformation dans des situations additives (ajout et retrait) (items **6** et **7**).

Toutes ces tâches peuvent être traitées par des schèmes de comptage bien qu'aucune consigne explicite de comptage ne soit donnée à l'enfant. Elles exigent des sujets sollicités, des compétences multiples touchant à l'élaboration et au maniement du nombre.

Un étalonnage réalisé sur 144 enfants de 4 à 9 ans, scolarisés de la moyenne section de maternelle au

CE2 a dégagé des tendances (CIMETE, 1995) dans les résultats et des expérimentations sont en cours auprès d'enfants porteurs de diverses pathologies (enfants en difficulté d'apprentissage, dysphasies, I.M.C., myopathes...). Les premiers résultats (non publiés) indiquent que ces enfants en sont à un point d'élaboration du nombre souvent supérieur à celui qu'on avait vu leur attribuer et que cette épreuve se révèle très intéressante pour dresser un inventaire de leurs difficultés et de leurs ressources propres.

Analyse des résultats

Des compétences originales

Le tableau des résultats des sept enfants testés à chacun des items fait apparaître des différences de réussites avec les tendances repérées dans le préétalonnage. Si les tâches de comparaison et d'égalisation sont réussies par tous, comme chez les enfants tout venant de même âge, les tâches de quantification de la relation d'ordre et d'état/transformation sont moins bien réussies que dans le préétalonnage, même si l'ordre de difficulté entre les items rejoint ici l'ordre des réussites pour les sujets H.M. L'analyse cognitive des procédures observées fait apparaître, comme dans les épreuves précédentes, des compétences numériques personnalisées et originales.

Comme les 70 % des enfants de 7 ans du préétalonnage, les sujets H.M. décrivent la situation aux items **1** et **2** en termes numériques. Mais ils procèdent spontanément à des dénombrements même lorsqu'ils font fréquemment des erreurs. C'est le cas pour le cardinal du lapin (7) à l'item **1**: C, D, Gl font des erreurs de 1 et énoncent "6" au lieu de "7", sans parvenir à établir une correspondance terme à terme entre le doigt pointé, les jetons et les mots-nombres. Cependant ils rectifient leurs erreurs lorsqu'on leur pose la question "As-tu bien compté?". Mais d'autres enfants (M, P, J.B., Gf) utilisent spontanément le dénombrement sans faire d'erreur pour ces valeurs numériques. M et J.B. écartent au fur et à mesure les jetons déjà comptés alors que P et Gf comptent en pointant du regard. Pour des valeurs numériques plus grandes (8 et plus), nous retrouvons des erreurs ± 1 dans les dénombrements qui sont cependant massivement choisis par nos sujets pour résoudre les tâches d'égalisation et de quantification de la relation d'ordre (items **3** - **4** - **5**).

Nous constatons donc que les procédures choisies sont principalement des dénombrements (avec ou sans erreur). Nous ne trouvons pas de calcul explicite, ni de fait numérique.

Par contre, il est surprenant à une première analyse de constater pour les tâches de recherche d'état et de transformation (items **6** - **7**), que le fait d'ouvrir la main n'aide qu'un seul sujet (M) alors que cinq autres (J.B., D, Gl, C, Gf) sont en échec même main ouverte. En effet, le préétalonnage avait montré que tous les enfants valides de 7;6 répondaient correctement à ces tâches main ouverte lorsqu'ils avaient échoué main fermée.

Décrivons quelques procédures:

A l'item **6** ($? \xrightarrow{+4} 7$) C et P réussissent main fermée et font alors des calculs directs (non explicités). Les autres enfants répondent 5 (c'est le cas de J.B., D, Gl) ou 4 (cas de Gf). Font-ils aussi des calculs ou tentent-ils des essais?

A l'item **7** ($5 \xrightarrow{?} 3$) J.B. et P réussissent main fermée directement. Seul M est aidé par l'ouverture de la main. C répond 1 (inexact). D, Gl, Gf répondent 5 (inexact).

Il est difficile de savoir comment ils ont choisi leurs réponses. Il est pourtant possible de faire l'hypothèse qu'ils préfèrent tenter des calculs mentalement plutôt que de dénombrer, même lorsque les jetons sont présents (main ouverte), dans ce type de tâche. Dans l'épreuve du mouchoir certains sujets préféraient au contraire effectuer des comptages en avant, pour certaines valeurs numériques.

Il faut aussi remarquer que de nombreux échecs

Tableau 4

Epreuve "E.C.P.N.": Tableau des résultats

Sujet / Item	P	M	JB	D	Gl	C	Gf	Total des réussites
1 : comparer	X	X	X	X	X	X	X	7
2 : le plus ?	X	X	X	X	X	X	X	7
3 : égaliser	X	X	X	X	X	X	X	7
4b : 1 de plus que	X	X		X			X	4
4c : 3 de plus que	X		X	X	X			4
5 : 5 de plus que	X				X			2
6 : état initial main fermée	X					X		2
6 : état initial main ouverte	X	X						2
7 : transformation main fermée	X		X					2
7 : transformation main ouverte	X	X						2
4a : 4 de plus que	X							1
Total des réussites	9	6	5	5	5	4	4	

X : Réussite

(case vide) : Echec

apparaissent dans les tâches de quantification de la relation d'ordre, même lorsque les deux collections de départ sont égales (item **4c**), ce qui est généralement très bien réussi dès l'âge de 5 ans chez les enfants valides (résultat du préétalonnage cité). Il n'y a pas plus de réponses exactes à l'item **4b** (un de plus que). Cependant une variété de procédures de dénombrement existe chez des sujets H.M. Ils agissent avant de répondre, par des ajouts (à partir de la réserve de jetons), par des retours à zéro (par retrait) et par des compensations (prendre à l'un pour donner à l'autre), sans faire de calcul explicite malgré les petites quantités mises en jeu (inférieures à 8).

Voici quelques exemples :

- A l'item **4a** (chat = 3, chien = 0, lapin = 7 - "le chien a 4 de plus que le chat"), certains sujets ajoutent un par un, quatre jetons au chien comme s'ils comprenaient la consigne : "le chien en a 4 en plus" (C, M, Gl, Gf).

  D'autres prennent des jetons dans la réserve et les ajoutent au chien:

  - D ajoute, un par un, 5 jetons au chien (inexact).
  - J.B. ajoute au chien, 3 jetons, puis 2 jetons, puis enfin 3 jetons en les dénombrant (inexact). Il fait d'ailleurs ici une erreur de dénombrement et dit 9 au lieu de 10.

  D et J.B. effectuent ainsi des comparaisons entre les jetons du chien et ceux du chat, contrairement aux enfants cités précédemment mais ne réussissent pas à contrôler leurs ajouts par le dénombrement.

  - P, quant à lui, est le seul des sujets H.M. à avoir une stratégie mixte, sans utiliser la réserve, avec deux compensations et sans dénombrement explicite: il retire 3 jetons au chat puis un jeton au lapin pour les donner au chien, il obtient ainsi:

    Chat = 0 Chien = 4 Lapin = 6 (exact).

    Remarquons que le retour à zéro du chat évite à P d'avoir à effectuer des calculs ou des comptages en avant de 4 pas.

- à l'item **4c** (chat = 4, chien = 4, lapin = 7 - "le chien a 3 de plus que le chat"), nous observons une action de C qui consiste à enlever un jeton au chien. C répond par: chat = 4 chien = 3 lapin = 7 (inexact) comme si la consigne était comprise comme "le chien a 3".

- à l'item **5** (chat = 4, chien = 7, lapin = 7 - "le lapin a 5 de plus que le chat"), seuls P et Gl réussissent. Ils conservent alors leurs stratégies de l'item **4a**.

  Les autres réponses sont inexactes:

  - Gf, D et C ajoutent 5 jetons au lapin à partir de la réserve comme s'ils ne tenaient pas compte du chat.
  - M ajoute 1 au lapin et obtient: chat = 4, chien = 7, lapin = 8 (inexact) comme s'il tentait un essai 8 pour trouver la somme 4 + 5.

Remarquons que l'on peut réussir à l'item **4c**, en ajoutant 3 jetons au chien, sans avoir nécessairement conceptualisé la consigne comme "3 de plus que". La réussite à l'item **5** est donc importante pour notre interprétation des connaissances numériques des enfants car elle nécessite la prise en compte du "de plus que". D et J.B. sont dans ce cas: ils réussissent à l'item **4c** et échouent à l'item **5**, en activant la même procédure d'ajout à partir de la réserve. On peut donc interpréter leur réussite à l'item **4c** comme une "pseudo-réussite". Le "leurre numérique" de l'item **5** permet de distinguer les différentes conceptualisations des sujets.

Il faut encore noter qu'à la tâche d'égalisation (item **3**), tous les sujets H.M. peuvent produire trois essais réussis distincts. Ils agissent par ajout (en prenant dans la réserve) et retraits, mais deux stratégies différentes apparaissent: item **3**: chat = 2, chien = 3, lapin = 7.

"Que faire pour qu'ils en aient tous pareil?"

- Soit les enfants égalisent les collections en n'utilisant que les nombres donnés dans la situation (2; 3; 7).

  C'est le cas de Gl et de Gf qui ajoutent pour obtenir au premier essai l'égalisation à 7, puis font des retraits au deuxième essai pour égaliser à 2 avant de terminer par retraits, par une égalisation à 3.

- Soit les enfants égalisent les collections avec des nombres différents de ceux donnés dans la situation:

  - M, D, J.B., P, C égalisent à 4 (par ajouts au chien et au chat et retrait au lapin);

  - D et J.B. égalisent à un autre essai à 5;

  - C et J.B. égalisent à un autre essai à 1;

  - M égalise à 2 en utilisant une stratégie originale mixte. Il enlève un jeton au chien, pour le donner au lapin. Il obtient ainsi chat = 2, chien = 2, lapin = 8;

puis il retire 6 jetons au lapin.

On peut noter que M conservera sa stratégie aux deux autres essais, tout en changeant de nombre.

Des dissociations de compétences

L'analyse fine des résultats fait apparaître de nombreuses dissociations entre compétences apparues dans la résolution des tâches proposées par l'E.C.P.N.

Par exemple un enfant H.M. qui fait de nombreuses erreurs de dénombrement peut cependant réussir à des tâches d'égalisation ou même à des tâches de quantification de la relation d'ordre considérées en général comme plus difficiles. Mais tel autre sujet H.M. échoue à une tâche de recherche d'état ou de transformation, même lorsque la main est ouverte. Pour un autre sujet c'est l'inverse qui se produit: il réussit à la recherche d'état ou de transformation et échoue à la quantification, même pour la tâche "un de plus que" traditionnellement considérée comme plus facile. Enfin pour un autre sujet, c'est la consigne "3 de plus que" qui semble mieux comprise alors qu'on s'attend à l'inverse en général.

Deux exemples significatifs de dissociations peuvent être exposés:

a) les dissociations entre les compétences de dénombrement et les compétences nécessaires aux tâches d'égalisation et de quantification (cas de D, Gl, C, J.B.);

b) les dissociations entre les compétences mises en oeuvre dans les tâches de quantification et celles mises en oeuvre dans les tâches de recherche d'état-transformation (cas de Gl, M).

   a) D, Gl, C utilisent spontanément des dénombrements pour comparer, égaliser ou quantifier, en faisant des erreurs ± 1 et réussissent cependant à égaliser avec trois essais différents, sans erreur (par ajout ou par retrait). D réussit même une tâche de quantification (un de plus que). Par contre, on constate que J.B. qui ne fait pas d'erreur de dénombrement, échoue à la tâche "un de plus que", alors même qu'il réussit à la tâche "3 de plus que".

b) Gl réussit la tâche de quantification difficile "5 de plus que" et échoue aux deux tâches d'état initial et de transformation même lorsque les objets sont présents (main ouverte). Par contre, chez M la recherche d'état initial est réussie mais pas les tâches de quantification même lorsque les collections de départ sont égales. Chez J.B. c'est la recherche de la transformation qui est réussie (et pas celle de l'état initial) alors que la tâche de quantification "un de plus que" est échouée.

Il est aussi surprenant de trouver un sujet, Gl, qui réussit "5 de plus que" mais qui échoue à "un de plus que" ou un autre sujet, J.B., qui réussit "3 de plus que" et échoue à "un de plus que".

Comment donner un sens à ces dissociations?

Comme pour l'épreuve du mouchoir, nous pensons que tel item est plus facile ou plus difficile pour un enfant H.M. en fonction de ses connaissances numériques.Ainsi par exemple, l'item **4b** "un de plus que" peut être difficile si on ne connaît pas le zéro ou au contraire facile si l'on maîtrise le zéro et le comptage en avant. De même il est difficile pour Gl de trouver l'état initial (item **6**) lorsqu'on ne sait pas calculer de différence, ni compter en arrière alors que résoudre la tâche "5 de plus que" peut être résolue facile-ment par ajout et dénombrement de jetons à partir d'essais.Au contraire pour J.B. qui, nous l'avons vu à l'épreuve du mouchoir, connaît les cal-culs additifs et soustractifs pour de petits écarts (1, 2 ou 3), la recherche de la transformation est plus facile avec les valeurs numériques données (5 et 3) que la recherche de l'état initial avec les valeurs 7, 4.

Ce sont donc les connaissances numériques de chaque sujet H.M. qui peuvent expliquer les dissociations entre compétences numériques. Elles permettent aussi de prévoir les difficultés qu'il peut rencontrer en mathématiques, avec beaucoup plus de précision et de pertinence que les prédictions globales établies en liaison avec le type de handicap moteur.

Incidence pédagogique

Comme cela a été dit, ces deux épreuves permettent au chercheur ou au praticien de pénétrer les procédures de résolution des enfants. Or on sait, pour employer une autre terminologie, qu'il est beaucoup plus facile à l'enseignant de mesurer l'acquisition de connaissances déclaratives, que la mise en pratique de connaissances procédurales, pourtant nécessaires dans l'apprentissage. Ces deux épreuves sont donc intéressantes de ce point de vue quelle que soit la population étudiée. L'enfant peut répondre "mécaniquement" à une tâche de soustraction. Dans l'épreuve du Mouchoir, il doit mettre en oeuvre des procédures qui mènent à la conceptualisation de la soustraction.

Ceci rejoint un certain nombre de questions posées à propos de l'enseignement. Bruner (1966) rappelait que le problème de la transmission des connaissances dans nos sociétés civilisées est un problème de "sens". Les connaissances sont toujours présentées "décontextualisées", hors de leur domaine d'utilisation. Il ajoutait que le problème de la pédagogie est alors de favoriser "conjectures et problèmes (pour donner) naissance et sens aux savoirs. "La tâche du maître" est de fournir des exercices et des occasions pour nourrir ce sens du problème".

Dans le domaine des mathématiques, le problème soulevé se résume à l'alternative souvent présente face aux populations en difficulté: enseigner en deux temps, d'abord les opérations, donc les routines, puis insérer ces acquis dans des situations-problèmes. Comme le rappelle C. Sophian (1991) "un enseignement délibéré et planifié s'avère nécessaire pour que les nouvelles procédures ne se détachent pas du monde familier des nombres et des collections où les enfants peuvent fonctionner comme 'faiseurs de sens'".

On peut encore souligner que ces deux épreuves demandent aux enfants de mettre en oeuvre plusieurs solutions pour résoudre un même problème. Ceci revient à ce que Guilford appelait déjà dans les années 60 la "pensée divergente", dont il regrettait l'absence dans la plupart des exercices scolaires.

Concernant les enfants handicapés, ne peut-on considérer que ce type de sollicitation leur est parfaitement adapté? D'une part le handicap oblige à des "détours", d'autre part la différence entre leurs résultats et ceux des populations d'étalonnage, montre qu'ils sont capables de compétences spontanées inattendues.

En résumé on peut donc dire que ces deux épreuves ne renseignent pas seulement sur ce que l'enfant "sait ou ne sait pas, sait ou ne sait pas faire" mais sur le "comment il s'y prend pour faire" et sur le "pourquoi il sait ou il ne sait pas".

Il est encore intéressant de souligner que des sujets non conservants à l'épreuve du terme à terme - prémisses de la construction du nombre selon Piaget - sont capables de conduites de dénombrement et sont capables de proposer des solutions diverses à un même problème d'équivalence de collections.

CONCLUSION ET PROPOSITIONS PEDAGOGIQUES GENERALES

Les résultats et les interprétations présentées montrent ainsi qu'aucune relation générale ne peut être établie entre les compétences et le type de handicap, le niveau de scolarité ou les résultats testométriques de ces enfants. De même on ne peut définir des compétences mathématiques "en général". Chaque domaine (numérique, géométrique ou logique) est particulier.

Cette étude de cas diversifiée par les enfants et les épreuves montre donc qu'il n'est pas possible de caractériser un enfant par son handicap ou ses compétences générales (analyse, synthèse, logique...).

Si la tâche apparaît ainsi plus ardue au praticien, n'est-elle pas cependant en phase avec les Instructions Officielles Française récentes qui insistent de plus en plus sur le respect de la diversité des élèves?

Il n'est pas inutile non plus de rappeler que l'existence des compétences mises en évidence ici, n'est généralement pas (ou très peu) répertoriée par les travaux existants à ce jour. Pour ne prendre que l'exemple des myopathes, on sait combien l'écart est grand entre les termes utilisés à leur propos ("stagnation des performances, voire régression, ampleurs des échecs observés, véritable détérioration ...": Colin et Nurit, 1980; Benony, 1989; Nurit, 1991) dans des épreuves de représentation de l'espace et ce à quoi aboutit l'analyse des schèmes dans des tâches géométriques appropriées (Jovenet, 1995).

Ces résultats et ces interprétations s'appuient sur l'analyse des schèmes, que réalise le chercheur ou le praticien. Ce faisant, il est le guide, le tuteur "capable de faire des hypothèses sur les hypothèses de celui qui apprend" (Bruner, 1976, trad fr 1983). Pour arriver à de telles conclusions, certaines conditions étaient indispensables.

- Il a fallu aller au-delà des consignes données par les échelles standardisées, en matière de temps et de poursuite de l'épreuve après échec.

- Il a fallu proposer une variété de situations, et à l'intérieur de chaque situation, proposer une variété d'items.

L'analyse "différentielle" préconisée par Vergnaud a ainsi fait ressortir certaines régularités en même temps que, ce que l'on peut appeler des "dissociations de compétences" chez ces sujets particuliers.

La connaissance de ces enfants ainsi que la réflexion sur la pédagogie la mieux appropriée ont ainsi progressé.

D'un point de vue général, ne peut-on émettre l'idée que les sujets handicapés moteurs cherchent davantage à raisonner mentalement qu'à agir directement sur les objets matériellement difficiles à manipuler?

Si cette hypothèse se confirmait, il semble bien qu'un vaste bouleversement dans les méthodes pédagogiques pourrait s'ensuivre. Faut-il proposer aux jeunes enfants handicapés, des activités matérielles identiques à celles de leurs pairs valides? Ou faut-il leur proposer des tâches qui demandent de prévoir le résultat sans agir et cheminer avec eux à partir de vérifications successives?

En conclusion cet article ne peut qu'engager chercheurs et praticiens à mener d'autres recherches similaires auprès d'enfants handicapés moteurs.

Il serait aussi intéressant de pouvoir comparer les dissociations de compétences repérées chez ces quelques enfants handicapés avec une étude longitudinale de telles dissociations de compétences chez une population d'enfants valides (Recherche en cours du groupe CIMETE, non publiée, 1996).

COGNITIVE ANALYSIS OF DISSOCIATED MATHEMATICAL SCHEMES IN CHILDREN WITH MOTOR DELAYS AGED 7 TO 10: A CASE STUDY

The objective of this study is to show a variety of original mathematical competences (logical, numerical, geometric) used by seven, seven to ten years old, motor handicaped children. Four individual tests are used: Two classical tests from E.D.E.I. (Perron-Borelli, 78) and two new tests called Mouchoir (Steffe, 83) and E.C.P.N. (CIMETE,95). We analyse the children action cognitive processes and we show some surprising mathematical competencies dissociations among these pupils. These dissociations cannot be explained only by the handicap (cerebral palsied, myopath, acquired cerebro injured) or by Q.I. For example, some of these children succeed in mental planification actions in geometry, when they have no time limit and when they can freely proceed, and the order of complexity of the different tasks don't always coïncide with the order of individual contrasting success. The theory of conceptualization (Vergnaud, 90) supplies an analysis of the results and allows some ways to teach mathematics to this kind of children: Handicaped children have not general mathematical competences. The practioner needs a detailed cognitive analysis of mathematical evaluation tasks. The task would be very varied in order to show different ways on reasoning with mathematics. The teach would choose learning situations to help the handicaped subject to make anticipations and to test its.

BIBLIOGRAPHIE

BENONY, H. (1989) Les aspects psychopathologiques dans la myopathie Duchenne de Boulogne. Thèse de Doctorat. Université Paris V.

BERNINGER, V. W., GANS, B., ST JAMES, P., CONNORS, T. (1988) Modified WAIS-R for patients with speech and/or hand dysfunction in Archives of Physical Medecine and Rehabilitation, 69, 250-255.

BERNINGER, V. W. (1988) Development of operational thought without a normal sensori moteur stage. *In: Intelligence, 12, n°2,* 219-230, Norwood - U.S.A.

BINET, A. (1911) *Les idées modernes sur les enfants.* Paris, Flammarion.

BRUNER, J. S. (1983) *Le développement de l'enfant; savoir faire, savoir dire.* Traduit par M. Deleau, Paris, P.U.F.

CARDINAL, DE BARBOT (1992) *Utilisation de l'informatique pour l'évaluation d'efficiences intellectuelles de 20 sujets I.M.C. privés de l'usage de la parole et ayant très peu la possibilité de manipulations.* Rapport de recherche INSERM.

CHICHIGNOUD, M. P. (1985) Le concept de nombre. Etude de structures additives et soustractives en relation avec la suite numérique chez les enfants d'âge pré-scolaire. EHESS, Laboratoire d'Etude des Processus Cognitifs et du Langage, Thèse de 3ème Cycle.

CIMETE (1995) Compétences et incompétences en arithmétique. Une aide au diagnostic et à l'action pédagogique. *Approche Neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant.n° Janvier 1985,* 58-63.

COLIN, D., FRISCHMANN-ROSNER, M., LIARD, J., MAGNE, A. (1974) Etude du niveau de développement mental global et des capacités perceptives, mnémoniques et de raisonnement à travers l'application de l'échelle de performance de Snijders-Oomen à des enfants handicapés moteurs. *Bulletin de Psychologie, 27,* 346-361.

COLIN, D., LEMOINE, C. (1980) La construction de l'espace projectif. Etude comparative d'enfants handicapés moteurs et valides. *Neuropsychiatrie de l'Enfance, 28,* 13-20.

COLIN, D., NURIT, J. F. (1980) Etude génétique de la construction de l'espace chez les enfants myopathes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance, 28,* 21-28.

DAGUE, P. (1970) Les niveaux mentaux dans la myopathie. *Revue Neuro-psychiatrie infantile, 4-5,* 319-345.

DAGUE, P. (1974) Les aspects psychologiques dans la myopathie Duchenne de Boulogne, Données récentes. *Bulletin de Psychologie, 27,* 304-316.

DAGUE, P., GARELLI, LEBETTRE (1965) Echelle de maturité mentale de Columbia.

DAGUE, P., TEMBOURY, M. (1970) Etude de quelques aspects de l'activité mentale et du comportement scolaire des enfants myopathes. *Neuropsychiatrie infantile, 18,* 347-376.

DE BARBOT, F. (1988) Etude des difficultés logico-mathématiques d'un groupe d'enfants I.M.C. *Motricité Cérébrale, 9,* 1-8.

DE BARBOT, F., MELJAC, C., TRUSCELLI, D., HENRI-AMAR, M. (1989) *Pour une meilleure intégration scolaire des enfants I.M.C.: l'importance des premiers apprentissages en mathématiques.* Publications du CTNERHI, Mire, P.U.F.

DE BARBOT, F., MELJAC, C. (1991) Stratégies de dénombrement chez l'enfant. A propos de quelques démarches particulières. *Motricité Cérébrale, 12,* 1-9.

DELOCHE, G., SÉRON, X., BERGECO, C. (1989) Traitement des nombres et calcul: données théoriques et perspectives thérapeutiques. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 32,* 627-637.

DOUADY, R., PERRIN, M. J. (1986) Aires de surface planes en CM2 et en 6ème. *Revue Grand N, n°39-40-41,* Centre Régional de Documentation Pédagogique de Grenoble.

EAGLE, R. (1985) Deprivation of early sensorimoteur experience and cognition in the severely involved cerebral palsied child. *Journal of Autism and Developmental Disorder, 15,* 269-282.

GONNET, D., MEUNIER, J. C. (1992) *Vers les apprentissages fondamentaux chez les enfants infirmes moteurs cérébraux.* Rapport de recherche non édité. Suresnes, Centre National d'Etudes et de Formation pour l'Enfance Inadaptée (CNEFEI).

GRAPPE, M. (1992) Scolarité et troubles psychologiques chez les enfants handicapés moteurs. A propos d'une étude de 490 enfants suivis en consultation pendant cinq ans. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 40,* 28-41.

JOVENET, A. M. (1992) *La compréhension des relations dans l'espace chez les adolescents atteints de myopathie Duchenne de Boulogne.* Réflexion sur l'aide à l'apprentissage. DEA Sciences de l'Education; Université René Descartes.

JOVENET, A. M. (1993) *Schèmes et Apprentissage dans des tâches de représentation spatiale chez les adolescents atteints de myopathie Duchenne de Boulogne.* DEA Psychologie; Paris V.

JOVENET, A. M. (1995) *Apprentissage utile de l'espace chez les adolescents atteints de myopathie Duchenne de Boulogne. Déficits à compenser ou schèmes à développer.* Thèse de Doctorat de Psychologie; Université René Descartes.

LARERE, C. (1989) Construction et appropriation de connaissances mathématiques par trois enfants IMC en situation d'interaction sociale. *Les cahiers du CTNERHI, 47-48,* 169-183.

LARERE, C. (1992) Une expérimentation d'enseignement des mathématiques à des enfants IMC sans parole, en situation d'interaction sociale, à l'école de l'INR (1987-1991). *In:* J. Colomb (Eds): *Recherches en didactiques: contribution à la formation des maîtres.* Actes du Colloque; Paris, 13-14 janvier; Institut National de Recherche Pédagogique, 88-96.

LARERE, C. (1993) *Compétences numériques chez des enfants IMC handicapés de la parole.* Actes du Colloque: 20 ans de Didactique des Mathématiques en France; 15-17 juin.

LARERE, C. (1994) *Construction et appropriation de connaissances mathématiques par trois enfants infirmes moteurs cérébraux handicapés de la parole.* Thèse de doctorat; Université Paris V; Sciences de l'Education.

LARERE, C. (1994) Cerebral-palsied children's schemes to face quantitative tasks. *In: Research on learning and instruction of mathematics in kindergarden and primary school.* Van Luit (J.E.H.) - Doetinchem Rapallo Graviant Publishing.

LARERE, C. (1995) Les chemins du nombre chez trois enfants I.M.C. sans parole. *ANAE (Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant), n°hors série,* 64-69.

MELJAC, C. (1980) *Batterie UDN80.* Paris, Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

MELJAC, C. (1991) De quelques variantes imprévues apportées au scénario de la construction du nombre. *In:* J. Bideaud, C. Meljac, J. P. Fischer. (Eds): *Les chemins du nombre, 401-432.* Presses Universitaires de Lille.

NURIT, J. F. (1991) Rôle du mouvement dans l'acquisition des notions de conservation chez les enfants myopathes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 39,* 179-183.

PAOUR, J. L. (1980) *Construction et fonctionnement des structures opératoires concrètes chez l'enfant débile mental: apport des expériences d'apprentissages et d'inductions opératoires.* Thèse de 3ème Cycle, Université de Provence.

PAOUR, J. L. (1988) Retard mental et aides cognitives. *In:* Bastien, Paour, Caverni, Tiberghien: *Psychologie cognitive, modèles et méthodes.* Presses Universitaires de Grenoble.

PASCUAL-LEONE, J. (1988) Organismic processes for neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. In: A. Demetriou (Edit), *The neo-Piagetian theories of cognitive development: Toward an integration*, 25-64. North-Holland: Elsevier.

PERRON-BORELLI, M. (1978) *Echelles différentielles d'efficiences intellectuelles.* Etablissements d'Applications Psycho-techniques.

REVEILLERE, C. (1993) *Pour une approche clinique des activités cognitivo-affectives de la pensée. La clinique, la théorie et leurs rapports à partir d'une analyse des troubles cognitifs et du fonctionnement psychologique d'adolescents handicapés moteurs.* Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale, Brest.

SARRALIE, C. (1993) *Troubles des processus intellectuels dans la résolution de problèmes mathématiques chez des adolescents traumatisés crâniens en situation de réadaptation scolaire.* Mémoire de D.E.A., Paris V.

STEFFE, L. P., VON GLASERSFELD, E., RICHARDS, J., COBB, P. (1983) *Children counting types-philosophy, theory and application.* Praeger.

TRUSCELLI, D., LE CARDINAL, G., DE BARBOT, F., APUIJOJON, R. (1992) *Utilisation de l'informatique pour l'évaluation d'efficiences intellectuelles.* Rapport de recherche INSERM.

VAN HOUT, A. (1995) Les dyscalculies: introduction. *In: ANAE (Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant), n°hors série,* 4-6.

VERGNAUD G. (1985) Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. *In:* Les représentations. *Psychologie Française, 30, 3/4,* 245-252.

VERGNAUD, G. (1987) Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. *In:* Piaget J., Mounoud P., Bronckart J. P.: *Psychologie.* Encyclopédie de la Pléïade; Paris, Gallimard, 821-844.

VERGNAUD, G. (1988) L'élève face à la tâche: problèmes à résoudre, difficultés à surmonter. *European Journal of Psychology of Education, n°hors série,* 15-21.

VERGNAUD, G. (1990b) Préface in: M. Fayol. *L'enfant et le nombre,* 9-12. Delachaux et Niestlé.

VERGNAUD, G. (1991) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques, vol. 10/2.3,* 135-169.

VYGOTSKI (Traduction française, 1994) *Défectologie et déficience mentale.* Neuchâtel. Delachaux & Niestlé.

WECHSLER, D. (1981) *Wechsler adult intelligence scale revised.* New York, The psychological corporation.