

ROBERT RIGAL

MOTRICITÉ HUMAINE

FONDEMENTS ET APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES

TOME 3 • ACTIONS MOTRICES ET APPRENTISSAGES SCOLAIRES



Presses de l'Université du Québec

MOTRICITÉ HUMAINE

FONDEMENTS ET APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES

TOME 3

ACTIONS MOTRICES ET APPRENTISSAGES SCOLAIRES

DANS LA MÊME SÉRIE:

Motricité humaine: fondements et applications pédagogiques

Tome 1: *Neurophysiologie sensorimotrice*

Tome 2: *Développement moteur*

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
2875, boul. Laurier, Sainte-Foy (Québec) G1V 2M3
Téléphone : (418) 657-4399
Télécopieur : (418) 657-2096
Catalogue sur internet : <http://www.uquebec.ca/puq/puq.html>

Distribution :

DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS S.E.N.C.
845, rue Marie-Victorin, Saint-Nicolas (Québec) G0S 3L0
Téléphone : (418) 831-7474 / 1-800-859-7474
Télécopieur : (418) 831-4021

Europe :

ÉDITIONS ESKA
27, rue Dunois, 75013, Paris, France
Téléphone : (1) 45 83 62 02
Télécopieur : (1) 44 24 06 94

MOTRICITÉ HUMAINE

FONDEMENTS ET APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES

**TOME 3
ACTIONS MOTRICES ET APPRENTISSAGES SCOLAIRES**

2^e édition

ROBERT RIGAL



Presses de l'Université du Québec

Données de catalogage avant publication (Canada)

Rigal, Robert, 1944-

Motricité humaine : fondements et applications pédagogiques

2^e éd. --

Sommaire : t. 1. Neurophysiologie sensorimotrice

t. 2. Développement moteur

t. 3. Actions motrices et apprentissages scolaires.

Comprend des réf. bibliogr. et un index.

ISBN 2-7605-00641-X (v. 1)

ISBN 2-7605-00645-2 (v. 2)

ISBN 2-7605-00646-0 (v. 3)

1. Activité motrice. 2. Neurophysiologie. 3. Apprentissage moteur.

4. Psychomotricité. I. Titre

QP301.R53 1995

152.3

C95-940968-8

La première édition de cet ouvrage a été encouragée par une contribution financière du Fonds FCAR pour l'aide et le soutien à la recherche

Révision linguistique : MONELLE GÉLINAS

Illustrations : MARYSE PÉPIN

Mise en pages : INFO 1000 MOTS

Photographie de la page couverture :

(SK) DAVID POLLACK / MASTERFILE CORPORATION

*Tous droits de reproduction, de traduction
et d'adaptation réservés © 1996*

Presses de l'Université du Québec

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 1996

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

Imprimé au Canada

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE		ix
	Introduction	1
Chapitre 1	L'éducation par l'action motrice : cadre conceptuel	9
Chapitre 2	L'apprentissage de l'écriture : le graphisme	47
Chapitre 3	La lecture	69
Chapitre 4	Les mathématiques	97
Chapitre 5	Les sciences	127
BIBLIOGRAPHIE		151
INDEX DES MATIÈRES		163

PRÉFACE

Parmi les différents moyens qui assurent le développement et la formation d'un être humain au cours de l'enfance, le mouvement occupe certainement une place privilégiée. À vrai dire, ce ne sont ni le mouvement ni la motricité en tant que tels qui sont source de modification du comportement, mais plutôt l'action motrice qui sollicite la participation active de toutes les composantes de la personnalité dans un contexte donné. En fait, c'est tout le processus qui accompagne la réalisation de l'acte, de sa préparation à l'évaluation de son résultat, qui agit sur l'individu ; au commencement, il y a l'action.

Le mouvement, lui, est ce changement de position ou ce déplacement de pièces osseuses que provoque la mobilisation, passive ou active, d'une articulation ; il peut être produit par des forces extérieures ou par la contraction de muscles. C'est la manifestation externe, objective, de processus internes peu accessibles. L'étude des habiletés motrices peut se faire par la description de chaque habileté spécifique (pour cerner la motricité fine, on décrira les activités qui la sollicitent : la manipulation, l'écriture, le pointillage, le découpage, etc.) ou par l'analyse des éléments neuromusculaires qui en sous-tendent l'ensemble. C'est toute la différence entre l'observation-description et l'explication-compréhension. Ces deux approches ne sont pas indépendantes pour autant et la mise en relation de leurs observations réciproques (la première sur le comportement et la seconde sur l'évolution des structures neuromusculaires) explique pourquoi des activités apparaissent à des moments donnés et évoluent par la suite.

Comme c'est souvent le cas en sciences, si nous connaissons mieux aujourd'hui les mécanismes moteurs et les effets de l'activité physique sur le

comportement, c'est grâce au travail conjugué de chercheurs de différentes disciplines qui s'intéressent chacune à un aspect particulier du développement cognitif de l'enfant et n'interviennent donc pas toutes au même titre dans les fondements de l'éducation par l'action motrice. Les neurosciences étudient les caractéristiques de la programmation et du contrôle des mouvements. Elles s'attachent à préciser les interactions entre le système nerveux et le système musculaire et à comprendre les mécanismes de contrôle des différents paramètres cinétiques (la force) et cinématiques (l'amplitude, la direction, la vitesse, l'accélération) du mouvement, ainsi que les facteurs qui les influencent, dont la maturation des structures nerveuses. La physiologie de l'exercice clarifie les effets de l'activité physique sur les fonctions organiques. L'étude de la psychomotricité a quant à elle pour objet de décrire les interactions entre les fonctions motrices et les fonctions mentales (ou cognitives) et d'analyser les différentes motivations du mouvement, l'action motrice fournissant un point de départ concret à la formation de concepts. L'acquisition de nouveaux comportements moteurs, la répartition de l'attention, la distribution des répétitions, la mémoire et le transfert dépendent de plusieurs facteurs, dont l'apprentissage moteur doit tenir compte. Cet apprentissage permet de mettre en lumière l'état normal ou pathologique du développement. La manière de présenter les contenus d'apprentissage et d'organiser les séances pratiques relève de la psychopédagogie.

Par développement perceptivomoteur, on entend l'amélioration, avec l'âge ou l'entraînement, de la performance motrice résultant d'une meilleure utilisation de l'information et des réafférences ainsi que du raffinement de la coordination motrice. On comprend mieux, ainsi, les différences interindividuelles observées lors de l'évaluation de comportements moteurs : ou bien les structures neuromusculaires diffèrent en maturation ou bien les enfants n'ont pas eu le même entraînement, ce qui les a empêchés d'atteindre des niveaux d'apprentissage semblables. À ce titre, lorsque l'on parle de la «normalité» du développement, on doit considérer que cette notion ne peut, ni plus ni moins, que qualifier le moment où le sujet témoigne pour la première fois de sa capacité d'effectuer une fonction, lequel se situe sur un continuum délimité en ses extrêmes par des moments jugés précoces et d'autres jugés tardifs.

Dans la perspective d'une approche globale des apprentissages, on utilise fréquemment le terme de psychomotricité. Ce terme renvoie à l'unité de la personne et indique que toutes les facettes (motrice, cognitive et affective) de la personnalité sont indissociables et agissent les unes avec et sur les autres. Parmi ces interactions entre les fonctions motrices et les fonctions mentales, nous retiendrons en particulier, dans cet ouvrage, celles qui favorisent l'accession à l'abstraction à partir du vécu et des actions motrices, en tenant compte toutefois de l'importance des dimensions de communication et d'expression qui s'extériorisent dans les comportements moteurs.

C'est en partant de ces considérations que nous avons conçu cet ouvrage, lequel fait le point sur l'insertion de l'éducation motrice dans les apprentissages scolaires et s'adresse donc d'abord à toute personne utilisant le mouvement à des fins éducatives. Notre objectif majeur est de présenter les caractéristiques spécifiques des différents apprentissages scolaires et d'intégrer les connaissances théoriques des différentes disciplines s'intéressant à la motricité humaine, à l'acquisition de savoirs et de savoir-faire et à l'apprentissage de nouvelles conduites motrices et cognitives ; l'ouvrage présent n'est donc pas un recueil d'exercices pratiques, bien qu'il permette d'en adapter certains au niveau des élèves.

Loin de nous l'intention de prétendre que tous les apprentissages passent par l'action motrice. Les résultats de nombreuses recherches menées sur ce sujet sont en effet trop divergents, leurs bases théoriques souvent très variables et les situations ou les exercices qu'elles proposent trop éloignés de la formation des concepts pour nous permettre une telle assertion. Le lecteur saura en juger à la lecture de leur description dans les différents chapitres de ce livre. Toutefois, familiarisé avec le fonctionnement de l'organisme et les facteurs qui l'influencent, avec l'évolution des habiletés motrices et la manière de les améliorer, avec la mentalité enfantine et les étapes de son évolution, l'enseignant devrait pouvoir, plus facilement, définir les objectifs d'apprentissage, organiser les séances pratiques, établir les séquences des exercices et le moment approprié de leur présentation en tenant compte du développement et des possibilités motrices propres aux enfants de tel ou tel âge.

REMERCIEMENTS

Pour autorisations de reproduction

Nous remercions les auteurs et les maisons d'édition qui nous ont si aimablement permis de reproduire ou de modifier des illustrations protégées par la loi sur les droits d'auteur. Pour chacune de ces figures nous avons indiqué la source, dont la référence complète se trouve en bibliographie.

Pour lecture critique

Nous tenons également à témoigner notre plus vive reconnaissance à toutes les personnes qui ont pris le temps de lire l'une ou l'autre des parties de ce livre et de faire des commentaires pertinents.

INTRODUCTION

L'intégration à l'école ne s'effectue pas facilement pour tous les enfants, à preuve le pourcentage relativement élevé d'échecs scolaires. Pareille constatation met en cause, non seulement l'adaptation de l'école à l'enfant, mais encore la préparation de celui-ci aux apprentissages scolaires.

Dès leur scolarisation, les enfants sont rapidement plongés dans les apprentissages. Pourtant, bien qu'ils n'arrivent pas à l'école avec le même bagage, on ne s'assure pas de façon systématique, au préalable, de leur niveau de préparation individuel, des aptitudes générales de chacun. Une organisation perceptive ou une maturation mentale insuffisantes gêneront la compréhension de certains d'entre eux.

Dans nombre d'apprentissages scolaires, l'enfant doit apprendre puis appliquer des connaissances, des formules ou des algorithmes; nous ne vérifions pas toujours s'il peut les expliquer ou s'il ne fait que les appliquer mécaniquement. Or, il doit comprendre pour adapter son comportement: le comprendre prime l'apprendre. L'abstrait procédant chez lui du concret, il lui faut vivre les étapes qui mènent à la formation de concepts avant d'en arriver à rationaliser directement ses connaissances. C'est en effet par le traitement de l'information, les comparaisons, les associations et les transformations des perceptions qui s'ensuivent, que s'acquièrent et s'éclairent les concepts.

Les recherches effectuées en psychologie génétique ont fait ressortir le rôle important que joue l'activité motrice du nouveau-né et du jeune enfant dans le développement des fonctions cognitives (Bruner, 1973; Piaget, 1948, 1964; Wallon, 1947, 1948, 1957). Rien, en effet, n'est dans l'objet, rien n'est dans le sujet, tout se

construit par leur interaction. À partir des résultats de ces travaux, de nombreux programmes d'éducation psychomotrice ou perceptivomotrice ont été introduits dans les apprentissages scolaires, écriture, lecture, mathématiques et sciences pour associer les actions motrices aux perceptions qu'elles génèrent.

Autant dans l'acquisition de concepts physiques (l'espace, le temps, la masse, l'énergie, le volume), que dans celle des éléments perceptifs associés à la discrimination des formes ou celle du contrôle moteur du geste graphique, l'activité motrice constitue un point de départ concret. Sans augmenter l'intelligence de l'enfant, elle en facilite l'épanouissement et l'expression maximale, elle actualise son potentiel. Et si l'on admet que le développement perceptif et intellectuel ainsi favorisé par l'activité motrice conditionne en grande partie la réussite scolaire, n'y a-t-il pas lieu de déduire l'existence d'une relation entre celle-ci et celle-là?

Support de l'apprentissage, l'activité motrice contribue aussi, bien sûr, au développement global de l'habileté motrice posturale, locomotrice ou manipulative à l'origine de la formation du schéma corporel.

En aucun temps cependant, l'éducation à partir de l'action motrice ne saurait remplacer les autres approches éducatives dans la présentation de concepts nouveaux. La transmission, par le maître, des matières au programme et les expériences visuelles et tactiles vécues par l'enfant contribuent déjà largement aux apprentissages. Les exercices psychomoteurs viennent les compléter en rendant vivant et signifiant l'enseignement proprement dit.

Par son caractère concret et nouveau, la motivation et le plaisir qu'elle suscite, l'activité motrice représente une voie d'approche inédite des apprentissages, dont tireront profit aussi bien les enfants du secteur dit régulier que leurs camarades présentant des difficultés d'apprentissage ou ceux du secteur allophone. Elle constitue une façon dynamique d'aborder de nouvelles notions, c'est là toute son originalité.

EN QUOI CETTE ORIGINALITÉ RÉSIDE-T-ELLE ?

Comme le comportement de l'élève témoigne de façon concrète des processus mentaux précédant la réalisation de l'acte, l'enseignant voit immédiatement si l'enfant a bien compris les consignes («Prenez la balle dans la main gauche»). L'acquisition de la plupart des notions d'intensité et de contraste se vérifie ainsi presque uniquement par les actes moteurs (serrer fort, courir plus vite, souffler doucement).

L'apprentissage de concepts ou d'habiletés de base par l'éducation motrice corrobore l'idée que le mouvement motive l'enfant et renforce ses acquisitions au moyen de la facilitation proprioceptive (Cratty, 1969, 1970, 1972, 1973; Donnet, 1993; Green, 1977; Humphrey et Humphrey, 1974; Humphrey, 1975; Le Boulch, 1972, 1984; Werner et Burton, 1979). En rompant la routine des séances d'apprentissage traditionnelles, les séances d'activités motrices suscitent généralement un plus vif intérêt

chez l'élève, qui les trouve plus agréables notamment parce qu'elles lui renvoient un feed-back immédiat sur la réussite ou non de l'exécution d'une consigne donnée. Cette particularité profite beaucoup aux enfants qui apprennent à un rythme plus lent ainsi qu'à ceux qui ont des difficultés d'apprentissage.

Le mouvement concourt à l'expérience multisensorielle en intégrant les perceptions visuelles, auditives, tactiles, et proprioceptives, ce qui fournit une base plus riche et plus étendue à la formation, entre autres, des concepts d'espace et de temps. Cette intégration se traduit chez l'enfant par l'interaction et la coordination de deux ou de plusieurs fonctions pour accroître l'adaptation de la réponse. Quand l'enfant apprend à écrire, la vision guide la main et assume ainsi, avec le concours des sensations kinesthésiques, la correction du geste graphique en modifiant les programmes moteurs à l'origine des contractions musculaires; cette modification tient compte des informations musculaires et articulaires provenant de la réalisation du geste.

Les activités motrices se prêtent facilement à des mises en situation très variées et proches du jeu qui augmentent considérablement la participation de l'enfant. Toutefois, le choix de ces situations doit tenir compte du niveau de développement de l'enfant et être adapté aux objectifs visés. Lorsque les consignes sont trop faciles, l'exercice amuse, mais n'apporte aucune contribution à l'acquisition des concepts; ainsi, faire sauter un enfant de huit ans sur le chiffre cinq afin de vérifier s'il le reconnaît bien ne l'avance en rien, cette notion étant maîtrisée depuis longtemps.

L'activité motrice sollicite la participation active de l'enfant. Aussi la situation proposée doit-elle lui laisser suffisamment d'autonomie pour qu'il recherche lui-même les différentes solutions possibles du problème et que l'apprentissage soit optimal. L'acte procure un feed-back immédiat par la connaissance du résultat auquel il donne lieu, feed-back qui se coordonne aux autres rétroactions d'origine sensorielle diverse. Pour reprendre l'exemple de l'apprentissage de l'écriture, l'enfant constate visuellement qu'il a déchiré sa feuille parce qu'il a trop appuyé sur son crayon: cette sensation de pression provient de ses récepteurs proprioceptifs. Il peut ensuite moduler sa force pour ne laisser qu'un tracé approprié.

L'action motrice peut permettre l'approche de plusieurs notions, telles la lecture et l'écriture, qui seront ensuite transposées dans des situations différentes. Par exemple, la discrimination de certaines lettres de l'alphabet repose plus particulièrement sur des indices spatiaux renvoyant à l'orientation droite-gauche. Quand l'enfant confond les lettres «b» et «d», un des moyens de lui en faciliter la distinction consiste à situer la position de la boule par rapport à la barre, en référence à l'axe du corps et à ses parties droite et gauche.

L'UTILISATION PÉDAGOGIQUE DE L'ACTION MOTRICE

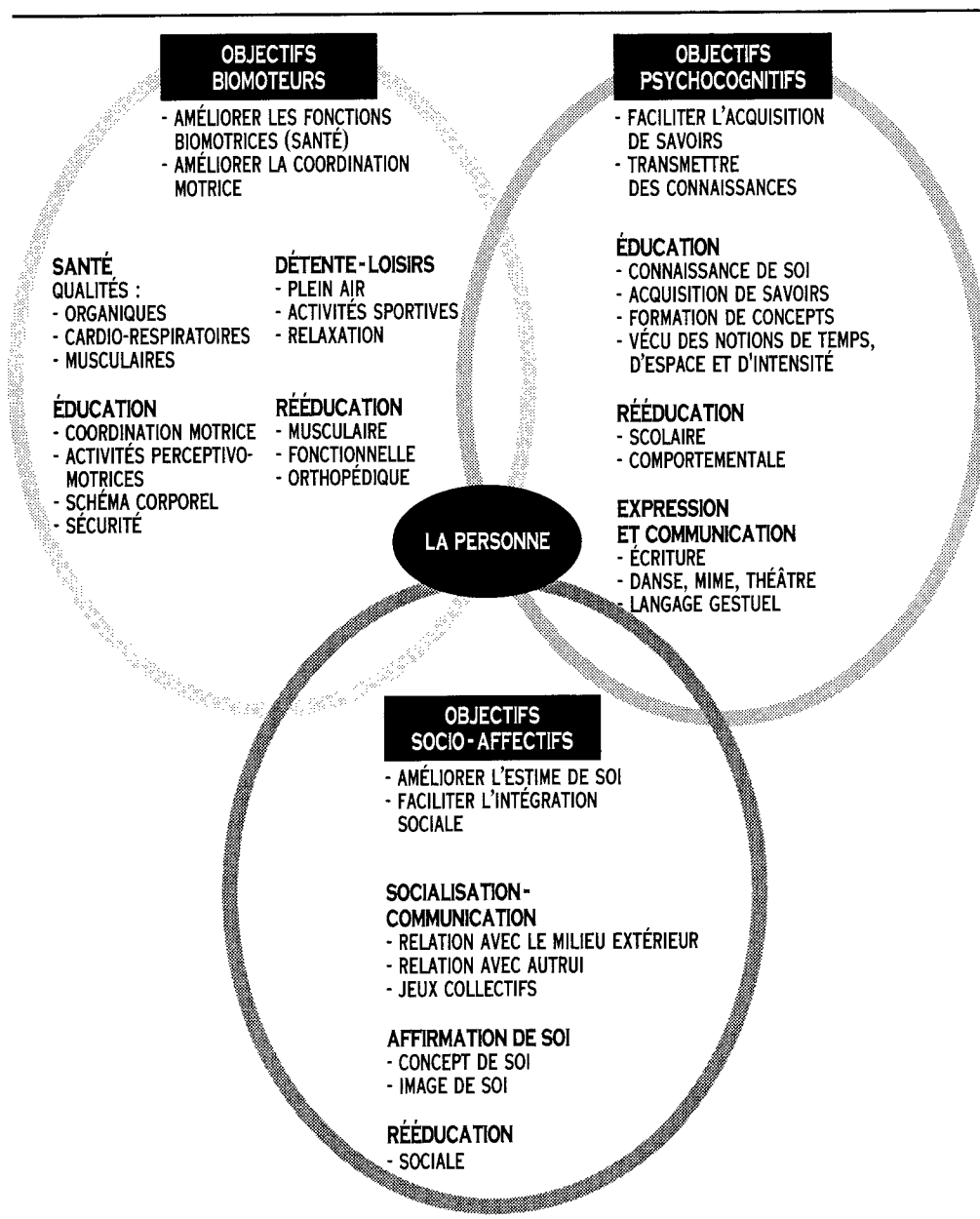
L'activité physique intervient dans différents aspects de la vie quotidienne et peut être utilisée de façon méthodique pour des fins éducatives, rééducatives, thérapeutiques, sportives, utilitaires et professionnelles, de loisir ou d'expression (tableau 1).

Dans le domaine pédagogique, le mouvement peut être utilisé en éducation physique et en éducation motrice. Ces deux types d'intervention, loin de s'opposer, se complètent harmonieusement.

L'éducation physique favorise l'amélioration des caractéristiques biomotrices du développement de la personne tout au long de la vie ; elle considère le mouvement comme le moyen le plus approprié pour ce faire, en particulier pour ce qui est de l'amélioration de l'efficacité physique, appréciée par ses qualités organiques, cardio-respiratoires et musculaires, de la coordination motrice et des relations avec autrui. Ses objectifs premiers sont donc de développer et de maintenir une bonne santé physique et de développer l'habileté motrice, aussi bien dans les activités fondamentales que dans les activités spécifiques. Les différentes activités auxquelles donnent lieu les séances concourent au développement de la conscience et de la maîtrise du schéma corporel. Ces derniers, on le sait, sont liés à l'évolution du système nerveux central dont la maturation amène les réflexes à se modifier et le fonctionnement des différents systèmes sensoriels ainsi que les processus perceptif et cognitif à s'améliorer. Au cours de l'apprentissage, on doit faire appel à la conscience pour faciliter la transformation des actions et acquérir de nouveaux comportements moteurs. Pensée et réflexion s'intègrent particulièrement bien dans une pédagogie de l'action. Au préscolaire et à l'élémentaire, l'éducation physique développe la motricité corporelle volontaire (l'adresse, l'équilibre, la coordination motrice), l'autonomie dans les déplacements, la motricité utilitaire et hygiénique (s'habiller, se laver, etc.) et la socialisation (jeux collectifs, sportifs ou non : rondes, danses, jeux avec ballon, etc.).

L'éducation motrice ou psychomotrice, de son côté, envisage l'action motrice dans une perspective générale d'amélioration des connaissances et de facilitation des apprentissages scolaires, auxquels elle sert de préalable. C'est une forme d'éducation par le mouvement (Le Boulch, 1972). Son objectif est donc de contribuer à l'émergence normale des concepts ou, si c'est le cas, de favoriser la rééducation d'enfants présentant des troubles d'apprentissage. L'action motrice facilite l'accès aux schèmes représentatifs et opératoires et représente de ce fait le point de départ concret et le support de l'acquisition de la plupart des concepts. Il apporte à l'enfant des perceptions supplémentaires que celui-ci associera à d'autres, visuelles et auditives, pour réaliser ainsi une intégration multisensorielle globale. Ce n'est pas le niveau d'habileté motrice atteint qui explique un meilleur rendement aux apprentissages scolaires, mais plutôt le fait que l'enfant ait pu agir, expérimenter lui-même pour résoudre le problème que comportait la situation. C'est pour cela qu'une bonne motricité n'est pas

TABLEAU 1
LE MOUVEMENT HUMAIN ET LA FORMATION DE LA PERSONNE
OBJECTIFS ET DOMAINES D'INTERVENTION



forcément synonyme d'un rendement scolaire élevé, que les relations motricité-apprentissages scolaires diminuent avec l'âge et que le vécu moteur est un moyen possible de concrétiser une activité cognitive nouvelle. Le contrôle de la motricité fine, associé à la coordination visuo-manuelle, est particulièrement important dans l'apprentissage du graphisme en écriture.

La répétition des mêmes expériences donne à l'enfant l'occasion de mettre fréquemment à l'épreuve ses sensations et ses perceptions tout en lui permettant de se former des concepts sur le monde physique, concepts qu'il pourra ensuite appliquer à de nouvelles situations. Par l'intégration multisensorielle, il acquiert une image globale de son environnement; il apprend à travers le mouvement, le toucher, la vue, l'ouïe, à l'aide de la comparaison des sensations d'origines diverses provoquées par des présentations différentes d'un même stimulus. C'est ainsi que les concepts de similarité ou de différence, de forme, de direction et d'unité se forment chez lui. S'il n'arrive pas à percevoir correctement ni à interpréter les stimuli sensoriels pour produire le comportement moteur adéquat, on dit qu'il souffre de dysfonction perceptivomotrice.

Pour expliquer l'évolution des structures opératoires, on peut invoquer différents facteurs. Le premier est la maturation du système nerveux: sans les modifications internes des circuits nerveux, il ne pourrait pas y avoir accès aux activités mentales complexes. Cette maturation dépend en partie des expériences vécues qui assurent le fonctionnement optimal des cellules nerveuses par leur excitation au moment approprié. Le milieu social, avec les échanges et les renforcements qu'il suscite, représente un troisième élément agissant sur cette évolution. De la coordination de ces trois aspects, maturation du système nerveux, expérience et échange social, résulte certainement le développement le plus harmonieux possible de l'enfant.

L'hypothèse qui veut que l'amélioration des fonctions perceptivomotrices produise une amélioration des fonctions cognitives vient du fait que ces deux domaines sont souvent corrélés. Toutefois, l'existence d'une corrélation n'implique pas qu'un phénomène soit la cause de l'autre. Ce n'est que dans la mesure où une activité motrice comporte une part importante d'habiletés cognitives que l'on peut espérer une amélioration de ces dernières.

Pourquoi arrive-t-il alors qu'un programme préparé pour accroître l'habileté motrice ne se traduise pas par de meilleurs résultats scolaires? Cela résulte le plus souvent de programmes qui visent à accroître une habileté motrice en pensant améliorer une performance scolaire (s'il saute mieux, l'enfant lira mieux), qui utilisent une activité motrice pour vérifier l'apprentissage d'un contenu scolaire (lancer une balle dans un carré correspondant au bon résultat d'une addition), ou qui agissent sur une activité motrice sous-tendant une activité scolaire (améliorer la coordination oculo-manuelle pour améliorer l'écriture).

Peut-on alors s'étonner du peu de transfert entre les habiletés motrices et les habiletés cognitives? De plus, lorsqu'un test fait apparaître une difficulté, il ne nous indique généralement pas sa cause et, dans ces conditions, il est difficile de préparer un programme de rééducation adéquat.

Dans ce troisième volume de *Motricité humaine*, nous décrivons avant toute chose le cadre conceptuel à l'intérieur duquel l'éducation par l'action motrice doit s'insérer, pour nous intéresser ensuite à l'apprentissage de l'écriture, de la lecture, des mathématiques et enfin des sciences. Pour chacun de ces sujets, nous présentons d'abord les principaux principes théoriques de chaque apprentissage, puis nous analysons les interactions entre l'action motrice ou les éléments du développement psychomoteur et cet apprentissage. Enfin, pour concrétiser ces interactions, nous suggérons des situations possibles d'utilisation de l'action motrice. De cet ensemble, il faut surtout retenir que l'éducation motrice ne supprime pas l'action éducative des apprentissages scolaires mais la complète.

L'ÉDUCATION PAR L'ACTION MOTRICE: CADRE CONCEPTUEL

1.	Introduction	11
2.	Motricité et connaissance	12
2.1.	La prise d'information	13
2.2.	Les activités perceptivomotrices	15
2.3.	L'exploration active	15
2.4.	Les habiletés	18
3.	La manipulation	19
3.1.	Les formes de manipulation	21
3.2.	L'abstraction	23
4.	La représentation	27
4.1.	La représentation de l'action	28
4.2.	L'image mentale	29
5.	L'apprentissage d'un concept	31
6.	Les fondements psychogénétiques: les stades de développement	34
6.1.	Le stade sensorimoteur (de la naissance à deux ans)	35
6.2.	Le stade préopératoire (de deux à sept ans)	36
6.3.	Le stade des opérations concrètes (de sept à onze ans)	37
6.4.	Le stade de l'intelligence formelle (de 11 à 16 ans)	38

7.	Les préalables et les apprentissages scolaires	38
7.1.	Données neurophysiologiques développementales	39
7.2.	Les relations maturation-milieu	40
7.3.	La notion de préalable	41
7.4.	La motricité au préscolaire et les préalables	42
8.	Résumé	45

1. INTRODUCTION

L'activité motrice agit simultanément sur deux processus complémentaires: celui des progrès des fonctions mentales et intellectuelles et celui de la facilitation des apprentissages. Dans le premier cas, il s'agit de préciser en quoi l'**action motrice** et son résultat contribuent à la compréhension des rapports existant entre les divers éléments de l'environnement, donc de décrire comment ils peuvent influencer sur le mode d'accession à l'abstraction; dans le deuxième cas, l'action motrice devient un moyen pédagogique et fait partie des méthodes nouvelles d'apprentissage qui sollicitent la participation active de l'élève, alors considéré comme responsable de sa propre formation. L'action motrice ne désigne pas uniquement la motricité fine ou globale mais aussi toutes les actions que le sujet entreprend sur des objets ou dans le milieu et dont les transformations lui procurent des sensations ou des résultats concrets, tangibles. Elle se dissocie du mouvement en ce qu'elle comporte une intention, un objectif, l'anticipation d'un résultat liant le sujet et l'objet, et n'est pas que la simple réaction à une stimulation. Dans un premier temps, l'action est concrète, première, puis elle transforme les objets et leur confère leurs propriétés d'où émerge la pensée, abstraite et seconde. En nous appuyant sur les fondements psychogénétiques de l'évolution des fonctions cognitives chez l'enfant, nous tenterons, dans ce chapitre, de cerner comment l'activité motrice influence le passage du concret à l'abstrait et intervient dans les différents apprentissages scolaires.

2. MOTRICITÉ ET CONNAISSANCE

Tout au long de l'évolution de l'enfant, la motricité joue un rôle essentiel. Non seulement son action s'exerce-t-elle sur la coordination des activités propres à l'intelligence sensorimotrice, mais aussi sur la croissance des autres aspects de l'intelligence. Elle «intervient à tous les niveaux dans le développement des fonctions cognitives : de la perception aux schèmes sensorimoteurs, de ceux-ci à cette forme d'imitation intériorisée qu'est l'image mentale, des représentations préopératoires aux opérations elles-mêmes. Tous les mécanismes cognitifs reposent sur la motricité ; la connaissance est d'abord une action sur l'objet, et c'est en quoi elle implique en ses racines mêmes une dimension motrice permanente encore représentée aux niveaux les plus élevés.» (Piaget, 1956, p. 13). La valeur intellectualisante de la motricité tient à la découverte personnelle, par l'action corporelle ou la manipulation, des propriétés des objets (Arnaud, 1983 ; Brief, 1995). La connaissance ou l'information que nous avons d'une situation détermine notre action qui, à son tour, génère de nouvelles connaissances fondées sur notre expérience personnelle ; la connaissance du milieu nous parvient par le corps et nous construisons nos connaissances à partir des informations que nous sélectionnons.

L'éducation par l'action motrice s'appuie sur les caractéristiques des fonctions cognitives, c'est-à-dire sur la façon dont se construisent les connaissances à partir de l'information captée et traitée et de la représentation mentale du monde acquise par l'expérience. Cette expérience est d'abord et avant tout vécue par le corps et ses différents systèmes sensoriels (visuel, auditif, kinesthésique et somesthésique) et moteurs. Toutes les sensations ne possèdent pas la même importance, et la vision exerce rapidement sa suprématie sur le tactile et le kinesthésique ; les échanges intersensoriels favorisent toutefois une meilleure discrimination perceptive au cours de laquelle le corps prend possession de la forme des différents objets, première étape vers la formation des concepts. Progressivement, les nouvelles informations se greffent aux anciennes et les complètent par assimilation. La construction de la réalité indique que les perceptions doivent être analysées et réinterprétées à la lumière de l'évolution des fonctions cognitives, d'hypothèses découvertes, formulées puis vérifiées. Dans ce cheminement, nous devons nous préoccuper de ce que les enfants connaissent de l'environnement, de ce qu'ils sont capables de faire et du **passage du faire au savoir et vice-versa** ; mais l'action motrice ne reflète pas fidèlement les aptitudes intellectuelles qui peuvent être plus avancées que les aptitudes motrices, ou l'inverse. Au cours de cette étape de discrimination, c'est par l'analyse des structures métacognitives que nous pouvons évaluer le processus d'apprentissage ; en faisant parler les enfants de leurs sensations et en profitant de l'apport fourni par les autres personnes et les modèles qu'elles donnent, nous pouvons mieux comprendre la manière dont ils acquièrent leurs connaissances, les construisent activement. Nous passons alors du modelage, démonstration exécutée en verbalisant, à la pratique guidée puis à l'autonomie. Les fonctions cognitives, abstraites, dérivent de l'action concrète et première.

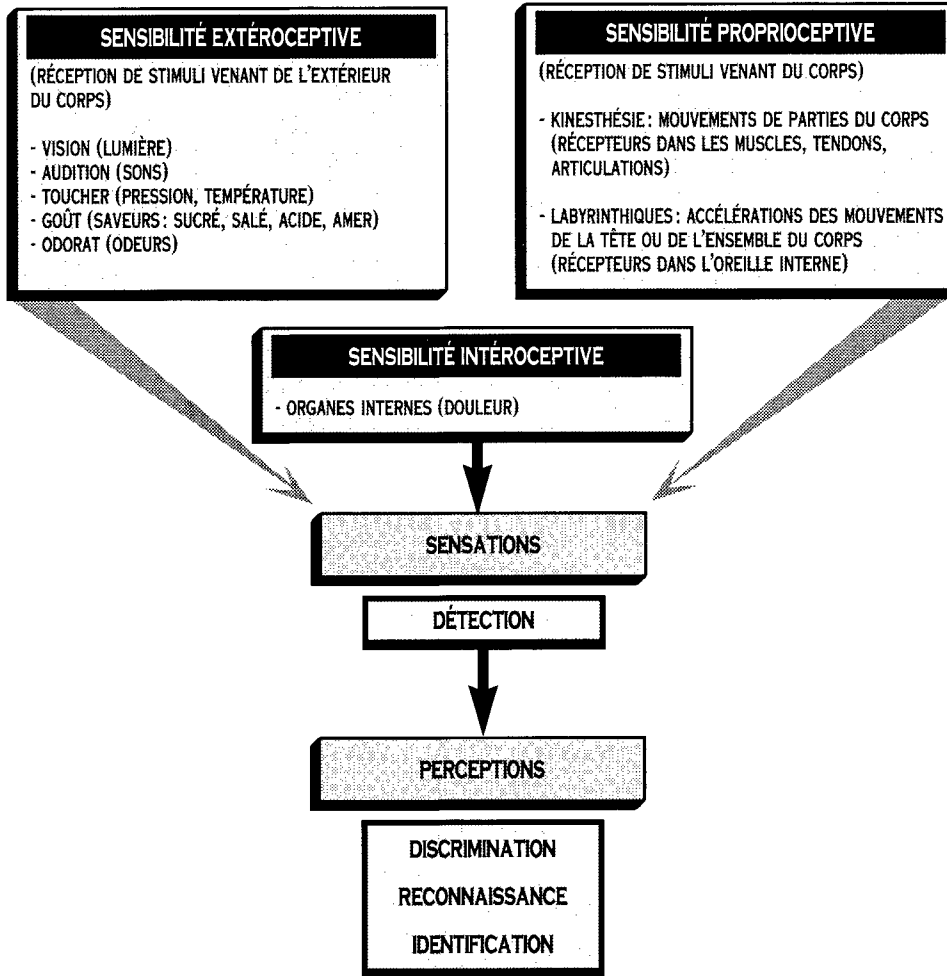
2.1. La prise d'information

Avant toute action, nous devons rechercher dans le milieu environnant l'information qui nous servira à la préparer; il n'est pratiquement pas d'action qui ne soit le résultat d'une stimulation externe. Ce sont nos différents récepteurs sensoriels qui la captent dans un premier temps avant que tout le système perceptif entre en jeu pour l'analyser.

Disséminés sur tout notre corps, les récepteurs sensoriels, véritables neurones, réagissent à des stimuli particuliers. Ils ont été regroupés suivant leur localisation en récepteurs extéroceptifs, proprioceptifs et intéroceptifs (figure 1.1). Seuls les deux premiers groupes contribuent à l'action motrice, le dernier appartenant davantage à la vie végétative. Dans la **sensibilité extéroceptive**, on retrouve les cinq sens classiques, la vue, l'ouïe, le toucher, le goût et l'odorat. De son côté, la **sensibilité proprioceptive** est issue des récepteurs localisés dans les muscles, les articulations et les tendons musculaires ainsi que dans le labyrinthe de l'oreille interne; c'est grâce à elle que nous pouvons, les yeux fermés, localiser les parties du corps les unes par rapport aux autres ou sentir leurs déplacements. Les sensations en provenance du corps forment la **somesthésie** qui regroupe les sensations tactiles (pression, température) et proprioceptives. La combinaison des sensations tactiles et kinesthésiques donne naissance au **sens haptique** qui nous permet de reconnaître les formes sans l'intervention de la vision et dont nous nous servons fréquemment; mais dans la plupart des activités de manipulation, nous utilisons sans cesse la combinaison des sensations tactiles, kinesthésiques et visuelles. Chaque catégorie de récepteurs réagit à un stimulus propre comme la lumière, les sons, la température, les pressions, l'allongement des muscles, etc. Pour que le récepteur réagisse, l'intensité du stimulus doit avoir une valeur minimale qui corresponde au seuil d'excitabilité à partir duquel le récepteur détecte la présence d'une stimulation; celle-ci provoque l'apparition d'un influx nerveux qui s'achemine vers le cortex cérébral, où commencent alors des réactions en chaîne, encore peu connues, qui s'achèveront par la prise de conscience de l'événement ou sa perception, laquelle témoigne du traitement de l'information. Cette prise de l'information puis son traitement relèvent donc des différents systèmes sensoriels que nous utilisons pour chercher de l'information puis l'utiliser, des mouvements oculaires de l'exploration visuelle, de la reconnaissance, de l'intégration multisensorielle et de l'amélioration de la mémoire à court terme.

Rendus au cortex, les influx nerveux subissent ainsi des transformations qui aboutiront à la discrimination, à la reconnaissance puis à l'identification de la forme. Ces différentes étapes de la perception se succèdent pour permettre notre adaptation. La **discrimination** est la possibilité de différencier une forme d'une autre (ex.: distinguer un o d'un c). Plus les formes sont différentes, plus elles disposent d'indices de discrimination et plus elles sont faciles à distinguer. La **reconnaissance** fait appel à la mémoire et au fait que pour reconnaître, il faut avoir déjà vu au moins une fois:

FIGURE 1.1
LES SENSATIONS ET LES PERCEPTIONS



un objet présent est rapporté à l'image du même objet ou à celle d'un autre équivalent; la familiarité la facilite. L'**identification**, enfin, constitue l'étape ultime de la perception: nous pouvons nommer la forme ou l'objet; l'enfant donnera le nom de la lettre ou du nombre, lira le mot qu'il a devant les yeux.

Des nouvelles possibilités du système émergent alors des interactions entre les neurones et au modèle de traitement séquentiel de l'information (les informations sont

traitées successivement les unes après les autres), s'adjoit celui du traitement parallèle distribué (le système traite simultanément des informations distinctes qu'il relie, coordonne et intègre).

2.2. Les activités perceptivomotrices

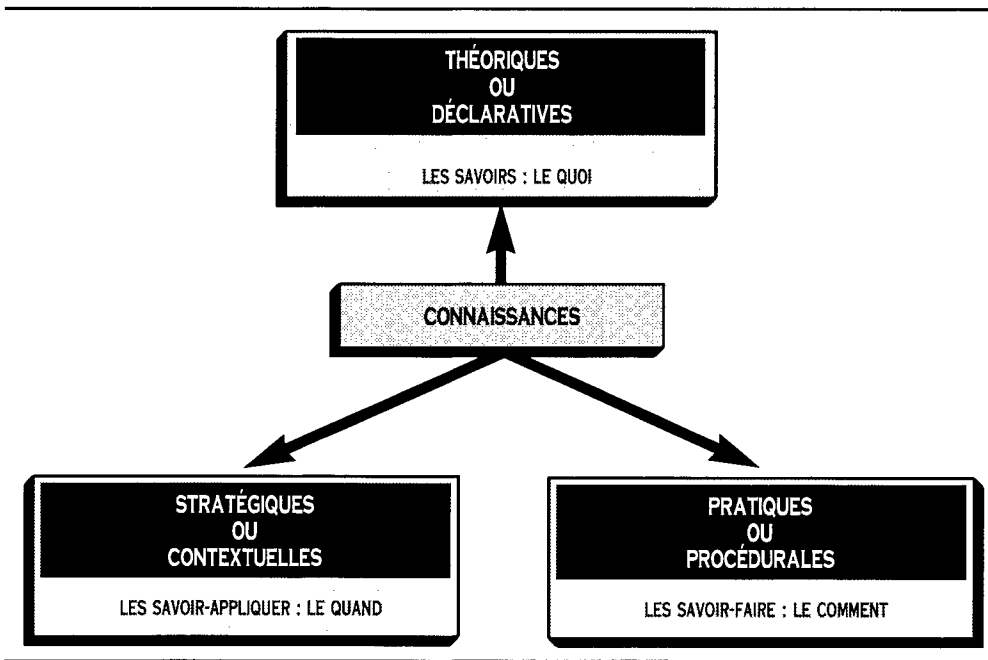
Nos actions volontaires ont pour point de départ une forme ou une autre de prise d'information et de perceptions, puis deviennent à leur tour source de perceptions. C'est en ce sens qu'il faut définir les activités perceptivomotrices, liaisons étroites entre la perception et la motricité. Les activités oculo-manuelles sont un bon exemple, qui incluent les afférences sensorielles et leur traitement, la préparation de la réponse motrice et sa réalisation, et enfin l'évaluation du résultat. Si toutes les activités motrices ont une origine perceptivomotrice, il est possible d'envisager la mise en place de programmes perceptivomoteurs particuliers qui améliorent le schéma corporel, point de départ de la coordination motrice, ainsi que l'organisation spatiale et l'organisation temporelle, elles aussi parties prenantes de cette coordination ; parmi les paramètres qui caractérisent un mouvement, figurent en effet sa direction, son amplitude, sa vitesse et son accélération. D'un autre côté, l'activité motrice améliore les perceptions, facilite l'acquisition de concepts ou leur renforcement et assure une forme de préparation aux apprentissages. Cette préparation ne remplace pas les apprentissages eux-mêmes, pas plus d'ailleurs que les programmes de rééducation perceptivomotrice n'éliminent les difficultés d'apprentissage (Kavale et Mattson, 1983), lesquels contribuent néanmoins à l'amélioration générale des capacités fonctionnelles des enfants dans les fonctions cognitives.

2.3. L'exploration active

Le milieu est rempli d'informations que notre cerveau reçoit et traite, ce qui nous permet de connaître le monde. Les circuits neuronaux forment le support nécessaire à ces analyses et la connaissance émerge des activités cognitives qui impliquent des transformations liées à l'expérience. L'interprétation de l'action débouche sur le savoir en établissant le lien entre celui qui sait et ce qui est su (Varela, 1988). Notre connaissance du monde provient ainsi des différentes expériences perceptivomotrices vécues. Il faudra préciser comment nos actions et nos expériences liées à un milieu environnant particulier préparent et déterminent le développement cognitif et l'acquisition de connaissances, qu'elles soient théoriques, pratiques ou stratégiques (figure 1.2).

Jusqu'aux environs de six ans, au cours du stade préopératoire, l'enfant explore le monde par l'action, établissant entre celle-ci et l'expérience son propre système de relations. Caractérisées par des séquences ordonnées de mouvements, ses actions prennent leur origine, au cours des premiers mois de la vie, dans l'activité réflexe d'origine sensitive (gustative, visuelle, auditive, tactile) qui occupe la majeure partie

FIGURE 1.2
LES FORMES DE CONNAISSANCE



de sa vie éveillée de nouveau-né. L'assimilation du monde extérieur sollicite au départ, et dans une large mesure, la succion. Apparaissent alors deux catégories d'objets : ceux que l'on peut sucer et les autres. Les sensations ainsi enregistrées, l'enfant essaiera de les éprouver de nouveau dans l'ordre suivant : réflexe → sensation → action → sensation... et ainsi de suite. Il apprend à se représenter son environnement à travers des symboles établis par généralisation simple lors d'apprentissages par essais et erreurs non déductifs. Il met à l'épreuve diverses solutions jusqu'à ce qu'il en trouve une qui lui apporte une réponse satisfaisante au problème posé. Si l'on présente à un garçonnet ou à une fillette d'âge préscolaire une planche où sont perforés trois trous ayant la forme d'un cercle, d'un carré et d'un triangle et qu'on lui demande d'introduire dans ces trous les formes équivalentes en relief, on le (la) verra d'abord tâtonner, puis essayer des correspondances au hasard, parvenant difficilement à faire coïncider l'orientation des deux formes. C'est très progressivement qu'il (elle) en viendra à effectuer une comparaison active entre les premières, disposées en creux, et les secondes, façonnées en relief. L'enfant progresse ainsi d'une activité sensorimotrice pure, où le hasard n'est pas étranger, à une activité perceptivomotrice dénotant une intégration des fonctions sensorielles et des fonctions motrices et illustrant une connaissance spécifique. Les activités de planification et d'anticipation s'appuient sur les connaissances

acquises et sur l'intégration d'informations nouvelles à celles déjà maîtrisées, soit pour les renforcer, soit pour les modifier. L'action motrice guide la perception et la pensée qui, à leur tour, l'initient.

Les différentes activités motrices représentent des voies d'accès diverses à des sensations identiques qui s'associent à d'autres en une intégration multisensorielle d'où émergera la notion d'objet avec son unité et son identité. Lorsqu'elle a pour point de départ les sensations enregistrées pendant le mouvement, la connaissance acquise est active, plus complète que celle qui provient d'une attitude passive: les sensations tactiles et kinesthésiques (ou haptiques) apportent leur contribution à la proprioception, laquelle s'intègre à la formation de la connaissance globale (Brief, 1983, 1995). Bien qu'aucune intention particulière n'y intervienne, l'activité réflexe du nouveau-né, complète par les sensations qu'elle suscite, la perception des objets, du milieu environnant et du corps propre. Comme nous l'avons mentionné précédemment, c'est la recherche d'un plaisir déjà éprouvé qui conduit l'enfant à renouveler l'expérience motrice qu'il lui a associée. Il s'établit alors une alternance motricité-sensation à la base du comportement. La sensation engendrée par l'action éveille le désir de reproduire cette dernière, ce qui donne lieu à de nouvelles coordinations par la représentation des effets probables. Les relations causales ainsi dégagées de l'expérience témoignent d'une forme de raisonnement propre à l'intelligence, par le passage de séries d'événements à leurs liens logiques et aux concepts qui les sous-tendent.

Autonomes au départ, les sensations d'origines différentes ne peuvent s'associer que progressivement. Chacune (la vue, le toucher, le goût, l'audition, la kinesthésie) a d'abord son existence propre. C'est à l'occasion d'une action dont l'objectif leur est commun (prendre un gâteau sur la table et le manger par exemple), que les unes et les autres se coordonnent de façon à produire un comportement ordonné et adapté. L'enfant ne se contente plus de voir les objets, son regard fouille l'environnement afin d'y trouver des sources de stimulation, auditives, tactiles ou kinesthésiques. De cet examen du monde qui l'entoure, naît un comportement de préhension, à partir du moment où il a associé et organisé en un tout cohérent des activités séparées de vision, de saisie ou d'audition. Son adaptation au milieu se fait au moyen d'assimilations et d'accommodations successives et alternées par répétition de l'action, généralisation du comportement et différenciation des activités. Ainsi toute connaissance est-elle attribuable, non à une organisation de l'information qui serait antérieure à la perception ou à une réception passive de celle-ci par les récepteurs sensoriels, mais à une action effective ou potentielle du sujet sur l'objet, à l'expérience. Les propriétés d'un objet (son volume, sa forme, sa masse, etc.) ne se révèlent pas autrement.

L'action, on l'a vu, se traduit par des séquences ordonnées de mouvements qu'elle coordonne. La séquence se raffine par la répétition du geste et l'intégration des sensations de provenances diverses. Avec l'apparition d'un but, on assiste à une transformation du comportement qui, de réactionnel (orienté) qu'il était les premières

semaines, devient intentionnel, c'est-à-dire guidé par la recherche consciente d'une activité dirigée aux effets anticipés. L'intériorisation des actions se réalise ainsi lorsque, en manipulant un objet donné, l'enfant tente d'établir les relations qu'il peut avoir avec d'autres objets et découvre, au fur et à mesure des transformations auxquelles il le soumet, les invariants propres à ce premier objet. La connaissance n'est donc pas une simple copie du réel, mais le résultat d'une assimilation caractérisée par l'action du sujet sur les objets ou leurs propriétés (Piaget et Inhelder, 1966). C'est à travers l'action que les propriétés d'un objet sont découvertes puis complétées par la médiation de structures mentales internes, les images ou les schémas. Cette représentation structure à son tour les activités perceptives et leur donne un sens en les intégrant dans un ensemble cohérent. La connaissance des objets ne se façonne pas par leur simple observation, mais émerge des transformations que nous leur faisons subir par nos actions et de leur coordination : c'est en transformant activement la boule de plastiline que l'enfant va en déduire la conservation de la matière en coordonnant tous les résultats des transformations successives ; ces dernières laissent constantes certaines propriétés, les invariants comme la longueur, le poids, la surface, le volume, la densité. Il arrive aussi que l'enfant soit prisonnier des résultats de certaines actions et qu'il ne dépasse pas la perception immédiate pour élaborer son raisonnement : il discute sans pouvoir expliquer ; pour lui, au stade préopératoire, une voiture qui a parcouru une plus grande distance, par exemple, a nécessairement eu plus de temps que celle qui en a parcouru une plus petite, puisqu'il ne tient pas compte de la vitesse.

Lorsqu'il doit vérifier si deux images ou deux collections A et B sont ou non identiques, l'enfant transporte son regard d'un élément de A à l'élément correspondant de B ; il revient ensuite à A, choisit un nouvel élément, puis va le rechercher dans B, s'appuyant ainsi sur une relation univoque où, à chaque élément de A, correspond un élément de B. Mais il peut aussi s'appuyer sur une relation biunivoque : à un élément d'un ensemble, correspond un élément de l'autre ensemble et vice-versa. Dans ce dernier cas, il y aura moins de saccades visuelles, ou de transport du regard, entre les deux ensembles que dans le premier cas. Cette activité peut s'exercer dans des jeux où il faut trouver les différences (sept erreurs) entre deux images.

2.4. Les habiletés

Au cours de l'apprentissage, nous acquérons de nouvelles habiletés, certaines simples et d'autres complexes ou de haut niveau. Les **habiletés de base** sont des comportements simples, élémentaires, qui s'automatisent rapidement. En écriture, il peut s'agir de la formation des lettres, en lecture du décodage des lettres avec leur nom et leur son (associer par exemple p et [p] ou u et [u]), en mathématiques de la numération et des opérations. Dans cette optique, les séances d'entraînement et les répétitions fréquentes sont très appropriées ; leurs résultats concrets ne sont pas toujours évidents : connaître le nom des lettres ne débouche pas automatiquement sur la lecture, savoir

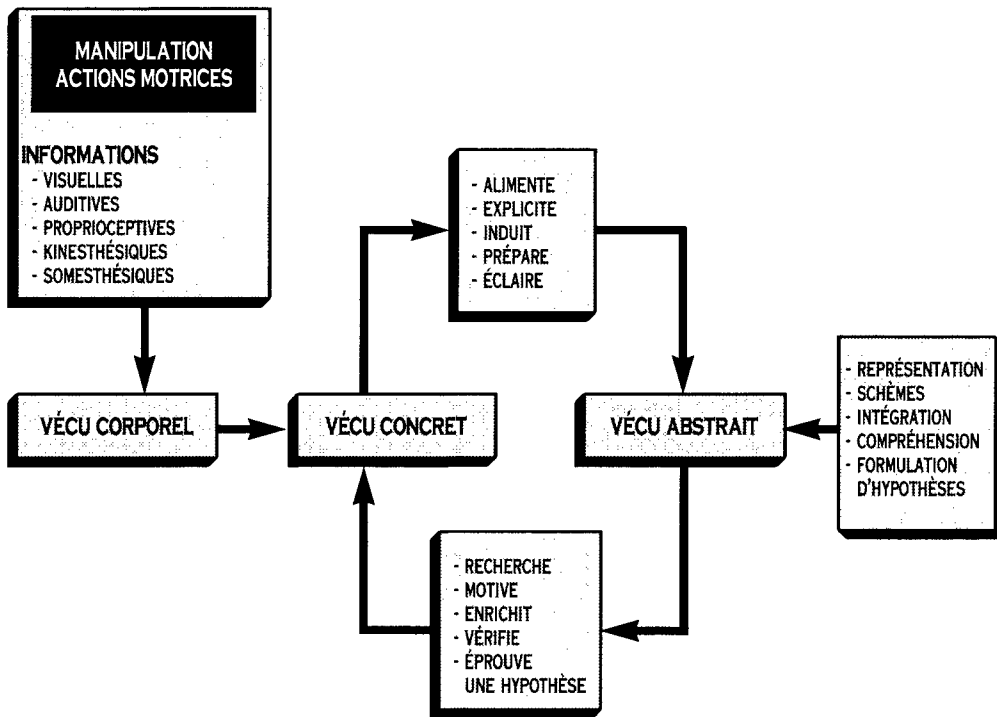
les tables de multiplication ne dit pas comment résoudre un problème. Les **habiletés complexes** combinent plusieurs habiletés de base. En écriture, il s'agira de structurer la présentation d'un texte, de l'organiser spatialement, en lecture de profiter de la connaissance des lettres et des syllabes pour déchiffrer des mots nouveaux, en mathématiques de trouver le plus grand commun diviseur, de résoudre des problèmes simples ou plus complexes en fonction du niveau scolaire. L'enseignant fournit des indications directes, explique ou démontre, donne des feed-back pendant ou après l'exercice. Les **habiletés de haut niveau** reposent sur des processus mentaux tels que la réflexion, le raisonnement, la compréhension et le jugement qui ne font pas l'objet d'un enseignement spécifique mais qui se développent sous les effets conjoints de l'âge et des expériences multiples liées aux divers apprentissages. Rien n'empêche par contre de montrer à l'enfant comment observer, classer, faire des inférences et des hypothèses, résoudre des problèmes. Il s'agit de le conduire à penser méthodiquement et de façon analytique pour trouver une solution à une question simple ou complexe. Quelle que soit l'habileté, nous pouvons apprendre par observation (regarder ce que font les autres), par expérience (faire l'action) ou par enseignement (une personne nous fait profiter de ses savoirs).

3. LA MANIPULATION

L'accès à la connaissance prend ses racines dans l'action corporelle, la manipulation digitale et l'expérimentation, à l'origine des premières formes de représentation; c'est le faire pour déduire. Les connaissances se construisent par l'action dans l'environnement, les capacités perceptives du jeune enfant étant déjà bonnes. Il perçoit très tôt le monde et ses objets, mais il doit établir les relations entre eux ainsi qu'entre la perception et ses actions. Il n'apprend pas à percevoir mais à utiliser et à structurer l'information perceptive. Le vécu corporel sera donc largement utilisé au cours des années préscolaires et des premières années du primaire, d'abord pour vivre les notions et ensuite pour les présenter ou, le cas échéant, pour contribuer à la rééducation.

Tout le profit et tout le plaisir de la manipulation viennent de ce que l'enfant manie, expérimente et acquiert lui-même de l'information par l'intermédiaire de ses divers systèmes sensoriels (figure 1.3), et non pas de la simple observation des manipulations des autres. Dès l'âge de six mois, l'enfant utilise ses sensations haptiques (combinaison des sensations tactiles et kinesthésiques) pour acquérir des informations sur les caractéristiques des objets, dont la température, la forme, la taille, la texture, la masse ou la dureté (Bushnell et Boudreau, 1993), et ensuite les discriminer ou les reconnaître. Le développement de la coordination oculo-manuelle et celui de la saisie conditionnent l'acquisition de ces sensations. Il peut alors analyser son action et son résultat, organiser l'information recueillie, formuler de nouvelles hypothèses ou stratégies et les appliquer de nouveau dans un ensemble cohérent d'anticipations et de

FIGURE 1.3
LA MANIPULATION



déductions. Il découvre ainsi très jeune les principes de la gravité : un objet lâché tombe à terre. Ce n'est pas quelque chose de familier dans son milieu, l'adulte ne lâchant pas en effet les verres ! Il vérifie que des objets se cassent et que d'autres résistent à la chute ; il sera aussi tout surpris quand son ballon de baudruche, gonflé à l'hélium, s'envolera au lieu de descendre vers le sol.

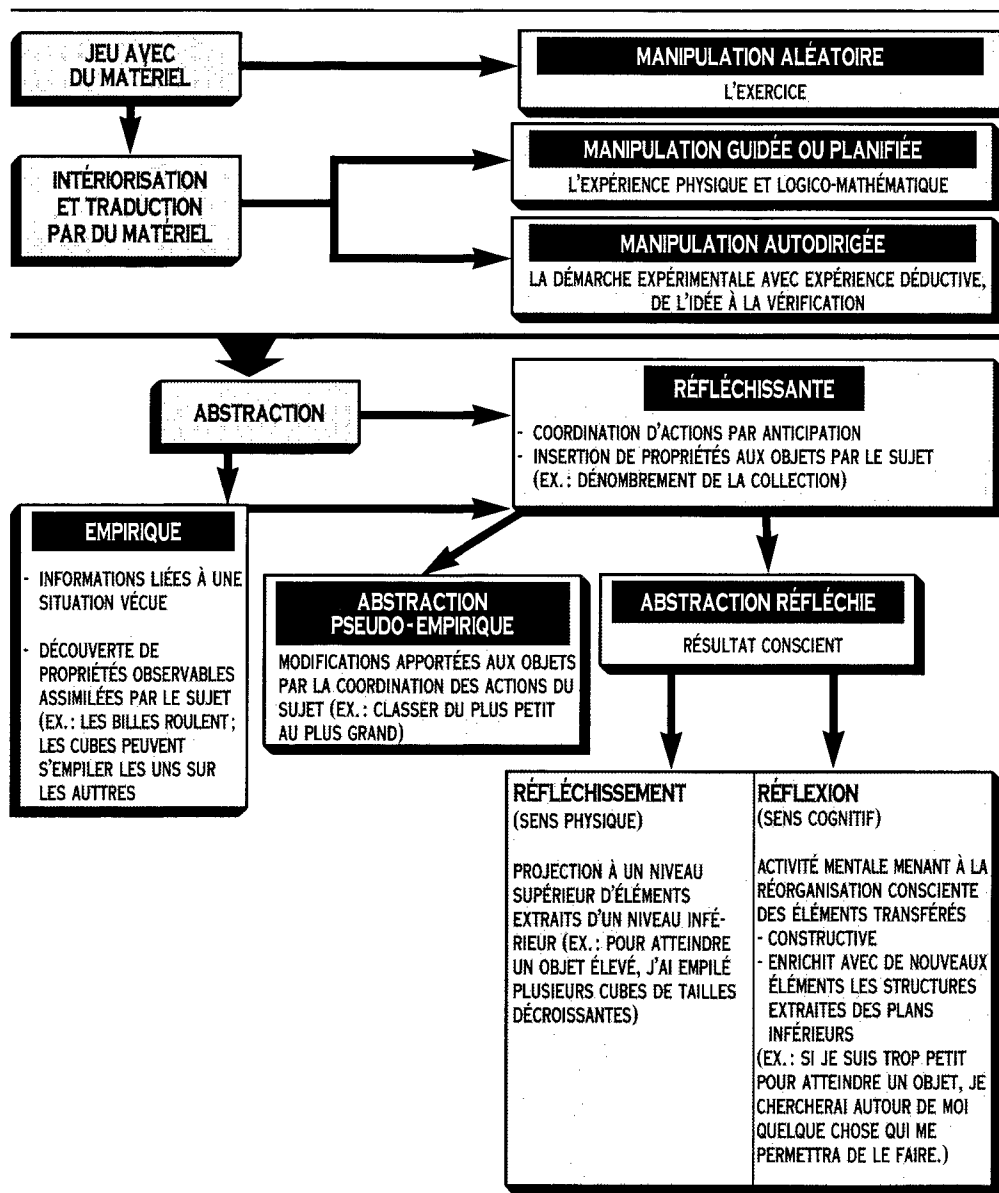
Ces diverses expériences contribuent à l'acquisition de connaissances physiques et logico-mathématiques (Sinclair *et al.*, 1989). Les premières portent sur la découverte des propriétés intrinsèques des objets (la lourdeur, la température, l'état) et de ce qu'ils font quand on les lâche (rouler, rebondir, se casser, etc.) ou sur leur interaction avec d'autres objets (on peut en empiler certains et d'autres non ; certains objets flottent et d'autres non). Les secondes découlent de la prise de conscience de l'organisation des actions effectuées sur les objets et de leurs relations les uns avec les autres (regrouper des objets à partir d'un critère de classification, acquisition de la

notion de nombre, etc.); le fait qu'il y ait cinq billes dans le verre n'est pas une propriété des billes: le nombre cinq provient d'une action de regroupement du sujet complétée par un acte cognitif. Deux ensembles sont équivalents quant il existe une correspondance un pour un entre les éléments qui les composent (enfant-table, cuillère-fourchette). L'objet est un intermédiaire dans l'acquisition des connaissances, lesquelles viennent des actions conscientes et réfléchies du sujet sur les objets et l'environnement. Loin d'être spontanée, la compréhension est donc le fruit des mécanismes intellectuels que les actions, les expérimentations et les réflexions ont mis en branle.

3.1. Les formes de manipulation

Bien qu'elles puissent paraître semblables, les actions des enfants sur les objets se répartissent en quatre grands groupes relevant des différentes phases que sont la manipulation aléatoire, la manipulation exploratoire, la manipulation guidée et enfin la manipulation autodirigée (figure 1.4). La **manipulation aléatoire** caractérise un comportement où l'enfant fait pratiquement n'importe quoi, parce qu'il faut faire quelque chose; rares seront les connaissances extraites de ces activités. Il ne dispose d'aucun plan précis ni d'aucune anticipation qui le guide dans sa démarche. Il essaie des actions au hasard. Cela apparaît clairement lorsqu'il joue avec un cube Rubik, un puzzle ou un casse-tête. Les éléments qui les constituent sont déplacés au hasard, essayés sans se représenter auparavant la conséquence de l'action. Cette première phase est souvent suivie d'une **manipulation exploratoire**, au cours de laquelle les enfants observent d'abord les objets, puis vont en sélectionner quelques-uns pour exécuter une action; une intention sous-tend cette action. Dans la **manipulation guidée (ou planifiée)**, l'enfant doit faire une action préparée par l'adulte (regrouper, trier, classer, comparer, etc.). Son but est d'ouvrir la voie à l'acquisition d'algorithmes généralisables par la suite. Ainsi, pour ébaucher la division d'un entier par un nombre fractionnaire, on peut demander à l'enfant de transporter sur une surface donnée (cercle, rectangle, etc.) une portion de surface correspondant à une sous-unité de l'ensemble ($1/2$, $1/8$, etc.). La répétition de cette activité, la représentation de son résultat et sa discussion conduisent à l'élaboration et à la compréhension de cette opération particulière. Il importe alors de s'assurer que l'enfant a bien compris ce qu'il doit faire, de l'habituer à rechercher les indices pertinents pour élaborer la solution, à analyser son action au fur et à mesure qu'elle se déroule pour l'adapter aux modifications du milieu si c'est nécessaire, puis à évaluer le résultat de sa performance. Ces expériences physiques directes permettent d'extraire de l'information de l'objet par la réflexion et l'abstraction: la notion de poids, par exemple, s'acquiert de cette façon, en se séparant des formes ou des couleurs des objets utilisés. Lorsque le volume d'objets de même substance augmente, l'enfant apprend aussi que leur masse augmente également. Les expériences logico-mathématiques restent essentielles aux niveaux de développement quand la déduction logique n'est pas encore possible (Piaget, 1983).

FIGURE 1.4
DE LA MANIPULATION À L'ABSTRACTION
L'UTILISATION CONCRÈTE DES OBJETS ET DES ACTIONS
SUR LES OBJETS POUR L'ACCÈS À L'ABSTRACTION



Sans action réelle ou imaginaire il n'y a pas d'expérience et donc pas de contact avec le monde extérieur. Ce ne sont pas les propriétés physiques des objets manipulés qui donnent accès à l'acquisition de connaissances, mais bien les actions de manipulation et leur résultat: le nombre d'éléments d'un ensemble est, par exemple, indépendant de la position des objets. La **manipulation autodirigée et expérimentale** cherche à vérifier par l'action si ce que l'on a élaboré à partir d'une hypothèse mentale est ou non correct. Dans ce cas, il y a non seulement un problème à résoudre, mais surtout une représentation mentale de la solution possible anticipée (propre au milieu spatial donné) que l'action vérifiera. Lorsque les résultats concordent avec la solution anticipée, ils sont intégrés dans un ensemble structuré de déductions; dans le cas contraire, une nouvelle hypothèse est formulée et vérifiée. Quand il faut reconstituer un tableau à partir de pièces détachées aux formes irrégulières, la personne essaie d'abord de se représenter à quoi pourrait bien ressembler le complément de la pièce déjà placée, de la trouver et de la placer. Si elle s'est trompée, elle recommence le processus: l'action, dans ce cas, en est une de vérification, de traduction de la compréhension.

3.2. L'abstraction

Les activités manipulatoires qu'effectuent spontanément les enfants, ou que l'adulte leur propose, correspondent à une étape vers l'**abstraction généralisante** par la représentation mentale de l'action et de sa répétition (figure 1.4). Elles ne doivent en aucun temps être un but en soi, car elles risqueraient alors de figer le raisonnement de l'enfant, de le limiter à l'observable. La manipulation de matériel concret ou les actions motrices qu'il suscite ne conduisent pas forcément à la compréhension d'un problème donné; c'est la correspondance entre l'intention de l'action et son résultat qui la concrétise. Toutefois, le fait de regrouper par l'action motrice les objets, d'essayer différentes combinaisons et de corriger les erreurs, consolide et concrétise les relations entre les objets, sert de déclencheur. C'est le passage du jeu **avec** du matériel, à l'intériorisation et à la traduction **par** du matériel, qui mène à la résolution du problème; il ne s'agit pas de manipuler pour manipuler, mais de manipuler pour traduire et transformer l'action en réflexion. C'est toute la problématique des relations entre les opérations physiques et les opérations logico-mathématiques (Piaget et Inhelder, 1962). Elles se constituent simultanément, les premières en structurant les parties des objets, les deuxièmes en établissant les relations entre les objets à partir des actions menées par le sujet. La motricité du sujet, avec ses actions et ses opérations potentielles, et la matière même, qui détermine les propriétés des objets du milieu, agissent l'une sur l'autre dans les activités mentales, des plus simples aux plus complexes: l'assimilation aux actions donne une signification aux éléments sensoriels tandis que les actions répétées ou reproduites réussissent en s'accommodant aux perceptions.

Ces différents modèles sont à rapprocher des étapes de l'abstraction réfléchissante (Piaget *et al.*, 1977). L'abstraction consiste à isoler des qualités et des

relations puis à agir sur elles et non pas sur la réalité directement perceptible; elle aboutit à la formation des concepts. Même si le sujet construit sa réalité à partir de ses actions et de leur coordination, ce sont ces dernières qui lui fournissent les éléments indispensables, le «matériel», pour définir ce qui reste commun aux diverses manipulations. Piaget et ses collaborateurs distinguent ainsi deux types d'abstraction: **l'abstraction «empirique»** et **l'abstraction «réfléchissante»** (figure 1.4). La première, liée à l'expérience, découle des informations retirées de la présence physique des objets ou des aspects matériels, observables, des actions exécutées par le sujet et de leur contenu, comme les mouvements, les poussées, les emboîtements, etc. Les propriétés des objets sur lesquels porte cette forme d'abstraction existent intrinsèquement dans les objets, indépendamment de l'activité du sujet; cette activité les révèle, mais ne les crée pas (une boule de plasticine est plus grande qu'une autre, en soi; le cercle possède déjà ses propriétés, avant que le sujet les découvre). De ses actions sur des cubes de dimensions, de couleurs et de textures différentes, le sujet retire, abstrait une constante, celle de l'égalité de longueur des arêtes, d'où émerge le concept de cube. La deuxième, l'abstraction réfléchissante, renvoie aux coordinations des actions ou opérations effectuées par le sujet: elle conduit au transfert, à un plan supérieur, de ce qui est extrait d'un plan inférieur avec, comme conséquence, des agencements nouveaux généralisables; ces organisations pourront être appliquées à d'autres situations distinctes mais semblables. Dans ce cas, les propriétés observées sont insérées dans les objets par le sujet (classes et relations, «nombre» de boules du boulier qui lui est attribué par l'activité du sujet). On peut y voir deux formes d'organisation. L'une, **l'abstraction «pseudo-empirique»**, comprend les modifications que les actions du sujet ont apportées aux objets et les propriétés qu'il a dégagées de la coordination de ses diverses actions (ordonner les éléments d'un ensemble selon un ordre croissant par exemple). Elle se différencie de l'abstraction empirique par le fait qu'elle inclut la coordination des actions et qu'elle ne se limite pas à ce qui est observable. Les actions motrices peuvent être intériorisées et reproduites chaque fois que les sensations appropriées apparaissent. L'autre, **l'abstraction «réfléchie»**, est le résultat conscient d'une abstraction réfléchissante. Cette dernière inclut toujours deux moments: le «**réfléchissement**» (ou la projection, au sens physique du terme) à un niveau supérieur d'éléments extraits d'un niveau inférieur (comme la conceptualisation d'une action) et la «**réflexion**», l'activité mentale menant à la réorganisation consciente des éléments transférés. Si l'abstraction empirique sert de point de départ à l'abstraction réfléchissante, elle ne progresse, par la suite, qu'en s'appuyant sur la deuxième, alors que cette dernière intervient en logique ou en mathématiques pures. Dans un processus de résolution de problèmes, on va chercher des éléments déjà connus et propres à un niveau particulier pour les utiliser à un nouveau niveau en les appliquant aux nouvelles données.

Pour illustrer ces diverses formes d'abstraction, nous emprunterons deux exemples à Piaget *et al.* (1977). Dans un premier exercice, l'enfant doit, à partir de deux tas de jetons de deux couleurs différentes, former deux collections égales de jetons

en transportant deux par deux les jetons d'une pile et trois par trois ceux de l'autre pile (Kaufman et Bourquin, 1977). Cet exercice vise à différencier l'addition (pensée centrée sur le résultat de la réunion d'objets semblables) de la multiplication (dénombrer les opérations réalisées, le nombre de fois où l'on a transporté des objets et non pas le résultat final des transports). Vers l'âge de six ans, les enfants procèdent au transport des jetons sans anticipation ni intention particulière; ils font ce qui leur a été demandé ou ce qu'ils ont retenu de la demande: transporter les jetons rouges (R) deux par deux et les jetons bleus (B) trois par trois. Il arrive, plus par hasard qu'autrement, qu'ils forment deux tas égaux (6R, 6B) par la succession des actions 2R 3B 2R 3B 2R; ils manifestent leur surprise face à ce résultat et déclarent qu'ils ne pensent pas pouvoir le refaire. Pour eux, l'égalité ne s'atteint que par la mise en place d'une correspondance terme à terme d'actions identiques: des actions différentes ne peuvent pas donner le même résultat! Ils sont rivés à ce qu'ils ont fait, à la manipulation, à l'action, parce qu'elle est conduite au hasard, sans représentation antérieure ni anticipation de quelque sorte. Ils ne perçoivent que la succession des actions, transporter des groupes de deux ou trois objets, et le résultat additif des actions, sans voir l'équivalence entre transporter deux fois trois objets et trois fois deux objets, ce qui est le principe de la multiplication. Non seulement ils n'anticipent pas, mais ils ne synthétisent pas par la suite. Pour progresser, il leur faudra dénombrer les opérations et non plus les objets transportés, ne pas se satisfaire du résultat obtenu (abstraction empirique), mais établir le processus par lequel ils ont atteint le résultat (abstraction réfléchissante).

Le deuxième exercice consiste d'abord à empiler de petits objets de poupée (une table, un bureau, une chaise, un tabouret), afin que la poupée atteigne un pot de confiture placé en haut d'une armoire, puis à enfiler de petits segments cylindriques, ouverts à une seule extrémité, de longueurs et de diamètres décroissants, pour construire un long bâton en vue d'attraper un objet situé plus loin (Dayan et Decker, 1977). Vers l'âge de six ans, les enfants empilent ou enfilent assez bien les éléments nécessaires pour résoudre les problèmes posés. Toutefois, ils n'établissent pas de relation, ils ne voient pas les points communs entre les deux situations distinctes mais semblables. S'ils perçoivent leurs actions et leurs résultats (à partir des sensations proprioceptives, tactiles ou visuelles) sous leur forme concrète (objets empilés), ce qui est le propre de l'abstraction empirique, ils ne franchissent pas l'étape de l'abstraction réfléchissante pour coordonner des activités différentes présentant des similitudes dans les transformations (la réunion, l'ordre, la correspondance, etc.), ce qui conduit à la compréhension par réflexion.

Autrement dit, il doit se produire une succession de réfléchissements, de passages d'un niveau à l'autre: de l'action à la représentation, à la reconstitution, aux comparaisons rétroactives et à la pensée réflexive. Le premier réfléchissement assure le passage des actions sensorimotrices à leur représentation, comme dans le cas où l'enfant déclare qu'il met «maintenant» une grosse bille dans une série de billes où

une grosse vient après une petite. Puis la reconstitution de la série des actions retrouve l'ordre dans lequel elles ont été accomplies; elle relie les diverses représentations en une suite logique. Ensuite la comparaison d'actions distinctes trace une ébauche de généralisation, une réflexion sur les structures communes ou non, dernière étape avant la réflexion pure au cours de laquelle apparaissent enfin les justifications des relations préalablement constatées mais non expliquées. Les concepts mathématiques sont ainsi créés ou construits par une série d'abstractions reposant davantage sur des actions motrices que sur des sensations. Les relations motricité-mathématiques ne sont pas toujours de nature simple ou immédiate. Quand un enfant tente de mettre un contenant dans un autre plus grand, l'action motrice induit-elle une intuition géométrique ou objective-t-elle une représentation mentale antérieure?

Pour les jeunes enfants, on peut émettre l'hypothèse que l'action motrice, du type essais et erreurs, précède la pensée organisée, les conséquences de l'action étant imprévues et perçues au fur et à mesure de leur apparition. Le résultat de l'action, s'il est positif, mène à un nouvel essai, la juxtaposition des actions semblables conduisant à l'établissement d'une relation définie entre les deux objets. Ainsi les regroupements propres aux opérations de base se font-ils d'abord par des actions concrètes, que l'on parte de groupes restreints d'objets pour former un grand groupe (l'addition, la multiplication) ou que l'on procède à l'inverse (la soustraction, la division). C'est autour de ces transformations que le vécu moteur apporte une aide précieuse au raisonnement: quelle que soit l'opération effectuée sur un nombre d'éléments, ce nombre ne varie pas. Le «faire» ou le «voir faire» concrétisent une opération, permettent de voir qu'en rassemblant des collections d'objets on obtient des ensembles numériquement distincts, incluant les sous-ensembles. Par la suite, on peut sauter l'étape physique du rassemblement et le représenter «dans la tête», sous la forme d'une image mentale. L'action motrice prépare l'action mentale de la représentation cognitive: pour avoir une notion de la moitié, il faut avoir coupé quelque chose en deux! Pour les enfants plus âgés, l'action illustre ou matérialise une représentation mentale préalable de la relation, de la solution logique. Cela explique le glissement progressif du perceptivo-moteur à l'action réfléchie, le passage de la manipulation à l'intériorisation de l'action et de son résultat. Après avoir joué avec le matériel, l'enfant traduit par le matériel. La représentation fait partie de l'abstraction et de la réflexion: elle recrée une expérience d'action que l'on peut placer à distance pour en analyser la structure.

Il n'est probablement pas inutile de rappeler qu'il ne s'agit pas uniquement de placer l'enfant dans un milieu enrichi en situations ou en objets stimulants pour provoquer chez lui l'apparition spontanée de nouvelles compétences ou précipiter son développement. Pour accroître son expérience, il faut aussi lui proposer des situations problèmes où il doit trouver une solution: à ce titre, l'enseignant joue le rôle de médiateur entre l'enfant et le milieu (Feuerstein *et al.*, 1980). Le médiateur choisit et prépare les situations nouvelles à partir de ce que l'enfant connaît déjà, met en place l'apprentissage pour faciliter les acquisitions et évalue enfin ces dernières en fournissant un

feed-back sur les réussites et les erreurs. Ainsi, les enfants manipulent ou agissent directement, puis ils intériorisent l'action et son résultat par une attitude réflexive et accèdent, enfin, aux opérations mentales par généralisation à des situations semblables dont les valeurs changent.

Les activités manipulatoires se prêtent très bien à la mise en place d'algorithmes, enchaînements d'actions ou ensembles de règles permettant de construire un objet ou de résoudre en un nombre donné d'étapes des problèmes ayant des caractéristiques communes. L'enfant construit des algorithmes à partir de structures qui se répètent, et qui disposent donc d'une période ($\circ\circ^{\circ\circ}\circ\circ^{\circ\circ}\circ\circ^{\circ\circ}$, etc.), ou à partir de structures qui se complètent ($\circ\circ^{\circ}\circ\circ^{\circ}\circ\circ^{\circ}\circ\circ^{\circ}$, etc.). Les algorithmes se «traduisent» très facilement en activités motrices: les enfants attribuent au «o» et au «°» des valeurs motrices spécifiques (un pas, une forme de saut, une direction, une intensité de frappe, etc.) et réalisent ensuite les algorithmes qu'ils ont conçus. La confection de colliers de perles selon des consignes particulières ou communes en copiant un modèle réel ou un algorithme dessiné concourt à la compréhension des principes de ce mode de représentation.

La manipulation débouche sur la formation ou l'acquisition de **schèmes**, plans d'actions schématisés ou «organisations invariantes de la conduite» (Vergnaud, 1990, p. 262). Il s'agit donc de comportements organisés identiques à eux-mêmes et liés à une situation particulière ou à une classe de situations et pouvant se généraliser à d'autres situations. «Pousser» est un schème s'appliquant à une action qui peut être faite avec les mains, les pieds, un bâton et où une force exercée sur un objet l'éloigne de nous. Les schèmes ne se rapportent pas au résultat de l'action, à la performance, mais au processus de son déroulement, à la façon de la faire, à l'organisation de l'action. Comme elle requiert une activité opératoire, l'acquisition de schèmes entraîne celle de nouvelles compétences. La notion voisine de **schéma** se rapporte, elle, aux aspects figuratifs de la pensée, à la représentation de la réalité sans transformation, comme c'est le cas pour l'image, la perception et la mémoire.

4. LA REPRÉSENTATION

La représentation est l'action de rendre sensible un objet ou un concept, de faire comme si un objet physiquement absent était présent. Cette action peut être de nature physique (l'imitation gestuelle) ou mentale (l'image). Forcément symbolique, son degré d'abstraction varie d'un support fourni par l'image à celui du langage (Paivio, 1986). Les photos, dessins, cartes, tableaux, schémas appartiennent à la forme imagée; ces différents supports ressemblent souvent à la réalité, ils en constituent un aspect isomorphe. Le langage, bien sûr, mais aussi la logique symbolique et les mathématiques se rangent quant à eux sous la dimension langage; retenons également que le langage nous sert à la fois à désigner des objets très concrets et à discuter sur des concepts très abstraits.

Les effets de la représentation imagée ressortent clairement dans l'orientation spatiale. Prenons l'exemple d'un voyageur arrivant dans une ville nouvelle et celui d'une personne habitant la même ville depuis des années. Le premier, parachuté dans un environnement inconnu ne pourra se déplacer qu'au hasard, n'ayant aucune idée anticipatrice des trajets possibles pour aller d'un point à un autre. Avec une carte, par contre, il pourra mettre en place des itinéraires possibles. Dans l'autre cas, celui du résidant, sa connaissance des lieux lui permet d'imaginer, de se représenter différents itinéraires possibles : ils ne sont pas physiquement présents mais ils le sont symboliquement, grâce à l'image mentale. Au fur et à mesure qu'il avance, il peut ajuster les déplacements envisagés en fonction de l'état de la circulation (prendre un raccourci ou faire un détour).

4.1. La représentation de l'action

Seule l'activité réflexe, de nature forcément sensorimotrice, se déroule sans représentation mentale : les circuits nerveux sont en effet constitués de telle sorte que l'excitation de cellules réceptrices entraîne la contraction de fibres musculaires données. Dans toute autre forme d'activité motrice, et indépendamment de l'âge, il existe une forme ou une autre de représentation mentale, la conduite motrice étant alors volontaire. Quand le bébé, l'enfant ou l'adolescent attrapent un objet, ils ont à en préparer le geste et donc à tenir compte d'informations propres à la position de l'objet, à sa forme, à sa taille. La qualité du mouvement diffère bien sûr de l'un à l'autre : la coordination neuromusculaire n'est pas rendue au même niveau. Au stade sensorimoteur, une forme primaire d'anticipation, et donc de représentation, sous-tend la préparation de l'acte. Cette représentation ressort bien, vers quatre ans, dans les composantes cinématiques de l'acte moteur (Mounoud et Hauert, 1982 ; Mounoud, 1986). Des enfants devant soulever des objets de plus en plus gros à une hauteur donnée modifient très peu la durée du mouvement, ce qui indique qu'ils ont augmenté la force proportionnellement au volume de l'objet et à son poids anticipé. L'action est intimement liée au couple sensation-perception, aussi bien pour sa planification (déterminer les caractéristiques de la réponse) que pour son exécution (produire la réponse motrice).

Cette activité concrète deviendra graduellement formelle afin de guider l'enfant vers le type de mobilité mentale nécessaire à l'acquisition de la notion de **réversibilité**. Toute opération peut être annulée par son contraire (addition/soustraction, division/multiplication), devra-t-il apprendre. La situation de départ est transformée une première fois pour aboutir à une situation d'arrivée, laquelle à son tour peut être modifiée une seconde fois par une action inverse pour retourner à la position de départ. Par la comparaison des perceptions qui en résultent, l'enfant établit des correspondances entre les états et les actions successives.

S'il perçoit dans un premier temps que des changements unidirectionnels modifient la forme globale de l'objet, le jeune écolier ne s'explique cependant pas d'emblée

l'invariance de certaines caractéristiques (le volume, la longueur, le nombre) ni la réversibilité d'un changement donné. C'est encore par l'action qu'il passera de notions perceptives primaires à l'idée que l'ensemble demeure, peu importe la façon dont les parties sont distribuées, la forme modifiée ou l'objet déplacé. De même, il lui faudra être entraîné, prendre conscience, par exemple, que le premier arrivé n'est pas obligatoirement le plus rapide, qu'il convient de voir d'où il est parti.

L'acquisition de connaissances et la représentation que nous nous faisons du monde extérieur se construisent par l'action, l'image et le langage (Bruner, 1973). Dans un premier temps, l'enfant connaît quelque chose par l'expérience active, l'action directe sur l'environnement (ou la manipulation), qui permet une **représentation motrice** accrue. Il se sert aussi de l'image et de la **représentation imagée** des choses auxquelles participe la perception. Enfin, il a recours au langage, moyen largement utilisé pour l'accession au savoir auquel la discussion apporte une contribution importante; c'est la **représentation symbolique**. Il existe ainsi une hiérarchie dans les modes de représentation lors du développement de l'enfant. Le premier mode, celui de la représentation motrice, conduit aux schèmes moteurs liés à la représentation concrète de l'environnement. La représentation imagée du deuxième mode, à caractère figuratif, est relativement indépendante de l'action. Quant au troisième mode de représentation, symbolique, il fait intervenir les signes linguistiques de la représentation abstraite. Action et langage se complètent mutuellement et conduisent au dépassement de la simple perception, pas toujours apte à donner une vision exacte ni complète de l'environnement, en particulier dans les épreuves sur la conservation de la matière. Par la mémoire motrice, nous nous représentons, grâce à l'expérience antérieure que nous en avons, le mouvement approprié à une situation donnée, sans que celui-ci soit toujours accessible à une description verbale: expliquer comment nous roulons à bicyclette ou conservons notre équilibre sur des patins ne peut pas être fait en détail.

L'interaction puis l'indépendance entre les représentations motrices et imagées se modifient lentement au cours de l'enfance. Dans les épreuves de reproduction du modèle d'une forme placée à côté de lui, de face ou suivant un angle de 90°, l'écopier utilise d'abord son orientation corporelle comme référence. S'il doit se déplacer pour voir le modèle afin d'exécuter la consigne, il commet un nombre d'erreurs d'autant plus grand qu'il est jeune. Il lui faut acquérir une représentation imagée indépendante des déplacements du corps pour accéder à la notion d'axes de coordonnées.

4.2. L'image mentale

L'enfant envisage des transformations possibles et les vérifie par la motricité, ce qui contribue à l'évolution des **images mentales**. Ces dernières ne constituent pas le stade final de la perception, mais une forme de représentation d'une action intériorisée et possible qui n'entraîne pas nécessairement sa réalisation. Tant que la disparition de

la perception d'un objet entraîne sa «non-existence», toute représentation en demeure irréalisable. Aussi les images mentales n'apparaissent-elles qu'à la suite de l'acquisition de la notion de permanence de l'objet. Associées à l'action, et non à la perception, elles se différencient par leur contenu (kinesthésique, tactile, visuel, etc.) et leur structure reproductrice (l'évocation d'objets déjà connus) ou anticipatrice (la représentation d'événements à venir par imagination) (Piaget et Inhelder, 1966) (figure 1.5). Les images reproductrices, comme leur nom l'indique, ne s'appliquent qu'à quelque chose de connu: je reproduis, mentalement, l'image d'un lieu (ma maison), d'un objet (ma bicyclette), d'une personne, d'un mouvement. Les images anticipatrices, comme l'évoque leur nom, réfèrent à la représentation de quelque chose à venir, à vivre d'avance un événement qui peut ou non survenir. Appartiennent à cette catégorie les épreuves où il faut imaginer ce que donnera la rotation mentale d'une forme, le pliage répété d'une feuille de papier dans laquelle on perce ensuite un trou suivi du dépliage, le développement d'un volume géométrique. La notion d'image englobe celle des opérations, la première intervenant dans la représentation, les secondes dans les transformations. Pour comprendre la différence de niveau entre les deux, dans la mesure où elles s'inscrivent l'une et l'autre dans le processus d'acquisition de la connaissance, il faut distinguer l'aspect figuratif de l'aspect opératoire.

Dans le premier cas, c'est l'état des choses qui est en cause, dans le second, leurs transformations possibles. L'**aspect figuratif** rend compte du champ d'activité défini par les perceptions (qui requièrent la présence de l'objet), l'imitation (graphique, gestuelle ou autre, associée ou non à la présence de l'objet) et l'image mentale (en l'absence de l'objet) alors que s'y appréhendent les caractères liés à la configuration de l'objet par la reproduction ou l'évocation du signifié. L'**aspect opératoire**, lui, se rapporte à l'action (ou l'opération) sur l'objet, que celle-ci soit ou non

FIGURE 1.5
L'IMAGE MENTALE

**REPRÉSENTATION D'UNE ACTION INTÉRIORISÉE ET POSSIBLE
OU D'UN OBJET PAR TRAITEMENT DE L'INFORMATION**

CONTENU	STRUCTURES	FORME DE REPRÉSENTATION	ASPECTS
- KINESTHÉSIQUE - VISUEL - TACTILE - AUDITIF	- REPRODUCTRICE : ÉVOCACTION D'OBJETS OU D'ACTIONS DÉJÀ CONNUS - ANTICIPATRICE : REPRÉSENTATION D'ÉVÉNEMENTS À VENIR PAR IMAGINATION	- VERBALE : UTILISATION DU LANGAGE - IMAGÉE : MATÉRIEL CONCRET	- FIGURATIF : • PERCEPTION • IMITATION - OPÉRATOIRE : • ACTION RÉELLE OU POSSIBLE SUR L'OBJET • TRANSFORMATIONS

directe, comme dans les actions associées à l'intelligence représentative ou d'origine sensorimotrice (reliées à la présence de l'objet) ou encore dans les actions intériorisées. Ainsi, l'image mentale spatiale, par l'homogénéité de ses formes et contenus, prépare plus particulièrement l'intuition géométrique.

Lorsque nous décidons de faire une action, nous essayons souvent, auparavant, de nous la représenter, de l'imaginer. Cette image mentale est donc une construction active que nous réalisons. Elle résulte d'une activité symbolique et n'est pas le simple prolongement d'une activité perceptive: même si nous tenons compte de la perception, nous traitons cette information en vue de la préparation d'une action. Ainsi l'image n'est pas la simple projection corticale d'une perception visuelle, mais le résultat du traitement actif et dynamique de cette information pour en abstraire les éléments essentiels. Comme pour la pensée, le support nerveux de l'image demeure encore à trouver. Bien qu'elle résulte d'une activité symbolique, l'image est liée à l'activité perceptive d'un sujet agissant dans un milieu donné, à un moment particulier (Denis, 1979, 1989).

Sur quoi s'appuie cette forme de représentation? Elle peut avoir un **mode verbal** et un **mode imagé**, modes distincts mais malgré tout interconnectés (Paivio, 1971, 1986). Le premier mode utilise le langage, en particulier dans les informations fournies pour expliquer notre point de vue. Le mode imagé prédomine dans les situations où nous utilisons du matériel concret; il facilite alors davantage l'apprentissage que le mode verbal. Dans la résolution d'un problème mathématique, il faut dans un premier temps visualiser les données, c'est-à-dire construire une image mentale concrète que nous illustrons par un dessin. C'est cette étape que sautent souvent les enfants, ce qui provoque une incompréhension du problème: ils font alors n'importe quelle opération avec n'importe quel nombre. Dans le cas de l'**image conceptuelle** d'un objet (la table, le livre), d'une action (tirer, lancer) ou d'un animal (le chat, le chien), le concept résulte des activités perceptives que suscite la présentation d'un nombre élevé de ces objets, actions ou animaux et du traitement cognitif qui en est fait. Le **concept** découle ainsi de la schématisation de l'image en ses traits principaux. Il suffit alors d'évoquer le mot pour que le processus d'imagerie s'active (devant, sur, contre, cheval, etc.). Il se forme une représentation figurative des propriétés physiques des objets ou du concept, qui fournit au sujet une expérience sensorielle pratiquement directe. Ces images reproductrices, que l'on retrouve très tôt chez l'enfant (imaginer un objet ou un événement connus mais non présents) sont complétées plus tard, après l'âge de sept ans, par les images anticipatrices propres aux événements à venir (imaginer le résultat d'une nouvelle combinaison d'actions) (Piaget et Inhelder, 1966). L'enfant chemine ainsi progressivement de l'image référence à l'image générique et au concept.

5. L'APPRENTISSAGE D'UN CONCEPT

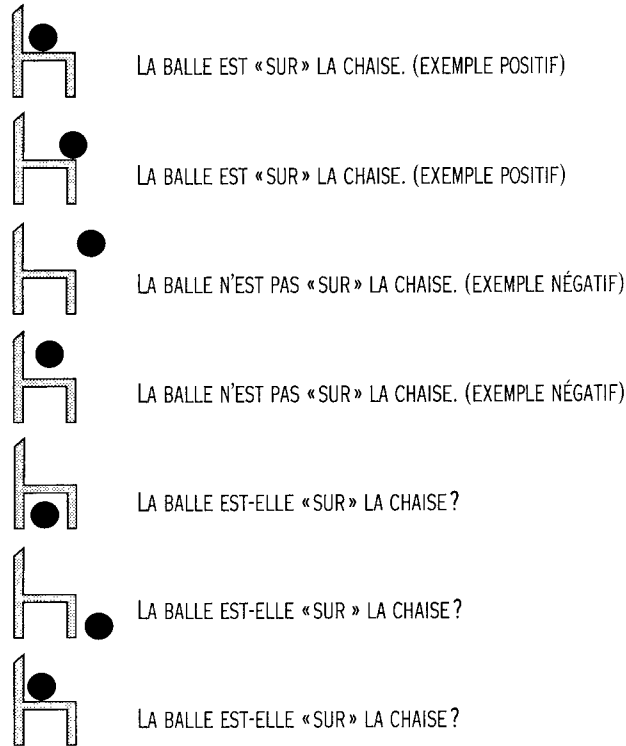
L'action motrice inclut toujours une composante cognitive et les caractéristiques des objets émanent des actions que le sujet entreprend sur eux; l'association de ces qualités mène au concept de chaque objet. Pour enseigner les concepts de base, il faut

alors aider l'enfant à passer progressivement de la pensée concrète à la pensée abstraite dont les modes de fonctionnement sont conceptuellement plus adéquats. Ce passage ne se réalise pas par des explications d'adulte, bien au-delà de la capacité de compréhension du jeune écolier. Pendant les premières années, les exercices de manipulation, de classification et de sériation d'objets préparent et illustrent les opérations logiques essentielles à la maîtrise ultérieure de l'addition, de la soustraction, de la multiplication, de la division, de l'inclusion, etc. S'il fallait préciser les étapes de la formation d'un concept, nous pourrions en reconnaître trois. La première, c'est la phase de familiarisation avec **le concret** par des exemples multiples et diversifiés. La phase de **représentation** la suit; l'intériorisation des exemples mène à la formation d'images mentales et à un début de compréhension pratique du contexte. Enfin, le concept se forme avec **l'abstraction** et sa dissociation du concret; la compréhension intuitive se généralise à toutes les situations l'incluant.

Comment favoriser l'acquisition d'un concept? Rappelons d'abord qu'un concept se définit par les propriétés ou caractéristiques finies communes à ses divers éléments (invariants) et non communes à ses non-éléments (variants); c'est une catégorie ou un ensemble d'objets, de conditions qui peuvent être regroupés à partir de ressemblances communes. Il faut donc apprendre à l'enfant à répondre «oui» lorsque les éléments d'une classe sont montrés (caractéristiques pertinentes ou positives) et «non» dans les autres cas (caractéristiques non pertinentes ou négatives), soit à dissocier les aspects pertinents des non pertinents; c'est ainsi qu'un objet est orange indépendamment de sa forme, de sa taille, de sa texture ou de sa constitution. Table, animal, verbe, sujet, nombre, poisson, bon, justice sont autant de concepts distincts. Certains possèdent une origine concrète et résultent de l'abstraction de propriétés observables, de leur qualité commune (table, chaud, rouge); d'autres, abstraits, viennent de processus, de qualités, d'explications (verbe, bon, gentil). Ils disposent d'**attributs variables** (les animaux ont quatre pattes) ou **spécifiques** (le chien aboie) à intégrer, pour les construire.

La manipulation et l'exploration d'objets dans des situations concrètes, libres ou organisées, donnent une information visuelle ou somesthésique qui illustre et prépare les concepts; il faut partir de l'observation de faits pour en déduire une règle d'où le concept est abstrait. Dans un premier temps, on fait comparer des exemples positifs de stimuli discriminatifs du concept à des exemples négatifs. Ainsi, pour aborder le concept de cube, on présente des cubes de différentes couleurs, tailles ou textures (la forme constitue l'aspect positif) en même temps que d'autres formes négatives (des sphères, des pyramides, des cylindres, etc.). Les exemples négatifs sont tout autant nécessaires que les exemples positifs pour établir les différences aussi bien que les ressemblances (figure 1.6). Cette approche vaut aussi pour la lecture: certaines lettres partagent des caractéristiques communes (a et d) mais possèdent aussi des différences (la longueur du trait vertical); lorsque cette longueur s'amointrit, le nombre de confusions augmente. À cette **stratégie inductive**, la plus généralement répandue

FIGURE 1.6
L'APPRENTISSAGE D'UN CONCEPT
 « SUR » DISTINGUÉ DE « À CÔTÉ », « AU-DESSUS », « AU-DESSOUS »



au primaire, s'en greffe une autre, **explicative**, qui suppose une familiarisation préalable avec les éléments et les non-éléments du concept. L'enseignant explique alors, de façon théorique, les caractéristiques du concept.

L'apprentissage d'un concept s'échelonne parfois sur plusieurs années. Il est compris et maîtrisé lorsque l'enfant peut le verbaliser ou le représenter et l'appliquer à des situations nouvelles. Le concept découle ainsi de l'action et non pas de la symbolisation; le symbole illustre un concept que l'enfant maîtrise déjà bien (Baratta-Lorton, 1976).

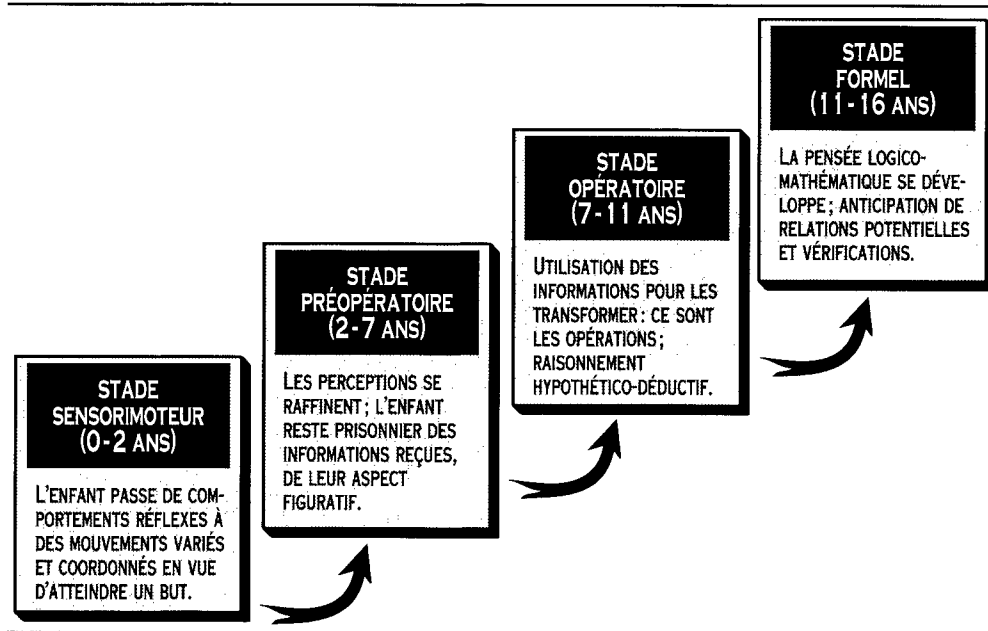
6. LES FONDEMENTS PSYCHOGÉNÉTIQUES: LES STADES DE DÉVELOPPEMENT

L'évolution de la pensée enfantine et son développement peuvent être divisés en quatre grands stades: sensorimoteur (de la naissance à deux ans), préopérateur (de deux à sept ans), opératoire concret (de sept à onze ans) et formel (de 11 à 16 ans) (figure 1.7) (Piaget, 1948, 1950, 1983; Inhelder et Piaget, 1955). Ces divisions et les âges correspondants ne peuvent plus être retenus que dans leurs grandes lignes, les enfants réussissant en effet des opérations au stade préopérateur dans des conditions adaptées: ils peuvent être «opérateurs» pour certains problèmes et «non opératoires» pour d'autres; les comportements demeurent malgré tout caractéristiques de l'évolution décrite. Un **stade** correspond à une étape caractéristique du développement au cours de laquelle se manifestent ou s'acquièrent des comportements particuliers communs à des enfants d'un âge donné. Ces acquisitions s'appuient sur la maturation nerveuse, l'expérience active et les interactions avec le milieu.

L'intelligence se développe et se manifeste par les actions motrices et leurs conséquences. Les connaissances s'acquièrent et se transforment au fur et à mesure que l'enfant agit dans le milieu et interagit avec lui. Rejetant le nativisme et l'empirisme

FIGURE 1.7

LES STADES DE DÉVELOPPEMENT DE L'INTELLIGENCE



purs, où l'acquisition de connaissances relève d'un côté de la présence de structures mentales innées et de l'autre de l'imprégnation des expériences venant du milieu, Piaget a pensé et fait ressortir que la connaissance se construisait dans l'interaction entre les actions du sujet et le milieu dans un double objectif d'organisation et d'adaptation; elle n'est pas la simple somme d'éléments externes ingérés par le sujet. Pour connaître, il faut donc agir dans le milieu, faire des opérations, nous approprier l'objet en le manipulant: la connaissance naît de l'action. Ainsi se construisent les schèmes d'action, parties d'une conduite transférables dans des situations distinctes sollicitant une action commune. C'est toute l'originalité de la psychologie de l'intelligence piagétienne dont les fondements ont été largement appliqués à l'éducation.

6.1. Le stade sensorimoteur (de la naissance à deux ans)

Rien, pour l'instant, ne permet d'affirmer qu'à la naissance le bébé ait une conscience nette de son existence, qu'il dissocie son moi du milieu qui l'entoure. Dominé par ses activités réflexes, son comportement passera, au cours des longs mois suivants, de la réaction à l'action, des réflexes à des mouvements variés et coordonnés en vue d'atteindre un but, en s'aidant au besoin d'un instrument, signes d'une activité cognitive. Les comportements associés à l'intelligence sensorimotrice sont tributaires du moment et des perceptions auxquelles donnent naissance les personnes et les objets présents, en l'absence de langage de la part de l'enfant. Les informations sensorielles s'associent pour donner à l'objet une réalité, fondée sur l'action qu'il exerce sur lui. La recherche d'une sensation particulière fait rapidement ressortir l'existence d'une constance du résultat et témoigne d'une intention dans l'action. La vision, l'audition, la proprioception et le goût assurent une connaissance première de l'environnement tout comme les gestes de préhension, de succion, de vocalisation. L'enfant commence à classifier les objets d'après leur caractère agréable ou non, tandis que se préparent les débuts de ses schèmes moteurs par la répétition, dans des situations différentes, d'une activité motrice semblable. Les sensations que cette dernière suscite amorcent à leur tour la différenciation individu/environnement. L'enfant intègre le milieu, se l'approprie (l'assimilation) tout en s'y adaptant, en modifiant ses propres comportements (l'accommodation), doubles facettes de l'équilibration, forme d'autorégulation.

Tributaire au cours du premier mois de ses réflexes, le jeune bébé apprend très vite que certaines activités procurent du plaisir et il les reproduira; ce seront les réactions circulaires primaires, secondaires puis tertiaires, phases au cours desquelles un comportement intéressant est répété et où les modalités sensorielles indépendantes s'associent progressivement, facilitant ainsi la découverte des propriétés des objets. Ces longs mois sont nécessaires à l'acquisition consciente de connaissances, comme d'ailleurs toute acquisition ultérieure: apprendre nécessite du temps et il faut savoir en laisser à l'enfant. À la fin de cette période, le jeune enfant commence à se représenter les actions avant de les faire plutôt que de s'y engager uniquement: il utilisera une tige pour approcher un objet de lui s'il ne peut pas l'atteindre directement; il sait

différencier des objets environnants, dont il sait par ailleurs qu'ils continuent d'exister bien qu'ils ne soient pas toujours visibles. L'exploration active par essais et erreurs prépare la voie à l'anticipation et aux relations de cause à effet.

6.2. Le stade préopératoire (de deux à sept ans)

Cette période relie le stade de l'action et de la recherche de son succès à celui des opérations. S'y manifestent l'apparition du langage, le jeu symbolique, l'imitation différée, la permanence de l'objet, l'intuition et la représentation mentale. C'est dire toute l'importance de cette époque préscolaire dans le développement de l'intelligence et des fonctions cognitives.

Les comportements intentionnels, c'est-à-dire ayant un but, se renforcent, bien que l'enfant demeure égocentrique et syncrétique. **Égocentrique**, il n'envisage pas d'autres points de vue que le sien propre : les autres voient ce que lui voit, indépendamment de l'endroit où ils se situent. **Syncrétique**, il appréhende de façon globale et indifférenciée le monde qui l'entoure, les objets étant reliés les uns aux autres sans raison logique, bien qu'il justifie ses actions. Restreinte par une centration trop forte, son activité perceptive lui rend difficiles les tâches qui en relèvent. Certes, ses perceptions s'affinent avec la manipulation accrue qu'il fait subir aux objets dont les détails se précisent. Cela ne l'empêche pas de dessiner les arbres perpendiculaires au sol, même si celui-ci est en pente, ou la surface de l'eau parallèle au fond du verre quand ce dernier est incliné. Il ne demeure pas moins également inapte à émettre des jugements appropriés : deux barres de pâte à modeler de longueur identique mais d'épaisseur différente lui paraissent contenir la même quantité de matière ; il détermine l'âge des gens d'après leur taille. Bref, il ne tient compte que d'une seule propriété des objets à la fois, ce qui l'induit en erreur. Le fait qu'il ramène tout à lui l'empêche d'envisager le milieu d'un autre point de vue que le sien et lui bloque toute perspective. Ne comprenant pas qu'une opération puisse être annulée par l'opération inverse, il ne possède aucune notion de **réversibilité**. Aussi éprouvera-t-il de la difficulté, par exemple, à saisir les données de base en mathématiques ou en physique ou s'en montrera-t-il tout bonnement incapable. Il niera que la quantité de matière se conserve lors de sa partition et que la masse reste identique même si sa forme initiale est changée ; le principe de la conservation lui est encore étranger. La personne la plus grande est la plus vieille, plus la hauteur de l'eau dans un verre est grande, plus il y a d'eau même si la section du verre est plus petite. Cette attitude concrète qui est la sienne alors, le soumet aux impressions immédiates reçues de l'objet. C'est là la raison pour laquelle il fera des classements univoques, ne tenant compte que d'un seul critère à la fois : les objets lui apparaissent équivalents dès l'instant où ils partagent une propriété commune. Il faudra l'apparition d'une attitude différente, abstraite celle-là, pour que l'enfant perçoive simultanément d'autres aspects des choses dont il tiendra compte pour élaborer des cadres catégoriels distincts et interchangeables. Les jeux

symboliques où, par exemple, un objet en représente un autre témoignent de l'évolution et de la force des images mentales. Ces images mentales sont encore de nature reproductrice à cet âge, l'enfant ayant beaucoup de difficulté à imaginer les conséquences des transformations physiques, prisonnier qu'il est des perceptions immédiates.

6.3. Le stade des opérations concrètes (de sept à onze ans)

C'est à ce stade qu'apparaît le comportement plus structuré évoqué précédemment et qu'apparaissent les images anticipatrices : l'enfant commence à concevoir ou imaginer les effets des transformations, des modifications de forme ou de position. Dans la résolution de problèmes, il ne se contentera plus d'effectuer une série prédéterminée d'opérations : il pourra se représenter la série des étapes avant de les réaliser. Désignant une action tantôt externe, comme la manipulation d'objets, tantôt interne, comme la manipulation intellectuelle des symboles, l'**opération** représente un moyen d'intégrer des informations en provenance du monde extérieur et de les appliquer ensuite à la résolution de problèmes. Il s'agit d'un début d'attitude abstraite qui se traduit par la possibilité de considérer de nouveaux aspects dans les choses pour les utiliser dans l'établissement de cadres de catégorie distincts et interchangeable. La connaissance s'acquiert par l'intériorisation des actions et leur transformation, lesquelles, mises ensemble, révèlent les **invariants** propres à l'objet et les conservations physiques (la substance, le poids, la forme et le volume) et spatiales (la longueur, la surface). Les perceptions qui prédominaient au stade antérieur cèdent progressivement le pas au raisonnement hypothético-déductif et aux opérations spatio-temporelles et logico-mathématiques. Dans ses opérations de classification et de sériation, l'enfant tient compte simultanément de plusieurs dimensions (la taille, la forme, la couleur, le poids). Malgré ces progrès cependant, il reste encore dépendant des manipulations concrètes, rattachant toujours les quantités et les qualités à l'objet considéré. Mais il envisage dorénavant le fait que les transformations d'un objet donné n'altèrent pas certaines de ses propriétés. Par décentration, réversibilité, causalité et perspective, s'ébauche la compréhension du phénomène qu'est la conservation de la quantité, du poids et du volume, quelque variables que soient les autres dimensions. L'identité se conserve soit par compensation d'une caractéristique par une autre, soit par inversion de l'action : le poids d'une boule de plasticine reste le même parce qu'on n'y a pas touché, que son aplatissement est compensé par une plus grande superficie ou qu'après l'avoir écrasée on a reformé la boule initiale.

Parmi les critères de classification, la couleur est, au stade précédent, plus prégnante que la forme (sauf s'il s'agit de formes familières non abstraites). Cette dernière devient ensuite l'élément privilégié, les associations fonctionnelles (regrouper des objets utilisés ensemble) s'établissant encore plus tard. On s'en rendra compte par la présentation à des enfants d'objets différents par leur forme (un cercle, un carré, un triangle), leur couleur (rouge, bleu, jaune) et leur taille (grand, moyen, petit). Lors

d'une expérience appropriée, deux objets possédant chacun trois de ces caractéristiques avaient été placés devant le sujet observé qui devait trouver le troisième objet de la série (ex. : un petit triangle rouge – un moyen triangle rouge – un grand triangle rouge) (Vincent, 1956). Dans une première série d'exercices, la forme et la taille sont semblables alors que les couleurs varient (un grand carré rouge – un grand carré bleu – ?); dans une deuxième, la forme et la couleur donnent les ressemblances (un grand cercle bleu – un petit cercle bleu – ?). Les séries les plus faciles à compléter sont celles qui comportent au départ la forme. C'est elle en effet qui définit l'objet et lui confère son identité, tandis que la couleur (absolue) et la taille (relative) le qualifient.

Lorsque la couleur et la taille sont les éléments de ressemblance (un moyen carré rouge – un moyen cercle rouge – ?), l'enfant éprouve beaucoup de difficulté à trouver la forme, probablement à cause des différences de surface et du caractère relatif de la dimension, laquelle varie d'une pièce à l'autre : un grand cercle et un grand triangle n'occupent pas la même superficie. L'établissement de la série dépasse alors la formation de couples d'objets et repose non sur la ressemblance, mais sur la différence qui se détache sur le fond des ressemblances. Ici entre en jeu une activité d'abstraction, la comparaison, qui ne se réduit pas à une simple organisation perceptive, mais relève d'une perception analytique où, par centrations successives, s'intègrent les divers aspects de l'objet. Ce développement résulte de l'interaction entre la maturation des structures et l'expérience fournie par l'environnement; il se traduit par une capacité de discrimination plus fine, un changement des stratégies d'attention, les explorations systématiques devenant plus nombreuses et l'efficacité étant accrue grâce à une meilleure prise d'information dans les stimulations.

6.4. Le stade de l'intelligence formelle (de 11 à 16 ans)

Ce stade se caractérise par la diminution de l'importance du réel au profit de l'activité mentale; la pensée hypothético-déductive, logico-mathématique et scientifique se renforce avec toutes les joutes intellectuelles qu'elle permet, dont les hypothèses, les propositions et le raisonnement. L'enfant anticipe et déduit des relations potentielles qu'il peut ensuite vérifier par l'expérimentation. Les énoncés sous forme de propositions remplacent les relations et les classes concrètes antérieures. L'abstraction lui ouvre les portes des grandes théories.

7. LES PRÉALABLES ET LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES

L'intégration sociale de l'enfant passe dans une large mesure par l'école. L'âge idéal pour l'entrée dans cet univers ne fait pas encore l'unanimité parmi les divers spécialistes. Les jeunes enfants passent successivement des pouponnières aux garderies avant de voir s'ouvrir devant eux les portes de l'institution scolaire où ils vivront une grande part de leur existence. Ils n'y seront d'ailleurs pas admis sans avoir d'abord accompli leur maternelle, la justification de cette ouverture précoce reposant en partie

sur la préparation aux apprentissages scolaires, l'objectif premier étant toutefois le développement global de l'enfant sous ses aspects moteur, affectif, intellectuel et social; il s'agit de lui fournir des bases solides qui lui seront utiles tout au long de sa scolarité. Dans ce but, l'enseignant l'aidera à mieux connaître ses forces et ses faiblesses, à développer son estime de soi, à organiser ses connaissances et à observer, à réfléchir et à résoudre des problèmes. On part du principe que plus on l'initie tôt, plus les chances de succès du bambin sont grandes et ses risques de difficultés, moindres. Qu'est-ce qui justifie pareille croyance? Peut-on préparer l'enfant à aborder efficacement les apprentissages scolaires?

Pour essayer de répondre à de telles questions, nous en discuterons d'autres, portant, par ordre, sur l'évolution du système nerveux, les relations maturation-milieu, les notions préalables, le développement moteur au préscolaire et son impact sur les apprentissages (Rigal, 1976).

7.1. Données neurophysiologiques développementales

Tout apprentissage comme toute adaptation au milieu (vie de relation) dépendent du fonctionnement du système nerveux. Bien qu'aujourd'hui nous ne sachions pas encore comment nous passons de l'influx nerveux à la pensée, nous disposons malgré tout d'un certain nombre de données sur l'évolution du cerveau.

D'abord, il est bien établi que le nombre maximal de cellules nerveuses est acquis à la naissance et que l'encéphale fait plus que tripler son poids entre le moment de la venue au monde et l'âge de trois ans. Bien qu'elles soient présentes dès le début, les cellules nerveuses ne sont pas toutes fonctionnelles: une grande partie de celles qui assument les fonctions de la vie végétative s'activent heureusement alors de façon coordonnée; celles qui, par contre, interviennent dans la vie consciente doivent encore subir différentes transformations, entre autres la myélinisation (qui facilite la conduction de l'influx nerveux) et l'augmentation des contacts qu'elles entretiennent les unes avec les autres (synapses). Tout se ferait dans le sens d'un renforcement sélectif de certains circuits nerveux au cours de l'apprentissage. Les mécanismes exacts de cette évolution laissent encore beaucoup de questions en suspens.

Nous savons cependant que, lors d'expériences de privation sensorielle réalisées chez l'animal, des modifications irréversibles du système nerveux apparaissent; il dégénère. Remis dans un contexte normal, l'animal ne corrige plus un comportement déficient. Pourrait-il d'ailleurs en être autrement lorsque les afférences sensorielles et leur traitement constituent la raison d'être des neurones?

L'évolution du système nerveux conduit à sa maturation, processus génétiquement déterminé par lequel un organe atteint son développement complet et permet à la fonction qu'il contrôle de s'exercer avec le maximum d'efficacité. La maturation du système nerveux sert de support à l'évolution cognitive, mais ce n'est pas le simple

développement biologique des cellules nerveuses qui entraîne l'évolution cognitive; il a besoin de l'interaction avec le milieu qui lui fournit les stimulations nécessaires. Les circuits nerveux s'établissent par l'expérience, par leur utilisation dans des activités motrices ou cognitives, puis se fixent dans la mémoire. Des parties données de l'encéphale contrôlent des facettes particulières de notre comportement, aussi bien ses aspects sensoriels (la vue, l'audition, la somesthésie, etc.) que ses aspects moteurs (la marche, la course, l'écriture, etc.) ou cognitifs. Nous savons aujourd'hui que la maturation des aires corticales s'effectue selon des séquences spatiales et temporelles, relativement semblables d'un individu à l'autre. Si elle commence dans les aires motrices et somesthésiques, elle s'achève plus tôt dans les aires visuelles et s'échelonne sur toute l'enfance et l'adolescence pour les aires associatives et cognitives. Cela explique que l'enfant ne puisse agir ou comprendre qu'en fonction de l'âge et du développement atteints: il existe ainsi, de façon générale, des limites physiologiques à la course à la précocité. Cette dernière ne se précipite pas: les résultats variables d'un enfant à l'autre sont en partie la conséquence de différences dans l'évolution.

7.2. Les relations maturation-milieu

Des chercheurs ont toutefois étudié les relations entre la maturation et l'entraînement pour voir s'il était possible pour un enfant de faire certains apprentissages avant l'âge normal de leur acquisition. Ces diverses études se regroupent en trois catégories selon qu'elles portent: 1) sur la privation d'exercice avant l'époque de maturation; 2) sur l'excès d'exercice avant cette époque; ou 3) sur l'abandon de l'entraînement après la période de maturation.

La privation sensorielle ou la diminution d'entraînement ne sont expérimentées, pour des raisons fort compréhensibles, que sur l'animal. L'absence d'entraînement ne modifie que très peu ou pas du tout les comportements ultérieurs, dans la mesure où les restrictions ne débordent pas l'âge où s'acquièrent normalement de tels comportements. Au-delà, les troubles deviennent irréversibles. Dans les cas où les habitudes culturelles de certaines populations se traduisent par la limitation en bas âge de l'activité motrice du nourrisson (les bébés indiens hopis, par exemple, maintenus attachés par des bandes de tissu sur des planches), les activités phylogénétiques apparaissent au moment où la maturation le permet: l'enfant marche à l'âge normal bien que ses mouvements aient été restreints auparavant.

Que produit par ailleurs le surentraînement avant l'époque où s'acquiert normalement un comportement donné? Plusieurs expériences, réalisées avec des jumeaux, ont été effectuées dans le but de répondre à cette question; un jumeau vaque, par exemple, aux occupations normales de son âge tandis que l'autre bénéficie d'un entraînement supplémentaire au cours de la même période (McGraw, 1935). Les grandes conclusions de ces études ont fait ressortir que l'entraînement n'a que peu ou pas d'effet sur le moment de l'apparition d'activités phylogénétiques comme

ramper, s'asseoir, marcher, mais qu'il affecte la façon dont l'enfant les effectue : le bambin entraîné démontre plus d'aisance et d'habileté que son frère non entraîné. Ainsi, les processus internes de maturation suivent une évolution propre dont l'aspect temporel n'est pratiquement pas modifié par les influences environnementales, lesquelles favorisent par contre le développement optimal de l'enfant, lorsqu'elles se produisent durant la bonne période du processus. Ce développement repose en effet autant sur les capacités internes de l'organisme que sur les effets du milieu.

Si l'entraînement est restreint pendant ou après la période d'acquisition normale d'une activité, le comportement peut fort bien ne jamais apparaître ou se traduire par une performance très inférieure à celle qui aurait pu être atteinte. C'est ce qui se produit dans l'apprentissage d'une langue seconde amorcé de plus en plus tard : il subsistera toujours des intonations de la langue maternelle, ou pour toute activité sportive n'ayant pas fait l'objet d'un entraînement systématique. Il faut donc, non seulement stimuler, mais encore le faire au moment opportun.

Il existe ainsi des **périodes critiques** (ou sensibles), c'est-à-dire des moments privilégiés au cours desquels des habiletés données s'apprennent de façon plus ou moins irréversible avec un maximum de facilité et d'efficacité. Au-delà de ces périodes, l'acquisition de certains comportements se révèle très ardue, voire impossible. Déterminer la durée de telles périodes demeure toutefois une tâche difficile selon la nature ou les caractéristiques de l'activité. Dans le domaine du langage par exemple, il semble difficile de parler une langue seconde sans accent si son apprentissage se fait après l'âge de douze ans.

Les moments où l'enfant accède à de nouveaux comportements dépendent davantage de son âge physiologique (témoin de son développement) que de son âge chronologique. Si ce dernier est plus facile à connaître, le premier fournit par contre des indications plus fiables sur le développement général du sujet. Il peut ainsi arriver que l'évolution d'un enfant soit beaucoup plus rapide que la moyenne (enfants doués ou talentueux), ce qui arrive pour près de 15% de la population. Dans leur cas, l'apprentissage précoce ou accéléré se justifie.

Comment ces notions s'intègrent-elles aux apprentissages scolaires et en particulier à la notion de préalables?

7.3. La notion de préalable

Est préalable ce qui a lieu, se fait ou se dit avant autre chose, dans une suite de faits liés entre eux. Toutefois, une activité qui en précède temporellement une autre ne lui est pas forcément préalable : le ramper ne représente pas un préalable majeur à la marche. Le préalable ne signifie donc pas systématiquement «avant», mais plutôt «qui facilite, qui conditionne» : c'est une activité qui prépare la réalisation d'une autre

activité. Il s'agit, en d'autres mots, de l'ensemble des conditions auxquelles est subordonné le succès de l'apprentissage d'une activité nouvelle.

Existe-t-il donc des notions ou des aptitudes qui doivent être acquises avant d'escompter aborder les apprentissages scolaires avec le maximum de chances de succès? Le simple bon sens fait répondre oui. Peut-on, en effet, commencer à écrire avant d'avoir un contrôle satisfaisant de la motricité des membres supérieurs? La lecture ne dépend-elle pas d'un niveau de discrimination suffisant pour que se fasse la distinction de signes, de lettres et de mots? La notion de nombre ne s'établit-elle pas à partir du rassemblement ou de la collection d'objets de même nature? Il faut néanmoins tempérer les relations de cause à effet que l'on veut voir entre la réussite d'un exercice et un apprentissage particulier. La seule question que l'on puisse alors poser est la suivante: Est-il possible de faciliter l'acquisition de ces aptitudes avant les débuts en lecture, en écriture ou en mathématiques?

7.4. La motricité au préscolaire et les préalables

Ce qui est vraiment apparent dans l'activité du jeune enfant, c'est sa motricité. Voilà bien un être actif par essence, en perpétuel mouvement, en interaction constante avec son environnement. Ses acquisitions proviennent en grande partie de ses activités motrices et de ses sensations: son organisation sensorielle semble d'ailleurs plus complète qu'on ne le pensait. Au fur et à mesure que s'effectue son développement moteur, l'exploration active du milieu s'amplifie. Si, au début, le milieu environnant lui fournit suffisamment de stimulations, les jouets et les activités organisées deviennent par la suite un complément indispensable à son éveil.

Dans de telles conditions, il est normal qu'une grande partie du temps, au niveau préscolaire, soit consacrée à des activités motrices globales ou fines. Ces activités touchent bien sûr le contrôle moteur, mais aussi l'acquisition de concepts par l'intermédiaire des contrastes, lesquels se prêtent particulièrement bien à l'exploration motrice et aux comparaisons nécessaires à la perception (Lapierre et Aucouturier, 1974a, 1974b; 1975). Les comparaisons sous-tendent toute activité perceptive, et elles doivent faire l'objet d'une attention constante chez les enseignants pour que les enfants prennent l'habitude de transporter leur regard d'un objet à l'autre avant de décider s'ils sont identiques ou différents. Les bambins d'âge préscolaire observent, classent et comparent; les écoliers, au début du primaire, progressent dans la classification, la mesure, la formulation d'hypothèses et l'expérimentation, le tout en des domaines aussi variés que la conservation des volumes et matières, le temps, l'espace, etc.

L'éducation motrice contribue au développement de la latéralité et de l'efficiencia manuelle, de l'orientation droite-gauche, de l'organisation spatiale et temporelle, cette dernière intéressant davantage les enfants du début de l'élémentaire, du schéma corporel (tableau 1.1). Même si leur rôle dans la facilitation des apprentissages

TABLEAU 1.2
L'ÉDUCATION MOTRICE : CONTENU

FACTEURS	DÉFINITION	ÉVALUATION	DÉVELOPPEMENT
COORDINATION MOTRICE GLOBALE	COORDINATION DES CONTRACTIONS DE DIFFÉRENTS GROUPES MUSCULAIRES PRODUISANT UN MOUVEMENT ADAPTÉ AU BUT RECHERCHÉ (MARCHÉ, COURSE, SAUT, LANCER, ETC.)	TESTS MOTEURS D'OZERETZKY, DE DENVER, DE PURDUE, DE BRUININKS-OZERETZKY	TOUS LES EXERCICES DE MARCHÉ, DE COURSE, DE SAUTS, DE LANCER, D'ÉQUILIBRE, ETC.
COORDINATION VISUO-MANUELLE (MOTRICITÉ FINE)	COORDINATION DES MOUVEMENTS FAISANT INTERVENIR LA MAIN EN RELATION AVEC LA VISION (ÉCRITURE, LANCERS DANS UNE CIBLE)	LANCERS AVEC CIBLES, TEST DE FROSTIG, DE BRUININKS-OZERETZKY	EXERCICES DE DÉCOUPAGE, DE COPIE, D'ÉCRITURE, DE PEINTURE, DE MODELAGE, DE CONSTRUCTION, TACTILES, LEGO, ÉCROUS ET BOULONS
SCHEMA CORPOREL	REPRÉSENTATION QUE NOUS AVONS DE NOTRE CORPS À L'ÉTAT STATIQUE OU DYNAMIQUE ET QUI NOUS PERMET DE NOUS ADAPTER AU MONDE EXTÉRIEUR	TEST DE CONNAISSANCE DES PARTIES DU CORPS, DESSIN DU BONHOMME, TEST D'IMITATION DE GESTES	EXERCICES DE MOTRICITÉ, RELAXATION, NOMINATION DES PARTIES DU CORPS, CASSE-TÊTE DU CORPS HUMAIN
LATÉRALITÉ	PRÉDOMINANCE DE L'UNE DE CHAQUE PARTIE SYMÉTRIQUE DU CORPS (MAIN, PIED, ŒIL, OREILLE)	QUESTIONNAIRES DE PRÉFÉRENCE MANUELLE (HARRIS, OLDFIELD, AUZIAS, RIGAL); ÉPREUVES D'EFFICIENCE MANUELLE	EXERCICES D'ADRESSE EXÉCUTÉS AVEC LA MAIN OU LE PIED
ORGANISATION SPATIALE	CAPACITÉ DE SE SITUER DANS L'ESPACE, DE DÉTERMINER LA POSITION QUE L'ON OCCUPE PAR RAPPORT À DES REPÈRES, D'ORDONNER CORRECTEMENT LES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS D'UN TOUT. ORIENTATION SPATIALE (DIRECTEMENT ASSOCIÉE À LA PERCEPTION), ET STRUCTURATION SPATIALE (ASSOCIÉE À L'ABSTRACTION ET AU RAISONNEMENT)	TESTS DE BENDER, FROSTIG	EXERCICES DE REPRODUCTION DE CIRCUITS (ENTRE DES CERCEAUX, DES QUILLES), DE REPÉRAGE SUR CARTES, CASSE-TÊTE, BLOCS GÉOMÉTRIQUES, TANGRAM, TIC-TAC-TOE, DOMINOS
ORGANISATION TEMPORELLE	CAPACITÉ DE SITUER LA SUCCESSION DES ACTIONS LES UNES PAR RAPPORT AUX AUTRES, DE DÉFINIR UN PRÉSENT PAR RAPPORT AU PASSÉ ET AU FUTUR, DE SAISIR L'AGENCEMENT DES STRUCTURES RYTHMIQUES, D'ÉVALUER LA DURÉE ET LA VITESSE	TESTS DE RYTHME DE STAMBAK, DE SEASHORE	RACONTER DES HISTOIRES AVEC DES ACTIONS SUCCESSIVES, REVOIR DANS L'ORDRE LES ACTIONS DE LA JOURNÉE; ACTIVITÉS ET FRISÉS RYTHMIQUES, COMPTINES, NOTIONS AVANT, APRÈS, MAINTENANT; LECTURE DE L'HEURE; JEUX SÉQUENTIELS
ORIENTATION DROITE-GAUCHE	POSSIBILITÉ DE S'ORIENTER DANS L'ESPACE EN FONCTION DES NOTIONS RELATIVES DROITE-GAUCHE	TESTS D'ORIENTATION DROITE-GAUCHE DE PIAGET-HEAD (GALIFRET-GRANJON), DE BENTON, DE RIGAL	EXERCICES DE VERBALISATION FAISANT INTERVENIR LES NOTIONS DROITE-GAUCHE ET SITUANT L'ENFANT PAR RAPPORT À D'AUTRES ENFANTS OU À DES OBJETS
PERCEPTION VISUELLE ET DISCRIMINATION VISUELLE	ÉTABLISSEMENT DE DIFFÉRENCES OU DE RESSEMBLANCES ENTRE DES STIMULI VOISINS PAR LEUR FORME, TAILLE, COULEUR, TEXTURE	TESTS DE FROSTIG, DE BENTON	JEUX DE MÉMOIRE, LOTOS, CASSE-TÊTE, MOSAÏQUES, MINIVÉRITECH

scolaires n'est pas encore démontré de façon claire, mais beaucoup plus pressenti que prouvé, il demeure indubitable que ces variables favorisent l'évolution globale de l'enfant en permettant une plus grande diversification de ses expériences. L'entraînement améliore les habiletés sensorielles primordiales; les activités motrices fines et globales perfectionnent les habiletés motrices de base et facilitent l'intégration perceptivo-motrice, point de départ des fonctions cognitives.

En ce sens, les activités psychomotrices préparent, mais ne remplacent pas, les apprentissages scolaires. Ceux-ci requièrent en effet une maîtrise minimale de l'organisation spatiale, des capacités discriminatives élevées, un contrôle adéquat de la motricité de la main dominante. Les programmes utilisés au préscolaire favorisent largement l'atteinte de tels objectifs.

Nous avons déjà mentionné que l'enfant est un être en croissance, en pleine évolution neuromotrice, cognitive et sociale. Ses possibilités dépendent de l'état de développement auquel il est parvenu: peut-il en faire plus qu'on ne lui en demande ou lui en demande-t-on déjà trop?

Nous sommes encore loin de connaître les possibilités du fonctionnement du cerveau. Le fait que l'on ait divisé le développement en stades correspondant chacun à l'âge approximatif auquel les enfants acquièrent certaines notions particulières n'empêche en rien de croire que, dans un autre environnement, ces âges puissent être différents. Si, de façon générale, la stimulation neuromotrice exercée par les parents est maximale (pour la station assise, la marche, les manipulations, etc.), c'est loin d'être le cas pour d'autres stimulations de nature visuelle, auditive, verbale et graphique ou encore en lecture et en mathématiques. L'exposition à un environnement enrichi conduit à des apprentissages plus précoces. Il s'agit de proposer sans forcer, d'apporter les stimulations dès que possible, l'enfant en tirant profit dès qu'il est prêt à le faire.

Pareille attitude se fonde sur un enseignement plus individualisé où la personne, et non le groupe, sert de norme. La question de la scolarisation précoce et du «toujours plus tôt» ne se pose plus dans de telles conditions: on apprend dès que l'on entre dans la période critique; la constitution récente de cycles au primaire répond à cette préoccupation (les apprentissages premiers, fondamentaux, puis l'approfondissement des connaissances).

La stimulation en milieu enrichi ne se limite pas à une surcharge d'activités. Le fait de regarder de longues heures la télévision ne constitue qu'une stimulation passive où l'enfant subit l'information et ne sait pas quoi en faire. La stimulation active où l'enfant interagit avec la situation, où il en constitue un élément, comme dans l'activité motrice, enrichit au contraire son comportement de nouveaux savoir-faire; il voit en effet les autres agir, les imite, transforme leurs actions et en élabore de nouvelles, personnelles. C'est ce qui se produit aussi dans le langage alors que l'enfant apprend

à parler sans effort parce que tous, autour de lui, lui parlent en pointant l'objet ou l'action que le mot désigne (Cohen, 1982). Il est probable que l'accès au langage écrit puisse se faire très tôt, dans la mesure où on le présente à l'enfant en lui donnant la possibilité de le comprendre. Dans ce cas, le matériel utilisé doit correspondre au développement que l'enfant a atteint dans son langage oral, il doit comporter des syntaxes équivalentes; il s'agit de mettre l'enfant dans une situation reliée à la réalité et qui a un sens pour lui.

8. RÉSUMÉ

La motricité intervient aussi bien dans l'amélioration des coordinations motrices que dans le développement des fonctions cognitives. Les sensations éprouvées au cours d'activités réflexes deviennent à leur tour causes de mouvements. Cette anticipation de l'action motrice et de ses résultats s'appuie sur l'image mentale dont les composantes figuratives et opératoires portent, les premières sur la configuration de l'objet, les secondes sur les opérations que l'on peut réaliser.

Les habiletés de base, complexes et supérieures ou de haut niveau s'acquièrent par apprentissage. Les activités manipulatoires aléatoires, guidées ou autodirigées les préparent et ouvrent la voie à l'abstraction qui isole des qualités et des relations et agit sur elles et non plus sur la réalité directement observable. Cette abstraction facilite les différentes formes de représentation auxquelles contribuent les images mentales et les concepts.

La pensée enfantine évolue du stade sensorimoteur, aux stades préopératoire, opératoire et formel. Elle quitte progressivement le support de l'activité motrice pour atteindre le raisonnement abstrait. Au cours de cette période, l'apprentissage occupe le plus clair du temps de l'enfant. À partir des exemples que le milieu lui fournit, il construit son propre comportement et complète ses habiletés. La qualité et la rapidité de cet apprentissage dépendent de facteurs de maturation nerveuse et d'influences environnementales, l'action motrice contribuant à l'accession aux connaissances.

L'APPRENTISSAGE DE L'ÉCRITURE : LE GRAPHISME

1. Introduction	49
2. Les caractéristiques du graphisme : une activité perceptivomotrice	50
3. Les activités prégraphiques	52
4. L'organisation de l'apprentissage	55
4.1. Les objectifs de l'apprentissage	55
4.2. Avant d'écrire	58
4.3. Les styles et les méthodes d'écriture	60
4.4. La main d'écriture	63
4.5. Les exercices de préécriture	64
4.6. Le guidage du geste	65
4.7. L'enfant gaucher et l'écriture	65
5. Les difficultés graphiques	66
5.1. Les dysgraphies	66
5.2. L'écriture en miroir	67
6. Résumé	68

grammaticales. Ce passage de l'**aspect calligraphique** de l'écriture (activité motrice) à l'**expression écrite** (communication) s'appuie sur l'automatisation du geste (dans ses formes, trajectoires et vitesse), laquelle lui permettra par la suite d'appliquer son esprit à l'élaboration d'un message et non plus seulement à l'exécution du mouvement, au contrôle du tracé. L'écriture inclut ainsi un aspect moteur, la calligraphie, et un aspect communication, le contenu du message. Nous ne parlerons ici que du premier, c'est-à-dire du tracé calligraphique et emploierons les termes «écriture» et «calligraphie» comme synonymes.

Lors des exercices d'écriture sous dictée, l'enfant doit organiser des perceptions distribuées dans le temps en formes distribuées dans l'espace. La succession des mots entendus ainsi les uns après les autres se transcrit sur la feuille selon une orientation spatiale déterminée, de la gauche vers la droite. Les exercices psychomoteurs préparent l'enfant aussi bien à l'acte graphique lui-même qu'aux différentes caractéristiques de l'écriture.

Qu'apprend-on par les exercices proposés au cours des séances d'écriture? S'agit-il de coordinations musculaires déterminées que l'on utilise par la suite en fonction des besoins ou plutôt de modèles spatiaux de lettres que l'on peut ultérieurement reproduire indépendamment de la position d'apprentissage? La question se pose, en effet, car, bien que nous apprenions à écrire dans la position assise traditionnelle, nous avons ensuite tout loisir de le faire aussi bien debout, au tableau, qu'allongé sur le dos, feuille au-dessus de nous et bras à la verticale; positions qui exigent pourtant des contractions musculaires très différentes. L'apprentissage de l'écriture suscite moins d'exercices systématiques qu'autrefois. Des habitudes motrices déficientes peuvent alors se créer et gêner l'acquisition d'une écriture rapide et lisible.

2. LES CARACTÉRISTIQUES DU GRAPHISME: UNE ACTIVITÉ PERCEPTIVOMOTRICE

L'apprentissage de l'écriture dépend chez l'enfant de facteurs de **maturation neuro-musculaire et perceptive** ainsi que d'**exercices** variant selon le type d'écriture (script ou liée, droite ou inclinée, lettres hautes ou non, etc.). Les facteurs internes de la qualité du graphisme, renforcés par l'entraînement, agissent sur l'indépendance segmentaire, la coordination oculo-manuelle, la souplesse de la préhension de l'objet scripteur, l'organisation spatio-temporelle pour le sens de l'écriture et l'orientation des boucles. L'activité motrice se traduit par un tracé dont la forme est dessinée dans un sens et une direction qui tiennent à des conventions.

L'**acte d'écrire** comporte un **aspect cinétique**, la force, qui mobilise le membre supérieur et qui doit être optimale, et une **dimension cinématique** dont nous ne retiendrons que les composantes de vitesse, d'amplitude et de direction du geste. L'activité motrice graphique nécessite ainsi, comme tout acte moteur, une triple

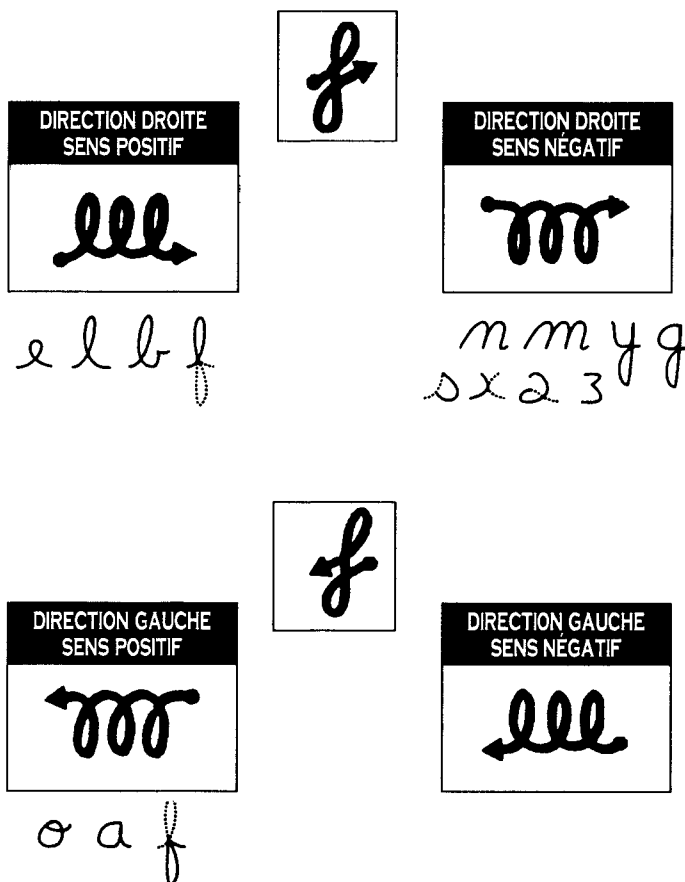
planification du déroulement du geste: une dimension temporelle pour anticiper l'accélération, le freinage, le changement de direction, la levée du crayon et l'arrêt du mouvement, une dimension spatiale pour régler la direction, le sens, la taille et l'amplitude de l'écriture, et une dimension énergétique pour contrôler l'épaisseur du tracé.

Lurçat (1974, 1979, 1985) distingue dans l'écriture un **aspect moteur**, le mouvement scripteur, un **aspect perceptif**, la discrimination des formes et les caractéristiques des lettres, et un **aspect symbolique**, la compréhension du contenu. Par graphisme, on entend aussi bien le dessin, la représentation d'une image par une action libre et spontanée, que l'écriture elle-même, qui requiert la transcription de signes par une action dirigée et structurée. La codification des signes et l'automatisation du geste suppriment la représentation étape par étape des mouvements nécessaires au tracé de la lettre ou du mot. Elle différencie également les courbes procédant d'une conduite motrice de celles qui relèvent d'une activité perceptive: les premières sont marquées au départ par des aller et retour du crayon, aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal, leur combinaison produisant le tracé circulaire. Des diverses cycloïdes possibles (figures 2.1, 2.2), toutes ne comportent pas la même fréquence dans l'écriture classique, et l'enfant acquiert progressivement la direction droite à sens positif ou négatif (sens des aiguilles d'une montre) pour le tracé des boucles. L'épaule imprime le sens de translation ou la direction du mouvement et la main, le sens de rotation et la forme. Les courbes du deuxième type, perceptives, caractérisent les reproductions de figures qui dépassent le simple trait et coordonnent des points de départ et d'arrivée ainsi que des combinaisons de segments de droite (cercle, carré, croix, spirales). L'assemblage des deux types de courbes produit l'activité perceptivomotrice caractéristique de l'écriture et du processus complexe par lequel une perception se transforme en représentation mentale de l'acte à accomplir et aboutit à l'acte lui-même. La perception de la forme déclenche l'anticipation de la programmation motrice de l'acte. Apprendre à écrire (calligraphier), c'est ainsi apprendre à organiser des mouvements pour reproduire une forme perçue visuellement: c'est une activité perceptivomotrice.

L'enfant doit apprendre à former des lettres pour les aligner ensuite les unes après les autres, parallèlement au haut ou au bas d'une feuille. Le tracé de la lettre combine deux **mouvements**, l'un de **rotation**, l'autre de **translation**, qui conduisent à la formation de cercles ou de droites ou de parties de cercle et de droite (figure 2.3). Le geste graphique et sa répétition mènent à la maîtrise de ces deux modèles de base, tandis que l'activité perceptive prépare la discrimination, la reconnaissance et l'identification des formes, de leurs variations et de leur position. Le passage de la perception au tracé (liaison visuographique) se complique lorsque les formes de la lettre vue et de la lettre à écrire ne sont pas identiques: le problème se présente lorsque l'enfant doit reproduire en cursive ce qui est écrit en script. Dans l'évolution de l'écriture, l'enfant copie les mots lettre par lettre, puis par blocs de lettres et enfin le mot entier, au fur et à mesure de ses progrès en lecture.

FIGURE 2.1
LES CYCLOÏDES

Dans l'écriture intervient le plus fréquemment la direction droite, de sens positif ou négatif.



3. LES ACTIVITÉS PRÉGRAPHIQUES

Très tôt, dès le début de sa deuxième année si l'occasion lui en est donnée, l'enfant gribouille ou barbouille avec un crayon sur une feuille ou dans les livres. Le trait se fait au hasard, sans recherche d'aucune forme précise. Le crayon est saisi à pleine main, et l'enfant gribouille à main levée, la pointe du crayon seule touchant la feuille: l'avant-bras est placé au-dessus du support. Quand l'avant-bras et le petit doigt

FIGURE 2.2
LES LETTRES ET CYCLOÏDES

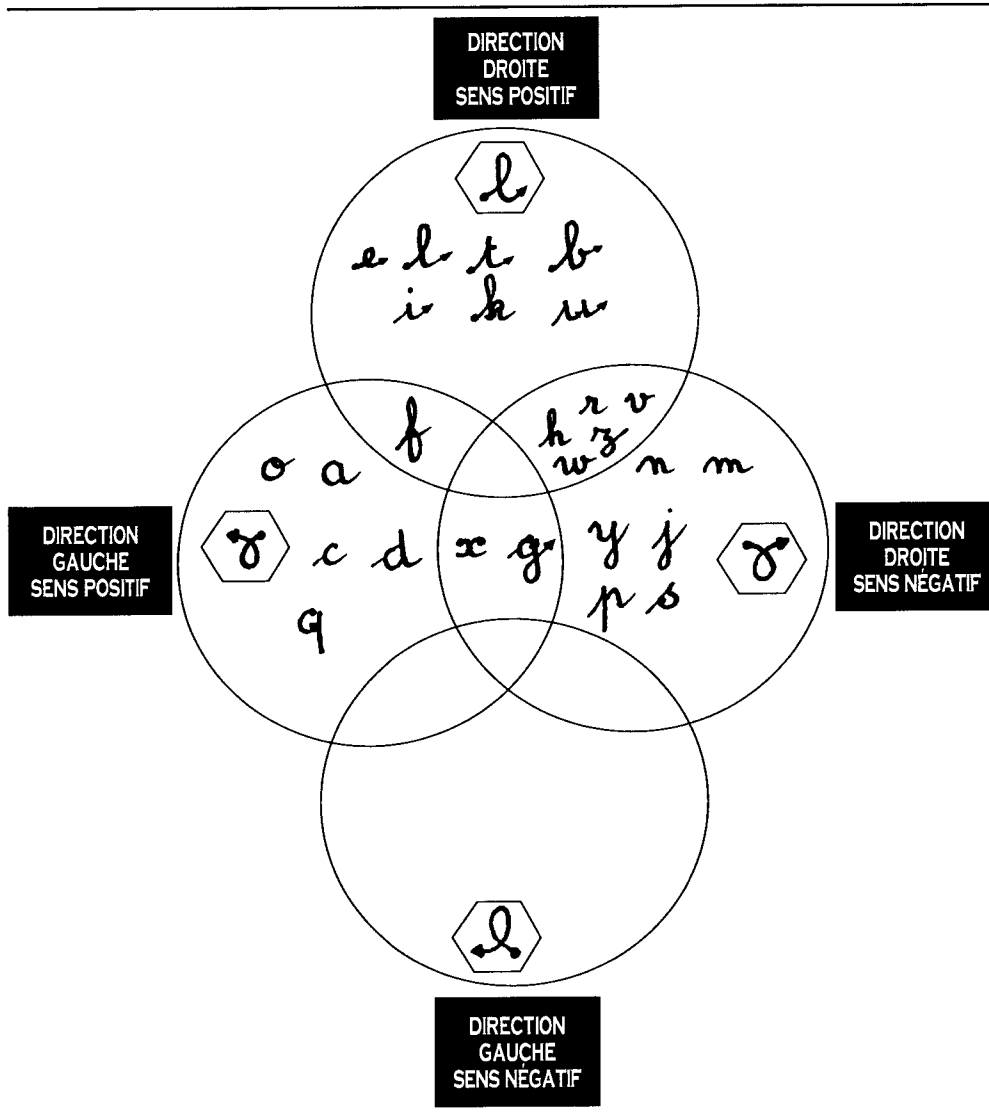


FIGURE 2.3
LES MOUVEMENTS DE BASE EN ÉCRITURE SCRIPT

		ROTATION MOUVEMENT AUTOUR D'UN AXE		
		NULLE  	POSITIVE 	NÉGATIVE 
TRANSLATION MOUVEMENT À DIRECTION CONSTANTE	HORIZONTALE	- E F Z H T	O C G Q o c a e	D n m
	VERTICALE	E J N P B K L M T ; : k l t f i	d q g u	b p h m n D B P R
	OBLIQUE	V W X Y v w x y i A		,
	CYCLOÏDE		b e f h k l	g j y z s
	NULLE	.		

s'appuient sur le support, les mouvements scripteurs sont moins saccadés, bien qu'ils mobilisent encore en bloc l'avant-bras. Avec la répétition et l'âge, la main et les doigts se désolidarisent de l'avant-bras, ce qui se traduit par une économie du geste et un tracé plus fin. Entre cinq et sept ans, les mouvements des doigts conduisent le crayon, la main servant de point d'ancrage temporaire répétitif.

Le **gribouillis** n'évolue pas de lui-même, mais subit largement l'influence du milieu, qu'elle vienne d'une demande de l'enfant lui-même ou de l'intervention de l'adulte. À ce stade, le tracé répétitif et aléatoire a souvent une forme circulaire, alternée ou horizontale, verticale ou oblique (Kellogg, 1969), et il contient l'esquisse des mouvements ultérieurs caractéristiques de l'écriture. Au fur et à mesure que

l'enfant répète cette activité graphique, son geste devient moins saccadé et plus guidé visuellement et produit des vagues et des boucles graphiques.

L'analyse de plusieurs milliers de dessins a conduit Kellogg (1969) à distinguer **quatre types d'activité** dans l'acquisition de la coordination visuo-manuelle nécessaire au tracé graphique. Au **gribouillage** succède la **combinaison de deux formes** géométriques, suivie par la **combinaison de plusieurs formes**, qui s'achève par le **dessin** proprement dit. Le gribouillage qualifie tout tracé primaire sans forme définie. Celui-ci débouche naturellement sur le dessin d'une forme géométrique et la combinaison de deux formes. Cette étape apparaît dès l'âge de trois ou quatre ans, et elle se distingue de la précédente par l'intention sous-jacente à l'action et par le fait que la main agit sous le contrôle de l'œil en fonction d'un but. Il ne s'agit plus de laisser uniquement une trace, mais de l'organiser, de la construire. Les triangles, les cercles, et les carrés apparaissent de plus en plus fréquemment dans les dessins entre trois et cinq ans. Les angles et les droites qui les constituent deviennent progressivement conformes à la réalité. Le dessin du losange marque la fin de cette lente évolution entre six et neuf ans (figure 2.4). Toutefois, parallèlement, l'enfant combine dès l'âge de cinq ou six ans plusieurs figures géométriques pour former une figure plus complexe. Le dessin proprement dit commence lorsqu'il tente de reproduire des objets ou des personnes de son environnement. Pour la reproduction d'une personne, son dessin évolue du cercle à la représentation complète en passant par le bonhomme têtard.

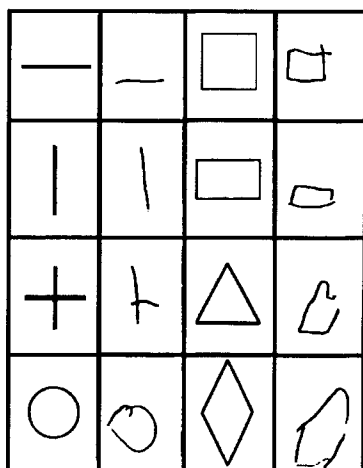
4. L'ORGANISATION DE L'APPRENTISSAGE

Le mouvement graphique est induit par des facteurs propres à l'enfant, comme la position générale du corps, la saisie du crayon, ou extérieurs à lui, comme les caractéristiques du support et celles de l'outil traceur (figure 2.5). Il est bon de combiner différemment ces derniers (la taille des crayons, la surface d'appui horizontale ou inclinée, le papier ligné ou non, etc.) pour diversifier l'expérience motrice.

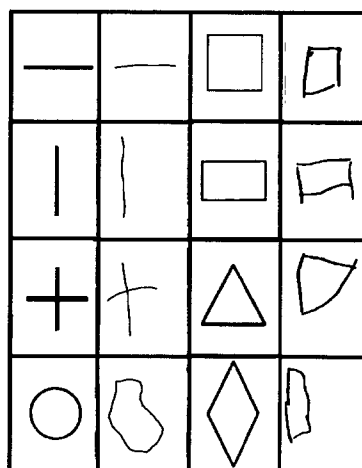
4.1. Les objectifs de l'apprentissage

Ils se résument à assurer la lisibilité et la vitesse du tracé : écrire bien, puis, vite. Dès le début il faut surveiller la qualité du tracé graphique pour que lettres et mots soient lisibles et générés par un mouvement fluide. Cela suppose le contrôle moteur précis de la main pour assurer la formation correcte des lettres, la régularité de leur taille et celle des espaces entre les lettres et les mots, le parallélisme de la ligne écrite avec le haut ou le bas de la page, l'utilisation des signes de ponctuation et des accents. Cet objectif de lisibilité sera privilégié au cours de la première ou des deux premières années de l'apprentissage ; le deuxième objectif, la vitesse, lui sera progressivement associé au fur et à mesure que les engrammes moteurs des lettres s'acquièrent.

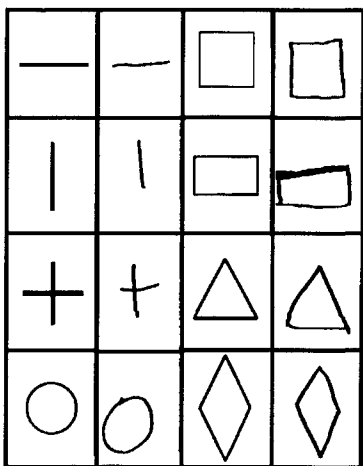
FIGURE 2.4
L'ÉVOLUTION DU TRACÉ DE FIGURES GÉOMÉTRIQUES



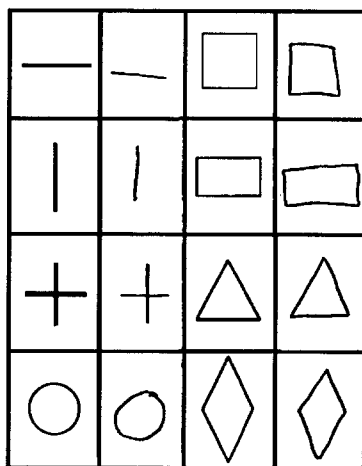
4 ANS



4 ANS 6 MOIS



5 ANS

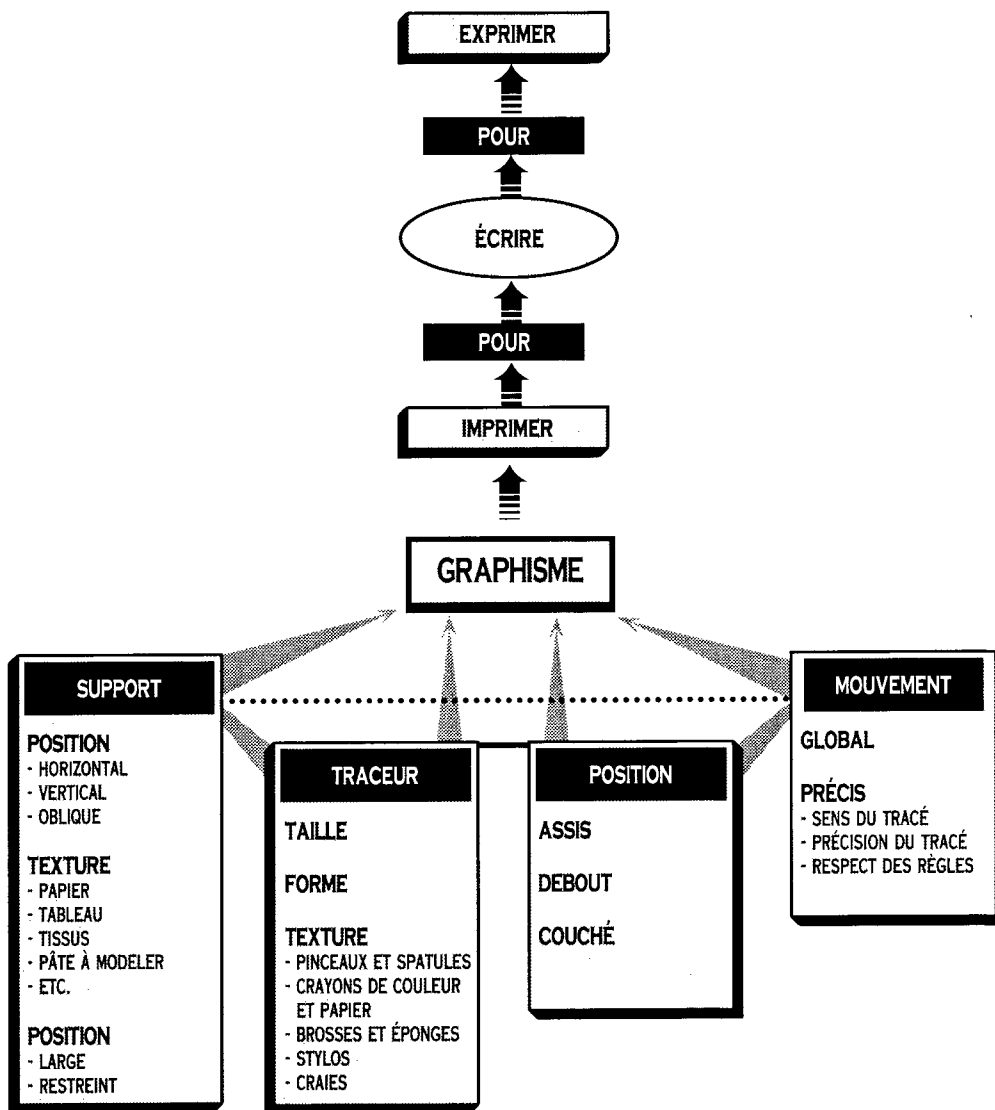


7 ANS

Les figures ont été réduites à 40 % de leur taille originale.

FIGURE 2.5
LE GRAPHISME : ÉLÉMENTS DÉTERMINANTS

Le support, l'outil traceur, la position et le mouvement déterminent la qualité du graphisme.
 En imprimant, la personne écrit pour s'exprimer.



4.2. Avant d'écrire

L'écriture n'est pas une activité naturelle; elle est même fortement socialisée et artificielle. Quand l'enfant entre en contact avec le graphisme, ses mouvements se caractérisent davantage par un contrôle de type balistique plutôt que continu: il freine difficilement son geste, il ne le conduit pas aisément visuellement de son début à sa fin, d'où l'importance de la taille du support qui doit permettre la réalisation d'un geste libre, progressivement contrôlé.

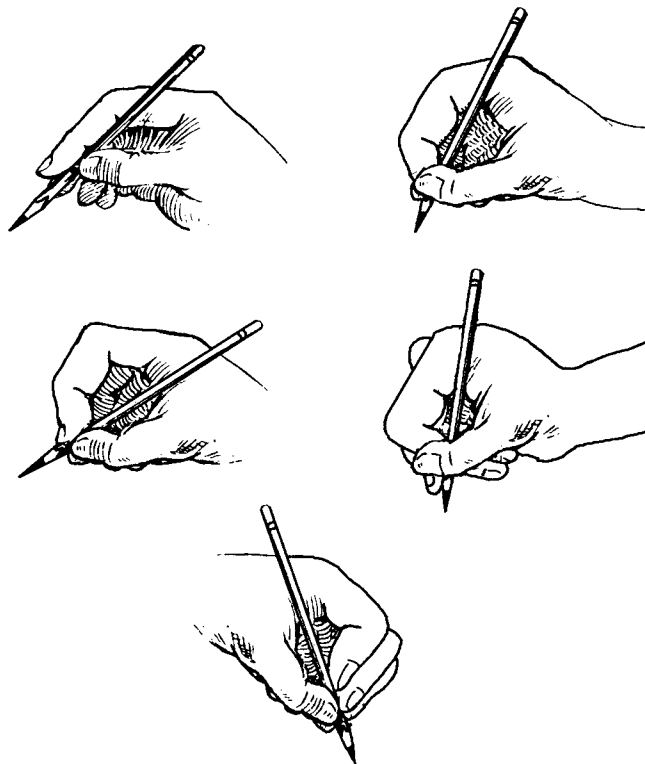
Avant d'entreprendre les exercices graphiques, il convient de s'assurer que certaines conditions préalables soient remplies (figure 2.5). D'abord la **position assise** des enfants, qui doit être bien équilibrée, face à la table, le dos droit pour éviter que les yeux ne soient trop près de la feuille, les avant-bras reposant sur la table; l'appui du corps sur la table doit se faire par l'intermédiaire du bras opposé à celui qui écrit, et non pas par le tronc comme c'est souvent le cas au début, ce qui rapproche trop les yeux de la table. La hauteur de la chaise assure un contact des pieds au sol. Ensuite **la feuille** qu'il faut placer à droite du plan sagittal médian et orienter obliquement vers le haut et la gauche pour les droitiers ou placer à gauche ou au centre et orienter vers la droite pour les gauchers, la main glissant sur la feuille. Enfin **la forme du crayon et sa tenue**: de préférence à facettes pour éviter qu'il ne glisse entre les doigts, il est saisi entre le pouce et l'index légèrement fléchis et appuyé sur le majeur, pas trop près ni trop loin de l'extrémité inférieure (environ deux à trois centimètres); c'est la prise en trois points. La tranche de la main, l'auriculaire et l'extrémité de l'annulaire reposent sur la table, la main à mi-chemin entre la pronation (tournée vers le bas) et la supination (tournée vers le haut). La main glisse sur la table, en tirant le crayon et le tracé. Chez le gaucher, la prise est semblable, les degrés de pronation et de flexion-extension du poignet changeant selon que l'enfant écrit la main sous la ligne ou au-dessus, en crochet (figure 2.6).

Le **mode de saisie** du crayon change avec l'âge, de la prise palmaire à la prise tridigitale dynamique (Saida et Miyashita, 1979). Au cours du **stade 1, de prise palmaire**, l'enfant de prématernelle saisit le crayon en haut, dans la paume de sa main et le déplace par des mouvements de l'épaule et du bras. Au **stade 2, de prise tridigitale incomplète**, l'enfant de maternelle, commence à saisir le crayon entre les trois doigts, pouce-index-majeur, au milieu de sa longueur. Dans le **stade 3, de prise tridigitale**, l'enfant de première année tient le crayon en bas et le déplace par des mouvements du poignet. Au cours du **stade 4**, enfin, celui de la prise **tridigitale dynamique**, l'enfant de deuxième année manipule le crayon par de petits mouvements coordonnés de ses doigts.

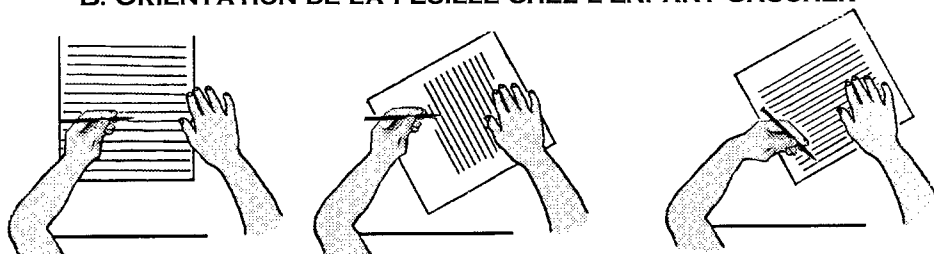
Allen et Wellman (1980) ont défini **trois positions possibles de la main**: **normale**, pointe du crayon dirigée vers le haut de la page; **inversée**, pointe dirigée vers le corps; et **parallèle**, pointe orientée le long d'une ligne parallèle à l'axe des épaules. Ces auteurs ont constaté qu'entre l'âge de six et dix ans, les droitiers

FIGURE 2.6
LA TENUE DU CRAYON

A. LES POSITIONS DE LA MAIN



B. ORIENTATION DE LA FEUILLE CHEZ L'ENFANT GAUCHER



adoptent plus souvent que les droitiers une position normale: 57 à 68% contre 16 à 40%. Bryson et MacDonald (1984) ont d'ailleurs relevé un écart similaire entre les gauchères et les gauchers (60% de positions normales contre 60% de positions inversées). La prise correcte du crayon et une position adaptée de la main décrispent et relaxent le geste, évitent la fatigue. Il faut enfin noter qu'entre sept et quinze ans, le mode de saisie du crayon n'influence pas la vitesse d'écriture, normale ou accélérée (Sassoon *et al.*, 1986); il n'y a donc pas une prise plus efficace que les autres pour la vitesse. Les crayons feutres laissent facilement une trace sur le papier et devraient être utilisés dans un premier temps. Il est aussi utile de surveiller le degré de **pression** sur l'élément scripteur et la feuille et la **tension** musculaire engendrée par les exercices: des pauses de relaxation peuvent être nécessaires pour éviter une trop grande fatigue et faire prendre conscience des différences entre les contractions et les relâchements. En outre, il est préférable de favoriser une évolution progressive guidée des mouvements que d'essayer d'obtenir d'emblée le geste recherché: les restrictions d'espace seront minimales au départ (une grande feuille blanche par exemple) et progressivement introduites (une feuille de papier plus petite et lignée) pour faciliter le guidage de la main et l'atteinte de formes de lettres homogènes. L'utilisation de références, dont les lignes simples, doubles ou triples, guide l'orientation du déplacement de la main et fournit un support spatial au tracé, sans brimer l'enfant. Chez la majorité des enfants, l'emploi de feuilles lignées est très bénéfique à la lisibilité, à la vitesse et au style de l'écriture (Pasternicki, 1987).

4.3. Les styles et les méthodes d'écriture

Si les objectifs sont relativement semblables, les méthodes sont plus diverses. Certaines privilégient les éléments des lettres et amorcent l'écriture par des exercices «préparatoires», d'autres s'intéressent aux lettres, aux mots ou à de courtes phrases. Le passage des lettres en capitales au script puis à la cursive respecte l'évolution du contrôle de la motricité globale à la motricité plus fine.

Faut-il commencer la calligraphie par l'écriture script ou la cursive liée? Le choix d'un style à l'exclusion de l'autre conditionne l'acquisition de programmes moteurs déterminés. Au départ, **l'écriture script**, bien que plus hachée dans son déroulement, demeure plus simple que **la cursive**, car elle ne comporte que des formes relativement épurées, composées de cercles et de droites ou de leurs parties; c'est elle qui est le plus souvent proposée (Smith, 1987). Les capitales d'imprimerie sont souvent utilisées dans un premier temps, compte tenu de leur taille, de leur lisibilité et de leur ressemblance avec les caractères généralement employés sur les affiches. Si la vitesse de la cursive est légèrement supérieure à celle de la script pendant l'apprentissage, en fin de scolarité elles sont pratiquement équivalentes (Vinh Bang, 1959), bien que la cursive nécessite moins de ruptures que la script par la présence des liaisons entre la fin d'une lettre et le début de la suivante, liaisons généralement orientées à 45° vers le haut et la droite.

Parmi les différentes méthodes disponibles, nous retiendrons plus particulièrement celle que Vinh Bang (1959) a conçue, que le ministère de l'Éducation du Québec a reprise, et qui assure un passage progressif de la script à la liée (figure 2.7). Les objectifs visés par l'alphabet proposé sont: l'aisance du tracé, la continuité du mouvement, l'évolution progressive de la script vers la liée; les exercices entraînent l'enfant vers l'acquisition d'une écriture lisible et rapide. Cette méthode respecte, au départ, la **similitude** entre les formes des lettres imprimées et celles qui sont produites par l'enfant; le **sens du tracé** propre à chaque lettre y permet l'évolution de l'écriture sans modification importante du geste de base. Celui-là se complète sans être différent, excepté pour le *r* et le *s*. En outre, la décomposition de la lettre en **juxtaposition d'éléments simples** correspond davantage aux possibilités du contrôle moteur et perceptif restreint de l'enfant. Les formes simples de l'écriture script, par rapport à celles, plus complexes, de l'écriture liée, s'ajustent mieux au contrôle moteur saccadé et gradué de l'enfant; la finesse de mobilisation du couple musculaire agonistes-antagonistes et de l'alternance de leur intervention est moins importante dans le tracé des droites et des courbes que dans celui des boucles et des jambages.

Avec l'évolution de l'apprentissage, la **liaison des lettres** peut être introduite pour donner un tracé plus continu et «coulé» où la fin d'une lettre prépare le début de la suivante, ce qui confère un certain rythme à l'écriture. Le mouvement continu de la cursive s'acquiert à la suite de plusieurs étapes illustrées dans les colonnes de la figure 2.6. À **six ans**, l'enfant commence par l'**écriture script de base** en portant son attention sur l'ordre de succession des traits qui composent chaque lettre, pour tracer à sept ans chaque lettre sans lever la plume. Vers huit ans, le début et la fin du tracé de la lettre sont prolongés pour préparer la liaison avec la lettre suivante; le cahier est incliné légèrement vers la gauche afin d'amorcer un début d'écriture penchée. L'enfant de **neuf ans** atteint naturellement l'**écriture cursive liée** en transformant les jambages et les traits en boucles et en reliant des groupes de lettres; à dix ans, il aura ainsi un rythme d'écriture plus rapide par liaison complète des lettres, rapidité pouvant faire l'objet d'un apprentissage systématique. Les exercices d'entraînement proposés doivent conduire à l'automatisation d'un mouvement rapide tout en assurant le contrôle de la qualité de l'écriture. Compte tenu des capacités d'apprentissage des enfants, le passage de la script à la liée peut se faire bien avant l'âge de neuf ans, sans les bousculer.

En ce qui a trait à l'ordre dans lequel les lettres sont introduites dans l'apprentissage, les règles sont plutôt souples. Les lettres peuvent être regroupées en fonction des caractéristiques des gestes qu'elles demandent: «l, i, t», «n, m, h, r», «o, c, p, q, b, d», etc., ou présentées dans un autre ordre qui évite la monotonie dans les répétitions. Le passage des capitales d'imprimerie à la cursive ne se fait pas toujours par transfert direct (V-v-v, mais A-a-a et D-d-d). L'apprentissage du tracé des lettres précède celui des mots, ceux-ci naissant de la combinaison des premières; cela ne signifie pas, toutefois, qu'il faille apprendre toutes les lettres avant d'écrire des mots.

FIGURE 2.7

DE L'ÉCRITURE SCRIPT À L'ÉCRITURE LIÉE : ÉTAPES DE L'ÉVOLUTION

(D'après Vinh Bang, 1959)

[illegible]

Explication de l'alphabet proposé :

1. Écriture script de base.
2. Mouvement du tracé. Le tracé est continu pour toutes les lettres, excepté : *k*, *x*, de même que pour *f* et *t* à cause des barres et *i* à cause du point.
3. Première étape du passage à l'écriture liée : adjonction d'un mouvement de dégagement au tracé terminal de chaque lettre.
4. Seconde étape : écriture légèrement penchée (par inclinaison de la feuille de papier). Adjonction d'un mouvement de départ pour certaines lettres qui offrent une possibilité de liaison avec la lettre précédente. Plusieurs grosseurs de boucles sont envisagées.
5. Passage à la liaison. Exemple montrant comment la lettre peut être liée à une autre qui la suit.
6. Exemple montrant comment lier la lettre avec une autre qui la précède.
(Pour les lettres n'offrant pas les possibilités de liaison mentionnées sous 5 et 6, on présentera plusieurs artifices de liaison. L'élève sera libre d'adopter celui qui convient le mieux à son graphisme personnel. Nous conseillons même d'éviter les liaisons dans ces cas.)
7. Tracé jugé dangereux car il peut entraîner des déformations ultérieures.

Il ne faut pas perdre de vue que l'écriture sert à communiquer et que l'enfant éprouve toujours un vif plaisir à écrire son prénom, son nom et d'autres mots de son vocabulaire courant. À force d'écrire et de réécrire des lettres l'enfant se forme des modèles moteurs de chacune d'elles, les engrammes, modèles qu'il enregistre dans sa mémoire motrice d'où il peut par la suite les puiser pour reconstituer n'importe quel mot. Il est plus probable, en effet, que nous programmions l'association de lettres que l'écriture de mots entiers. Si lors des premiers essais de copie l'enfant programme le tracé de chaque lettre au fur et à mesure qu'il le réalise, très vite il anticipe la préparation des commandes motrices des lettres qui suivent celle qu'il est en train d'écrire, ce qui permet une écriture rapide, non saccadée.

Quant à la progression pendant les différentes années du primaire, au cours préparatoire (ou première année), on vise la maîtrise du geste graphique, soit le tracé de lettres et de mots avec ou sans accent, la régularité des intervalles entre les lettres et de l'espacement entre les mots; de courtes phrases peuvent initier l'enfant à la ponctuation. Au cours élémentaire (deuxième et troisième année), il faudra sensibiliser l'enfant aux règles de l'écriture, comme le tracé horizontal, l'alignement à gauche du début des lignes. Au cours moyen (quatrième et cinquième année), l'écriture liée doit être rapide, lisible, coulée et de taille régulière.

4.4. La main d'écriture

Quand l'enfant arrive à l'école, sa manualité est généralement déjà bien déterminée. Que faire lorsque ce n'est pas le cas, au moment d'apprendre à écrire? On ne nous enseigne à écrire que d'une seule main, bien que, à vrai dire, rien ne s'oppose à un apprentissage bi-manuel, sauf peut-être la durée de l'acquisition! Il faut donc **trouver la manualité de l'enfant** et l'aider à choisir la main qui lui convient le mieux. Quand l'enfant n'est pas sûr de sa préférence manuelle, une enquête menée auprès des parents et de la famille donne, dans un premier temps, des indications sur les prédispositions naturelles éventuelles de l'enfant. Si cela n'est pas concluant, il faut, dans un deuxième temps, évaluer sa manualité à l'aide de questionnaires de préférence manuelle ou d'épreuves d'efficacité manuelle: ces épreuves font ressortir la fréquence d'utilisation de chaque main dans les activités quotidiennes (frotter une allumette, piquer une tige dans un trou, cirer les chaussures, transvaser de l'eau, gommer, se brosser, vider un compte-goutte, utiliser une cuillère, faire sonner une clochette, dessiner) (Auzias, 1984), ou leur performance à des épreuves d'habileté manuelle. Le choix devrait se porter sur celle obtenant les scores les plus élevés. Il s'agit d'aller dans le sens de la dominance établie plutôt que de vouloir tout changer et de provoquer ainsi l'apparition de difficultés. S'il ressort de ces observations que l'enfant est vraiment ambimane ou ambidextre, on peut l'encourager à écrire de la main droite, cette activité étant plus simple à accomplir de cette main que de la gauche, ne serait-ce que parce qu'elle ne dissimule pas la ligne écrite.

4.5. Les exercices de préécriture

L'école maternelle et le cours préparatoire (première année) préparent l'enfant aux apprentissages scolaires, même si ce n'est pas leur objectif primordial. Bien que l'écriture ne soit pas abordée à cet âge de façon systématique, si l'on en commence l'apprentissage, autant placer tout de suite les enfants dans les conditions les plus favorables et leur enseigner les gestes graphomoteurs adéquats (Guillaud *et al.*, 1988). De nombreux exercices prégraphiques amorcent le contrôle du geste aussi bien par des jeux moteurs qui facilitent la dissociation de la main de l'avant-bras et la rotation du poignet (les marionnettes, le vissage-dévisage, les manipulations libres) que par le dessin ou par des exercices plus structurés où le tracé (traits droits, ronds, boucles, jambages, arrondis) l'emporte sur la représentation et même sur la forme. C'est l'âge où, par des jeux graphomoteurs (le dessin d'arabesques, le tracé de contours de figures, le tracé de lignes ininterrompues, de courbes et de lignes droites), le geste graphique s'affine et se contrôle (Villani, 1985). Par exemple, l'enfant est appelé à faire un tracé autour d'obstacles dessinés sur une feuille selon une direction précise, à combler des formes avec des tracés différents, à produire et à organiser des tracés graphiques personnels, à transformer son tracé en un autre à partir d'un point donné, à l'appuyer ou à effleurer la feuille, etc. La répétition d'une même forme (des ronds, des boucles, des sinusoïdes, des croix, des triangles, etc.) conduit à une forme plus grande (une maison, une voiture, un arbre, une personne, etc.). Les différents exercices que l'on fait faire aux enfants de cet âge ont pour principaux objectifs de développer l'aisance de la mobilisation du membre supérieur (motricité globale) et de permettre l'acquisition de l'indépendance de ses différents segments (le bras, l'avant-bras, la main et les doigts), objectifs qui, une fois atteints, assureront le contrôle de la motricité fine. La recherche d'un beau graphisme doit succéder à la compréhension des règles fondamentales de l'écriture, dont son orientation ou le sens de son tracé, le rassemblement des lettres et la séparation des mots, l'économie énergétique du geste, la lisibilité du tracé.

De tels exercices doivent développer l'habileté motrice tout en préparant à l'écriture. Ils portent sur le contrôle des petits muscles de la main et de ceux de l'avant-bras, la coordination oculo-manuelle, la saisie et la tenue de l'instrument graphique, l'aptitude à faire les traits de base. Ils peuvent être présentés lors d'activités générales de travaux manuels (le modelage, le dessin, la peinture, le découpage, le collage) ou d'activités plus précises de dextérité manuelle, dont tous les exercices de manipulation fine de petits objets. En outre, l'état de contraction des muscles du membre supérieur scripteur, et même de l'ensemble du corps, doit être surveillé constamment pour éviter la fatigue musculaire. Des exercices de relaxation doivent faire prendre conscience à l'enfant de l'alternance et de la différence entre la contraction et le relâchement. Ce contrôle tonique affine et libère le geste graphique.

4.6. Le guidage du geste

Lors des séances d'apprentissage de l'écriture, l'enseignant doit surveiller les gestes et les postures des enfants et leur donner un feed-back qui leur indique les erreurs et attire leur attention sur la façon de les corriger. Il ne s'agit pas uniquement de faire recopier, repasser, décalquer ou compléter des lettres, mais aussi d'expliquer où il faut commencer la lettre et dans quel sens il est préférable de déplacer le crayon pour laisser la trace, tout en simplifiant le geste.

Au primaire, dès le cours préparatoire (ou première année), différents modèles de présentation des lettres peuvent être proposés à l'enfant (Lurçat, 1979, 1985): le **modèle visuokinesthésique**, où l'enseignant guide la main de l'enfant et lui donne des informations kinesthésiques sur la forme et la trajectoire; le **modèle visuociné-tique**, où l'enseignant dessine la forme devant l'enfant sans donner d'indication motrice; et le **modèle visuostatique** (mais dynamique pour la réalisation), où l'enfant recopie, décalque, repasse, complète des lettres ou des mots sans avoir aucune indication perceptive extérieure sur l'organisation du mouvement. Ces différents modèles coexistent régulièrement dans les situations d'apprentissage scolaire et peuvent être complétés par un modèle **verbovisuel** où l'enseignant verbalise ce qu'il fait au fur et à mesure qu'il trace les lettres, ce qui renforce l'apprentissage par imitation ou modelage. Lorsque l'enfant possède les informations nécessaires sur le sens de la trajectoire des lettres (le point de départ, le sens de déplacement, l'arrêt), il peut répéter son geste dans les exercices de copie pour en affiner la réalisation et le contrôle, coordonnant ainsi ses propres sensations kinesthésiques et visuelles, coordination indispensable pour tracer les lettres et conserver une écriture des mots sur une ligne horizontale. L'enseignant doit veiller à ce que la posture générale de l'écopier soit bonne et que le sens du tracé des lettres soit adéquat tout en s'assurant que l'enfant ne dissocie pas les éléments qui constituent les formes (séparer le o et le l du d), ne les répète pas (m écrit mm) ou ne les inverse pas en miroir (b écrit d). La trajectoire du mouvement qui donne à la lettre une forme doit faire l'objet d'un apprentissage organisé et systématique. Quand on les laisse devant un modèle fixe d'une lettre ou d'un mot en leur demandant de le reproduire tout seuls, les enfants ne bénéficient pas d'un modèle dynamique de trajectoire et ils peuvent alors acquérir de mauvais automatismes qui ralentiront le geste graphique. Le geste compte tout autant que la trace.

4.7. L'enfant gaucher et l'écriture

Au début de l'apprentissage de l'écriture, il n'est pas rare que les parents s'inquiètent de la manualité gauche de leur enfant; ils désirent savoir si cette particularité va ou non perturber les apprentissages scolaires et s'il ne faudrait pas changer la main d'écriture. Il n'y a pas de réponse toute faite à cette question et chaque cas doit être traité individuellement. Comme l'enfant est le premier concerné, il doit participer à la prise

de décision et il faut respecter sa prédisposition. Le laisser écrire de la main gauche ne constitue pas la «pire» des solutions mais probablement la meilleure, celle qui causera le moins de problèmes par la suite. Il est loin d'être clair, en effet, que la vitesse d'écriture des gauchers soit moindre que celle des droitiers. Il ne faut surtout pas forcer l'enfant à écrire de la main droite en usant de pressions physiques ou psychologiques, comme cela fut souvent le cas par le passé, en lui imposant en plus les mêmes positions que celles conseillées pour les droitiers. L'enseignant doit lui aussi s'adapter et s'assurer que la position adoptée par l'enfant est confortable, que celui-ci se sent à l'aise. Pour que le corps ne gêne pas le déplacement du bras, on peut décaler la feuille vers la gauche et l'orienter selon un axe incliné du haut à droite vers le bas à gauche, ce qui permet de garder la main gauche sous la ligne. On peut aussi incliner la feuille dans l'autre sens (haut à gauche, bas à droite) si l'enfant se sent plus à l'aise pour écrire avec la main gauche en crochet, main au-dessus de la ligne d'écriture (figure 2.8). Dans ce dernier cas, il est préférable, dans les exercices de copie, que le modèle soit écrit au-dessous des lignes sur lesquelles l'enfant écrira, afin qu'il lui soit visuellement accessible. Le crayon peut être tenu un peu plus loin de l'extrémité touchant la feuille afin de permettre une meilleure visibilité de la trace.

Il peut arriver aussi qu'un enfant, jusque-là droitier, se mette à écrire de la main gauche, par mimétisme envers un frère aîné, un parent, un ami. En lui faisant remarquer son comportement, il est généralement assez facile de le ramener à l'écriture de la main droite.

5. LES DIFFICULTÉS GRAPHIQUES

5.1. Les dysgraphies

Un enfant est dysgraphique lorsque la qualité de son écriture (lisibilité, régularité de la taille des lettres et de celle des espaces, alignement des lettres et des mots) est déficiente même s'il ne souffre d'aucun déficit neurologique ou intellectuel. Ces enfants présentent généralement d'autres troubles moteurs, des perturbations de l'organisation spatiale, une latéralité gauche ou mal établie. On peut les regrouper en cinq groupes distincts (Ajuriaguerra, 1977): 1) les enfants **raides**, qui recherchent un contrôle du geste tel qu'ils développent une tension musculaire excessive qui se relâche lors d'épreuves de rapidité; 2) les enfants à **graphisme relâché**, qui présentent une écriture irrégulière, peu perturbée d'un point de vue moteur; 3) **les impulsifs**, chez qui la forme des lettres est mal achevée et la page mal organisée; 4) **les maladroits**, dont le graphisme est perturbé dans son exécution, la lecture en étant ainsi difficile; et 5) **les lents et précis**, au graphisme régulier et bien organisé, qui recherchent la précision et le contrôle, ce qui ralentit beaucoup la vitesse d'écriture.

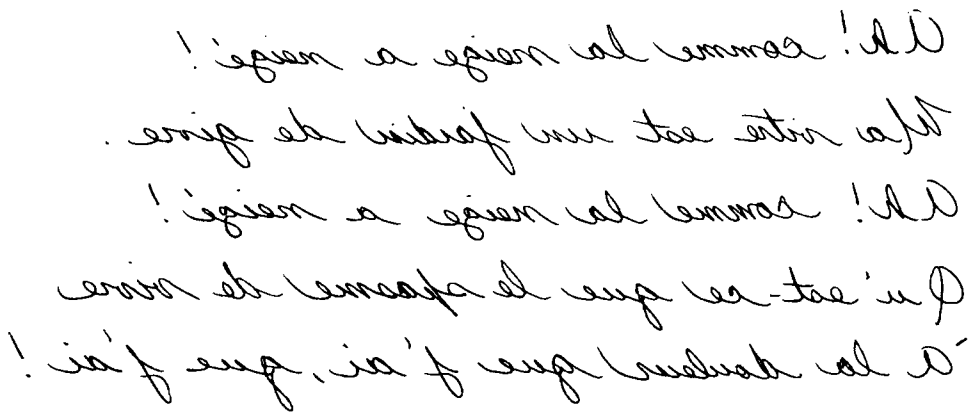
Lorsqu'une rééducation s'impose, on doit reprendre de façon systématique les exercices de contrôle de la motricité utilisés pendant les étapes de la préécriture et porter une attention particulière à chacun des aspects de l'acte graphique, de la position du corps au tracé, en passant par les mouvements du bras ou la saisie du crayon.

5.2. L'écriture en miroir

Il arrive fréquemment, en première année scolaire, que l'enfant écrive «en miroir», particularité disparaissant presque toujours vers l'âge de huit ans. L'écriture en miroir se caractérise par un graphisme horizontal symétrique (écriture de droite à gauche) et une lecture qui ne peut se faire qu'à l'aide d'un miroir, d'où son appellation (figure 2.8). Ce graphisme pourrait résulter d'une immaturité de la perception spatiale et visuelle des lettres; l'acquisition de la lecture le corrige. L'enfant ne pouvant pas relire ce qu'il

FIGURE 2.8
L'ÉCRITURE EN MIROIR

Pour lire cette partie du poème d'Émile Nelligan, placer un miroir incliné à la droite du texte et lire dans le miroir.



Ah! comme la neige a neigé!
Ma vitre est un jardin de givre.
Ah! comme la neige a neigé!
Qu'est-ce que le spasme de vivre
À la douleur que j'ai, que j'ai!

du poème d'Émile Nelligan

vient d'écrire tend à modifier son mouvement scripteur (Hildreth, 1950). La détermination de la direction de l'écriture prévient l'écriture en miroir où l'enfant écrit de droite à gauche, en inversant le sens de formation des lettres et celui du déplacement du crayon. La présentation d'indications sur le sens de l'écriture facilite la rééducation.

6. RÉSUMÉ

L'apprentissage de l'écriture fait intervenir des éléments moteurs et perceptifs (visuels et kinesthésiques) pour déboucher sur le symbolisme de l'expression. Si l'on veut faciliter cet apprentissage, il faut :

- prendre en considération l'âge des enfants, qui agit sur leur degré de maturation et leur niveau de contrôle moteur ;
- proposer des activités adaptées à leur âge et qui les motiveront ;
- surveiller la posture de base assise et la tenue du crayon ;
- construire des exercices prégraphiques de contrôle du geste avant de commencer les exercices sur les formes et les signes ;
- alterner les exercices d'écriture et de détente pour éviter la crispation et la fatigue musculaire ;
- donner le maximum de suivi visuel et kinesthésique à l'enfant en guidant si nécessaire son geste au départ ;
- attirer l'attention de l'enfant sur le point de départ et le sens de la trajectoire du crayon dans le tracé des lettres ;
- surveiller d'abord le contrôle global du geste pour en arriver à sa finesse et à la précision de son exécution ;
- adopter une méthode évolutive de l'apprentissage de l'écriture, qui permette le passage de la script à la liée par modification progressive du geste de base ;
- favoriser la représentation mentale des formes des lettres et des actes moteurs qui leur correspondent ;
- procéder en allant de la perception du modèle à la représentation mentale de l'acte moteur, à sa concrétisation, à son évaluation et à son automatisation par répétition et correction.

LA LECTURE

1. Introduction	71
2. Les centres corticaux sollicités	72
3. Les mouvements oculaires	74
4. L'identification des mots	77
4.1. La discrimination	78
4.2. La reconnaissance	79
4.3. L'identification	79
5. Les méthodes d'apprentissage en lecture	82
5.1. Les méthodes synthétiques: de «a» à «z»	83
5.2. Les méthodes analytiques: de «abaca» à «zythum»	85
6. Les programmes perceptifs et la lecture	86
7. La latéralité et la lecture	89
8. L'orientation droite-gauche et la lecture	91
9. L'organisation spatiale et la lecture	93
10. L'organisation temporelle et la lecture	94
11. Les moyens pédagogiques	95
12. Résumé	96

1. INTRODUCTION

Lire, c'est saisir activement de l'information et la traiter pour comprendre le sens d'un message véhiculé par des signes écrits regroupés, en établissant des liaisons entre des graphèmes (le signe, la forme d'une lettre) et des phonèmes (l'élément sonore d'une lettre ou d'un groupe de lettres, les voyelles, les consonnes et les semi-consonnes et semi-voyelles), et non pas seulement associer les lettres entre elles pour décoder des mots. La lecture inclut ainsi la perception, avec l'accès au lexique, et la compréhension, représentation et connaissance du monde par intégration sémantique ou inférence anticipatrice (Dubois, 1985-1986). Cette activité requiert donc du lecteur des aptitudes perceptives discriminatives pour identifier les lettres, l'intégration des lettres dans une représentation graphémique ou phonologique du mot et son utilisation pour avoir accès au sens du mot et enfin l'intégration du sens de groupes de mots dans des structures supérieures pour la compréhension du texte lu (Siegler, 1983). Notons aussi que le mot comprend une racine, le sémantème, auquel peut s'adjoindre un morphème, élément qui confère au mot un aspect grammatical déterminé (dans «chantent», par exemple, «chant» est le sémantème et «ent» le morphème, marque dans ce cas de la troisième personne du pluriel des verbes au présent).

Nous sommes encore loin de connaître les mécanismes de la lecture qui transforment progressivement des sensations visuelles en une compréhension des idées que de simples signes renferment et transmettent d'une personne à l'autre. Comment se fait-il que l'interprétation de signes identiques par des personnes différentes produise des variations telles qu'elles oscillent entre un apprentissage parfait et l'échec

total? Si ce dernier nous défie dans la compréhension de ses causes, nous ne pouvons pas non plus affirmer que nous ayons saisi le processus de la réussite. La diversité des motifs d'échec invoqués témoigne aussi bien de la complexité du phénomène que de notre incapacité à cerner les véritables problèmes de la lecture, à savoir la difficulté à percevoir vite et bien la suite ordonnée des lettres, la lenteur du décodage et la compréhension. Rappelons, pour mémoire, que l'on mentionne tour à tour les méthodes (syllabiques, globales ou mixtes), le niveau de développement (intellectuel, affectif, psychomoteur) atteint par l'enfant, le milieu socio-économique, les déficiences organiques et sensorielles, les difficultés linguistiques, l'hérédité. Les difficultés rencontrées sur le chemin de l'apprentissage de la lecture, normales jusqu'à un certain point, sont dénommées et regroupées de diverses manières. La dyslexie désigne l'un de ces troubles, la difficulté à apprendre à lire (le décodage et la compréhension des signes écrits, les mots) malgré une intelligence et des aptitudes linguistiques par ailleurs normales (Noël, 1976; Lefavrais, 1985).

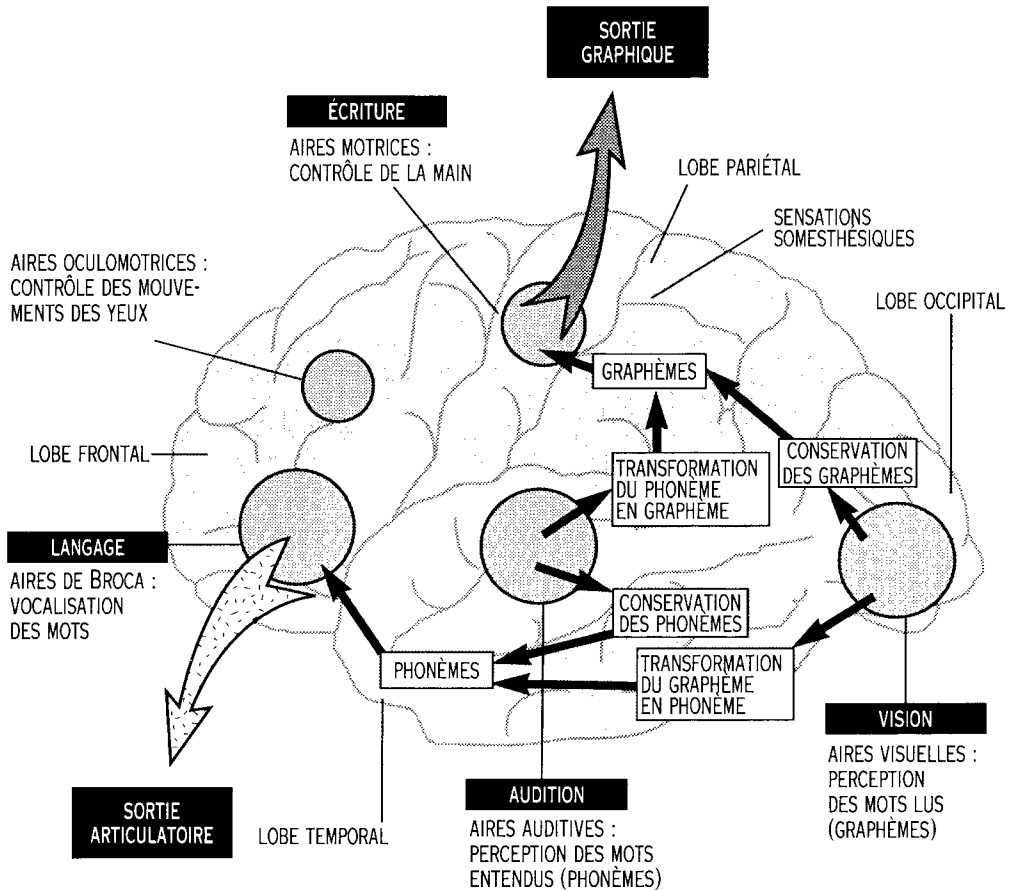
Des différents apprentissages scolaires, la lecture est celui qui a donné lieu au plus grand nombre de recherches pour étudier les effets des composantes psychomotrices, dont en particulier la latéralité, sur son rendement. Les résultats de ces études sont aussi contradictoires que les processus d'apprentissage peuvent être obscurs. La lecture à voix haute sollicite l'intervention constante des centres du contrôle du langage situés, pour la grande majorité des personnes, dans l'hémisphère gauche qui renferme également les centres de contrôle de la motricité de l'hémicorps droit. La proximité de ces deux centres distincts a laissé entrevoir une influence possible du développement psychomoteur sur le rendement en lecture, influence que confirmeraient les résultats des études sur l'évolution de l'intelligence chez l'enfant et qui renforcerait l'hypothèse d'un support apporté par l'acte moteur à la perception et aux fonctions cognitives. L'absence d'une dominance hémisphérique nette pourrait entraîner l'apparition de certains troubles dont principalement la dyslexie et la latéralité croisée ou hétérogène.

Au cours de ce chapitre, nous aborderons successivement l'étude des centres nerveux intervenant dans la lecture, les caractéristiques des mouvements oculaires, l'analyse des différentes approches possibles de la lecture et les interactions entre les composantes du développement psychomoteur et la réussite en lecture.

2. LES CENTRES CORTICAUX SOLLICITÉS

La lecture à voix haute fait intervenir simultanément différents centres corticaux, la plupart situés dans l'hémisphère gauche (figure 3.1). Dans un premier temps, les aires corticales visuelles occipitales traitent l'information visuelle transmise par l'œil et permettent le décodage du texte écrit, à partir duquel apparaît la signification. Le gyrus angulaire intègre l'information visuelle aux connaissances phonétiques acquises antérieurement. La transformation du symbole graphique en son nécessite l'interven-

FIGURE 3.1
CENTRES CORTICAUX SUSCEPTIBLES D'ASSURER
LE CONTRÔLE DE CES DEUX ACTIVITÉS



tion des aires motrices frontales (l'aire motrice supplémentaire pour la planification des actes moteurs et l'aire de Broca pour la production des sons et du langage). La vérification de l'exactitude des sons émis se fait dans les aires auditives temporales qui reçoivent l'information transmise par l'oreille et dans l'aire de Wernicke pour la compréhension des messages verbaux. Les fibres nerveuses du corps calleux assurent l'association entre les aires corticales correspondantes ou différentes des deux hémisphères. De façon générale, l'hémisphère droit nous permet une perception globale

des mots à partir de leur forme, tandis que l'hémisphère gauche, en plus d'assumer aussi ce rôle, facilite l'analyse des parties du mot et la détermination de la fonction syntaxique.

L'ensemble de ce processus nécessite une fraction de seconde ou quelques secondes selon les aptitudes du lecteur. Au fur et à mesure que progresse l'apprentissage, le temps de traitement de l'information diminue et la vitesse de lecture augmente.

3. LES MOUVEMENTS OCULAIRES

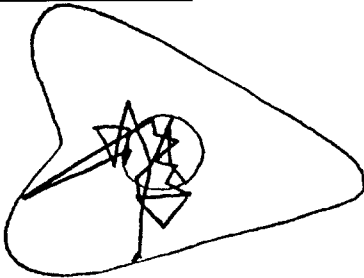
Lorsque nous explorons visuellement une forme, nos yeux effectuent toute une série de mouvements d'un endroit à l'autre de l'objet (figures 3.2 et 3.3).

FIGURE 3.2
L'EXPLORATION OCULOMOTRICE

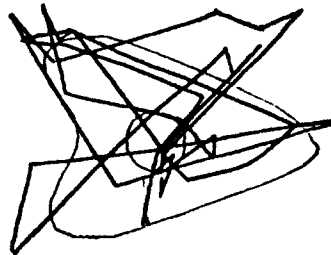
(D'après Vurpillot, 1972, p. 239)

La forme du stimulus est le trait fin. Le trait épais représente le trajet du regard.

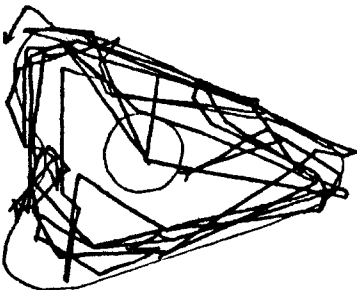
FAMILIARISATION : 3 ANS



RECONNAISSANCE : 3 ANS



FAMILIARISATION : 6 ANS



RECONNAISSANCE : 6 ANS

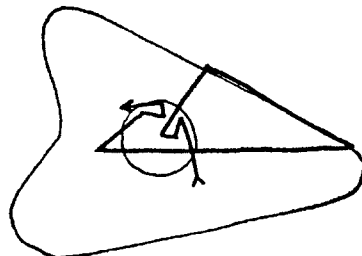
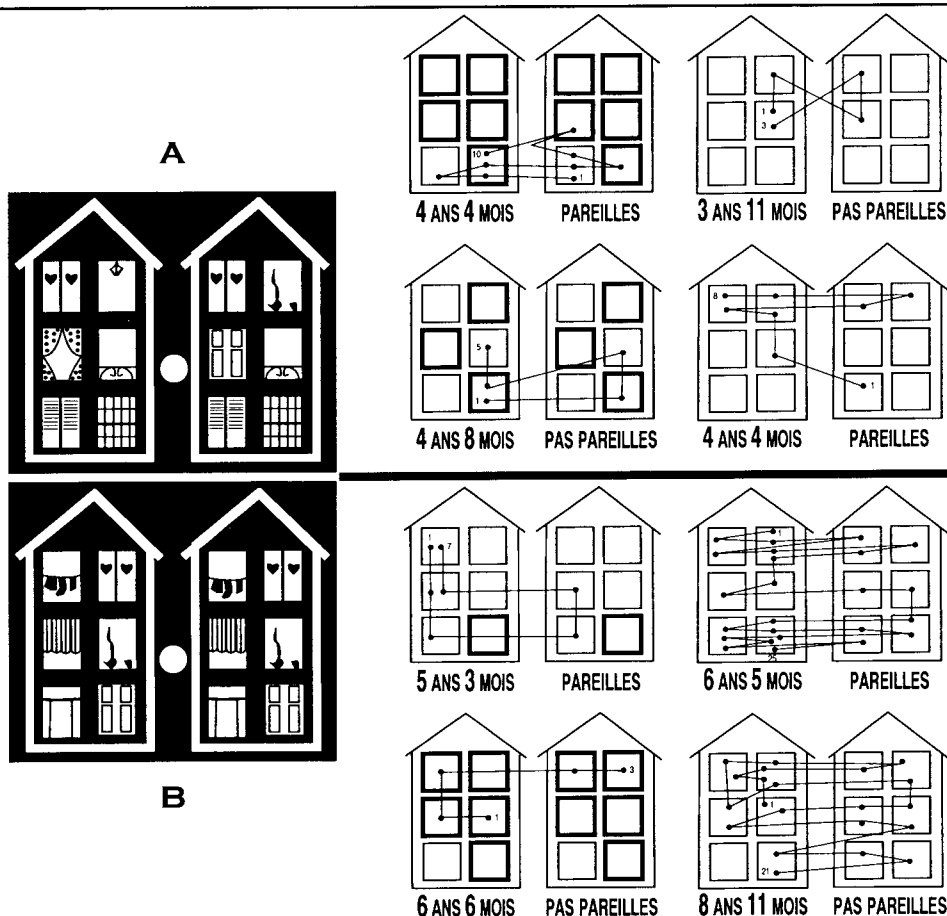


FIGURE 3.3 DISCRIMINATION ET EXPLORATION OCULOMOTRICES

(D'après Vurpillot, 1972, p. 256, 257)



Deux maisons ayant six fenêtres chacune sont dessinées côte à côte sur un carton. Les fenêtres occupant la même position sur chaque maison sont ou non pareilles. L'enfant doit indiquer si les maisons sont « pareilles » ou « pas pareilles ». Les mouvements des yeux et les réponses des enfants sont illustrés à droite. Les traits épais indiquent les fenêtres qui diffèrent d'une fenêtre à l'autre d'une paire.

Groupe A : Enfants indiquant que les deux maisons sont « pareilles » quand, à chaque fenêtre de l'une, correspond une fenêtre identique sur l'autre, et « pas pareilles » quand deux fenêtres homologues sont différentes.

Groupe B : Enfants indiquant que les deux maisons sont « pareilles » quand, à au moins une fenêtre de l'une, correspond une fenêtre identique sur l'autre, et « pas pareilles » s'il n'y a pas au moins deux fenêtres identiques.

Pendant la lecture, le regard se déplace le long de la ligne pour centrer sur la partie la plus sensible de l'œil (la fovéa) les mots organisés selon une séquence orientée de gauche à droite. Les mouvements oculaires se font sous la forme de saccades d'une amplitude de six à neuf espaces graphiques et qui durent de 10 à 20 ms et sont séparées l'une de l'autre par des temps d'arrêt et de fixation de l'ordre de 200 à 250 ms au cours desquels nous percevons les mots : plus les mots sont longs, plus les saccades s'allongent (Rayner, 1986; McConkie *et al.*, 1991; Morris et Rayner, 1991; Stein, 1991). Il y a ainsi une alternance de fixations et de mouvements avec des retours en arrière si nécessaire (régressions) quand les mots ont été mal perçus. Les arrêts occupent généralement 90% du temps de lecture et lorsque le texte est facile, les fixations deviennent plus brèves et moins nombreuses alors que l'amplitude des saccades s'allonge. La saccade globale d'approche d'un mot se complète par une saccade de réajustement. Le contrôle des mouvements oculaires est d'origine à la fois globale (nous sélectionnons la vitesse de lecture en fonction de notre niveau de lecture) et particulière (l'information extraite du texte nous donne une idée de sa difficulté et détermine notre décision quant à la vitesse des saccades et à la durée des fixations).

Dans toute activité reliée à la lecture, il faut distinguer l'empan visuel (ce que nous pouvons voir d'un seul coup d'œil sans le bouger et sans utiliser la connaissance lexicale ni les contraintes environnementales) de l'empan perceptif (association de ce que l'on voit avec ce que nous connaissons) (O'Regan, 1990). Ce dernier empan est plus grand que le premier : nous lisons en effet d'un seul coup d'œil plus de lettres d'un mot si celui-ci nous est familier que s'il est nouveau. La simple observation de la vitesse de lecture chez les lecteurs débutants illustre ce fait : elle augmente à mesure que l'apprentissage avance. Il y aurait, en outre, une position initiale optimale de l'œil par rapport au mot, qui se situerait en général au milieu de ce dernier ; quand l'œil atteint cette zone, la durée de la fixation est minimale puis augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette zone. Le mot reconnu, l'œil se déplace vers le milieu du mot suivant dont la longueur a été estimée par la vision périphérique, si ce mot est jugé familier ; dans le cas contraire, un nouvel empan perceptif, plus petit, sera construit, ce qui augmentera le temps de lecture. Pour des mots très courts et fréquents (comme «et, ou, le», etc.), il n'y a pas de temps d'arrêt ; lorsque les structures grammaticales sont ambiguës ou difficiles, le nombre de retours en arrière augmente afin d'aller chercher l'information pertinente. Lors de la lecture, il y aurait donc deux activités simultanées : l'une liée aux déplacements des yeux, aux scrutations programmées du regard pour le porter vers le milieu du mot, l'autre liée à l'analyse lexicale et linguistique fondée sur l'information visuelle disponible (O'Regan, 1990). On comprendra facilement que la vitesse de lecture augmentera avec la diminution du temps de fixation, donc avec la familiarité avec les mots, et avec la connaissance des règles, donc de l'expérience.

Le nombre et la durée des fixations et des retours (régressions) diminuent régulièrement du degré primaire au degré universitaire (200 fixations pour 100 mots

chez l'enfant de sept ans contre 50 chez l'adulte ; 70 régressions pour 100 mots pour l'enfant de sept ans contre sept chez l'adulte) (Stein, 1991), et de façon abrupte entre sept et huit ans, la vitesse de lecture passant alors de 80 mots par minute à près de 300. Les lecteurs débutants font ainsi deux fois plus de mouvements de fixation et de comparaison entre les lettres C et G que les bons lecteurs. Les saccades de ces derniers sont plus longues avec moins de régressions ; ils utilisent davantage l'aire parafovéale, qui donne une information sur la longueur, la forme du mot et ses premières lettres, et l'aire fovéale qui complète la perception du mot et prépare l'identification du mot suivant (Taylor et Taylor, 1983). L'œil est en avance de six à dix lettres par rapport à ce que nous lisons effectivement ou comprenons (Rayner, 1986). Les stratégies utilisées changent aussi d'un lecteur à l'autre : alors que les débutants se fient à des stratégies perceptives discriminatives, les lecteurs avancés cherchent immédiatement les indices qui caractérisent le mot en faisant appel à leur mémoire. Le début d'un mot contient suffisamment d'information pour être reconnu dans son entité : la perception est immédiate et globale. Sur le même plan, la moitié supérieure des mots renferme plus d'informations graphiques que leur moitié inférieure.

L'étude comparée des mouvements oculaires chez les mauvais lecteurs ou les dyslexiques et chez les bons lecteurs donne des résultats contradictoires, provenant probablement de l'hétérogénéité des causes auditives ou visuospatiales des difficultés. Seules les causes visuospatiales font ressortir des modèles de mouvements oculaires différents, avec beaucoup de fixations d'une durée plus longue et des mouvements de scrutation de gauche à droite irréguliers. C'est peut-être dans ce dysfonctionnement praxique du regard, provenant d'une mauvaise programmation séquentielle des saccades ou du contrôle binoculaire déficient (Stein, 1991), qu'il faudrait chercher l'une des explications de la dyslexie plutôt que dans une réaction inadéquate aux signaux visuels. En effet, les difficultés d'organisation du regard en fonction de la droite et de la gauche ne causent des perturbations que dans les signes orientés, comme les mots en lecture. Dans d'autres circonstances (diapositives ou photos présentées inversées de droite à gauche), aucune anomalie n'est discernée à moins que l'image ne renferme des indices d'orientation.

Dans la lecture à voix haute, la prononciation des mots ralentit la rapidité des mouvements oculaires : nous devons passer par tous les mécanismes de la formation des sons qui ont une inertie plus grande que la simple perception visuelle.

4. L'IDENTIFICATION DES MOTS

Les enfants acquièrent facilement certaines notions préalables à la lecture, comme le fait qu'il faut lire de gauche à droite, que les espaces séparent les mots entre eux, qu'après être arrivé au bout de la ligne à droite on revient à la ligne suivante à gauche. Chez les lecteurs précoces, la maîtrise des premières étapes de la lecture (nommer les lettres, identifier des mots) facilite la lecture sans pour autant constituer un préalable

à une lecture rapide avec compréhension du texte (Jackson et Biemiller, 1985); il ne semble pas exister de savoir-faire primordial à acquérir avant d'apprendre à lire, seulement des éléments facilitateurs, comme la connaissance des lettres, l'habitude de l'écrit, une orientation droite-gauche bien maîtrisée, une bonne discrimination perceptive, éléments qui ne garantissent pas, malgré tout, un apprentissage automatique. Toutefois, la connaissance des phonèmes et l'enseignement du décodage, dès la première année scolaire, facilitent par la suite l'aptitude à identifier les mots (Graff, 1984; Kirtley *et al.*, 1989; Bruck et Trieman, 1990; Giasson, 1990; Adams, 1991), même si des enfants commencent à lire des mots sans connaître le nom de chaque lettre. Aidé par le contexte ou les illustrations, le décodage touche les lettres, les syllabes, les correspondances lettres-sons. L'exposition à l'écrit, mots et images, amorce la sensibilisation à la lecture et en facilite le traitement ultérieur lors d'activités d'identification de mots ou de décisions lexicales (Schacter *et al.*, 1990). Sensibilisés très tôt à l'écrit, les enfants pourraient apprendre à lire aussi naturellement qu'ils apprennent à parler (Cohen, 1982).

Si lire est un acte cognitif qui consiste à extraire la signification et l'information d'un texte écrit à partir de l'analyse visuelle de caractères, il faut successivement discriminer les mots, c'est-à-dire les distinguer les uns des autres, puis les reconnaître et enfin les rapporter au lexique connu, les identifier.

4.1. La discrimination

D'un point de vue perceptif, l'enfant doit discriminer les formes des lettres les unes des autres pour les reconnaître et les identifier, ce qui exige des habiletés complexes, plusieurs lettres de l'alphabet se confondant facilement. Lorsque les lettres ont peu de traits distinctifs (ou indices de discrimination) ou trop d'éléments en commun (E-F, P-R, O-Q), les possibilités de confusion augmentent. Parmi les indices, figurent le nombre d'éléments (n-m), les angles (u-v), l'orientation ou la place des éléments constituant la lettre (b-d, p-q, t-f, M-W), la taille (grande: b, f, h, l; ou petite: a, e, n, i), les lignes droites verticales et horizontales (E, H, T), croisées (X, K), obliques (V, W, Z) ou courbes (O, C, Q) (Gibson et Levin, 1975). Au départ, la discrimination des lettres se fait par les détecteurs de caractéristiques rétiniens ou corticaux à partir de la forme globale de la lettre. Lors de l'apprentissage des lettres, les premières différenciations prennent plus de temps que par la suite: l'enfant doit saisir le mécanisme de distinction des lettres. La reconnaissance des mots se construit aussi bien par la perception des lettres qui les constituent que par leur forme globale. La même lettre peut en outre s'écrire de différentes façons (italique, capitale, script, cursive), ce qui en complique l'identification. Tandis que l'identité des objets subsiste quelle que soit leur orientation, celle de certaines lettres (n-u; b-p; d-q), de certains chiffres (6-9; 23-32) ou mots (nos-son; lac-cal; les-sel; mon-nom) varie en fonction de leur orientation spatiale; l'orientation définit la signification.

Nous discriminons plus facilement des formes différentes que des formes semblables. Lorsque les mots sont très semblables et ne se distinguent que par une lettre (*cœur-sœur*; *gorge-gouge*; *tempe-temps*), il apparaît un traitement sériel de l'information, de gauche à droite, et le temps de réaction nécessaire pour établir la différence s'allonge de 10 ms par lettre séparant le début du mot de la position de la lettre discriminative (Courrieu, 1985-1986). Si au départ l'enfant peut se souvenir aisément de la forme d'un mot pour le distinguer des autres, il lui faudra très rapidement, face au nombre élevé de mots, recourir à une autre stratégie; à ce moment-là, les correspondances lettres-sons (phonétique) lui seront d'une aide précieuse.

4.2. La reconnaissance

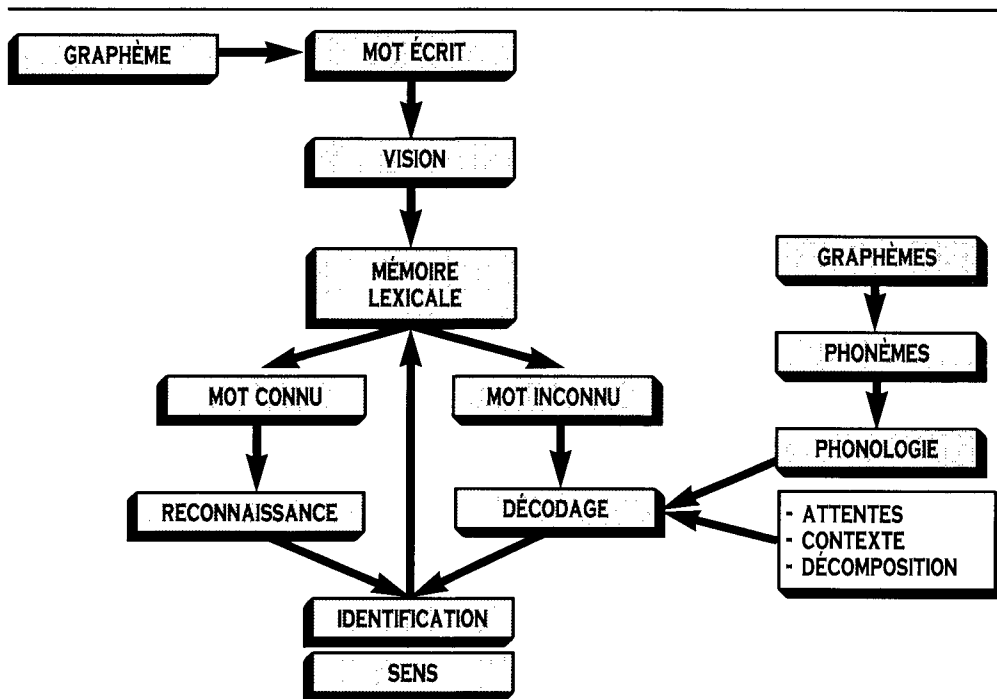
La reconnaissance est l'aptitude à dire si une forme présentée est identique à une autre vue antérieurement; elle sollicite la mémoire: pour reconnaître, il faut déjà avoir été en contact avec la forme. Plus celle-là est simple ou familière, plus le temps nécessaire à sa reconnaissance est court.

4.3. L'identification

Identifier un mot ou une lettre, c'est être capable de le nommer. Cet accès au lexique se fait, pour l'approche traditionnelle, à partir de la séquence des lettres du mot et de l'association graphème-phonème (signe-son-sens) (figure 3.4) autorisant la prononciation de tous les mots connus ou nouveaux; pour l'approche idéovisuelle, il se produit un passage direct du signe au sens. Cette dernière approche s'appuie sur le fait que nous lisons beaucoup plus vite silencieusement qu'à voix haute; si entre vision et compréhension s'interposait une phase de prononciation, même silencieuse, la vitesse de lecture diminuerait.

Si, dans un premier temps, l'identification est de nature logographique (associée à la forme globale du mot), elle devient très vite de nature alphabétique-orthographique (Alegria et Morais, 1989). Dans le premier cas, la reconnaissance est visuelle, le mot étant connu par cœur dans un contexte donné (le nom d'une station d'essence ou d'un magasin par exemple) et ne pouvant pas être disséqué en ses parties constituantes. Pour lire un mot nouveau, l'enfant le rapproche d'un mot connu lui ressemblant visuellement (par sa longueur, la place des lettres émergentes), ce qui lui fait commettre des erreurs (PEKSI lu PEPsi). Dans le second cas, il existe une correspondance unique entre les éléments, les phonèmes et le son du mot, ce qui permet de transformer tout ensemble orthographique en une traduction phonologique et de lire, par le fait même, des mots visuellement inconnus mais faisant partie du lexique (figure 3.5) ou de décoder tous les mots. Les bons lecteurs devinent peu souvent un mot inconnu: ils utilisent plutôt leurs connaissances des lettres et des correspondances lettres-sons pour les lire (Adams, 1991)

FIGURE 3.4
LECTURE : L'IDENTIFICATION
LE PASSAGE DU MOT VU AU SENS



FAMILIARITÉ ET TEMPS DE LECTURE

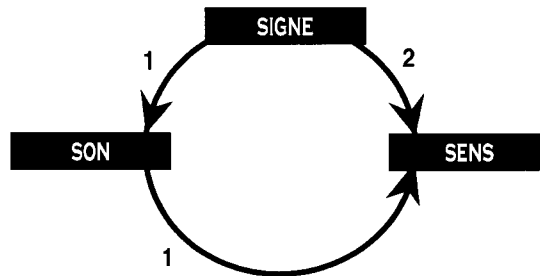
Pour capturer les Dalton, Lucky Luke avait mis au point une stratégie secrète imparable.
(Tous les mots sont-ils correctement écrits?)

Le jardinier déterra un ptérodactyle sous le cognassier.

Dissimulé derrière le clepsydre, le kleptomane ruginait du kieselguhr.

(Pour les deux dernières phrases, le fait qu'elles comportent des mots peu familiers ralentit la vitesse de lecture.)

FIGURE 3.5
LES RELATIONS SIGNE - SON - SENS



Légende:

1. décodage du mot débouchant sur le sens
2. passage direct de la perception au sens quand le mot est connu

Face à un mot écrit nouveau, comment l'enfant procède-t-il pour l'identifier oralement? Il dispose de différentes stratégies, visuelle, phonologique ou analogique (Goswami, 1990). Dans la **stratégie visuelle**, globale, les mots sont appris comme des logogrammes, photographiés en bloc. Dans la **stratégie phonologique**, analytique, les mots sont décomposés en lettres puis reconstitués par l'association graphèmes-phonèmes, le phonème correspondant généralement à une unité de langage matérialisée par un signe écrit, le graphème. Enfin, par la **stratégie analogique**, l'enfant établit des correspondances entre des modèles d'épellation de mots, basés sur l'orthographe, où une partie du mot déjà connue est utilisée pour identifier l'autre (exemple: pain-bain). Ces stratégies d'identification des mots se complètent par celles de reconnaissance spontanée de mots vus en classe, d'anticipation de mots à partir du contexte linguistique et graphique, d'utilisation des liaisons lettres-phonèmes (Gagné et Martin, 1988). Le bon lecteur saisit ensuite les mots nouveaux par blocs ou globalement en utilisant les ressemblances physiques avec des mots déjà connus tout en profitant du contexte pour leur donner un sens.

L'équivalence graphème-phonème n'est pas de nature biunivoque: il n'y a pas de correspondance parfaite entre eux. Des graphèmes différents peuvent donner le même phonème (f, F; la vie, une lyre; sceau, sot, saut, seau; cécacé, c'est assez, c'est tassé, c'est ta saie): l'écrit distingue les mots confondus à l'oral; à l'inverse, des graphèmes identiques se distinguent par des phonèmes différents («c» dans calice ou «g» dans gorge; les fils de la couturière sont partis en vacances-la couturière ne peut pas coudre: elle a oublié ses fils à la maison; un parent-ils parent; tranquille-quille; mille-famille; les pigeons couvent au couvent; nous notions les notions acquises) et dans ce cas le contexte revêt un rôle primordial puisque c'est lui qui va déterminer la prononciation et le sens du mot.

Les mécanismes de l'identification des mots s'acquièrent ainsi en trois phases (Ehri et Wilce, 1983). Dans un premier temps, les mots écrits sont décodés et identifiés en utilisant l'association lettres–sons: seule la connaissance des clés d'interprétation des lettres ou des groupes de lettres rend possible la lecture de tous les mots. Avec l'entraînement, les mots nouvellement appris sont progressivement reconnus automatiquement et globalement sans avoir recours à une attention marquée ni à leur prononciation. Enfin, la mémorisation des mots augmente la vitesse de leur identification et, par le fait même, la vitesse de la lecture. Au cours de ces étapes, l'attention doit être partagée entre les trois aspects de la lecture: le décodage, la compréhension et la mémorisation, les difficultés naissant de l'un ou l'autre d'entre eux (Siegler, 1983). La conséquence en est que le décodage peut accaparer une part trop importante de l'attention au détriment des deux autres aspects: l'enfant décode bien mais ne comprend pas ce qu'il vient de lire.

L'identification des mots ne représente qu'une des nombreuses stratégies utilisées pour l'apprentissage de la lecture. D'autres le complètent, dont celles visant la compréhension de phrases et de textes (par l'apprentissage et l'utilisation des règles régissant l'ordre des mots dans la phrase, des signes de ponctuation, des marques de relation de nombre, de genre et de temps, de structure) et celles où l'enfant doit procéder à diverses opérations cognitives (sélectionner et regrouper des informations contenues dans le texte, inférer des informations à partir du texte, porter un jugement, extraire l'essentiel) (Gagné et Martin, 1988; Yaden et Templeton, 1986). Richesse du vocabulaire, structure conceptuelle et modes de pensée contribuent aussi dans une large proportion à la réussite en lecture. Comme les expériences antérieures des enfants varient considérablement de l'un à l'autre et en fonction du milieu environnant et des intérêts de leur famille pour la lecture, il faut également en tenir compte au cours des séances d'apprentissage.

Pour prononcer un mot écrit, nous utilisons soit une route phonologique, en profitant des règles de conversion graphème–phonème, soit une route visuelle sémantique, où la prononciation dérive de l'activation intermédiaire du sens du mot, soit une route visuelle non sémantique où la forme orthographique induit directement la prononciation (Doctor *et al.*, 1990).

5. LES MÉTHODES D'APPRENTISSAGE EN LECTURE

L'objectif final de l'apprentissage de la lecture a toujours été de conduire le lecteur à la compréhension de ce qu'il lit et non pas seulement au décodage du texte. Pour y parvenir, les méthodes sont d'abord parties de l'unité de lecture, la lettre, puis ensuite de la forme globale du mot. À la synthèse de ces deux approches, on ajoute aujourd'hui le sens de ce qui est écrit et le contexte. Mais on ne peut pas échapper à la décomposition ni à l'analyse des mots: nous possédons un système de communication où les lettres, en nombre restreint, s'associent entre elles pour former des sous-ensembles que l'on retrouve dans des mots distincts (ex.: «ain» dans bain, gain, main,

nain, pain, sain, vain; «asse» dans basse, casse, fasse, etc.), les enfants identifiant très tôt les terminaisons de mots qui riment (Kirtley *et al.*, 1989); ces sous-ensembles n'ont pas de signification, mais leur rattachement à d'autres lettres en a une. Si, prises en elles-mêmes, les lettres et les phonèmes ne se rapportent à rien de concret, la lecture à voix haute de leur ensemble, le mot, est reliée à un élément connu de la langue parlée et le sens de l'écrit est alors déduit. La mécanique de l'association des lettres maîtrisée, on peut décoder tous les mots, première étape du décodage signifiant, sous réserve de la connaissance lexicale des mots. C'est ainsi que l'on peut «lire» une langue étrangère si l'on connaît les valeurs sonores des lettres sans rien comprendre du message si l'on ignore le sens des mots!

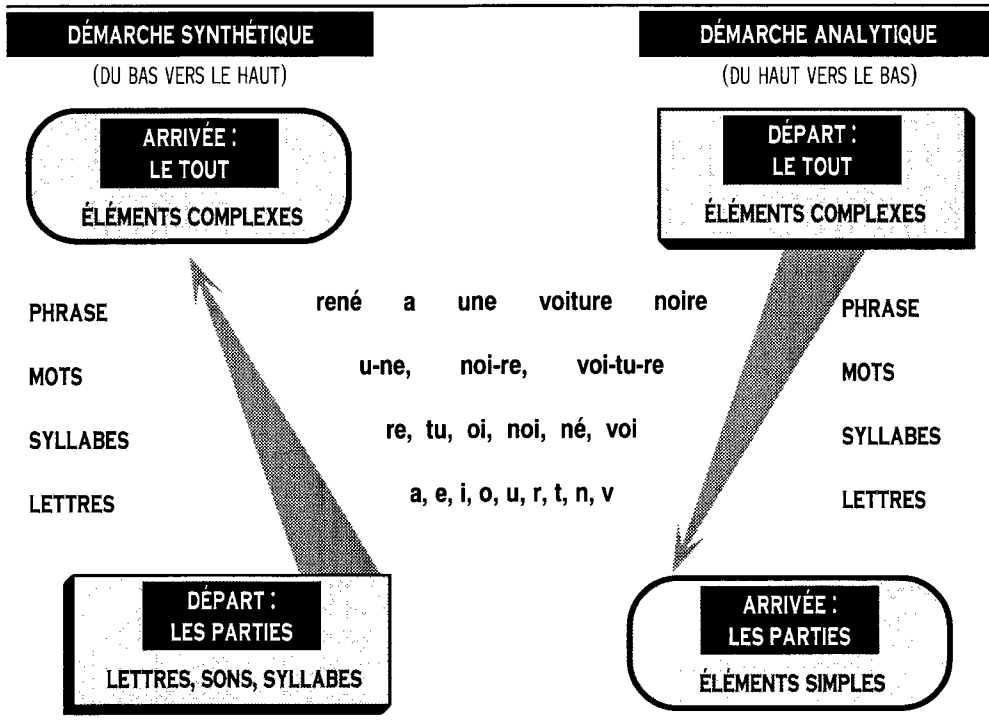
De façon générale, et selon le processus suivi, les méthodes de lecture se divisent en deux grands groupes, les méthodes synthétiques (ou alphabétiques, syllabiques, phonétiques) et les méthodes analytiques (ou globales), auxquelles peuvent s'adjoindre des méthodes mixtes où analyse et synthèse alternent et se complètent au fur et à mesure des progrès en lecture (Dehant, 1968). Les premières reposent sur la reconstitution des mots et des phrases à partir d'éléments simples (les lettres, les syllabes ou les phonèmes, selon un processus bas-haut de traitement de l'information). Les deuxièmes prennent comme point de départ les regroupements de mots ou de lettres (processus haut-bas d'influences centrales dont l'anticipation) (tableau 3.1). Quelle que soit la méthode, la lecture repose sur l'intégration, par le lecteur, d'unités de lecture, unités ayant un son, un nom et un sens et qui peuvent être courtes (les lettres, les syllabes), moyennes (les mots ou morphèmes) ou longues (les phrases). Le lecteur doit donc extraire les caractéristiques des formes qu'il a sous les yeux pour les regrouper, les combiner en une structure ayant une identité. Cet apprentissage est plus facile quand les choses ont un sens que lorsqu'elles n'en ont pas: les syllabes sont ainsi mieux retenues quand elles désignent quelque chose de connu et de sensé; en outre, les mots concrets s'apprennent plus facilement que les mots abstraits. On doit aussi tenir compte du rythme de l'apprentissage: il faut laisser à l'enfant le temps de maîtriser une notion avant de passer à une nouvelle.

Lors de la familiarisation avec l'écrit, on privilégie beaucoup, aujourd'hui, l'interaction entre le contexte et la signification du mot: quand l'enfant bute sur le sens d'un mot, il doit essayer de le deviner à partir des données que le milieu lui fournit (l'image du mot par exemple); l'anticipation joue un rôle primordial. Si le mot trouvé ou lu ne correspond pas à la situation, la décomposition syllabique peut être utilisée pour le décoder; par contre, la généralisation de ce découpage est à éviter afin d'écarter les risques d'une lecture hachée.

5.1. Les méthodes synthétiques: de «a» à «z»

Les plus anciennes, ces méthodes privilégient un processus d'apprentissage allant du simple au complexe et utilisant la répétition et l'association de lettres ou de sons. Si le point de départ repose sur l'unité la plus simple, le processus d'apprentissage est,

TABLEAU 3.1
LES MÉTHODES DE LECTURE



lui, synthétique, c'est-à-dire qu'il vise la lecture globale du mot ou de la phrase. Par décomposition de n'importe quel mot en ses éléments simples, l'enfant peut les lire tous, connus ou non.

Dans la méthode alphabétique, l'enfant apprend le nom des différentes lettres de l'alphabet et la combinaison de deux ou plusieurs lettres entre elles pour former des syllabes, puis des mots. Il doit donc saisir un premier principe, celui que les lettres représentent des sons et que les mots peuvent être décomposés en parties constitutives. Il importe que l'enfant sache que la parole a une structure segmentaire, qu'elle est composée d'unités, les phonèmes, et que l'écrit, lui aussi composé d'unités, les graphèmes, représente le langage ; des parties identiques se retrouvent donc dans des mots différents, ce qui permet leur décomposition. La discrimination des lettres, comme la décomposition des mots en unités sonores, pose des difficultés. On peut la faciliter en attirant l'attention des enfants sur le fait que les lettres se composent de droites verticales, horizontales ou obliques, de courbes, qu'il existe des indices de

discrimination (le nombre d'éléments composant la lettre, la forme, la taille, l'orientation) permettant de distinguer les lettres les unes des autres.

Avec une méthode phonétique, l'enfant apprend le son attribué à la lettre (correspondance graphème–phonème), qu'il s'agisse de voyelles ou de consonnes, pour les combiner en syllabes et en mots. Certaines méthodes phonétiques accompagnaient le son représenté par un signe écrit ou par un geste qui reproduisait la forme de la lettre, son articulation, l'idée de sa durée (Borel-Maisonny, 1978); le geste apportait un support mnémonique concret pour l'identification son–signe. L'enfant déchiffre rapidement les mots ou les textes sans toutefois en comprendre forcément le sens. Avec l'entraînement, les mots entiers deviennent aussi familiers que les lettres; ils sont reconnus d'un simple coup d'œil, car ils forment une unité perceptive. Liberman et Shankweiler (1989) et Rieben et Perfetti (1989) insistent sur l'importance de ces processus d'identification des mots à partir des phonèmes dans le développement chez l'enfant d'une conscience phonologique. Quand il lit un mot pour un autre alors que l'objet est correctement identifié, c'est la structure phonologique qui est en cause et non pas la signification du mot.

Les critiques adressées à cette dernière méthode portent sur la difficulté pour l'enfant à saisir la relation lettre–son ou graphème–phonème, ainsi que sur l'absence de relation avec les autres aspects du langage, dont la signification des mots. Les écoliers peuvent devenir de bons perroquets qui répètent ou déchiffrent correctement les mots, mais ne comprennent pas ce qu'ils lisent, les phrases proposées étant le plus souvent étrangères au vécu de l'enfant.

5.2. Les méthodes analytiques : de « abaca » à « zythum »

Les bases théoriques de ces méthodes proviennent des travaux de la théorie de la forme (Gestalt). Les formes, en l'occurrence les mots, s'imposent de l'extérieur, et l'enfant percevrait d'abord l'ensemble des lettres avant le détail de chacune. Le mot « papa » se distingue du mot « locomotive » par sa structure globale différente. L'enfant associe une signification au mot et à son image graphique. La lecture part du concret (un mot entier ou une phrase avec leur signification respective) et procède du complexe au simple par l'analyse des mots en leurs constituants, les lettres. La perception visuelle globale des mots, leur photographie, ne peut se faire pour chacun d'entre eux. La comparaison des mots connus fait ressortir la ressemblance de certains des éléments qui les composent. La découverte des similitudes conduit à l'identification des syllabes et des lettres à partir de laquelle l'enfant peut déchiffrer tous les mots. Il commet des erreurs dans la différenciation de mots lorsque leurs images globales apparaissent trop semblables, comme dans « boule » et « houle », d'où la nécessité, au début de l'apprentissage, de présenter des mots qui se distinguent les uns des autres afin de respecter les principes de la théorie de la forme. La modification des caractères d'imprimerie des lettres ajoute à la difficulté, par l'absence de similitude entre les

graphismes: «balle», «BALLE», et «*balle*». La lecture de mots entiers ou de phrases entières, avec leur signification, entraîne souvent des erreurs de lecture qui résultent de la superposition d'expressions familières au texte écrit. L'enfant lira «Luc sort ses lunettes de soleil» au lieu de «Luc sort ses lunettes de l'étui» ou «Louise boit du jus de pomme» à la place de «Louise boit du jus d'orange» si les premières situations lui sont plus familières. Essayer de deviner est une chose, deviner juste à partir de déductions en est une autre! Si l'environnement quotidien fournit à l'enfant l'occasion de se familiariser avec l'écrit, il lit autant l'image (le logo) que le mot lui-même.

Les méthodes analytiques mettent l'accent sur la compréhension des textes ou des mots lus et, dans une deuxième étape, sur leur décomposition en leurs éléments de base afin de permettre le décodage et la lecture de tous les mots, avec le risque que l'enfant ne remplace certains mots par d'autres et ne substitue au sens du texte de l'auteur le sien propre.

De façon générale, les méthodes utilisant le geste et le rythme comme supports de l'apprentissage en lecture, ainsi que celles où alternent l'analyse et la synthèse, se révèlent supérieures aux autres dans le rendement global des enfants en lecture pendant les deux premières années (Dehant, 1968). Elles se traduisent par l'acquisition et le renforcement très rapides des mécanismes de base de l'apprentissage de la lecture: les enfants soumis à ces méthodes synthétiques et gestuelles déchiffrent plus vite les textes que les enfants ayant appris à lire à l'aide d'une méthode analytique pure. Malgré tout, dans l'un ou l'autre cas, les enfants lisent en général couramment après quatre années d'apprentissage. En prenant davantage en considération les compétences linguistiques et cognitives du jeune lecteur, il est certainement possible d'améliorer le processus d'apprentissage: l'enfant construit le sens du texte écrit à partir de ses connaissances.

6. LES PROGRAMMES PERCEPTIFS ET LA LECTURE

Quelle que soit la méthode d'apprentissage retenue, la perception constitue la clef de voûte des apprentissages scolaires. Il est en effet impossible de lire si les lettres ou les mots ne sont pas distingués les uns des autres. Toutefois, rien n'indique qu'une erreur perceptive, comme une inversion, soit à l'origine des erreurs commises par les dyslexiques: peut-être oublient-ils par quel côté il faut commencer la lecture du mot ou alors les prégnances antérieures prennent-elles le pas sur les dernières acquises (*al* est lu, *la*; *li* est lu *il*, etc.).

Les conditions perceptivomotrices minimales pour un apprentissage normal supposent, en partant, une bonne vision, une bonne audition et une bonne prononciation. Bien qu'ils soient moins systématiquement utilisés aujourd'hui, il existe de nombreux programmes de développement perceptivomoteur susceptibles d'aider l'élève à atteindre la maturité nécessaire à une entrée sans problèmes dans le monde scolaire ou de contribuer à lui faciliter l'acquisition de connaissances.

Les épreuves d'évaluation du degré de maturation ou de préparation à la lecture comportent généralement des tests portant sur les aptitudes perceptives, cognitives et linguistiques de l'enfant (appareiller des stimuli non verbaux: formes-images, ou verbaux: suivre des instructions orales, copier des modèles). La notion de préalable a sans doute été exagérée, et les exercices de prélecture sont, dans une certaine mesure, moins utiles que la lecture elle-même: pour apprendre quelque chose, il vaut mieux le faire directement que de compter sur un transfert éventuel résultant de l'apprentissage d'une autre matière. Toutefois, les différents exercices préparent et exercent l'attention discriminative de l'enfant, apportent leur contribution à son développement général et maintiennent sa motivation tout en sollicitant sa participation globale et différenciée à ses apprentissages. Présentés à la maternelle, ces exercices concourent à la mise en place de mécanismes de base susceptibles d'intervenir dans les autres apprentissages scolaires. Les enfants atteignent la maturité requise pour aborder la lecture avec des risques d'échec très réduits aux environs de sept ans (Leroy-Boussion, 1971). Plus jeune, l'apprentissage est d'autant plus facile que le QI de l'enfant est élevé et qu'il possède une grande habileté pour apprendre les lettres de l'alphabet, associer les sons des consonnes et des voyelles, déchiffrer les syllabes et restructurer les mots découpés en syllabes.

Certaines épreuves permettent d'isoler dès l'âge de cinq ou six ans les élèves susceptibles d'éprouver deux ou trois ans plus tard des difficultés en lecture (Satz et Friel, 1973). Ces tests touchent la discrimination et la reconnaissance de formes entremêlées, le nombre de lettres de l'alphabet connues, la position et l'identification des doigts. Les premières étapes de la lecture reposent largement sur la discrimination perceptive et l'analyse: distinguer d'abord les traits caractéristiques de chacune des lettres avant d'aborder la correspondance qu'il peut y avoir entre leur aspect visuel et leur aspect phonétique ou de travailler sur l'information disponible dans le texte. Les étapes subséquentes s'appuient sur les aptitudes linguistiques pour l'analyse et le sens des mots (Gibson, 1968). À ces facteurs perceptifs traditionnels, s'adjoint progressivement une notion nouvelle, celle de la familiarisation de l'enfant avec le domaine de l'écrit, soit la conscience de l'écrit. Elle témoigne de la compréhension de l'existence d'un système de communication basé sur des signes écrits qui renferment un message. Le milieu y joue bien sûr un rôle essentiel: d'abord, l'environnement doit contenir du matériel écrit puis, l'entourage doit répondre favorablement aux demandes d'explication de l'enfant.

Différents programmes peuvent développer la perception, en particulier la perception visuelle, par exemple ceux de Maney (1964), de Leclerc et Régnier (1971), de Bucher (1972) et de Frostig (1963, 1972). Dans son programme de développement de la perception visuelle, Frostig propose un ensemble d'exercices pour développer la coordination oculomotrice, la perception figure-fond, la constance perceptive et la perception de la position et de la relation spatiales. La **coordination oculomotrice** permet le contrôle des mouvements de l'œil nécessaire aussi bien pour assurer le

déplacement de celui-ci afin de progresser le long d'une ligne en lecture que pour guider le mouvement de la main ou le déplacement du corps. Elle conditionne la réussite dans les activités graphiques ou de dessin, le découpage, l'espacement régulier des mots et des lettres. Pour remédier à des difficultés dans ce domaine, on peut, entre autres, faire tracer en l'air la forme des lettres ou des figures avant de les écrire, diminuer la longueur des mots à écrire ou des formes à découper, utiliser le tableau avant la feuille de papier. Par **perception figure-fond**, on entend la possibilité d'isoler la figure à observer du fond sur lequel elle se situe. Quand l'enfant lit un mot écrit au tableau, le mot se perçoit très bien s'il est seul, mais il ressort beaucoup moins s'il se trouve entouré d'autres mots. L'enfant qui éprouve de la difficulté dans la discrimination figure-fond se concentre difficilement sur son travail, son attention se dispersant sans cesse sur tous les éléments du champ perceptif; il trouve difficile de se concentrer sur un seul aspect de la tâche ou encore de la terminer. La **constance perceptive**, elle, permet la reconnaissance du même objet vu sous des angles différents ou avec des caractéristiques diverses qui n'altèrent pas sa forme: un cube reste un cube malgré les variations de perspective, de couleur ou de taille. Des difficultés dans ce domaine provoquent des confusions de formes ou de mots, la nécessité d'utiliser les autres sens pour compléter la vision. La perception de la **position spatiale** conditionne l'établissement de relations entre l'objet et le sujet grâce à la maîtrise des termes précisant la position de l'objet dans l'espace: devant, derrière, à droite, à gauche, en bas, en haut. Des troubles à cet égard entraînent des confusions dans l'orientation des lettres ou des mots (b-d; son-nos) et de la difficulté à organiser les objets les uns par rapport aux autres dans des séquences données. Enfin, percevoir la **relation spatiale**, c'est être capable d'établir des rapports plus complexes et simultanés entre différents objets d'une part, et entre ces objets et soi d'autre part, de reproduire des modèles de blocs ou de points. Ces exercices ne constituent pas une fin en soi mais doivent faciliter les apprentissages ultérieurs en s'inscrivant dans une perspective d'ensemble.

Ce programme de Frostig a fait l'objet de plusieurs applications qui furent par la suite évaluées par diverses études. Dans l'une d'entre elles, effectuée en vue de déterminer si la capacité en lecture est reliée à la perception spatiale, Jacobs (1967) a, pendant une année scolaire, testé des enfants de quatre à sept ans. Ses résultats démontrèrent que, de façon générale, les gains perceptifs étaient plus importants dans le groupe expérimental que dans le groupe témoin et que, dans le groupe expérimental, les gains étaient plus élevés pour les enfants de la première année que pour ceux de la maternelle ou de la prématernelle, ce qui pourrait provenir du fait que le programme de tous les enfants, à la prématernelle et à la maternelle, se rapprochait alors énormément de celui de Marianne Frostig. En première année, c'est aux tests de constance perceptive et de perception de la position et de la relation spatiales que les différences entre le groupe témoin et le groupe expérimental furent les plus nettes. Le programme perceptif n'a toutefois eu que peu de répercussions sur l'apprentissage de

la lecture, les notes du groupe expérimental n'étant pas plus élevées que celles du groupe témoin. Il reste cependant que chez des enfants en deuxième année d'apprentissage, des corrélations appréciables sont apparues entre les résultats en lecture et ceux obtenus au test de Frostig (Olson, 1966).

Avant de commencer tout apprentissage en lecture, il faudrait s'assurer que les enfants sont prêts à apprendre à lire avec le minimum de difficultés. En plus des difficultés de prononciation associées à l'orthographe, il existe un obstacle fondamental : celui de la distinction des lettres les unes des autres par leur forme ou leur orientation. Si l'enfant confond, par exemple, deux chaises orientées comme suit $\sqcap$ $\sqcup$, l'apprentissage de la lecture risque de créer des problèmes ; en effet, en réunissant le bas des chaises, on obtient un $\sqcap$ et un $\sqcup$, et nous connaissons suffisamment les problèmes que posent ces lettres en lecture (« bobine » écrit ou lu « dodine »)! Quand des confusions fréquentes se produisent dans la différenciation de figures simples, il vaut mieux attendre même une année de plus et profiter de ce laps de temps pour effectuer des exercices perceptivo-moteurs et préparer l'accès au monde de l'écrit.

D'autres symptômes sont souvent le présage de problèmes futurs : l'enfant saute des mots en lisant ou perd la place ou la ligne, s'aide systématiquement du doigt pour suivre, se concentre très difficilement sur son travail, reproduit avec peine des formes simples. L'origine de la difficulté qu'il éprouve dans la reconnaissance ou l'identification d'une lettre ou d'une forme reste encore difficile à cerner : s'agit-il d'un problème perceptif (visuel, auditif) ou lexical (le mot juste pour identifier ce qui est perçu correctement n'est pas trouvé)?

7. LA LATÉRALITÉ ET LA LECTURE

La latéralisation de plusieurs des fonctions corticales (le langage, la manualité) est maintenant bien connue ; elle démontre une asymétrie fonctionnelle qui se double souvent d'une asymétrie anatomique. Il reste à déterminer d'où provient cette particularité et s'il existe des différences entre les neurones corticaux de zones symétriques des deux hémisphères ; ces différences entraîneraient des traitements variables des informations qui leur parviennent et faciliteraient le rôle de l'hémisphère gauche pour le contrôle du langage et l'établissement de la manualité. Dans ce contexte, la latéralité désigne la dominance fonctionnelle de l'une des deux parties symétriques du corps.

La fréquente concomitance entre, d'une part, les troubles d'apprentissage et, d'autre part, les problèmes de dominance latérale œil-main laisse croire à une interaction possible entre une manualité mal définie et des apprentissages difficiles. Cette relation et sa mise en évidence se dissimulent toutefois facilement derrière l'ensemble des variables affectant aussi bien l'acquisition de la dominance manuelle que l'apprentissage de la lecture.

La concentration des centres de contrôle du langage, de la lecture et de l'écriture dans un seul hémisphère est en étroite relation avec l'acquisition de l'habileté manuelle unilatérale (Orton, 1925, 1937). Telle est l'affirmation qui a conduit à penser que la dominance manuelle et les troubles de la latéralité peuvent affecter le rendement en lecture. L'idée centrale de cette théorie repose sur la prédominance hémisphérique: les troubles de langage, les difficultés en lecture, le bégaiement résultent d'une dominance cérébrale faiblement établie ou inexistante. L'absence de latéralisation hémisphérique rendrait la personne sensible à des confusions ou à des inversions droite-gauche et peu habile à discriminer les lettres ou les mots écrits en miroir. Pour Orton (1937), un cerveau bilatéral et symétrique enregistrerait les mêmes formes avec des orientations droite-gauche opposées dans chaque hémisphère (LES-SEL) (ce que, bien sûr, aucune donnée neurophysiologique n'a encore pu démontrer!). Lorsque l'hémisphère dominant reçoit «l'image à l'endroit» du mot, la lecture se fait sans problème. Toutefois, lorsque aucun hémisphère n'est prédominant par rapport à l'autre, il se produirait un conflit entre les deux images, l'une ou l'autre pouvant accéder à la conscience et provoquer ainsi la confusion entre l'image correcte et son miroir. Cette proposition a été remise en question à plusieurs reprises sans malgré tout être complètement rejetée. Si les résultats des recherches montrent un transfert vers l'hémisphère gauche des fonctions linguistiques chez la plupart des sujets, rien ne permet d'affirmer que la même scène reçue de façon identique par les deux yeux soit décodée différemment par les hémisphères cérébraux. En outre, la latéralisation corticale s'est également affirmée dans le domaine des praxies, manuelles en particulier, habiletés où l'organisation séquentielle des actions motrices est capitale et se retrouve perturbée dans la dyslexie, la dysphasie et les bégaiements.

L'ambidextrie et la manualité hétérogène reflètent l'absence de dominance nette d'un hémisphère sur l'autre et une immaturité relative des fonctions motrices et de celles du langage. La comparaison des résultats d'études entreprises pour vérifier ces relations fait ressortir la difficulté d'une conclusion claire sur la question (Vernon, 1957; Benton, 1975; Naylor, 1980). Alors que certaines études démontrent qu'une latéralité mal établie s'accompagne de difficultés en lecture, d'autres établissent l'absence de concomitance ou de relation de cause à effet entre les deux variables. La comparaison des résultats se révèle d'autant plus délicate que les moyens d'évaluation retenus (les tests de lecture et de latéralité) et les définitions des troubles diffèrent et que les caractéristiques de la population (l'âge, la composition des groupes, les types de difficultés en lecture) varient largement d'une étude à l'autre.

Les résultats en lecture s'améliorent généralement d'une année à l'autre, mais présentent, au sein d'un même groupe, de larges écarts, ce qui est aussi le cas pour la latéralité. Une différence dans le degré de latéralisation permet-elle de rendre compte de la différence de rendement scolaire entre les sujets d'un même groupe? La comparaison des résultats en lecture d'enfants à dominance latérale homogène à ceux d'enfants ayant une dominance oculo-manuelle hétérogène ne fait pas apparaître de

différences importantes (Belmont et Birch, 1965; Rigal, 1976). Dans le cas contraire, les troubles dénotent certainement la présence d'un dysfonctionnement cortical plus profond qui déborde largement le cadre de la dominance hémisphérique.

La majorité des sujets ayant une latéralité faiblement marquée n'ont pas pour autant des troubles en lecture (Zangwill, 1960). Les retards en lecture peuvent résulter d'une immaturité des centres du langage sans que la dominance latérale hétérogène y soit pour quoi que ce soit.

Le fait que certains enfants aient simultanément des difficultés dans l'apprentissage de la lecture et une latéralité mal affirmée doit être considéré comme l'illustration d'un retard dans la maturation de leur système nerveux ou l'établissement de leur dominance hémisphérique. Il faut considérer les deux troubles comme concomitants plutôt que voir entre eux une relation de cause à effet, bien que les enfants ayant une position d'écriture normale lisent mieux que les autres (Allen et Wellman, 1980). L'habileté des deux mains d'enfants présentant des difficultés en lecture ne diffère guère de celle d'enfants lisant bien; toutefois, elle est inférieure pour les enfants atteints de difficultés de langage persistantes (Bishop, 1990).

Après avoir comparé les effets de différentes approches d'acquisition de vocabulaire (cognitive: dictionnaire; affective: association subjective; sensorimotrice: mouvement), Manzo et Casale (1983) concluent que l'approche sensorimotrice, qui mime le mot et en fournit une image motrice, donne de meilleurs résultats que les deux autres dans la mémorisation de mots. Aux différents niveaux d'apprentissage, l'apprenant conserve la possibilité d'utiliser des associations avec l'activité motrice.

8. L'ORIENTATION DROITE-GAUCHE ET LA LECTURE

Pour distinguer les lettres les unes des autres, il est indispensable de les orienter correctement. Les lignes doivent être parcourues dans un sens conventionnel bien défini. Ces observations conduisent à l'hypothèse que des enfants ne réussissant pas à lire, par confusion ou inversion de lettres, pourraient également avoir des difficultés à maîtriser les notions de droite et de gauche. La plupart des études (Harris, 1957; Belmont et Birch, 1965; Crinella, Beck et Robinson, 1971; Barnsley, 1970; Rigal, 1976) vont en ce sens, bien que d'autres s'y opposent (Benton et Kemble, 1960; Balow, 1963; Balow et Balow, 1964; Coleman et Deutsch, 1964). La distinction de la droite et de la gauche représente un acte cognitif dans lequel la mémoire joue un grand rôle. Sa relation avec les résultats en lecture apparaît moins importante lorsqu'on contrôle le quotient intellectuel des sujets, mais elle demeure tout de même positive (Benton, 1968). Les erreurs commises par les enfants augmentent avec le degré d'abstraction exigé par l'épreuve. L'identification correcte des relations droite-gauche sur autrui et sur les objets s'effectue plus tardivement que la simple reconnaissance de la droite et de la gauche sur soi.

L'orientation droite-gauche facilite la discrimination perceptive de certaines lettres symétriques, discrimination qui améliore le rendement en lecture. Avec l'âge, ces mécanismes ne suffisent plus, et d'autres facteurs comme la richesse du vocabulaire, l'entraînement et l'intelligence vont prendre le pas sur eux. Bien que la maîtrise des notions de droite et de gauche facilite la discrimination des lettres fondée sur leur orientation, elle n'entraîne pas forcément l'identification de ces mêmes lettres. Celles-ci peuvent être bien différenciées quant à leur orientation, mais confondues quant à leur dénomination.

Les confusions de lettres, les inversions de syllabes ou de mots ne s'expliquent pas systématiquement par des troubles de l'orientation droite-gauche chez des sujets normaux. Elles peuvent l'être en début d'apprentissage, lorsque cette orientation fournit une référence qui améliore la discrimination et la reconnaissance de lettres ne se différenciant que par rapport à leur orientation, mais plus difficilement par la suite.

Seules les formes qui se prêtent à une orientation droite-gauche discriminative et qui sont par la suite inversées provoquent une perturbation de leur reconnaissance lorsqu'elles sont ultérieurement présentées en miroir. Cette observation ne vaut que pour l'écriture et la lecture. Le même traitement appliqué en milieu environnant inversé (photos, diapos) ne perturbe pas notre perception dans la mesure où l'objet présenté ne renferme pas de signes graphiques. L'identité des objets subsiste quelle que soit leur orientation (couteau, ciseaux, crayon, etc.), ce qui n'est pas le cas pour les lettres (n-u; b-d; p-q), les chiffres (6-9; 23-32) ou les mots (lac-cal; son-nos; mon-nom) où l'orientation ou l'ordre définit la signification.

Si les inversions droite/gauche sont plus fréquentes chez les mauvais lecteurs que chez les bons lecteurs, elles ne représentent pas, toutefois, la cause unique des difficultés en lecture. Ces inversions sont singulièrement importantes chez les enfants ayant les plus grands retards (Belmont et Birch, 1965; Liberman *et al.*, 1971): elles touchent en particulier la différenciation droite/gauche des parties symétriques du corps du sujet ou d'une personne lui faisant face. Par ailleurs, les confusions haut/bas ne sont pas plus fréquentes chez les enfants ayant des difficultés en lecture que chez les autres.

Les exercices de mime corporel des lettres ne sont pas à recommander. En effet, l'enfant qui «dessine» une lettre avec son corps doit l'inverser s'il veut qu'un autre enfant lui faisant face puisse la lire. De plus, pour écrire un mot à plusieurs, il faut ici encore le faire de la droite vers la gauche pour être lu de la gauche vers la droite!

Pour faciliter le respect des notions de droite et de gauche, on peut en signaler la présence par une note sur la table ou la feuille et l'indiquer clairement au moment où l'on donne les instructions; on peut aussi souligner les lettres confondues et surveiller de près les exercices de copie afin d'éviter l'ancrage de faux programmes moteurs d'écriture.

9. L'ORGANISATION SPATIALE ET LA LECTURE

Parmi les composantes de l'organisation spatiale, ce sont les effets de la perception spatiale sur la lecture qui ont été le plus étudiés. La majorité des études sur le sujet prennent pour point de départ la discrimination des lettres semblables ainsi que l'évolution de la façon dont les enfants apprennent à les distinguer.

Presque tous les enfants de la maternelle confondent les lettres b, d, p et q car ils les considèrent comme semblables. Puis, lorsqu'ils ont atteint l'âge mental de cinq ans et demi ou six ans, il se produit une diminution des erreurs dans la distinction de couples de lettres se différenciant par l'orientation haut-bas de la barre (b-q; d-p; etc.). Enfin, ce n'est qu'à l'âge mental de sept ou huit ans qu'ils évitent les erreurs b-d et p-q, la confusion b-d étant la dernière à disparaître (Davidson, 1935).

L'origine des confusions peut être attribuée aux termes «même» et «différent» que l'expérimentateur utilise et dont les enfants ne comprennent pas toujours le sens, ce qui provoque des difficultés dans la dénomination des lettres (Caldwell et Hall, 1969). La formation des concepts exacts en fonction de l'orientation favorise une diminution du nombre d'erreurs.

Le degré de confusion des lettres de l'alphabet a fait l'objet de plusieurs recherches. Popp (1964) confirme les travaux de Gibson et son équipe (1962) et conclut que les lettres les plus confondues le sont davantage par des transformations en miroir ou en rotation (p-q; b-q) que par des transformations par ouverture (o-c). Ces confusions se manifestent également dans les systèmes d'écriture syllabique où un signe représente le son d'une syllabe. Dans le système Cree, les syllabes ka, ke, ki et ko utilisent respectivement les graphèmes p, q, b et d, tandis que les syllabes na, ne, ni et no s'écrivent dans l'ordre , ,  et  ce qui ne diminue pas les risques de confusion!

La différenciation de figures en miroir évolue très rapidement entre trois et sept ans, en particulier vers cinq ans et demi; à tout âge, elle est plus facile pour les figures à renversement haut/bas qu'à inversion droite/gauche (Leroy-Boussion et Reynard, 1973). En outre, ces deux types de discrimination sont étroitement associés, et les résultats des garçons et des filles ne diffèrent pas.

Asso et Wyke (1971) attirent l'attention sur les niveaux de confusion de lettres se ressemblant par leur orientation spatiale, en utilisant quatre modes de discrimination avec les enfants de cinq ans et demi à sept ans: le regroupement, la copie, la lecture et la dictée. La méthode la plus précise est la copie d'un modèle, suivie de celle du regroupement; nommer la lettre en la lisant et l'écrire sous dictée sont les plus difficiles car elles font intervenir l'identification. Il existe, de plus, une très forte corrélation entre l'exactitude de la dénomination de la lettre et son écriture sous dictée. Lorsque le sujet apprend l'association correcte entre un phonème et l'orientation spatiale de la lettre, sa reconnaissance de la lettre ne dépend plus d'une information sensorielle particulière.

La facilité à distinguer des formes symétriques ou à reproduire des figures géométriques permet-elle de prédire l'aisance avec laquelle les enfants vont apprendre à lire? Les résultats de plusieurs études apportent une réponse positive à cette question, en particulier en début d'apprentissage (Smith et Keogh, 1962; Keogh et Smith, 1967; Koppitz, 1970; Koppitz *et al.*, 1959). Les études longitudinales montrent une relation entre les résultats au test visuomoteur de Bender (1946) obtenus au début de l'année et les résultats en lecture en fin d'année ou une année plus tard. D'autres recherches ont donné des résultats semblables en première année à l'aide des épreuves de perception visuelle de Frostig (Olson, 1966; Waugh et Watson, 1971; Kak et Brown, 1979; Aman-Gainotti et Casale, 1980) ou d'épreuves semblables (Silver *et al.*, 1967). Toutefois, le degré de relation n'est pas assez élevé pour négliger l'influence d'autres facteurs dans l'apprentissage de la lecture (Barrett, 1965; Werner *et al.*, 1967; Bell et Aftanas, 1972; Du Bois, 1973; Robinson et Schwartz, 1973), et il demeure donc nécessaire d'avoir recours à une batterie prédictive plutôt qu'à une seule épreuve.

Les relations entre l'organisation spatiale et le rendement en lecture doivent être envisagées comme résultant d'un facteur général, comme la perception de la constance des formes ou de leur orientation, plutôt que de relations de cause à effet. Dans l'un et l'autre cas, l'activité perceptive du sujet, associée aux différentes manipulations des objets ou des formes, favorise l'acquisition de concepts semblables relatifs à la perception et intervenant dans les deux genres d'activité. Ce phénomène expliquerait l'intensité de la relation au début de l'apprentissage et sa diminution ensuite. Les épreuves de perception visuelle qui reposent sur l'organisation spatiale permettent d'évaluer certains mécanismes mis en jeu au départ, comme la différenciation de symboles, la reconnaissance de formes ou la distinction figure/fond.

10. L'ORGANISATION TEMPORELLE ET LA LECTURE

La lecture suppose l'association de symboles écrits à des phonèmes. Le degré de réussite de cette association peut être évalué à l'aide d'une épreuve d'intégration audiovisuelle qui consiste à établir une équivalence entre des modèles de stimuli (structures rythmiques) perçus auditivement et visuellement (Birch et Belmont, 1964, 1965). La comparaison de deux groupes d'enfants de neuf et dix ans composés de bons et de mauvais lecteurs a fait ressortir que les premiers effectuent beaucoup moins d'erreurs que les seconds. Il existe une forte corrélation entre les résultats en lecture et ceux en intégration audiovisuelle chez les sujets de maternelle ($r = .70$) et de première année ($r = .42$) ainsi que chez les enfants à scolarité normale (Birch et Belmont, 1965; Sterritt et Rudnick, 1966; Ford, 1967; Zurif et Carson, 1970; Vande Voort *et al.*, 1972). De la même manière, les résultats aux épreuves de rythme et les résultats en lecture vont de pair au cours des premières années d'apprentissage (Inizan, 1960; Stambak *et al.*, 1972; Rigal, 1976). Si l'apprentissage de la lecture nécessite la discrimination de phonèmes et la transformation de structures auditives distribuées dans le temps en

structures visuelles distribuées dans l'espace, ces résultats se comprennent. Les épreuves de rythme, par comparaison, se rapprochent de celles de discrimination auditive de phonèmes. L'apparition d'une relation rythme-lecture indique l'existence d'un élément commun aux deux : la facilité à différencier deux stimuli non identiques. La qualité de la lecture pourrait dépendre davantage du sens du rythme. Le ton monotone adopté par certains enfants lors de la lecture à voix haute proviendrait ainsi de l'absence d'accentuation des temps forts et des temps faibles à l'intérieur des mots et des phrases, éléments caractéristiques du rythme. Ceux qui éprouvent des difficultés à associer les sons aux symboles visuels épellent moins bien, suivent difficilement avec les méthodes syllabiques d'apprentissage, relient avec peine le «vu» et l'«entendu» et vice-versa.

11. LES MOYENS PÉDAGOGIQUES

Dans la différenciation des lettres, l'acquis joue un grand rôle. Les différentes théories dont nous avons parlé à propos de la perception (Tome 1) comportent des éléments intéressants qu'il faut prendre en considération au commencement de l'apprentissage de la lecture.

Les théories d'imitation motrice font ressortir la nécessité de coordonner les mouvements d'exploration de la main avec ceux de l'œil. En manipulant des lettres sculptées ou découpées dans du carton, l'enfant peut s'imprégner de la forme de la lettre ; il l'isole progressivement des autres et, au fur et à mesure qu'il se la représente mentalement, ressent de moins en moins le besoin de l'accompagner du geste. La reproduction de lettres avec le corps peut être aussi envisagée, avec précaution toutefois : l'orientation de la lettre mimée ne correspond pas toujours à celle perçue de l'extérieur (par exemple les lettres S et N).

La perception est un phénomène cognitif : il se produit une assimilation de l'entrée sensorielle à un schème. Le schème résulte de l'expérience sensorimotrice, d'un apprentissage. Lorsque l'enfant se trompe dans la reconnaissance des lettres, c'est qu'il n'a pas eu suffisamment d'exercices perceptifs qui ont pu lui permettre de dissocier un schème d'un autre. Il convient alors de les lui faire répéter.

Les principes de la théorie de la Forme constituent également des éléments importants à retenir. La présentation des mots doit se faire dans des conditions évitant toute confusion possible (respect des lois figure-fond, prégnance). Il faut mettre les mots bien en évidence pour que l'enfant puisse les distinguer d'autres mots.

La formation du concept de forme (le carré, le cercle, le triangle, le cube, la lettre) se réalise à partir d'activités qui s'inscrivent dans le continuum perceptif par un contact visuel, tactile, corporel avec un modèle de la forme présentant des tailles et des positions différentes. Ce modèle doit être discriminé d'autres formes lors d'activités diverses (colorier, construire, dessiner, marcher sur les formes ressemblant au

modèle). Dans les exercices de reconnaissance, l'enfant doit retrouver parmi plusieurs formes différentes celle qu'on a cachée après lui avoir montrée, ou bien mettre en relief son contour au milieu de figures entrecroisées. Lors des exercices d'identification, l'enfant donne le nom ou refait lui-même la forme à partir d'un indice linguistique («dessine un cercle»; «marche en formant un carré»; «écris un "a"»).

Au cours des séances d'éducation motrice, la progression se fait de la perception spatiale à la représentation, de l'orientation à la structuration. L'enfant suit une forme tracée par terre ou en dessine une qui est posée devant lui, copie une forme réalisée par un autre enfant ou illustrée sur un carton tenu à la main. Il peut ensuite reproduire en marchant une forme vue au tableau, puis cachée, ou transcrire sur celui-ci la forme ou le modèle qu'il vient de reproduire au sol.

12. RÉSUMÉ

Lire, c'est donner un sens à des signes écrits dont la reconnaissance et l'identification se traduisent par l'émission des sons qui leur correspondent et la compréhension du message qu'ils véhiculent.

L'activité visuelle (les mouvements oculaires) entraîne l'activité phonatoire qui se rapporte aux lettres (méthode syllabique) ou aux mots (méthode globale).

Les répétitions successives des mêmes activités finissent par conduire à la reconnaissance des mots appréhendés dans leur totalité, reconnaissance qui diminue les erreurs de lecture.

L'apprentissage de la lecture s'appuie sur la perception et la discrimination de formes et de sons. Cette discrimination est facilitée par des exercices d'attention et d'organisation spatiale et temporelle ainsi que par des manipulations de lettres et de formes qui donnent à l'enfant des moyens supplémentaires de reconnaissance et lui assurent une préparation adéquate. Les relations entre les résultats en lecture et les différentes composantes du développement psychomoteur sont plus importantes au début de l'apprentissage qu'après l'âge de neuf ou dix ans. L'influence des exercices psychomoteurs décroît progressivement après avoir souvent fourni un point de départ concret.

LES MATHÉMATIQUES

1. Introduction	99
2. La pensée logico-mathématique	99
3. L'apprentissage en mathématiques	102
4. L'éducation motrice et l'apprentissage des mathématiques	104
4.1. La latéralité et les mathématiques	105
4.2. L'organisation spatiale et les mathématiques	107
4.3. L'organisation temporelle et les mathématiques	108
5. Les activités motrices et les mathématiques	108
5.1. Les ensembles	110
5.2. L'étude des relations	113
5.3. Le nombre et les opérations	115
5.4. La mesure	120
5.4.1. Les activités de mesure de la longueur	121
5.4.2. Les activités de mesure de la surface	122
5.4.3. Les activités de mesure du volume	122
5.4.4. Les activités de mesure de la masse	122
5.4.5. Les activités de mesure de la température	123
5.4.6. Les activités de mesure du temps	123
5.5. Les formes géométriques et l'espace	123
6. Résumé	125

1. INTRODUCTION

Parmi les découvertes importantes de la psychologie génétique, figure certainement celle d'étapes ou de stades de développement. Ces étapes se succèdent dans un ordre semblable d'un enfant à l'autre, mais à des âges chronologiques différents. Le passage d'un stade donné au suivant s'effectue naturellement avec la maturation dans la mesure où l'apprentissage renforce les acquis et stimule la curiosité. La maturation apporte de nouvelles possibilités de raisonnement ou de réflexion que l'entraînement révèle ou actualise: il faut donc tenir compte du développement atteint par l'enfant avant de lui présenter des apprentissages particuliers. Ceux-ci ne donneront de résultats positifs que dans la mesure où les fonctions cognitives fondamentales, dont celles de représentation et d'abstraction, seront suffisamment développées.

2. LA PENSÉE LOGICO-MATHÉMATIQUE

L'acquisition et la maîtrise de notions propres aux mathématiques dépendent ainsi de moments ou de seuils critiques dont rendent compte les travaux sur le développement des fonctions cognitives de l'enfant qui mettent en relief les interactions entre la maturation, l'expérience et la socialisation dans les processus mentaux (Piaget, 1948, 1964). La **capacité opératoire** des enfants peut être induite lorsqu'ils approchent de l'âge où cette capacité s'acquiert normalement et que l'apprentissage proposé correspond au niveau de développement qu'ils ont atteint (Quintin, 1985). La plupart de ces notions fondamentales (la conservation, la représentation, la réversibilité, etc.)

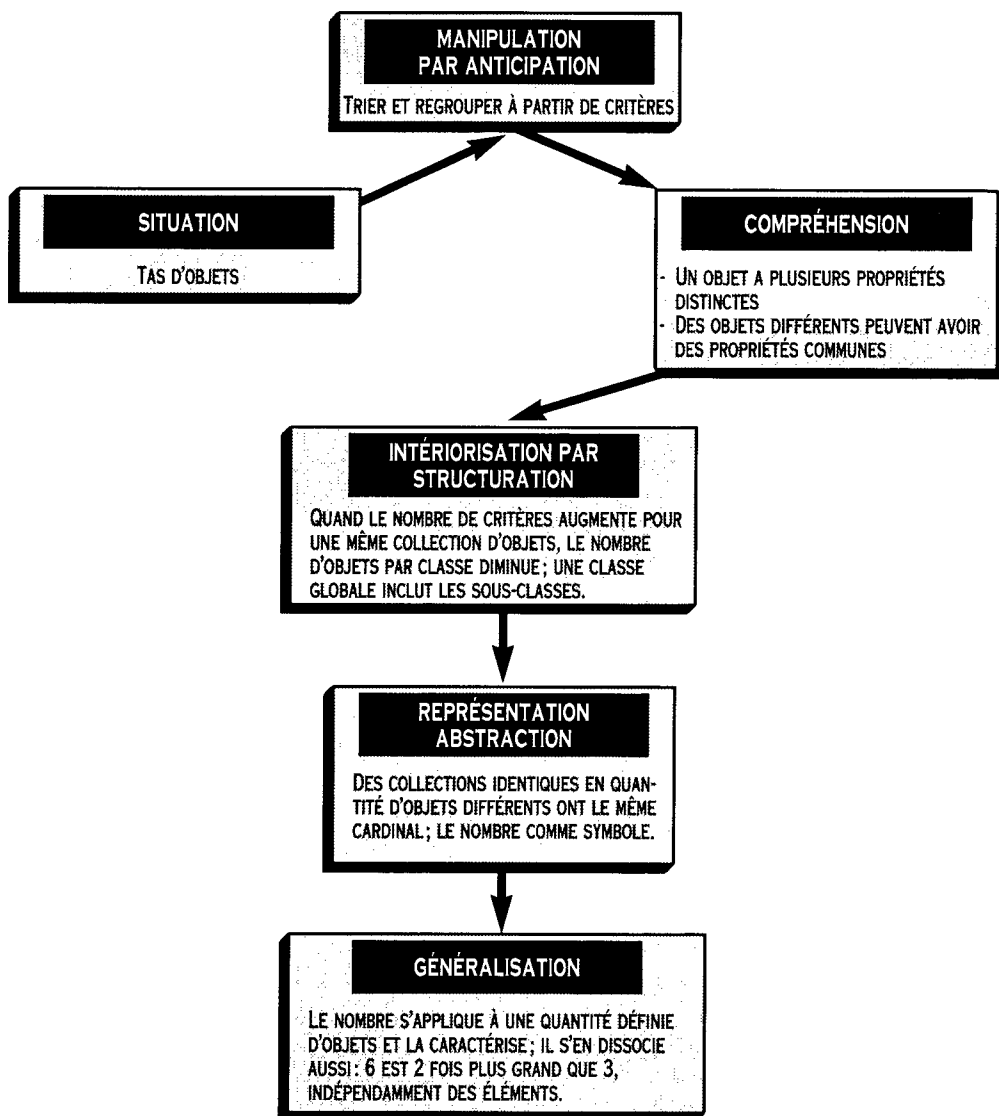
s'enseignent difficilement comme telles; elles témoignent davantage d'une évolution interne des possibilités mentales dont elles représentent une forme d'achèvement. Elles déterminent aussi, dans une large mesure, la manière dont l'enfant aborde et résout les problèmes. En fonction de son niveau de développement, de sa compréhension des données et des notions et concepts mis en jeu, il perçoit ou non les relations, les transformations et les étapes nécessaires qui mènent à la solution. La notion de **relation** est certainement au cœur des processus de compréhension; les opérations consistent en effet à établir des rapports et des liaisons entre deux, trois ou davantage d'éléments. Dès que l'enfant manipule des objets, il les compare et les regroupe en fonction de leurs ressemblances ou différences ou encore de leur complémentarité (figure 4.1). Cette activité trouve son aboutissement naturel dans la découverte des propriétés des objets et la constitution de classes. Les propriétés, comme la forme, la couleur, la taille, peuvent prendre plusieurs valeurs ou critères (la forme: carré, rond, rectangle, triangle, etc.; la couleur: rouge, bleu, jaune, etc.; la taille: petit, moyen, grand) et être utilisées dans les activités préparatoires à cet apprentissage (Brunelle et Barataud, 1985; Riedesel, 1985; Tourtet, 1983).

Les structures logico-mathématiques apparaissent avec les schèmes sensorimoteurs liés aux actions de classification et de sériation, comme empiler des objets semblables pour faire des tours ou des murs avec des blocs. L'évolution de la pensée logico-mathématique s'accompagne du passage des **opérations concrètes**, liées aux objets et à leur manipulation, aux **opérations formelles**, associées à la formulation et à la vérification d'hypothèses. En bref, il s'agit de passer de la perception simple à l'opération ou au concept, de l'aspect figuratif à l'aspect opératoire de la connaissance, du concret et de l'action sur le matériel à l'abstrait où l'utilisation des symboles n'est qu'un mode de représentation du concept. Dans le premier cas, la perception prime, l'exercice se répétant, semblable à lui-même, alors que dans le second cas, l'action prime la perception pour favoriser les opérations. Au niveau perceptif, ce qui, par exemple, occupe plus d'espace ($^{\circ}_{\infty}{}^{\circ}_{\infty}{}^{\circ}_{\infty}{}^{\circ}_{\infty}$) est plus grand ou plus nombreux: pour le jeune enfant, il y a plus de billes dans la rangée du haut que dans celle du bas (il y a également plus à manger dans un gâteau s'il est coupé en morceaux dispersés que s'il reste entier!).

Les connaissances associées à l'**aspect figuratif** du milieu externe sont liées à ce que l'on observe et apparaissent comme des copies du réel (la perception, l'imitation, les images mentales), bien que la correspondance avec les événements réels ne soit souvent qu'approximative. Cet aspect se rapporte aux configurations, à la composante statique momentanée d'une situation et consiste à imiter, à représenter ou à anticiper de façon schématique certains aspects du réel. L'**aspect opératoire** est relatif aux actions et transformations réelles ou imaginaires que le sujet exécute sur les éléments concrets (unir, déplacer, inclure, mettre en correspondance). On structure ainsi la fonction figurative dans le développement cognitif normal, même si le rôle de la perception et de l'image mentale demeure important.

FIGURE 4.1

LES MATHÉMATIQUES : PASSAGE DU CONCRET À L'ABSTRAIT



C'est probablement la découverte des **invariants**, éléments caractéristiques propres à certains objets ou situations, qui facilite l'accession à la notion de conservation des propriétés données des objets malgré leur transformation; cette notion permet les **opérations**, actions intériorisées et réversibles. La conservation des qualités ou des attributs de l'objet, malgré les changements d'apparence de leur présentation physique, marque une étape importante dans l'évolution de l'enfant: la masse, le volume et la quantité de pâte à modeler d'une boule ne changent pas, que la pâte soit étalée, façonnée en bâton ou coupée en petits morceaux; la taille d'une personne ne varie pas selon qu'elle soit assise, debout ou couchée. Cette acquisition se vérifie par les justifications déductives et logiques présentées par l'enfant, qui s'appuient sur la **réversibilité simple** (si je transforme A en B, en retransformant B, je vais obtenir A) ou **compensatoire** de l'opération (c'est plus mince, mais plus long, donc c'est pareil) ainsi que sur l'**identité** (je n'ai rien ajouté ni enlevé). C'est en l'écouter nous expliquer son résultat que nous pouvons vérifier la justesse du raisonnement de l'enfant et déterminer le niveau d'assimilation de la réalité physique qu'il a atteint et, s'il y a lieu, les éléments de son blocage. Il est alors possible d'agir sur l'une ou l'autre des causes de non-compréhension du problème, dont l'impulsivité de l'enfant, sa lecture linéaire du texte sans imaginer ce qui est demandé, son absence de représentation, de comparaison entre les éléments, de liaison entre le problème et la vie quotidienne, son incapacité à coordonner et à combiner des sources diverses d'information.

3. L'APPRENTISSAGE EN MATHÉMATIQUES

Au moment de l'apprentissage, on peut partir soit du programme à «faire», soit de l'enfant. Dans le premier cas, l'enfant doit apprendre par répétitions successives des notions propres à un âge chronologique donné qui ne correspond pas forcément à son âge physiologique et, dans le deuxième, en se souciant d'abord de ses possibilités, on le prépare à l'apprentissage par l'expérimentation de situations propres à lui faire acquérir des habiletés qui serviront de point de départ à leur application à d'autres situations plus complexes. La mise en place de processus mentaux de raisonnement prime sans doute l'apprentissage de contenus spécifiques: la seconde approche privilégie une adaptation à des situations variées alors que la première confine l'enfant aux situations vécues.

C'est toute la distinction entre les connaissances déclaratives et les connaissances procédurales (Fischer, 1992). Les connaissances déclaratives (savoir ou apprendre que) se rapportent aux faits, à la compréhension de relations. Les connaissances procédurales (savoir ou apprendre comment) s'appliquent aux façons de faire, aux stratégies; l'enfant accroît ses habiletés à effectuer des calculs parce qu'il connaît ses tables de multiplication et la façon de poser puis d'effectuer les produits. Les deux formes de connaissance ne sont pas étrangères l'une à l'autre mais elles s'appuient mutuellement. Comme les possibilités de résolution de problèmes s'améliorent avec

l'âge, quelles sont les parts respectives de la maturation des structures nerveuses et de la pratique? Les deux interviennent conjointement, sans que l'on puisse clairement définir l'impact de chacune d'entre elles.

L'analyse d'une situation ou d'un problème exige qu'on se le représente afin de se rendre compte que derrière la multitude de situations différentes, se dissimule un nombre très restreint de relations simples. Encore faut-il pouvoir avoir accès à ce que l'enfant se représente pour comprendre ses erreurs de raisonnement; ceci est possible par l'intermédiaire du dialogue ou de l'étude des productions du sujet.

Les progrès et la réussite en mathématiques relèvent aussi bien des fonctions symboliques et de la perception visuelle, que d'actions (comme grouper, ordonner, réunir, séparer, compter), ou du niveau d'abstraction empirique (déterminer les propriétés des objets: distinguer un cercle d'un carré) ou réfléchissante (l'action du sujet sur les objets, en les réorganisant différemment par exemple). Ces éléments de base se complètent ensuite par les concepts de classe et de nombre et les premières opérations sur les nombres (cardinal, addition, soustraction), les égalités ou inégalités, les équations, les problèmes de la vie courante (la monnaie, les distances, le temps, etc.).

La résolution d'un problème de type arithmétique demande à la fois la **compréhension sémantique** de son énoncé (pour déterminer le sens de l'action) et la **quantification des éléments**, exprimée dans une opération (addition, soustraction, multiplication, division). Quand l'enfant lit «Paul a perdu quatre billes» cela sous-entend qu'il reconnaît le nom de la personne (Paul), l'action effectuée (perdre), la quantité (quatre) et l'objet (bille). Il doit ensuite effectuer les opérations pour trouver le résultat. Il faut en fait traduire l'énoncé verbal en une relation mathématique où priment les symboles. C'est sur l'étape de la compréhension sémantique qu'il achoppe le plus souvent: il ne comprend pas l'énoncé, ce qui lui est demandé; en conséquence, il fera n'importe quelle opération à partir de n'importe quels nombres. Le **calcul relationnel**, réflexion logique nécessaire pour découvrir les relations contenues dans le problème, se complète par le **calcul numérique** que constituent les quatre opérations de base. Les mathématiques incluent ainsi une composante conceptuelle (ou de compréhension) pour traduire l'énoncé français en une relation mathématique de type symbolique et une composante calcul (ou application). Dans le premier cas, l'enfant doit comprendre l'énoncé du problème et trouver l'opération adéquate (Paul a 16 billes. Il en gagne 25. Combien a-t-il de billes?). Dans le deuxième, on indique l'opération à faire ($16 + 25 = ?$). «Gagner» se traduit par «+».

La notion de **quantité** est l'un des concepts clés des mathématiques, et la plupart des problèmes portent sur ses transformations. La quantité initiale ne change pas lorsqu'on ajoute puis retranche une même quantité ($a + b - b = a$): c'est l'inversion. Le nombre de joueurs d'une équipe n'est pas affecté si l'on ajoute des joueurs mais qu'un nombre égal de joueurs s'en vont. Un objet, en tant que quantité, n'est pas déterminé numériquement une fois pour toutes: sa valeur n'est fixée que

lorsqu'une autre quantité est choisie comme unité de mesure. Il s'ensuit que le même objet peut être mesuré avec différents systèmes d'unités et, en conséquence, être désigné par différents nombres (le système international ou le système anglais par exemple); la distance entre deux villes peut être de 32 kilomètres ou de 20 milles!

Le concept de nombre procède de la mesure de quantités continues: il s'établit une relation entre la quantité et une partie de celle-ci utilisée comme unité de mesure. Compter, c'est donc mesurer un ensemble d'objets discrets. Cela facilite la comparaison de deux éléments (pareil, plus grand, plus petit) en donnant une valeur numérique à la différence et non plus seulement en fournissant une appréciation qualitative. La production de transformations fait transiter de l'égalité à l'inégalité ainsi que réaliser les additions, avec leurs propriétés de commutativité et d'associativité, et les soustractions.

4. L'ÉDUCATION MOTRICE ET L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

L'intégration d'activités de mouvement dans l'apprentissage des mathématiques ou dans la rééducation des difficultés propres à cet apprentissage, amorcée par Maria Montessori au début du siècle (Montessori, 1970), a été répandue par Jaulin-Mannoni (1965, 1966) et par Diénès (1971, 1972, 1973). Ce souci de fournir des points de départ concrets au raisonnement mathématique trouve son origine dans les différents travaux entrepris en psychologie génétique. Connaître ne se borne pas à copier le réel mais consiste à construire des relations, des structures, les unes et les autres formant des ensembles transformables. L'activité motrice contribue à l'organisation des processus cognitifs en favorisant l'élaboration de ces structures qui ordonnent le réel. La perception entraîne l'action qui, à son tour, favorise la connaissance par les activités de manipulation, de comparaison, de combinaison et de transformation des objets. Que ce soit dans la formation des concepts géométriques, la conservation des longueurs et quantités ou l'acquisition de la notion de nombre, les manipulations d'objets fournissent à l'enfant la possibilité d'expériences variées qui le conduisent progressivement à l'abstraction propre aux mathématiques. Ces jeux favorisent la prise de conscience des échanges de quantités propres aux opérations d'addition et de soustraction et préparent tôt et progressivement à la présentation de concepts nouveaux. Le nombre se construit en agaçant l'action d'ordonner les objets à celle de les réunir en une somme. C'est l'action de réunir qui confère aux objets une somme, une totalité logique et numérique. Le nombre n'appartient pas à l'objet: il provient d'une activité du sujet en interaction avec le milieu. Savoir compter, c'est faire correspondre la suite numérique à l'exploration d'un ensemble d'objets (Vergnaud, 1985). L'évolution simultanée des structures logiques de groupements de classes, classification et inclusion (emboîter 1 dans 1 + 1 et 1 + 1 dans 1 + 1 + 1), et des relations d'ordre (action de sérier les objets pour les distinguer 1, 1, 1, ...) mène au nombre. La correspondance terme à terme lors

de la comparaison de deux ensembles distincts exprime cette synthèse, correspondance qui se conserve indépendamment de l'arrangement spatial des éléments. Ces deux constructions, groupement et ordre, se basent naturellement sur la manipulation des objets et donc sur l'expérience du sujet (Piaget, 1967).

Si l'un des premiers objectifs des mathématiques au cours primaire est de développer l'habileté à structurer (comme établir des liens, classer, ordonner), il faut alors favoriser les habiletés intellectuelles et motrices qui facilitent l'apprentissage de concepts fondamentaux comme les notions de nombre, de géométrie et de mesure. On peut ainsi inclure dans les objectifs psychomoteurs toute une série de notions utiles pour l'apprentissage du nombre (classer, regrouper, établir des correspondances terme à terme), de la géométrie (notions spatiales, traçage de graphiques, utilisation du compas, reconnaissance de figures, discrimination de la droite et de la gauche) et de la mesure (utiliser la règle et le rapporteur, reporter la même unité).

Les interactions entre les différentes composantes du développement psychomoteur et l'apprentissage des mathématiques, bien qu'elles soient longuement traitées dans le *Programme d'études* (1980) et le *Guide pédagogique en mathématiques* (1981), n'ont pas fait l'objet de nombreuses recherches; de façon générale, l'importance de ces interactions s'amenuise avec l'âge (Rigal, 1976). Les chercheurs s'intéressent plutôt à l'aspect concret du vécu moteur et au rôle du corps comme référent dans l'appropriation des concepts.

4.1. La latéralité et les mathématiques

Des différentes épreuves de latéralité, seule l'efficacité manuelle globale interagit avec le rendement en première année d'apprentissage. L'habileté manuelle élevée favorise la manipulation d'objets qui influence l'acquisition de différents concepts intervenant dans le raisonnement mathématique. En outre, compter nécessite de la coordination oculo-manuelle (combinaison des mouvements des yeux et de la main): l'œil guide la main pour pointer du doigt et accompagne son mouvement; les deux doivent se suivre, l'œil anticipant le déplacement de la main. Chez les enfants plus âgés, la connaissance digitale associée à l'habileté manuelle ne joue plus qu'un rôle secondaire. La complexité croissante des opérations mathématiques les rend indépendantes de l'efficacité manuelle, malgré l'influence qu'a pu exercer cette dernière au début de l'apprentissage.

Les modèles digitaux sont des programmes moteurs ayant un résultat manifeste dans le champ visuel ou tactile de l'enfant, avec des caractéristiques spatiales aussi bien que motrices et sensorielles. Les premières tiennent aux configurations des doigts utilisés, les autres à leur mobilisation.

Parmi les stratégies visibles que l'enfant utilise dans l'addition ou la soustraction, figurent celle où il compte sur les doigts (chaque doigt représente une unité et

est touché) et celle où il utilise les doigts (chaque doigt représente une unité mais n'est pas compté visuellement avant de donner la réponse) en plus de compter à voix haute (Geary, 1990).

La proportion d'écoliers de neuf ou dix ans bons en mathématiques est plus élevée chez les gauchers que chez les droitiers (Annett et Manning, 1990). Plus la différence d'habileté entre la main droite et la main gauche augmente, plus les résultats en mathématiques baissent, aussi bien pour les garçons que pour les filles. Les résultats en mathématiques seraient donc associés au degré d'habileté de la main gauche et pourraient être reliés à une forme de dominance de l'hémisphère droit!

Les lésions rétrorolandiques de l'hémisphère gauche provoquent plus de difficultés en mathématiques (alexie et agraphie des nombres, acalculie arithmétique et spatiale) que des lésions localisées à d'autres endroits (Rosselli et Ardila, 1989). Dans le syndrome de Gertsman, l'agnosie digitale s'associe à l'acalculie, ce qui souligne ainsi l'importance de la connaissance des doigts dans l'accession à la numération et étaye l'hypothèse que l'homme a appris à compter en se servant de ses doigts (notons qu'en anglais le terme «digit» désigne simultanément le chiffre et le doigt!). L'acquisition et la conservation du nombre se font d'abord à partir des doigts, avant de se généraliser aux objets (Curcio, Robbins et Ela, 1971). Chez des retardés mentaux adultes, il existe une relation entre l'agnosie digitale et les résultats en mathématiques (Wide Range Achievement Test): les sujets qui distinguent le mieux leurs doigts obtiennent également des résultats plus élevés en mathématiques (Benton, 1959; Matthews et Folk, 1964).

Hershenson (1967) a obtenu des résultats semblables avec des étudiants: l'exactitude du dessin des cinq doigts de la main montre une relation significative avec les résultats en mathématiques, alors que d'autres auteurs ont fait état du contraire (Benton, Hutcheon et Seymour, 1951; Lyle, 1969). Leurs conclusions reposent sur l'étude de ces deux facteurs chez des enfants normaux du primaire et chez des adolescents de 13 à 20 ans ayant des difficultés d'apprentissage en mathématiques. Les enfants de neuf ans ont déjà, de façon générale, une excellente connaissance de leurs doigts (Bergès et Lézine, 1978) et, s'il est vrai qu'ils les utilisent pour apprendre à compter au début de leur scolarité, ce moyen devient par la suite accessoire. De ce fait, l'absence d'écart ou de variation dans les résultats au test de connaissance des doigts après l'âge de neuf ans peut d'ailleurs difficilement conduire à d'autres conclusions: la dispersion des scores est pratiquement nulle pour la connaissance des doigts, mais élevée pour les résultats en mathématiques.

Les divergences précédentes, quant aux relations agnosie digitale-résultats en mathématiques, s'éclairent en partie à la suite de la comparaison des tests utilisés pour évaluer l'agnosie digitale. Plusieurs de ces tests ont pour élément commun de demander à l'enfant de pointer, sur un schéma ou sur l'une de ses mains, le ou les doigts stimulés par l'expérimentateur sur son autre main. Ces épreuves font essentiellement

appel à la position digitale, et il se peut que cette habileté n'intervienne que très peu dans le raisonnement mathématique. Les épreuves qui, par contre, exigent la reproduction de gestes digitaux ou de figures digitales font appel à un élément nouveau dans le raisonnement de l'enfant: pour pouvoir reproduire la figure, celui-ci doit établir une correspondance terme à terme avec les doigts montrés par l'expérimentateur tout en percevant les relations spatiales établies entre les doigts (Benech, 1984). Il ne s'agit plus de simples sensations tactiles à identifier puis à reproduire sur une partie symétrique du corps, mais d'un début de numération.

4.2. L'organisation spatiale et les mathématiques

Toute activité quelle qu'elle soit se déroule dans le temps et dans un espace déterminé qui contient également les objets et les autres personnes. C'est dans cet espace que l'enfant se déplace, c'est lui qu'il organise et se représente. Dès le début, des relations binaires s'établissent entre les différents objets ou entre l'enfant et les objets: près de, à côté de, sur, sous, dans, en face, derrière, devant, à droite de, à gauche de, dans la même boîte que, etc. Ces relations, basées sur de simples constatations, se complètent par des transformations ou des comparaisons d'objets en présence: est pareil à, plus grand que, différent de, a une forme différente de, n'est pas équivalent à, etc. Elles préparent progressivement l'enfant à acquérir les notions de quantité, puis de mesure et enfin de nombre.

Dans les quatre opérations de base, la position des chiffres les uns par rapport aux autres détermine en grande partie l'exactitude du résultat: alignement des unités, dizaines, etc., tout en écrivant les nombres de gauche à droite mais en comptant de droite à gauche dans l'addition et la soustraction; décalage des chiffres du produit vers la gauche dans la multiplication quand on change le terme du multiplicateur; sélection adéquate, à gauche, du nombre de chiffres approprié du dividende et poursuite des calculs vers la droite pour la division, tout en soustrayant de la droite vers la gauche. Pour les trois premières opérations, les calculs se font de la droite vers la gauche et à l'inverse pour la division. On imagine facilement les difficultés à organiser leurs calculs que peuvent rencontrer les enfants ayant une orientation spatiale déficiente! Les produits «en croix» dans les fractions exigent eux aussi une bonne organisation spatiale $\left(\frac{5y}{4} = \frac{10}{2} \text{ donne } 5y \times 2 = 4 \times 10\right)$.

La perception des formes et figures géométriques dépend de l'organisation spatiale, dont les épreuves de Frostig et de Bender évaluent des aspects particuliers qui se retrouvent également en mathématiques, au début de l'apprentissage. La relation fait essentiellement appel à la perception figure-fond, à la conservation de la forme et à la perception spatiale. Ces éléments interviennent en particulier lorsque l'enfant joue à classer, à ordonner, à reconnaître, à comparer des objets, ce qui le conduit à la numération et aux opérations arithmétiques de base par les jeux sur les ensembles.

Les épreuves de Bender (1938), en plus de reposer sur certains aspects topologiques de l'organisation spatiale, mettent en cause la maîtrise des aspects projectifs et métriques de cette même organisation : le respect des proportions, la conservation des angles et l'orientation des figures ; ces aspects sont aussi largement représentés dans d'autres ouvrages avec d'autres aspects des mathématiques (Bouchard et Huard, 1985).

Avec le passage du stade préopératoire au stade opératoire, les présentations concrètes qui déterminent la réussite au cours de la première année scolaire sont progressivement remplacées par la possibilité d'abstraction ou de représentation mentale. L'activité sensorimotrice et la répétition de situations identiques interviennent largement dans l'acquisition de l'identité des formes (Hebb, 1949, 1958 ; Piaget, 1961). Ces processus d'organisation perceptive spatiale se retrouvent aussi dans les jeux d'initiation aux mathématiques qui favorisent l'intégration des concepts fondamentaux.

4.3. L'organisation temporelle et les mathématiques

Une interdépendance entre le rendement en mathématiques et l'organisation temporelle évaluée par le test de rythme de Seashore *et al.* (1960) ou celui d'intégration audiovisuelle de Birch et Belmont (1965) apparaît chez les enfants de l'élémentaire. La comparaison de deux structures rythmiques suppose l'établissement d'une correspondance terme à terme entre elles pour le nombre de frappes et pour l'intervalle séparant deux frappes successives. Si des mécanismes intuitifs globaux interviennent lors de courtes séquences, le décompte des frappes constitue certainement un moyen privilégié de comparaison dès que les structures s'allongent.

5. LES ACTIVITÉS MOTRICES ET LES MATHÉMATIQUES

Parmi les différentes bases nécessaires à l'apprentissage des mathématiques, figurent la comparaison des grandeurs, le classement et la sériation, la conservation des quantités, la notion d'ordre et la numération, auxquels s'ajoutent les concepts d'identité ($a = a$), de commutativité ($a + b = b + a$), d'associativité [$(a + b) + c = a + (b + c)$] et de distributivité [$a(b + c) = (a \times b) + (a \times c)$]. Ces notions peuvent être présentées aux enfants au cours d'activités motrices qui en permettent le vécu et en facilitent la compréhension.

L'enseignant a tout loisir de choisir l'approche retenue pour la présentation de notions nouvelles en mathématiques (Quintin, 1987). Dans un premier temps, il faut n'introduire qu'un élément nouveau ou inconnu à la fois au moyen d'exercices ou de situations variés sollicitant différentes modalités sensorielles (tactiles, kinesthésiques, visuelles, auditives) d'où l'enfant extrait les invariants. Trouver la solution n'est pas ce qui importe le plus : l'enfant doit comprendre le problème posé. Afin d'éviter les erreurs associées à la perception immédiate, il convient d'avoir recours à des situations où la présentation des éléments évite les confusions : on peut avantageusement

profiter des oppositions qu'offrent les contrastes. Dans la mesure du possible, en utilisant l'expérience et l'action sur les objets, la décomposition du problème et sa résolution en étapes successives évitent les opérations directes sur les nombres donnés. Par exemple, dans le problème suivant: Jean lance huit balles dans une caisse, où Pierre en lance trois de plus que Jean; combien de balles ont-ils mises en tout dans la caisse? la réponse spontanée est très souvent 11, soit $8 + 3$, alors qu'il faut mener l'enfant à $8 + (8 + 3)$, soit 19.

Pour attirer l'attention de l'enfant sur les étapes de la résolution des problèmes, tout en vérifiant son raisonnement, on se sert successivement de l'action, de l'action et du langage, du retour verbal, de la schématisation de la réalité, de la transcription graphique et de la représentation symbolique (Quintin, 1987). Dans un premier temps, il faut donner au sujet l'occasion de manipuler beaucoup d'objets. Ces actions d'ajouter, d'enlever, d'emboîter, de séparer, de réunir préparent aux opérations d'addition, de soustraction et de division. Par la suite, l'enfant emploie le langage pour décrire ce qu'il fait, ou le résultat de son action, et répondre aux questions posées par l'enseignant. Dès cette étape, les termes exacts seront utilisés. Lors du retour verbal, l'action passe au second plan, le langage favorisant l'explication de l'action, la constitution de relations entre les événements et l'amorce de l'abstraction. La schématisation de la réalité conduit à la substitution d'un matériel plus abstrait au matériel présenté au cours de la première étape. Blocs, réglettes et jetons remplacent alors les objets concrets en vue de parvenir à une généralisation du raisonnement. La transcription graphique complète cette étape: l'enfant dessine ce qu'il a fait. Ce début de transcription s'achève avec la représentation symbolique: on utilise des signes qui, se substituant à l'objet, préparent aux signes abstraits utilisés en mathématiques. Un rond peut représenter une personne aussi bien qu'un animal, une voiture ou un papillon. Il suffit de donner au signe une signification particulière, propre à un seul signifié, et que tout le monde s'entende sur la réalité que ce signe représente par convention. À partir du monde réel et de ses référents, on passe aux signifiés puis aux signifiants. Ces derniers varient selon le contexte: les graphes conviennent bien pour exprimer la continuité, les variations d'une grandeur, les maxima et minima, etc.; les formules sont mieux adaptées au calcul. Une façon simple de vérifier si l'on a compris la lecture d'un problème, c'est de le représenter par écrit, de le dessiner.

L'étude du comportement d'enfants confrontés à une épreuve de sériation d'objets, comme emboîter des tasses cylindriques, fait ressortir l'existence d'étapes distinctes dans leur manière d'agir. Dans un premier temps, jusqu'aux environs de deux ans, ils n'apprécient pas la forme et la taille des boîtes et les posent au hasard l'une sur l'autre ou l'une dans l'autre. Ensuite, vers l'âge de trois ans, ils procèdent par essais et erreurs et, sans être conscients à l'avance des relations, ils découvrent ces dernières au fur et à mesure de leurs actions: ils tiennent compte du résultat des essais. Après cet âge, ils planifient et anticipent le résultat de l'action avant d'agir: ils sélectionnent la bonne boîte avant de l'encastrier. L'enfant subit les effets de l'action avant de les

prévoir: il passe de la rétroaction à la préaction par l'analyse de ses perceptions; il pense d'abord et agit ensuite au lieu de faire les deux simultanément.

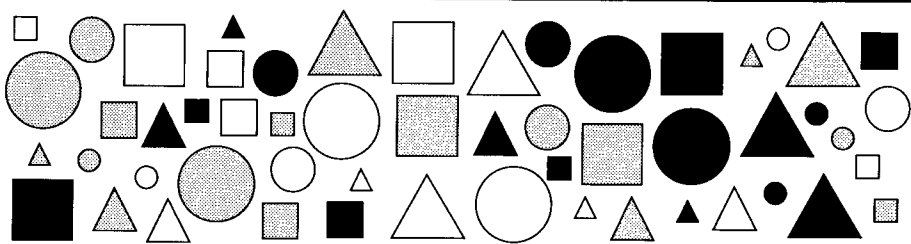
5.1. Les ensembles

Les ensembles forment une collection d'éléments possédant au moins une **propriété commune** qui constitue le critère d'appartenance (l'ensemble des nombres entiers, des mammifères, des personnes portant des lunettes, etc.) (figure 4.2); les éléments qui ont certaines relations entre eux peuvent également en avoir avec des éléments d'autres ensembles. L'ensemble peut être défini de deux façons: soit en donnant la liste exhaustive des éléments qui le composent, et dans ce cas il est défini en **extension** [$E = \{2, 4, 6, 8\}$; Louise, Paul et Luc sont absents], soit en donnant sa fonction caractéristique ou les propriétés communes à tous ses éléments [x appartient à E si x est un multiple de 5 et inférieur à 55; «les absents»], et dans ce cas il est défini en **compréhension**. Une partie d'un ensemble forme un sous-ensemble (l'ensemble des élèves de la classe inclut différents sous-ensembles, dont, par exemple, ceux des garçons et des filles), et, en fonction des propriétés retenues, les mêmes choses peuvent être regroupées de différentes façons. La classe logique s'appuie donc sur l'extension (la totalité des êtres ou choses que ce nom désigne; dans le groupe des animaux, isoler «les mammifères» par exemple) et la compréhension des classes (l'ensemble des qualités communes aux éléments de chaque classe et des différences qui délimitent les classes entre elles). Ainsi, la notion «humain» a moins d'extension et plus de compréhension que celle de mammifère, en ce sens que pour la définir, il faut en donner plus de caractères descriptifs; en contrepartie, elle regroupe moins d'individus.

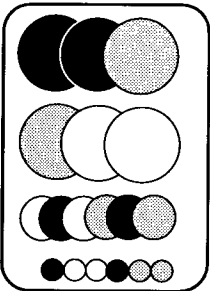
Au départ, l'enfant n'arrive pas à retenir un **critère de classification** unique pour mettre ensemble des objets semblables. Les critères, comme la forme, la couleur, la taille, sont utilisés à tour de rôle, mélangés, le sujet commençant la classification en fonction d'un critère pour ensuite passer à un autre. Comme la notion de **classe** ou d'ensemble s'appuie sur les ressemblances des objets entre eux (ce qui les réunit) et leurs différences d'avec les autres (ce qui les distingue), il apparaît indispensable que l'enfant acquière rapidement cette capacité à associer et à tenir compte des similitudes. L'association débouche sur la numération par la conservation des quantités discontinues et le regroupement d'objets identiques et leur sériation. Les inclusions de classe présentent moins de difficulté lorsqu'il s'agit de choses ou d'objets qui peuvent mener à une action de regroupement que si elles portent sur des objets difficiles à rassembler.

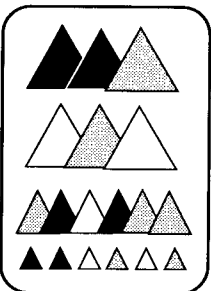
Face à un problème de classification de fleurs de couleurs et d'espèces variées, l'enfant peut les regrouper à partir de la couleur (toutes les rouges, toutes les jaunes, etc.), de la couleur et du nom (les roses rouges, les œillets jaunes, etc.) ou du nom seul (les roses, les jonquilles, etc.). On peut alors observer son comportement et son raisonnement quand il manie les concepts «tous», «quelques-uns», «un», «aucun». En

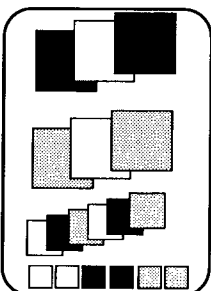
FIGURE 4.2
TRIER ET CLASSER UN ENSEMBLE DE FIGURES



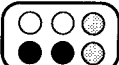
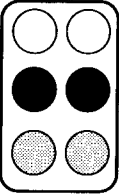
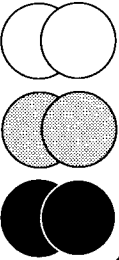
TRIER À PARTIR DE LA FORME



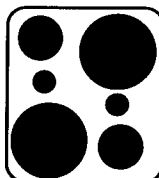
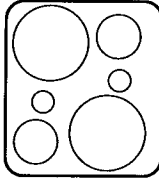
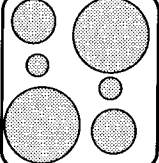




TAILLE

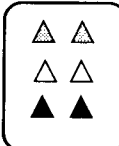




TEXTURE

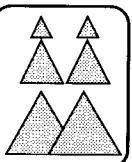
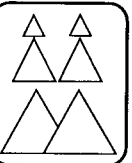
CLASSER À PARTIR DE LA

TAILLE

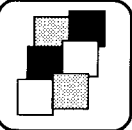
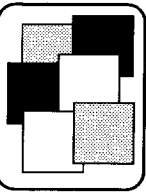




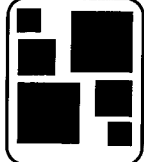
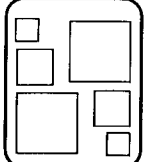
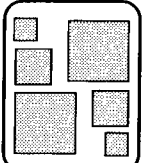
TEXTURE

TAILLE

TEXTURE

plus de la constitution des classes, s'établissent les relations entre la partie et le tout (les roses sont des fleurs) et le tout et la partie (toutes les fleurs ne sont pas des roses), opérations caractéristiques de l'inclusion. Au départ, l'inclusion ne s'effectue que sur les éléments présents, mais rapidement, et par extension, les caractéristiques des classes sont appliquées à tous les éléments qui les possèdent. Au sein des classes, la sériation autorise les comparaisons des regroupements possibles, car il y existe en effet des ressemblances et des différences.

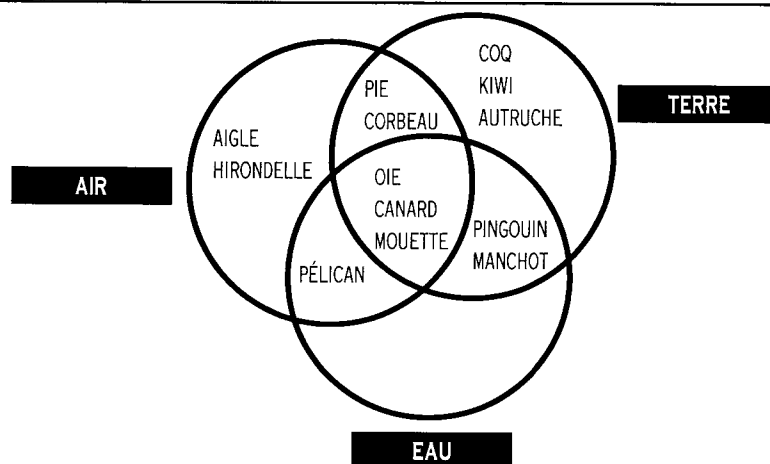
Pour faire comprendre aux enfants qu'il est possible que les divers éléments d'une même classe entretiennent entre eux plusieurs relations différentes, on peut leur demander de trouver parmi eux des critères de classification (le sexe, ceux qui ont des frères, des sœurs ou les deux, la couleur des cheveux ou des yeux, la taille, le type d'habits ou de chaussures portées, etc.), et de se regrouper en fonction de ces critères. Il faut alors leur faire observer que les enfants qui composent les différents sous-ensembles varient d'une fois à l'autre; que la même quantité ou le même nombre d'éléments se conservent, mais se regroupent en des sous-ensembles distincts ou se recoupant en partie s'il faut tenir compte simultanément de deux ou de plusieurs critères (considérer en même temps la forme et la couleur des chaussures par exemple). Puis, on doit leur faire remarquer que le même nombre de départ se retrouve à la fin lorsque les sous-ensembles sont regroupés. Puis, en dessinant des diagrammes, les enfants illustrent de façon objective les différentes relations entre les éléments et sont à même d'isoler une propriété commune à tous les éléments d'un ensemble d'élèves ou d'objets regroupés par le professeur.

Pour l'étude des correspondances terme à terme (ou biunivoques), on peut demander s'il y a autant de garçons que de filles dans la classe, s'il y a autant de tables que de chaises, de paires de chaussures que d'enfants.

Les différentes notions de complément, d'union, d'intersection, d'inclusion, de séparation et de partition conditionnent toutes les opérations sur les ensembles. Elles se visualisent très bien sur les différentes aires de jeu (basket-ball, hand-ball, volley-ball, tennis, badminton) tracées dans les gymnases, qui sont une représentation concrète des diagrammes d'Euler-Venn (la représentation graphique d'un ensemble par des lignes simples fermées) (figure 4.3). Comme exercice, on peut demander aux élèves de se placer sur l'une ou l'autre de ces aires de jeu, puis sur deux terrains en même temps (intersection), sur un terrain à l'exclusion d'un autre, etc., ou encore de former des équipes (partition): le même enfant ne peut pas se trouver en même temps dans les équipes différentes; le regroupement des joueurs redonne l'ensemble initial.

La division d'un ensemble illustre la distinction entre le partage et le regroupement. Ainsi, partager quinze pommes entre cinq personnes consiste à faire cinq paquets dans chacun desquels on pourra mettre trois pommes et non pas à regrouper les pommes en paquets de cinq.

FIGURE 4.3
LE DIAGRAMME DE VENN
LA CLASSIFICATION DES OISEAUX À PARTIR DES LIEUX PRIVILÉGIÉS
DE LEURS DÉPLACEMENTS



5.2. L'étude des relations

Il est possible d'établir des relations entre pratiquement tous les éléments de notre environnement, qu'il s'agisse d'objets, de quantités ou de phénomènes biologiques ou autres (Vergnaud, 1982, 1985). La plupart des problèmes se réduisent d'ailleurs à des transformations simples ou complexes de relations. L'étude des relations, au cours primaire, passe dans une large mesure par l'utilisation des nombres. L'égalité, la comparaison (plus grand, plus petit) et les suites (par addition, multiplication, etc.) débouchent sur les quatre opérations qui occupent une grande partie du temps consacré aux apprentissages en mathématiques.

Les relations de type binaire incluent essentiellement la symétrie et la transitivité et leurs opposés, l'antisymétrie et l'antitransitivité; elles déterminent, avec la réflexivité (tout élément d'un ensemble est en relation avec lui-même), les relations d'équivalence (la réflexivité, la symétrie et la transitivité) et les relations d'ordre (la réflexivité, l'antisymétrie et la transitivité).

Une relation binaire est symétrique si, à la relation entre un élément «a» et un élément «b», correspond la même relation entre «b» et «a». Si Jacques fait partie de la même équipe que Pierre, Pierre fait nécessairement partie de la même équipe que Jacques. «Être à côté de», «être aussi grand que» sont d'autres exemples de relations symétriques.

Une relation binaire est antisymétrique si, à la relation entre un élément «a» et un élément «b», ne correspond certainement pas la même relation entre «b» et «a». «Louis court plus vite que Paul», «Annie est plus grande que Claudine», «Diane est assise à droite de Daniel», «la clé est dans la serrure» impliquent que Paul ne court certainement pas plus vite que Louis, que Claudine n'est certainement pas plus grande qu'Annie, que Daniel n'est certainement pas assis à droite de Diane et que la serrure n'est certainement pas dans la clé.

D'autres relations ne sont ni symétriques ni antisymétriques: quand on dit que A est le frère de B, l'inverse peut être vrai ou non en fonction du sexe de B. Si B est un garçon, la relation est symétrique; si B est une fille, la relation est antisymétrique.

Une relation binaire est transitive si chaque fois qu'on a la relation entre un élément «a» et un élément «b», d'une part, et entre l'élément «b» et l'élément «c», d'autre part, on a la même relation entre l'élément «a» et l'élément «c». Si Arthur est plus grand que Bernard et que Bernard est plus grand que Christian, Arthur est plus grand que Christian. La transitivité des relations asymétriques ne s'établit que lorsque la sériation est maîtrisée.

Une relation binaire est antitransitive si chaque fois qu'on a la relation entre un élément «a» et l'élément «b», d'une part, et entre l'élément «b» et l'élément «c», d'autre part, on n'a certainement pas la relation entre l'élément «a» et l'élément «c». Ainsi, si Andrée est la mère de Brigitte et que Brigitte est la mère de Céline, Andrée n'est certainement pas la mère de Céline. En fait, elle ne peut être que la grand-mère. Si dans un plan, la droite A1 est perpendiculaire à A2 qui est perpendiculaire à A3, A1 ne peut pas être perpendiculaire à A3: elle ne peut que lui être parallèle.

La relation d'égalité, l'une des plus importantes et des plus difficiles à cerner, indique simultanément l'identité unique du signifié (ce qui est désigné) et l'équivalence des différents signifiants (ce qui sert à désigner). L'identité du nombre représenté est la même de chaque côté du signe «égale»: $5 + 4 = 9$; en remplaçant $(5 + 4)$ par leur somme, on a $9 = 9$. Toute modification d'un côté du signe «égale» doit s'accompagner d'une modification équivalente de l'autre côté. Il existe une équivalence entre les représentations symboliques différentes d'un même nombre [9 peut aussi bien s'écrire $(5 + 4)$ que $(12 - 3)$, $3 \times (10 + 5)/5$ ou $\sqrt{81}$].

Les relations ternaires associent trois éléments entre eux. La plupart de ces relations comprennent généralement deux états (état initial, état final) réunis par une transformation (ou la relation entre les éléments), qui permet de passer d'un état à l'autre: 8 fait 5 de plus que 3 peut également s'écrire $3 (+5) = 8$, où +5 indique la transformation. Les premières transformations sont directes ou progressives (le passage de l'état initial à l'état final: j'ai 5 crayons et on m'en donne 3; combien j'en ai maintenant?), puis peuvent devenir régressives (remonter de l'état final à l'état initial: j'ai donné 4 crayons et j'en ai maintenant 5; combien j'en avais au début?).

La majorité des problèmes de mathématiques posés au primaire se fondent sur trois types de relation : 1) d'abord, quand l'état initial et la transformation sont connus, il faut trouver l'état final ; 2) ensuite, quand l'état initial et l'état final sont donnés, il faut trouver la transformation ; et 3) enfin, à partir de la transformation et de l'état final, il faut trouver l'état initial. Le premier cas est certainement le plus simple : « Nous étions 12 dans notre équipe. Trois sont partis. Combien sommes-nous maintenant ? » $[12 (-3) = ?]$ Le deuxième cas présente plus de difficultés : « Quand la partie a commencé, nous étions 16. Nous sommes maintenant 12. Que s'est-il passé au cours du jeu ? » $[16 ? = 12]$ Il faut d'abord comprendre que des joueurs sont partis, qu'il y a donc une soustraction à faire avant d'effectuer l'opération. Enfin, le troisième cas est le plus difficile : « Cinq enfants viennent de se joindre à notre équipe, et nous sommes maintenant 14. Combien étions-nous avant qu'ils arrivent ? » $[? (+5) = 14]$ Il faut en effet inverser la transformation (-5) pour l'appliquer à l'état final (14) et retrouver l'état initial (9), ce qui est certainement le cas le plus difficile.

Les concepts propres aux opérations d'addition et de soustraction (ajouter, enlever) se vivent très bien concrètement avec des groupes d'enfants auxquels on ajoute ou enlève d'autres enfants.

5.3. Le nombre et les opérations

Chaque enfant doit construire ses propres connaissances mathématiques, dont le nombre fait partie. Bien qu'il trouve le système numérique tout fait, il ne peut pas l'utiliser immédiatement comme tel : il doit l'apprendre, le faire sien, comprendre sa correspondance avec le concret, son abstraction et sa logique. Les propriétés des nombres ne sont pas renfermées dans les objets, mais elles leur sont attribuées par le sujet. Les principes du dénombrement, vers l'âge de quatre ans (séquence des mots-nombres, un mot-nombre par objet, le dernier mot-nombre = le cardinal de l'ensemble, toute collection d'objets peut-être dénombrée, l'ordre du dénombrement n'a pas d'importance), sont davantage acquis qu'innés (Frye *et al.*, 1989). Ils requièrent en effet la maturation et le développement des structures nerveuses sous-tendant les processus de base dont la représentation, le rappel des faits et les mécanismes de la mémoire à long terme, ainsi que le développement d'un mécanisme plus général pour l'intégration et la coordination de ces processus de base dans un système fonctionnel (Geary, 1990). Mais il existe certainement des notions antérieures à la numération proprement dite et relatives à la quantité. La quantité est une perception primaire : l'enfant perçoit très tôt, de façon intuitive, qu'il y a plus de choses dans une assiette que dans une autre, que s'il veut construire une grande tour avec des legos, il devra en prendre une grande boîte. Toutefois, ces perceptions conduisent souvent à des erreurs de jugement, en particulier lorsque les éléments sont dispersés plutôt que regroupés (si les éléments d'une de deux séries équivalentes sont étirés, il aura l'impression que la plus longue en contient davantage que la plus courte). La vision joue ainsi un rôle de premier plan dans l'appréhension des quantités, de la pluralité et de l'ordre ;

l'expérimentation active va permettre à l'enfant d'en vérifier les fondements, de les renforcer ou de les modifier pour les ajuster aux résultats de sa manipulation.

La familiarisation avec la numération (les premiers nombres comme 1, 2, 3) se produit en même temps que les enfants apprennent les autres mots du vocabulaire, en associant le mot-nombre à ce qui lui est montré, à l'ensemble présent à ce moment-là devant ses yeux (par une sorte d'intuition du nombre pour les petites quantités: il y en a trois, sans que l'enfant ne puisse compter 1, 2, 3). Ils généralisent ensuite la relation nombre-relation 1 pour 1: les ensembles qui se correspondent 1 pour 1 ont le même cardinal (les assiettes, les verres, les cuillères, les couteaux sur la table) (Fischer, 1984; Sophian, 1988). Quand l'enfant ajoute des objets un par un dans un contenant ou sur la table, il aboutit, par ces ajouts successifs, au cardinal; la succession des actions d'addition, elle, mène à l'ordinal. Il effectue des actions motrices aux effets sériels (succession d'actions ou ordinal) et cumulatifs (résultat final ou cardinal) qui aboutiront à la numération si le mot équivalent à la collection est proposé. Alors que le cardinal se construit en premier par le regroupement et le dénombrement d'ensemble d'objets, l'ordinal, lui, s'appuie sur le rang ou la position conférés par la sériation et son critère d'ordre. Si le cardinal d'un ensemble donné reste constant, l'ordinal de chaque sujet de l'ensemble peut varier en fonction du critère de sériation retenu (comme l'âge, la taille, le poids, le temps mis pour parcourir une distance) et de l'ordre dans lequel le classement se fait (du plus grand au plus petit ou l'inverse par exemple).

Le nombre se construit par la mise en correspondance terme à terme de deux quantités distinctes mais égales, laquelle débouche sur l'invariance du nombre (la mesure ou le cardinal d'un ensemble) et la comparaison et la combinaison de cardinaux distincts. La correspondance biunivoque des éléments de deux ensembles distincts ne s'établit et ne résiste dans un premier temps qu'en fonction de la perception visuelle, d'éléments perceptivomoteurs (coordination oculo-manuelle et pointage digital pour porter successivement le doigt sur chaque objet) et de l'orientation spatiale (n'oublier aucun des objets et ne pas repasser deux fois sur le même). Tant que la correspondance perceptive est maintenue (les éléments sont placés face à face), l'équivalence des ensembles est reconnue. Par contre, dès que les éléments d'un ensemble sont regroupés et ceux de l'autre dispersés, la disparition de la correspondance perceptive entraîne, pour l'enfant, l'inégalité des ensembles. Le nombre naturel apparaît ainsi avec la permanence logique et non plus perceptive des objets composant les collections. Des représentations ou réfléchissements distincts liés au vécu de situations concrètes semblables préparent le terrain à la compréhension d'une notion. Il est alors nécessaire de répéter la même expérience dans des contextes différents pour accéder à la généralisation et dissocier le contenu de la forme. Le sujet extrait les propriétés à partir des activités qu'il entreprend sur les objets qu'il manipule et des récits qu'il en fait, portant aussi bien sur les processus des actions que sur leur contenu ou leur résultat.

Savoir compter, c'est prononcer verbalement les mots numériques dans l'ordre conventionnel sans oublier ni répéter aucun d'entre eux, et les rapporter individuellement à des unités d'une sorte ou d'une autre. La première étape, l'acquisition de la série des nombres, se fait très tôt, sous la forme d'une récitation, sans égard au signifié numérique des mots: l'enfant comptera ainsi quatre objets en disant «2, 5, 3, 7». Au cours de la deuxième étape, l'enfant crée une association entre le mot numérique et les éléments discrets auxquels il se rapporte. Lors du dénombrement des éléments d'un ensemble, le dernier mot-nombre prononcé désigne simultanément le dernier élément de la série et le cardinal de l'ensemble. Il s'établit des liaisons biunivoques entre l'ensemble des objets, celui des pointages digitaux et celui des mots prononcés (Vergnaud, 1990). Ces schèmes s'appliquent d'abord aux ensembles restreints (en commençant par un), avant de s'élargir progressivement et de se généraliser à des collections plus vastes; certaines composantes du schème ne sont plus apparentes (le pointage par exemple) et seuls subsistent les mouvements oculaires atteignant successivement chacun des éléments. Les opérations commencent par des manipulations sur de petites quantités familières et facilement appréhendables par les enfants et se généralisent par la suite lorsque les grands nombres et les schèmes opératoires sont bien connus: elles se transfèrent alors des signifiés aux signifiants par l'utilisation des symboles.

Dans l'accession à la numération, Steffe et Cobb (1988) distinguent deux périodes successives, une première perceptive et une seconde motrice. Ils définissent la **période perceptive** comme celle au cours de laquelle les enfants peuvent créer et compter les éléments en se fiant aux signaux visuels, auditifs ou tactiles qu'ils reçoivent; et la **période motrice** comme celle où ce sont les signaux kinesthésiques produits par les actions motrices effectuées sur les éléments à dénombrer qui sont l'objet du comptage. À vrai dire, il existe cinq modes de numération: perceptif, figuratif, moteur, verbal et abstrait, devenant progressivement indépendants de l'expérience perceptive, mais aussi plus complexes. Dans le **mode perceptif**, les collections d'objets sont isolées dans le champ perceptif et chaque élément est considéré comme une unité à être comptée. L'action de compter s'appuie sur la présence d'une collection d'objets (billes, réglettes, doigts, etc.) à partir de laquelle l'enfant se construit des structures conceptuelles relativement stables par abstraction de l'expérience. La reconnaissance d'une forme (un carré, un triangle) ne signifie pas, toutefois, la connaissance immédiate du nombre de ses éléments. Le **mode figuratif** qualifie l'étape où l'enfant compte des éléments non présents dans son champ visuel immédiat: il compte des images mentales d'éléments perceptifs. On place par exemple dix objets devant lui, on en recouvre six avec un écran et on lui demande combien d'objets sont cachés. L'enfant compte les quatre objets visibles puis continue de compter à travers l'écran: 5, 6, 7, 8, 9, en pointant chaque fois à des endroits différents et s'arrête à la fin de l'écran en disant «il y en a neuf de cachés». Au **mode moteur**, ce sont les actes moteurs (ou mouvements) qui deviennent les éléments comptés. La présence des éléments comptés dans le champ perceptif n'est plus nécessaire; les équivalents

moteurs leur sont substitués. Pour cela, il faut abstraire et le caractère unitaire de chaque acte moteur individuel et leur coordination avec les éléments figuratifs ou perceptifs en créant ses propres actions motrices de comptage, comme pointer du doigt ou lever les doigts. Après avoir mis six jetons sous un écran et cinq sous un autre, on demande à l'enfant de trouver le nombre total de jetons. Il compte alors en pointant du doigt: 1, 2, 3, 4, 5, 6, puis passe au second groupe: 7, 8, 9, 10, 11. Dans le **mode verbal**, le mot devient un substitut à l'élément compté: l'enfant compte par les mots, avec intériorisation de l'activité sensorimotrice. L'enfant résout l'addition $4 + 3$ en prononçant les mots cinq, six, sept. Enfin, avec le **mode abstrait**, le nom numérique (ex.: 8) inclut simultanément le nombre d'éléments (8), la séquence verbale (1, 2, 3, ..., 8), ainsi que la collection des éléments discrets pouvant être associée à cette séquence. La réponse à l'opération $8 + 7$ est donnée immédiatement: 15, sans étape intermédiaire. La conception abstraite du nombre est acquise. Le mode figuratif et le mode verbal servent de transition à l'accession aux autres modes:

perceptif $\xrightarrow{\text{figuratif}}$ moteur $\xrightarrow{\text{verbal}}$ abstrait.

Lors des exercices, la configuration ne doit pas prendre le pas sur l'opération, pas plus d'ailleurs qu'un aspect des objets présentés (comme leur forme, leur couleur ou leur taille) ne doit être assimilé à une propriété des nombres: les bâtons bleus représentant des unités, les rouges les dizaines et les jaunes les centaines. Il faut sortir de la contingence pour atteindre la compréhension des opérations de base. Des présentations multiples et variées évitent ce genre de conditionnement.

La notion de nombre s'appuie à la base sur des activités d'origine psychomotrice comme la marche ou les comptines qui introduisent les séquences $(N + 1)$, la succession des nombres entiers restant temporairement finie pour l'enfant («jusqu'à combien tu peux compter?»). Toutefois, connaître une comptine ne signifie pas que l'enfant ait compris ou acquis la notion de nombre que la comptine renferme, surtout pour l'aspect ordinal; c'est ainsi que si l'on dispose devant lui 15 objets et qu'on lui demande d'en sélectionner 11, il va compter toute la série jusqu'à 15, sans s'arrêter à 11, nombre demandé. Le regroupement du même nombre d'objets en sous-groupes différents permet de comprendre la composition additive ($6 = 1 + 5 = 3 + 3 = 4 + 1 + 1$, etc.), et d'en abstraire le concept de nombre, pour faire en une seule étape une succession d'actes élémentaires. Cette succession se manifeste en particulier dans le jeu de l'oie ou des «échelles et serpents» où l'enfant compte selon le modèle $(N + 1)$: s'il est rendu à la case 12 et qu'il fait 5 avec les dés, il va compter 1, 2, 3, 4, 5 au lieu de rajouter 5 à 12 et de sauter ainsi directement à 17. Vers l'âge de cinq ou six ans, les enfants comprennent qu'ils peuvent ajouter un deuxième cardinal à un premier sans avoir à recompter celui-ci (pour ajouter 4 à 9, on part de 9 au lieu de recompter de 1 à 9 puis d'ajouter 4). L'accession à la commutativité de l'addition facilite en outre certaines opérations: par exemple, au lieu d'ajouter un grand nombre à un petit, faire l'inverse (pour ajouter 7 à 2, il est plus simple d'ajouter 2 à 7: faire 2 pas de plus en avant au lieu de 7).

EXERCICES

Lorsque les enfants commencent à compter, il est possible d'utiliser des activités motrices pour renforcer cet apprentissage. Un enfant fait une activité: un saut ou un lancer, un rebond avec une balle, lever le bras et le baisser, etc.; l'enfant suivant doit faire la même chose en rajoutant une unité de la même activité, et ainsi de suite. Au lieu de partir de un, commencer par un nombre plus élevé et, à chaque répétition, enlever une unité.

Avance de trois pas; avance de cinq pas; de combien de pas as-tu avancé en tout? Avance de huit pas; recule de trois pas; combien de pas reste-t-il?

Pour les nombres jusqu'à 10, dessiner des carrés sur le sol et y inscrire les chiffres de 1 à 10 avec le 0 avant le 1 qui constituera la case de départ. En posant des opérations ($2 + 3$; $4 + 2$, etc.), l'enfant fait le nombre de pas ou de sauts demandés et arrive à la case correspondant à la somme des deux nombres, ou à leur différence dans le cas d'une soustraction.

Dans la plupart des jeux, il y a des scores et les enfants doivent compter: à partir des résultats obtenus, des calculs peuvent être effectués (combien de points marqués en tout, combien de points une équipe a-t-elle marqués de plus que l'autre, etc.).

Donner un numéro à chaque enfant. À l'appel de son numéro donné directement (par exemple, 4) ou résultant d'une opération de calcul mental (2 plus 2 ; 6 moins 2 ; 2 fois 2), il lance son sac de sable dans un cerceau ou effectue une autre activité.

Par des processus identiques, on aboutit à la division ou à la multiplication. Prendre deux enfants dont chacun choisit à tour de rôle un camarade de la classe jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible d'en inclure un autre dans chaque équipe et que chacune comporte le même nombre d'élèves. On aboutit ainsi aux notions de quotient et de reste. Recommencer avec trois, quatre ou cinq élèves.

Des jeux de relais incluant des opérations à faire stimulent aussi les enfants. Il peut tout simplement s'agir de continuer à tour de rôle la liste des nombres pairs ou impairs au tableau, d'ajouter toujours le même nombre (compter de trois en trois, de quatre en quatre, etc.).

À partir de courses, de tirs au basket, de lancers dans un cerceau, de hauteur de sauts, etc., ordonner les élèves et leur faire remarquer que leur position dans le groupe varie d'une activité à l'autre.

5.4. La mesure

Les éléments de base du concept de mesure s'acquièrent par les comparaisons globales, en particulier dans les oppositions ou les contrastes qui touchent : la taille (petit/grand; étroit/large; épais/mince; gros/maigre; moitié/tout), la longueur (long/court; près/loin; large/étroit; haut/bas), la quantité (peu/beaucoup; quelques/tous; plein/vide; moins/plus; plus court/long; plus vite/lent), le poids (lourd/léger), la position (haut/bas; droite/gauche; dedans/dehors; entre/autour), la vitesse (lent/vite), le temps (avant/après; tôt/tard; jour/nuit), la température (chaud/froid; sec/humide; frais/tiède) ou les formes géométriques (un carré, un cercle, un triangle, un rectangle, un losange, une droite, une courbe, un zigzag) (tableau 4.1). La comparaison directe de deux éléments repose sur les notions d'identité et de différence (pareil/différent) et introduit la notion de mesure. Lorsque la comparaison directe se révèle impossible ou imprécise, il faut avoir recours à la partition et à l'unité de comparaison. En comptant le nombre de pas ou de pieds nécessaires pour traverser la classe, les enfants se rendent compte que ce nombre varie entre eux : il dépend de la grandeur de l'unité de base. Si l'on veut que les résultats signifient quelque chose de semblable pour tous, il faut adopter une valeur donnée de l'unité de mesure qui permette leur identité.

TABLEAU 4.1

LES TERMES COURAMMENT UTILISÉS EN MATHÉMATIQUES

COMPARER ET CLASSER	ENSEMBLES	QUANTITÉ
- PAREIL - PLUS - MOINS - DAVANTAGE - GRAND - PETIT - IDENTIQUE - PLUS HAUT - PLUS BAS - ÉQUIVALENT - DIFFÉRENT - SEMBLABLE - LOURD - LÉGER - GROS - MINCE - ÉPAIS - AUTANT - ÉGALITÉ - LE PLUS - LE MOINS	- FAIT PARTIE DE - SEMBLABLE - MÊME - CARACTÉRISTIQUE - TERME À TERME - INCLUS - EXCLU - ENTOURER - SÉPARÉ - INDICE - CRITÈRE	- TOUT, TOUS - AUCUN - RIEN - UNE PARTIE - LA MOITIÉ - UN PEU - TROP - ASSEZ - PAS ASSEZ - QUELQUES-UNS - PLUSIEURS - TROP NOMBREUX - PLUS - MOINS - UN PEU PLUS - UN PEU MOINS - BEAUCOUP PLUS - BEAUCOUP MOINS

L'entraînement dans l'estimation des mesures (la longueur, la surface, le volume, la masse, la température) puis leur vérification améliorent les évaluations. Tandis que jusqu'à six ans, on utilise des objets ou des parties du corps (des crayons, les pieds, les pas, l'empan), après, il est préférable d'utiliser directement le système d'unité standardisé adéquat. Notre propre pied peut ainsi servir d'unité de mesure. Lorsque la distance à mesurer devient trop grande, il est utile de pouvoir construire une unité de mesure plus grande formée à partir d'une unité plus petite (un bâton de trois pieds par exemple). Pour connaître la longueur en pieds, il faut alors multiplier le nombre de transports de la nouvelle unité, par le nombre d'unités plus petites qu'elle comporte.

5.4.1. Les activités de mesure de la longueur

Débuter par la comparaison de tailles d'objets et de personnes (la longueur des bras et des jambes, le tour de tête, l'envergure), de distances, pour que l'enfant se familiarise avec les notions de plus grand, plus petit, pareil ou semblable. Vérifier si toutes les dimensions d'une boîte, d'un livre sont ou non pareilles. Trouver un objet à la fois plus grand qu'un deuxième et plus petit qu'un troisième. Comment comparer la taille de deux objets non *rapprochables* l'un de l'autre? Il faut introduire la notion d'objet référence, d'étalon. Faire constater que la taille ne change pas quand on place l'objet ou la personne par terre ou sur une table. Combien de fois peut-on mettre le crayon sur la longueur de la table? Tous les enfants trouvent-ils le même nombre? Non? Pourquoi? Tous les crayons n'ont pas la même longueur. Il est donc nécessaire de s'entendre sur une longueur de base standard. Prendre un centimètre (papier, baguette) et mesurer différents objets avec, qu'ils soient linéaires ou circulaires. Que faire pour des longueurs plus grandes? Changer de longueur étalon: prendre le mètre par exemple. Quand les enfants se sont familiarisés avec les unités, leur demander de dessiner des traits de 1, 8, 10, 15, 20 cm, etc. Dessiner au tableau des traits correspondant à la longueur de différents objets de la classe: les enfants essayent de deviner quel objet correspond à chaque longueur. Introduire des unités plus petites, le millimètre: la mesure est plus précise. Envoyer deux élèves au tableau. Leur demander de dessiner, l'un un trait de 80 cm, l'autre un trait de 90 mm. Faire évaluer puis vérifier par la classe celui qui est le plus près. Cet élève reste et un autre vient remplacer celui qui est parti; l'exercice recommence avec deux nouvelles longueurs.

5.4.2. Les activités de mesure de la surface

Commencer par la comparaison de la surface de livres en les superposant les uns aux autres. Combien faut-il de livres semblables pour recouvrir le bureau? Faire découper des formes carrées de 10 cm de côté: les faire reporter sur une surface plus grande; après plusieurs mesures, faire établir la correspondance entre le nombre de fois que l'on reporte le carré sur chaque côté de la surface à mesurer (la longueur et la largeur): le produit de ces deux nombres est le nombre de fois où l'on a pu reporter le carré sur la même surface.

5.4.3. Les activités de mesure du volume

Dans un premier temps, faire remplir de grandes boîtes en carton avec de petites boîtes semblables (des cartons de lait, des boîtes de conserve, des blocs de bois, etc.). Combien de petits blocs peut-on mettre dans une boîte de lait d'un litre? Combien de boîtes d'un litre dans une boîte de carton? Combien de petits blocs dans cette même boîte? Avec une mesure d'un litre, remplir un seau d'eau. Combien de verres d'eau faut-il pour remplir un litre? Combien faudrait-il de verres pour remplir le seau? Vérifier sur différents contenants les volumes indiqués et leurs unités. Faire construire un cube de 10 cm de côté: on vient de définir un litre. Diviser la hauteur en dix parties égales: chacune représente un décilitre.

5.4.4. Les activités de mesure de la masse

Prendre plusieurs objets dans la classe. Sont-ils tous aussi lourds? Les classer du plus léger au plus lourd. Remplir un même récipient, successivement, avec des produits différents (de l'eau, de la pâte à modeler, des trombones, du papier, de la ouate, etc.); le récipient est-il toujours aussi lourd? Prendre des objets de volumes différents et faire comparer leurs masses: le plus gros est-il toujours le plus lourd? Un litre de lait pesant à peu près un kilo, trouver des objets ayant sensiblement la même masse. Faire des pesées avec la balance: introduire les unités, du kilogramme au gramme.

5.4.5. Les activités de mesure de la température

Faire nommer des objets qui sont froids, chauds, tièdes. Avec quoi mesure-t-on la température? Lire la température dans la classe et dehors le matin en arrivant et au début de l'après-midi. Quelle est la température de l'eau froide ou chaude au robinet, du lait sortant du réfrigérateur, de l'eau du bain, de la crème glacée, etc.? Mélanger de l'eau chaude et de l'eau froide en variant les proportions; comparer la température des mélanges.

5.4.6. Les activités de mesure du temps

Généralement, les mesures de longueur, de surface et de volume s'acquièrent assez facilement au fur et à mesure que l'enfant maîtrise l'espace à une, à deux ou à trois dimensions. Toutefois, la mesure du temps pose plus de difficultés, car nous n'arrivons pas à nous former une représentation concrète de l'unité de temps. La notion de temps est relative et difficile à saisir: sa matérialisation est délicate. L'enfant, comme l'adulte souvent, associe la durée au résultat de l'action. C'est cette indépendance entre durée et résultat qu'il faut essayer de faire acquérir tout en étant conscient qu'estimation ou ordre de grandeur restent difficiles à établir. Les comparaisons de durées ne peuvent se faire que pour des activités concomitantes.

À partir de différentes activités (courir vite ou lentement, sauter à la corde, lancer des sacs de sable sur une cible, faire rouler un ballon, etc.) effectuées pendant des durées égales, demander aux enfants d'exprimer ce qu'ils ont ressenti et comment ils perçoivent les activités qu'ils viennent de vivre. Pensent-ils avoir eu chaque fois le même temps pour faire les différentes activités ou bien leur durée a-t-elle varié? Comment peut-on faire pour comparer? Le temps passe-t-il de la même manière quelle que soit l'activité pratiquée? Combien de temps faut-il pour traverser la cour? pour faire l'aller-retour? Le faire et comparer les résultats. Savoir lire l'heure sur une montre n'indique pas que les enfants ont saisi la notion de durée. Il faut leur apprendre à lire les heures et les minutes, les initier aux notions de demi-heure et de quart d'heure, et leur présenter les divisions du temps: les jours, les heures, les minutes, les secondes. On peut aussi leur faire écouter les battements d'un métronome en variant le rythme: rythmes lent et rapide.

5.5. Les formes géométriques et l'espace

En géométrie, on passe sans arrêt du figuratif à l'opérateur par transformations, sous forme figurative. Dans le groupe des déplacements, se voient ainsi les mouvements, dans celui des similitudes, apparaissent les changements de dimensions qui n'affectent

pas les formes, et dans le groupe projectif, s'établit la correspondance des points de vue. Dans le cas de la géométrie, les qualités et propriétés existent déjà dans l'objet ou la figure (le cercle, le triangle équilatéral): il ne s'agit plus alors que de les découvrir.

La plupart des formes géométriques simples peuvent être utilisées et vécues en éducation motrice par des jeux de reconnaissance de carrés, de triangles, de rectangles, de cercles ou de losanges et leurs éléments caractéristiques de forme, de taille, de nombre de sommets ou d'angles et d'axes de symétrie. On introduit aussi les concepts de périmètre (faire le tour) et de surface (se déplacer à l'intérieur, jusqu'aux limites).

Les rondes enfantines concrétisent la notion de cercle. En se plaçant à un point donné et en faisant tourner une corde autour de soi au ras du sol, les enfants se mettent le plus près possible de l'extrémité libre qui tourne et forment un cercle. Tous sont à une distance égale (le rayon) du même point (le centre).

Les différentes catégories de lignes (droite, courbe, simple ou non, fermée ou non) peuvent être parcourues dans le gymnase, soit en donnant libre cours à l'imagination à partir d'une consigne commune, soit en suivant un tracé déjà présent sur le sol. Une ligne fermée simple, par exemple, nous fait toujours suivre le même chemin. Avec des cordes à sauter ou d'autres ficelles, faire construire des espaces ouverts ou fermés matérialisant des espaces propres à chaque enfant (sa «cabane»), espaces pouvant être disjoints ou conjoints, alignés ou dispersés, regroupés selon des critères préétablis, reproduits semblables à un modèle donné ou choisi, etc. Puis demander aux enfants de représenter graphiquement la disposition des cabanes ou leur regroupement en villages.

Les trajectoires des balles servent à concrétiser les notions de droite, de courbe, d'horizontale et de verticale, de diagonale, de section et de parallèles.

Enfin, plusieurs exercices permettent aux enfants de passer d'un espace à trois dimensions à un espace plan à deux dimensions.

6. RÉSUMÉ

La capacité opératoire des enfants reflète l'évolution interne de leurs possibilités mentales. Elle va des opérations concrètes, liées aux objets et à leur manipulation, jusqu'aux opérations formelles, associées à la formulation et à la vérification d'hypothèses. Ces opérations s'appuient sur la découverte des invariants, éléments caractéristiques d'objets ou de situations divers. L'action motrice contribue largement dans un premier temps à la découverte de ces invariants et à l'établissement des relations propres aux classes.

L'influence des bases concrètes, reliées aux manipulations d'objets, s'estompe lorsque le raisonnement s'appuie sur d'autres processus mentaux, dont la logique. En conséquence de quoi, au fur et à mesure que les enfants vieillissent, leurs résultats en mathématiques sont de moins en moins liés avec leur développement psychomoteur. Parce qu'elle conduit à la verbalisation des actions effectuées, l'utilisation du mouvement au moment opportun facilite néanmoins l'apprentissage des notions indispensables à la compréhension des opérations propres aux mathématiques. On peut ainsi aborder les notions spécifiques aux ensembles, aux relations, à la mesure, aux nombres et aux opérations, à la géométrie et à l'espace.

LES SCIENCES

1. Introduction	129
2. La conservation	130
3. L'équilibre	132
4. Les leviers	133
5. Les lois du mouvement (Newton)	136
5.1. Première loi: la loi d'inertie	136
5.2. Deuxième loi: la loi de vitesse et d'accélération	137
5.3. Troisième loi: la loi d'action-réaction	137
6. Autres principes physiques	138
7. Notre corps	139
8. Les fonctions spatio-temporelles	141
8.1. L'organisation spatiale	141
8.1.1. Les relations spatiales	142
8.1.2. L'orientation droite-gauche	143
8.2. L'organisation temporelle	145
8.2.1. L'ordre	145
8.2.2. La durée	147
8.2.3. Le rythme	147
9. Les contrastes	148
10. Résumé	149

1. INTRODUCTION

Les sciences sont probablement l'un des domaines de prédilection de l'inclusion de l'activité motrice dans l'apprentissage de notions nouvelles: la plupart des concepts propres à la physique notamment peuvent se vivre concrètement à partir du mouvement, afin que les connaissances non seulement s'apprennent, mais se construisent. En effet, qu'il s'agisse d'équilibre, de forces, de leviers, des lois du mouvement, de la gravité, de l'inertie, etc., leur illustration dans des situations concrètes les rend très rapidement accessibles et compréhensibles à travers le vécu corporel et le toucher. Le langage ou la vision pris séparément ne nous donnent en effet aucune notion sur certains concepts comme le poids, la force, la vitesse, etc. C'est également par le vécu et l'interaction étroite entre l'expérience et la déduction que s'acquièrent les différentes formes de conservation à partir desquelles se forment d'autres concepts.

Ainsi, après avoir dans un premier temps défini la notion de conservation, nous traiterons, dans une deuxième étape, les aspects particuliers des sciences liés aux forces et à leur application, à la connaissance du corps, à l'organisation spatiale et à l'organisation temporelle. Prisonnier de sa vision syncrétique, globale et indifférenciée, du monde qui l'entoure, l'enfant a besoin d'observer, d'expérimenter et d'analyser ses perceptions pour construire une réalité objective dénuée d'animisme. Pour ce faire, il lui faudra utiliser l'ensemble de ses récepteurs sensoriels pour appréhender les qualités des objets et affiner ses aptitudes motrices pour manipuler ces mêmes objets ou matériaux, se servir d'outils, construire des appareils ou faire des montages.

2. LA CONSERVATION

Le principe de base de la conservation réside dans la croyance en la **permanence de l'objet** solide, de sa forme et de ses dimensions (Piaget et Inhelder, 1962) (tableau 5.1). Dans certains cas, les changements de place (perspective) modifient la perception, l'apparence d'un objet; à ce moment, la pensée corrige, en les coordonnant, les perceptions successives. Dans d'autres cas, la modification réelle de l'objet (étalement de la matière ou la sectionner, transvaser l'eau d'un bocal large dans un verre étroit) affecte son aspect géométrique mais non ses constantes physiques (le volume, la masse, la quantité de matière).

Dans un premier temps, le raisonnement de l'enfant dépend de ses perceptions. Lorsqu'un morceau de sucre se dissout dans l'eau, il n'y a pas, pour lui, de conservation de matière puisque celle-ci «disparaît». Son attachement aux configurations perceptives explique ces non-conservations initiales. Pour accéder à la structure opératoire, il lui faut élaborer un raisonnement à partir de ses perceptions.

Lors de la transformation de la forme d'une boule de plasticine (en galette, en boudin) les jeunes enfants, jusqu'à l'âge de sept ou huit ans, pensent que non seulement le volume et le poids de la plasticine ont changé, mais aussi sa quantité de matière ou de substance. Bien qu'il ait été témoin que rien n'a été enlevé ni ajouté, l'enfant se fie à ses perceptions qui lui donnent l'illusion qu'il y a plus ou moins de matière. Un phénomène identique se produit lorsque l'eau d'un de deux verres semblables est transférée dans un autre verre plus haut; l'enfant pense alors qu'il y a plus d'eau dans le verre haut et étroit que dans l'autre, car il se fie à sa perception de la hauteur et ne peut pas intégrer en même temps la surface de la section et la hauteur. Le volume reste relié à la perception, alors que la masse est liée au vécu, à l'expérience de l'enfant. Prisonnier des configurations, il ne saisit pas les systèmes de transformation propres aux structures opératoires, d'où les non-conservations initiales, dont celle du sucre qui disparaît dans l'eau reste la plus significative. Comme le sucre dissous n'est plus visible, il ne peut pas «s'être conservé». La structure opératoire ne découle pas naturellement de la perception: elle doit être construite par l'activité de l'enfant.

L'accession aux conservations de quantité de substance se vérifie par trois séries d'arguments reliés les uns aux autres: l'**identité** («la pâte est la même, puisque rien n'a été ajouté ni enlevé»), la **réversibilité simple** («tout peut se remettre comme avant») et la **compensation** («c'est plus long, mais c'est plus mince, alors c'est pareil») (Piaget et Inhelder, 1962). L'enfant analyse ainsi les données perceptives et lorsque l'objet perçu se modifie, en apparence (perspective) ou réellement (matière étalée, eau transvasée d'un contenant large dans un contenant plus étroit), il devient plus facile pour lui de corriger ses perceptions successives. Ce sont ses opérations sur l'objet et la déduction qu'il en tirera qui permettront à l'enfant de comprendre que les transformations ne sont qu'apparentes.

TABLEAU 5.1
L'ÉVOLUTION DES NOTIONS DE CONSERVATION

(Tableau composé à partir des travaux de Piaget et Inhelder, 1962)

	7-8 ANS	8-10 ANS	10-11 ANS	12 ANS ET +
CONSERVATION DE LA SUBSTANCE	NON - UN ÉLÉMENT PERCEPTIF (ÉPAISSEUR, LONGUEUR, DIAMÈTRE) FRAPPE L'ENFANT ET IL N'EN RETIENT QU'UN, NON COORDONNÉ AUX AUTRES. - PAS D'INVARIANCE DE LA QUANTITÉ COMME TELLE - PRIMAT DE LA PERCEPTION SUR LES OPÉRATIONS INTELLECTUELLES DE RELATIONS ET DE RÉVERSIBILITÉ OPÉRATOIRES	R.I. R.F. OUI OUI DANS TOUJOURS CERTAINS CAS	OUI	OUI
CONSERVATION DU POIDS	NON - LA DISPERSION DE LA SUBSTANCE FAIT QUE LE POIDS CHANGE. - QUAND C'EST ÉTENDU, C'EST MOINS LOURD.	NON LES DIMENSIONS ET LA SURFACE D'APPLICATION DE L'OBJET FONT « VARIER » LE POIDS, MAIS AUSSI LE MOUVEMENT AVEC LES FORCES QUI LE PROVOQUENT.	OUI	OUI
CONSERVATION DU VOLUME	NON L'EAU MONTE MOINS QUAND ON MET PLUSIEURS PETITS MORCEAUX AU LIEU DU MORCEAU ENTIER.	NON	NON	OUI

Légende :

R.I. : réaction initiale

R.F. : réaction franche

Alors que la conservation même de l'objet, de son existence, n'est plus un problème dès la fin de la première année, il faut par contre attendre l'âge de sept ou huit ans pour que l'enfant admette que la quantité de matière demeure identique malgré les variations de forme. La reconnaissance de la conservation de l'identité quantitative de la matière conduit ensuite à l'appréciation des qualités physiques que sont la masse et le volume. À ce moment, l'identité est reconnue entre les invariants de substance, de poids et de volume : l'enfant joue avec ces trois concepts, en expliquant la conservation de chacun d'eux par les deux autres.

3. L'ÉQUILIBRE

Le maintien de l'équilibre est assuré par l'activité permanente des différents récepteurs sensoriels, des centres nerveux et des muscles lorsque, en particulier, l'étendue des points d'appui au sol est trop faible ou que le centre de gravité du corps est placé trop haut. La gravité attire en effet tous les objets vers le centre de la terre. Ainsi, un objet lancé en l'air retombe jusqu'au sol. Lors de nos déplacements, nous devons assurer notre **équilibre dynamique**, tandis que dans la position debout, nous maintenons un **équilibre statique**. Le principe sous-jacent à la notion d'équilibre est donc celui de la stabilité associée au **quadrilatère de sustentation** (ou base de support). Ce dernier se définit par la ligne qui rejoint et enferme les parties les plus externes des contacts du corps avec le sol. Il occupe l'étendue maximale lorsque nous nous étendons sur le sol, bras et jambes écartés, et l'étendue minimale quand nous nous mettons debout, sur les orteils d'un pied (faire les pointes). Si notre stabilité est précaire, la moindre poussée nous fait tomber ou changer de position.

EXERCICES

Faire expérimenter ces notions. Un enfant se met en équilibre dans différentes positions (debout, sur un ou deux pieds, à quatre pattes, couché sur le dos). Un autre essaie de le déséquilibrer. Quand faut-il pousser à peine pour faire perdre l'équilibre? Quand faut-il pousser plus fort? Quand est-il presque impossible de faire bouger son camarade?

Les sujets découvrent ainsi le rapport entre la taille du quadrilatère de sustentation et la stabilité de la personne. En outre, pour s'arrêter brusquement ou résister à la poussée, l'enfant va saisir la nécessité d'étaler le plus possible la base de support dans la direction du déplacement tout en abaissant le centre de gravité.

«Vous allez courir très vite et, au signal, vous devez vous arrêter immédiatement, sans tomber. Observez comment vous avez placé vos pieds. Au lieu d'en mettre un devant l'autre, que se passe-t-il si vous les mettez côte à côte? Vous tombez en avant. Pourquoi?»

4. LES LEVIERS

Un levier se compose d'une barre rigide tournant autour d'un axe et sur laquelle s'appliquent deux forces. Il est en équilibre lorsque la somme algébrique des moments des forces appliquées est nulle. Le moment est égal au produit de l'intensité de la force par son bras de levier. L'avantage mécanique des leviers réside dans le fait qu'avec une force réduite, on peut soulever une masse importante ou imprimer une grande vitesse à l'extrémité libre du levier. Les différents leviers constitués par les os et les articulations et mobilisés par les muscles, interviennent aussi pour amortir les chutes, lors des sauts par exemple. En fonction des positions respectives de l'axe, de la force motrice et de la résistance à vaincre, les leviers se répartissent en trois grands groupes (figure 5.1).

Pour les leviers de **premier type**, le point d'appui est placé entre les deux forces. Quand le bras de levier où s'exerce la force motrice est plus long que celui où s'exerce la résistance, la force est favorisée: ce type de levier est utilisé pour soulever un objet posé sur le sol ou arracher une pointe avec une barre à clous. C'est sur lui que repose le principe de la balance. On peut utiliser les sensations proprioceptives pour faire comprendre la relation entre les bras de levier et les masses (Ferrandez et Cadopi, 1986) (figure 5.2).

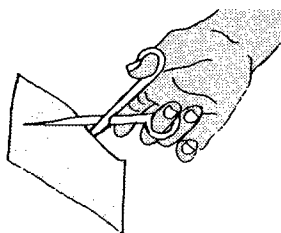
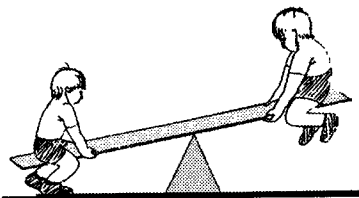
EXERCICES

Faire découper avec des ciseaux et des tenailles. Pourquoi celles-ci ont-elles de longues poignées? Utiliser ou construire une balançoire formée d'une planche pivotant en son centre sur un support. Que se passe-t-il quand deux enfants de même poids ou de poids différents se placent à chaque extrémité? Un enfant peut-il en contrebalancer deux? Que faut-il faire? Rapprocher les deux enfants du centre de rotation. L'enfant découvre le rapport entre force et bras de levier. Exercices similaires pour soulever un objet lourd avec une barre plus ou moins longue.

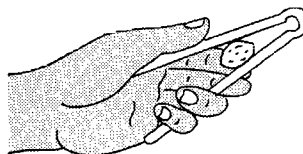
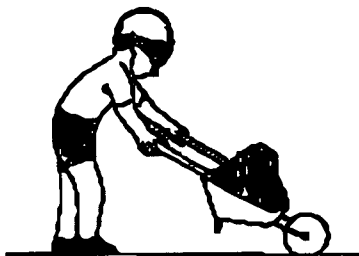
Avec un levier du **deuxième type**, la résistance à vaincre est située entre la force motrice et le point de rotation. De lourdes charges sont ainsi facilement soulevées ou transportées, comme avec une brouette. Le casse-noix en est un autre exemple.

FIGURE 5.1
LES LEVIERS

**A. PREMIER TYPE:
FORCE ET RÉSISTANCE DE PART ET D'AUTRE DU POINT D'APPUI**



**B. DEUXIÈME TYPE:
RÉSISTANCE ENTRE LA FORCE ET LE POINT D'APPUI**



**C. TROISIÈME TYPE:
FORCE ENTRE LA RÉSISTANCE ET LE POINT D'APPUI**

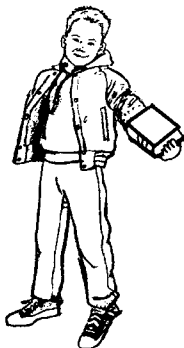
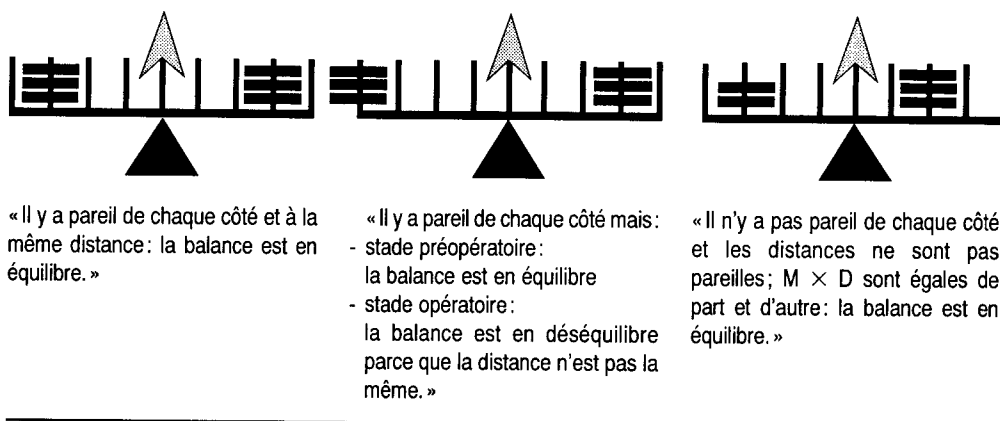


FIGURE 5.2
L'ABSTRACTION ET L'ÉQUILIBRE DE LA BALANCE



EXERCICES

Jouer à la «brouette». Un enfant se met au sol en appui sur ses bras tendus et la pointe de ses pieds. Un autre enfant saisit les genoux du premier et les soulève. Celui qui joue le rôle de la brouette garde son tronc bien droit et avance en déplaçant alternativement ses mains. Où est l'axe de rotation? (épaules), la résistance (corps du camarade)? la force (le porteur)?

Dans un levier du **troisième type**, la force motrice est appliquée entre l'axe de rotation et la résistance. Ce genre de levier, qui nécessite une force supérieure à la résistance, entraîne un déplacement important et rapide de l'extrémité libre. Il est particulièrement présent dans les articulations du corps humain et permet la plupart des activités de lancers ou de frappers de balles par exemple. C'est aussi ce genre de levier qui intervient lorsque nous soupesons deux masses pour les comparer.

L'expérience visuelle de la balance peut être éprouvée kinesthésiquement en plaçant des poids sur les bras pour «que ça fatigue pareil de chaque côté» (Ferrandez et Cadopi, 1986). Il en ressort que vers l'âge de cinq ans, les enfants répondent globalement en tenant compte de la dissymétrie perceptive; vers six ans, ils savent que l'égalité des poids est nécessaire afin que la balance soit en équilibre et il faudra attendre qu'ils aient sept ans pour qu'ils tiennent compte simultanément de l'égalité des poids et des distances les séparant de l'axe de rotation.

EXERCICES

Exercices de lancers avec différentes sortes de balles et ballons ou exercices de frapper avec le pied. Faire découvrir les parties du levier lors des lancers avec le bras : l'axe de rotation (l'épaule), la résistance (la balle ou le ballon), la force (la contraction des muscles de l'épaule et des bras). Autres exemples de leviers du troisième type (l'utilisation d'une pelle, d'un balai, de toutes les raquettes ou bâtons dans les sports). Faire varier la longueur du levier en pliant plus ou moins le coude : la balle va plus ou moins loin. Compléter par l'observation de l'effet des points d'appui au sol sur la distance des lancers. Jeu de la balance romaine : prendre trois masses distinctes dans la proportion m , $m/2$ et $2m$. Les placer sur les bras tendus à des distances (d) variables de l'épaule. En faisant varier d et m , découvrir la relation masse-bras de levier : une masse légère loin de l'épaule peut sembler aussi lourde qu'une masse importante près de l'épaule.

5. LES LOIS DU MOUVEMENT (NEWTON)

Le mouvement est dans la nature. Nous pouvons aussi le provoquer ou l'arrêter, l'accélérer ou le freiner, le maintenir ou changer sa direction. Ces différents mouvements sont soumis à des forces qui ont été particulièrement étudiées par Newton et d'où ont été déduites trois lois.

5.1. Première loi : la loi d'inertie

Un objet arrêté placé sur le sol tend à rester au repos alors qu'un objet en mouvement a tendance à continuer son mouvement avec la même vitesse et dans la même direction à moins qu'une force extérieure ne modifie cet état. Au décollage d'un avion ou à l'arrêt brusque d'une voiture, nous sommes dans le premier cas plaqués contre le siège et dans le deuxième, projetés en avant. C'est la conséquence de **l'inertie**.

EXERCICES

Poser des ballons, des quilles ou des bouteilles en plastique à dix mètres des enfants. Avec un ballon, ils doivent toucher ces cibles et les mettre en mouvement. Lorsqu'ils ratent leur coup, leur faire constater que la cible reste immobile alors que le ballon continue sa route. Pendant que le ballon roule sur le sol, leur demander d'essayer de deviner, en fonction de la trajectoire du ballon, dans quelle direction va partir la cible. Trouver des activités où ce principe est appliqué (le bowling, les quilles, le billard, le flipper, etc.).

Faire rouler un cerceau, un ballon sur le sol. L'enfant suit le déplacement de l'objet. De temps à autre, il imprime une nouvelle force à l'objet pour qu'il continue sa route ou change de direction.

5.2. Deuxième loi: la loi de vitesse et d'accélération

Une même force appliquée à deux objets de masses différentes déplacera avec une vitesse plus grande l'objet dont la masse est la plus faible: la vitesse d'un objet dépend ainsi directement de la force qui lui est appliquée et est inversement proportionnelle à sa masse; plus la masse est élevée, plus la force doit s'accroître pour obtenir une vitesse semblable. Aux variations de vitesse, sont associées les notions d'accélération et de décélération que nous retrouvons aussi de façon permanente dans les activités motrices.

EXERCICES

Faire asseoir deux enfants de masses différentes chacun sur un petit chariot. Deux autres enfants les poussent à la même vitesse, puis arrêtent leur poussée au même moment. Faire observer lequel des deux chariots va le plus loin: c'est celui qui est le plus lourdement chargé.

Demander aux enfants de courir à des vitesses variables et de s'arrêter le plus vite possible. Plus on va vite, plus c'est difficile de s'arrêter rapidement, et le temps nécessaire s'allonge.

Mettre deux, puis trois, quatre enfants sur le chariot. Quand est-il le plus facile de le pousser? Plus il y a d'enfants, plus la force développée doit être importante pour les faire avancer, tourner ou arrêter. Demander de lancer et d'attraper des ballons de grosseurs et de masses différentes: ballons de hand-ball, de football, de basket-ball, de médecine-ball, etc. Il est plus difficile de lancer ou d'attraper ce dernier que les autres.

5.3. Troisième loi: la loi d'action-réaction

Toute force appliquée par un corps sur un autre corps dans une direction donnée entraîne l'apparition d'une force égale, mais de direction opposée, dans cet autre corps. Quand nous courons, nous exerçons une action sur le sol qui, par réaction, nous permet d'avancer. Le même phénomène se produit sur patins à glace ou à roulettes, dans les sauts ou la natation; en poussant l'eau avec les mains vers l'arrière, nous allons vers l'avant.

L'intensité de la réaction, dans les déplacements, varie avec la nature du sol. Lorsque la force se dissipe dans le support (la neige, le sable, l'eau, le caoutchouc), la réaction diminue et la propulsion est réduite, ce qui rend le mouvement plus lent et plus difficile. De la même manière, le type de contact des pieds avec le sol (les semelles de caoutchouc, les chaussures à pointes, les chaussettes, les pieds nus) fait varier la friction entre les deux surfaces en présence et agit par le fait même sur l'efficacité de la poussée.

Dans les activités sportives où l'on se sert d'une raquette ou d'un bâton, la saisie de l'instrument influence la force de propulsion de la balle : si la prise est molle, la force transmise à la balle sera plus faible que si la prise est ferme. L'application de la force dans la direction du déplacement souhaité entraîne la meilleure utilisation de la force produite par les contractions musculaires.

EXERCICES

Toute situation de natation, de course, de saut, de canotage, de lancer se prête à des jeux de découverte sur ce principe d'action-réaction. Sur une surface glissante, l'absence de résistance du sol sous les pieds rend très difficile l'application du principe : pousser sur la glace avec des chaussures ou des patins aux pieds.

Demander de sauter à pieds joints sans s'aider des bras ou avec un balancer des bras. Faire comparer les résultats.

6. AUTRES PRINCIPES PHYSIQUES

Les concepts de force, de masse, de résistance, de travail, d'énergie, de forces centrifuge et centripète peuvent aussi être introduits lors de situations de mouvement.

L'application correcte des forces rend efficace le mouvement, si l'on pousse ou l'on tire dans la bonne direction ; en utilisant au maximum les muscles les plus puissants et les meilleurs bras de levier, on contrôle avec plus d'efficacité le déroulement du geste et la fatigue.

La manipulation d'objets variés fait ressortir les interactions entre la force, le volume et la masse. La masse provient de la quantité de matière qui constitue un objet et ne correspond pas toujours à son volume ou à sa forme. Un petit médecine-ball peut avoir une masse plus importante qu'un ballon de basket. L'enfant apprend que pour déplacer des objets de masses croissantes, il lui faut utiliser une force de plus en plus grande s'il veut vaincre leur résistance ou leur friction. La friction est nécessaire pour qu'un mouvement commence ou s'arrête. Quand un objet roule, sa friction

est moindre que lorsqu'il glisse. En glissant sur des plans inclinés de pentes différentes (glissoires) revêtus de matières distinctes, les enfants expérimentent les effets de ces variables sur la vitesse de la descente et les forces de friction.

Lors d'un mouvement circulaire, deux forces opposées apparaissent: la force centripète, dirigée vers l'axe de rotation, et la force centrifuge, dirigée en sens contraire et qui tend à éloigner l'objet du centre de rotation. Si l'objet est lâché pendant la rotation, il se déplace en ligne droite, selon une tangente donnée au point de lâchage. Ces forces peuvent être ressenties lorsqu'une personne tourne autour d'une autre, chacune tenant l'extrémité d'une corde, ou lors du patinage: la diminution du rayon du cercle de rotation accroît la vitesse de rotation.

La résistance de l'air, associée à une force appliquée à la balle et décentrée par rapport à son centre de gravité, amène un mouvement giratoire de la balle et une trajectoire générale courbe: ces différents «effets» trouvent une application particulière dans tous les sports où l'on utilise une balle.

EXERCICES

Tirer un camarade assis sur un tapis en caoutchouc, puis insérer un tissu en coton sous le tapis. Quand est-il plus facile à tirer sur un plancher?

Accrocher un ballon lourd à une corde et le faire tourner par terre; lâcher ensuite la corde et constater dans quelle direction est parti le ballon.

Lancer un ballon en plaçant la main en arrière du ballon puis sur un côté ou l'autre; faire observer les différences des trajectoires.

Comment fait-on pour s'arrêter à bicyclette ou en voiture? Que se passe-t-il lorsqu'on serre les freins? Quand on glisse sur la glace, que fait-on si l'on veut s'arrêter net?

Dans des boîtes de tailles différentes, mettre des volumes de sable différents; les faire soupeser par les enfants et leur faire constater que les plus grosses ne sont pas toujours les plus lourdes.

7. NOTRE CORPS

Au cours des activités motrices, nous pouvons conduire l'enfant à prendre conscience de son corps en attirant son attention sur les sensations qu'il éprouve lors du mouvement, les conséquences de celui-ci sur le rythme respiratoire et le rythme cardiaque, la structure du corps, les règles alimentaires et hygiéniques.

EXERCICES

Particularités individuelles. Mesurer la taille et le poids de chaque enfant. Faire dessiner par un enfant le contour du corps d'un autre couché par terre sur une grande feuille. Comparer les différents contours; compléter le dessin en y incluant les détails du visage et de l'habillement.

Lorsque nous faisons un effort, nos muscles se contractent. Quand nous nous couchons sur le dos, ils se relâchent. Par la palpation, il est possible de faire ressentir à chaque enfant la différence des états de contraction lors de séances de relaxation.

Les os constituent la charpente de notre corps. Il existe entre eux des différences de forme, de longueur, d'épaisseur dont on prend conscience également par la palpation. Les articulations qui les réunissent peuvent-elles bouger dans tous les sens? Certaines sont-elles plus mobiles que d'autres? Voilà encore des découvertes à proposer aux enfants.

Nous effectuons des mouvements lorsque nos muscles se contractent et modifient l'ouverture ou la fermeture des articulations. Les muscles existent dans tout le corps, aussi bien dans les bras que dans les jambes, le tronc ou le visage. Leur volume peut être augmenté par l'entraînement et la musculation. La plupart sont visibles, mais certains, contenus dans l'abdomen ou le thorax en particulier, échappent au regard: ce sont les muscles des viscères et le cœur.

EXERCICES

Faire toucher l'emplacement du cœur pour sentir les battements réguliers (au poignet, au cou). Le cœur bat-il au même rythme pour tous? Faire compter pendant trente secondes. Que se passe-t-il lorsque nous marchons, lorsque nous courons? Le cœur bat-il à la même vitesse? Non, il accélère. Le cœur bat nuit et jour, sans arrêt. Alternance des contractions et des relâchements.

Où va l'air qui rentre et sort par notre nez? Où sont situés les poumons? Qu'est-ce qui fait entrer puis ressortir l'air? Le diaphragme produit la plupart de ces mouvements qui peuvent aussi provenir de la cage thoracique. Faire observer ce phénomène chez un enfant torse nu.

Parmi les grandes fonctions hygiéniques, parler des habitudes de propreté générale: se brosser les dents, se reposer au calme, avoir une alimentation saine. Discuter des groupes d'aliments et des menus équilibrés.

8. LES FONCTIONS SPATIO-TEMPORELLES

Nous vivons dans un espace dont certaines caractéristiques évoluent normalement dans le temps tandis que d'autres demeurent relativement stables. Prenant racine dans les perceptions, les notions liées à l'espace et au temps se construisent lentement avec l'expérience, l'objectivation et la conceptualisation des informations qu'elle fournit; elles se retrouvent d'une façon ou d'une autre dans presque toutes les activités scolaires et participent à leur structuration. Cet accès à la représentation mentale du réel se complète tout au long de l'enfance et ne s'achèvera qu'à l'adolescence.

8.1. L'organisation spatiale

Organiser notre espace, c'est intégrer simultanément les différents éléments qui le composent tout en construisant les rapports existant entre eux et en nous y situant.

Ces rapports peuvent être établis de façon plus ou moins complexe sur le plan **topologique** (la place des objets ou éléments les uns par rapport aux autres: à côté, dedans, sur, au-dessous, etc.), le plan **projectif** (les objets peuvent être reliés indépendamment de notre point de vue, de notre perspective; l'alignement, la direction, l'orientation) et le plan **euclidien** (l'évaluation métrique des distances et des coordonnées des objets; les échelles et les plans, la symétrie) (Piaget et Inhelder, 1948) (figure 5.3).

Articulés autour d'un axe vertical et à l'intérieur d'un plan horizontal, les éléments de l'espace sont appréhendés par l'un ou l'autre de nos récepteurs sensoriels (la vision, l'audition, la proprioception, etc.). Ces indices que nous récupérons proviennent du fonctionnement particulier de nos yeux (la disparité binoculaire, la convergence oculaire, l'accommodation, la taille rétinienne), de nos oreilles (l'intensité du son, l'écart temporel entre l'arrivée du son aux deux oreilles), de la position des objets les uns par rapport aux autres (la superposition ou le recouvrement, les gradients de

FIGURE 5.3
L'ORGANISATION SPATIALE



texture) ou de la proprioception (les sensations liées aux mouvements et à la position des membres par rapport au tronc).

Notre organisation de l'espace repose sur le **repérage**, la mise en place, par la répétition, de points de repère personnels qui nous permettent de retrouver notre chemin. Si, en milieu connu, nous pouvons le faire en utilisant seulement des repères physiques concrets, sans faire appel aux notions d'orientation liées aux termes « droite » et « gauche » ni aux distances, dès que nous voulons organiser nos déplacements (la direction à prendre, les distances à parcourir, les arrêts, etc.), nous passons à l'abstraction avec l'utilisation de plans et de cartes, d'échelles, de boussoles. Pour expliquer à quelqu'un comment se rendre à un endroit, force nous est d'utiliser un langage structuré et conventionnel pour que l'auditeur puisse comprendre et saisir (ex. : aux troisièmes feux, tourner à droite puis ensuite à gauche). Les termes du langage doivent donc être connus de part et d'autre.

L'expérience perceptive peut être immédiate, liée à une situation que le sujet est en train de vivre, ou imaginée, associée à une situation vécue antérieurement. Dans le premier cas, l'enfant évolue dans l'**espace perceptif, figuratif** : il prend l'information telle quelle ; ce mode de fonctionnement caractérise l'enfant du stade préopératoire, jusqu'aux environs de l'âge de sept ans. Le corps sert de référence, tout est situé par rapport à lui : c'est l'**égocentrisme**. Dans un deuxième temps, l'enfant analyse ses données perceptives, il les transforme, ce qui caractérise l'approche de l'**espace représentatif ou opératoire**. Le milieu sert de référence, le corps étant un élément du milieu : c'est le **géocentrisme**.

8.1.1. Les relations spatiales

Les relations entre les objets ou les composantes du milieu spatial peuvent être approchées ou décrites de différentes façons (Piaget et Inhelder, 1948).

D'abord, d'un point de vue descriptif : ce sont les rapports topologiques avec les relations qualitatives de voisinage, de séparation, d'entourage, d'ordre, de continuité. Ensuite, en objectivant son point de vue, en se décentrant, en se mettant à la place d'autrui, avec l'acquisition de la perspective : ce sont les rapports projectifs. Enfin, en mesurant les distances séparant les objets les uns des autres et en les reportant sur des axes de coordonnées : c'est l'aspect métrique et euclidien. Des activités dans ces différents domaines facilitent l'établissement de la **représentation spatiale** avec ses composantes de **localisation**, descriptive et métrique, et de **relation** (définir les liens entre les éléments du milieu) (tableau 5.2).

Qu'y a-t-il donc de si difficile pour l'enfant dans les notions spatiales ? Jusqu'aux environs de sept ans, soit au stade préopératoire, la perception du monde prime son analyse ; l'enfant vit dans son expérience perceptive immédiate et ses réflexions ne portent pas plus loin. Il est prisonnier de l'espace dans lequel il se trouve, ce qui limite d'autant les transformations possibles. Après cet âge, il analysera les perceptions et les

TABLEAU 5.2
**VOCABULAIRE CARACTÉRISTIQUE
 DES DIFFÉRENTS RAPPORTS SPATIAUX**

ESPACE TOPOLOGIQUE	ESPACE PROJECTIF	ESPACE MÉTRIQUE
- À CÔTÉ - DANS - DEDANS - DEHORS - DESSUS - DESSOUS - ENTRE - SUR - SOUS - AUTOUR DE - FERMÉ - OUVERT - AU MILIEU - ICI - LÀ - OÙ - LOIN - PRÈS - AU BORD - ENTRE - CONTRE - À L'INTÉRIEUR - À L'EXTÉRIEUR	- D'ICI - DEPUIS LÀ - DE MA PLACE - EN LIGNE - DEVANT - DERRIÈRE - EN AVANT - EN ARRIÈRE - SUR LE CÔTÉ DE - À DROITE DE - À GAUCHE DE - EN HAUT - EN BAS - EN FACE DE - VIS-À-VIS - DE PART ET D'AUTRE - LIGNE DE FUITE - CACHÉ - DISSIMULÉ - PROJETER - DE PROFIL	- PRÈS DE - LOIN DE - FRONTIÈRE - MÈTRE - KILOMÈTRE - POUCE - PIED, PAS - MILLE - ANNÉE LUMIÈRE - PERPENDICULAIRE - PARALLÈLE - PROFONDEUR - MESURER - VOLUME - SURFACE - LONGUEUR - LARGEUR - CIRCONFÉRENCE - SPHÈRE - SOMMET - CARRÉ, ETC. - UN, DEUX, ETC.

transformera, effectuera sur elles des opérations; ce sera le stade opératoire de la représentation. C'est ce passage de la perception aux opérations qui constitue pour lui la plus grande difficulté.

8.1.2. *L'orientation droite-gauche*

Comme nous avons un devant et un derrière, le plan antéro-postérieur passant par le milieu de notre corps divise l'espace en deux moitiés que nous avons dénommées droite et gauche. La maîtrise de ces termes ne se fait pas sans quelques difficultés et nombre d'adultes éprouvent encore des problèmes à réagir rapidement aux consignes y faisant appel, probablement parce que ces termes possèdent une valeur relative et non pas une valeur absolue. Nous commençons par les appliquer à notre propre corps, vers l'âge de six à sept ans, avant de les transférer sur autrui, vers l'âge de huit ans, puis sur les objets, après l'âge de neuf ans. Ce transfert de notre orientation au monde extérieur se fait simplement, au début, par **translation** directe (je considère comme «l'avant» d'un objet sa partie la plus éloignée de moi) ou par **réflexion** (la «gauche» de l'objet est la même que la mienne), ce qui, bien sûr, entraîne des erreurs

(face aux enfants, ma main droite levée est vis-à-vis de leur main gauche). Ce n'est que lorsque l'enfant effectue une **rotation** mentale de son orientation par rapport à celle d'autrui (par réversibilité) que tout rentre dans l'ordre. L'application de ces notions aux objets nécessite plus de temps, les objets n'ayant pas d'orientation en eux-mêmes : « à la droite de la table » ne veut rien dire ! Dans la mesure où nous utilisons constamment ces notions, que ce soit de façon directe ou non, elles doivent être bien maîtrisées par les enfants, aussi bien pour l'orientation spatiale que pour les apprentissages scolaires. La latéralité, et en particulier la manualité ne joue qu'un rôle mineur dans l'acquisition de cette notion (Rigal, 1994).

EXERCICES

Les exercices et les activités sur l'organisation spatiale s'étaleront du milieu ambiant immédiat, pour les petits, à l'organisation de la ville et de l'univers pour les grands.

Comparaison tactilo-kinesthésique de formes et volumes géométriques différents (une sphère, un cube, une pyramide, etc.) ; découverte de leurs propriétés (la stabilité, le roulement, le fait de monter dessus, etc.).

Activités sur la classe et l'école, la maison et le quartier, le chemin suivi pour venir à l'école, aller à l'épicerie. Se situer dans un lieu par rapport aux éléments qu'il inclut.

Un enfant se « promène » dans la classe et s'arrête ; les autres doivent dire, de l'endroit où ils se trouvent, ce que cet enfant voit d'où il est placé ; ce dernier corrige, si nécessaire, les « perceptions » des autres.

Acquisition et renforcement du vocabulaire : à côté, dessus, loin, près, derrière, à droite, etc. Transfert des notions de droite et de gauche sur autrui et sur l'environnement.

Comparaison d'itinéraires pour aller à différents endroits, indication verbale de son propre itinéraire.

Découverte et structuration d'espaces nouveaux comme la cour, le gymnase, la salle de jeu, la bibliothèque, etc.

Représentation graphique des lieux et itinéraires ; construction de formes, de maquettes et de modèles réduits.

Lecture de plans et de cartes ; dessiner un plan, suivre des consignes et en écrire. Reconnaissance des lieux, des symboles utilisés.

Jeux de piste et parcours d'orientation.

Étude du globe terrestre, du ciel et des étoiles.

8.2. L'organisation temporelle

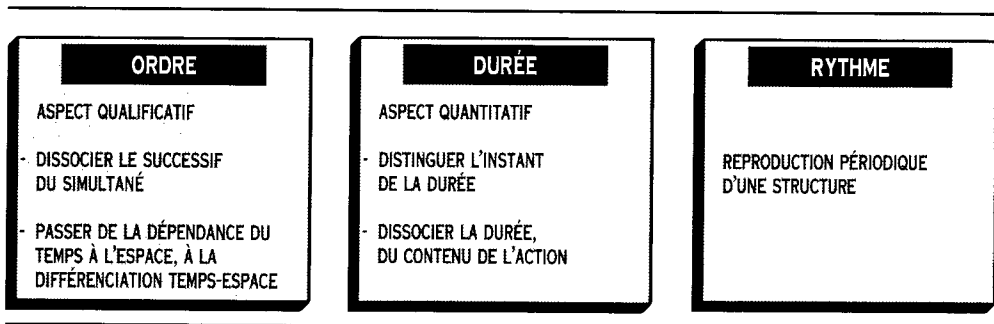
Le temps ne s'arrête jamais : il passe au fur et à mesure qu'il arrive. Nous ne pouvons donc pas le garder présent sous les yeux, et chaque instant ne se reproduit plus jamais. Longtemps prisonnier du moment présent, l'enfant construit petit à petit son horizon temporel, l'élargissant ensuite par la mémoire, au passé, et par l'anticipation, au futur. Ainsi se constitue le **seuil du temps** avec les passages de l'instant à la durée et du simultané au successif.

Prendre conscience du temps et l'analyser exige de tenir compte de trois dimensions. Tout d'abord l'**aspect vécu**, par la perception et la mémorisation de la succession des événements avec leur ordre et leur durée. Ensuite, la **logique du temps** : les événements qui peuplent le temps se succèdent et s'organisent selon une direction inamovible, même si la mémoire nous permet de les organiser différemment. Enfin, une **dimension conventionnelle** liée au système culturel de référence et de division du temps : ce sont l'année et ses subdivisions, ainsi que les unités de mesure (seconde, minute et heure). Nous décrirons successivement les notions fondamentales se rapportant au temps (figure 5.4) : l'ordre, la durée et le rythme, ainsi que leur ontogénèse.

8.2.1. L'ordre

Lié à l'**aspect qualitatif** du temps, l'ordre se rapporte à la distribution chronologique des changements ou des événements successifs, dans une suite irréversible. Pour saisir cette séquence, nous devons donc **dissocier le successif du simultané** ; les événements doivent être séparés de plusieurs millisecondes pour que cela soit possible. Cette suite ordonnée est perçue directement : c'est une perception primaire. Cela ne veut pas dire que l'enfant saisisse et retienne immédiatement tous les éléments de la

FIGURE 5.4
L'ORGANISATION TEMPORELLE



suite vécue. Il en oubliera plusieurs, ne retenant que ceux qui l'auront plus spécialement frappé. En faisant appel, par sa mémoire, à des repères, il peut reconstruire la chronologie des faits. C'est le moment de l'apprentissage des termes liés à cette organisation du temps (tableau 5.3): «avant», «après», «d'abord», «ensuite», «le premier», «la troisième», etc. Les discussions et exercices sur les activités de la vie quotidienne à la maison et à l'école, le découpage de la journée en ses constituantes (le matin, le midi, l'après-midi, le soir, la nuit) facilitent la prise de conscience de la sériation du temps et de son organisation. Les premières ébauches de la ligne du temps en proviennent.

Jusqu'aux environs de sept ans, l'enfant subordonne les relations de succession temporelle aux relations d'ordre spatial. La prégnance et la permanence de la perception spatiale accaparent toute son attention, et son raisonnement justifie les dimensions temporelles à partir des données spatiales. S'il voit deux voitures roulant à des vitesses différentes partir et s'arrêter en même temps, la voiture ayant parcouru la plus grande distance s'est, pour lui, arrêtée avant. Après cet âge, au stade opératoire, il différenciera l'ordre temporel de l'ordre spatial (figure 5.4).

TABLEAU 5.3
**LES TERMES FRÉQUEMMENT UTILISÉS
EN ORGANISATION TEMPORELLE**

ORDRE	DURÉE	RYTHME
- PREMIER - DEUXIÈME, ETC. - DERNIER - AVANT - APRÈS - ENSUITE - EN MÊME TEMPS - MATIN - MIDI - SOIR - NUIT - D'ABORD - ENSUITE - HIER - AUJOURD'HUI - DEMAIN - PASSÉ - PRÉSENT - FUTUR - SIMULTANÉ - SUCCESSIF - PUIS - ENFIN - ALTERNANCE	- SECONDE - MINUTE - HEURE - JOUR - SEMAINE - MOIS - ANNÉE - SAISON - SIÈCLE - MILLÉNAIRE - ÈRE - NUIT - MATIN - APRÈS-MIDI - UN INSTANT - BIENTÔT - TARD - VITE - LENT - LONGTEMPS	- CADENCE - MESURE - BATTEMENT - TEMPO - TEMPS FAIBLE - TEMPS FORT - RAPIDE - LENT

8.2.2. *La durée*

La durée **quantifie** le temps en mesurant la longueur de l'intervalle séparant deux points de repère indiquant l'un le début et l'autre la fin d'un événement. C'est une perception secondaire en ce sens que nous devons réfléchir pour l'évaluer. Elle doit aussi être assez grande, de l'ordre de quelques millisecondes, pour nous permettre de passer de l'instant à la durée. Cette évaluation subjective s'améliore avec l'âge et l'entraînement et varie avec le degré de difficulté de la tâche à accomplir ou son intérêt. Il ne faut donc pas s'étonner si les enfants de maternelle ou du début du primaire demandent régulièrement «quand c'est midi?».

Au stade préopératoire, la durée est relative au contenu et au résultat de l'activité. «Plus ça va vite, plus ça prend de temps.» La vitesse, le nombre de changements, l'ennui modifient la perception et l'évaluation de la durée. «Quand on fait beaucoup de choses, ça prend plus de temps.» De deux voitures roulant sur la table, celle qui a parcouru la plus grande distance a roulé le plus longtemps: la vitesse n'entre pas en ligne de compte. Après l'âge de sept ans, au stade opératoire, l'enfant établit une indépendance plus nette de la durée par rapport à l'action et comprend que si l'on fait quelque chose rapidement, cela nécessitera moins de temps.

Afin de faciliter l'accès à la notion de durée, il est parfois nécessaire de la «spatialiser», de la représenter sous la forme de la **ligne du temps**. Le long de cette ligne, des intervalles réguliers découpent la durée en parties égales sur lesquelles on peut reporter la succession des événements de la journée, de la semaine, de l'année ou de l'histoire de l'humanité. Pour se représenter de très longues durées et les comparer entre elles, il peut parfois être utile de les ramener à des durées plus proches de notre réalité quotidienne: par exemple, la durée de l'existence de l'univers peut être condensée sur une année et, dans cette perspective, la durée de la présence de l'Homme sur la Terre se limite à quelques secondes, à la fin de l'année! C'est plus concret que les ères ou les millions d'années!

8.2.3. *Le rythme*

Le rythme, c'est la **répétition** régulière ou périodique d'une **structure** donnée, la séquence ou le regroupement ordonné d'un nombre limité de stimuli. En font aussi partie, le **tempo** (ou le rythme personnel libre: marcher, frapper sur la table avec son doigt) et la **cadence** (ou le rythme imposé de l'extérieur: par un métronome, une musique, les frappes sur le tambourin). L'alternance des contractions et des relâchements, dans les mouvements, leur donne une allure coulée et évite la fatigue. Tous les mouvements ne possèdent pas une composante rythmique; si c'est le cas pour la marche, les balancers, la natation, la danse, ce ne l'est ni pour la plupart des activités sportives, ni pour les attitudes maintenues, ni pour les mouvements courts réalisés une

seule fois. En écriture, le rythme peut être introduit dans des exercices répétitifs comme les boucles et les cycloïdes.

EXERCICES

Les exercices et les activités associés à l'organisation temporelle viseront à renforcer la notion d'ordre et à accéder à la notion de durée et à son évaluation.

L'organisation des activités en classe: placer des dessins représentant les activités sur les heures et durées respectives inscrites sur la ligne du temps, pour faire prendre conscience du temps vécu.

Le cycle quotidien, du lever au coucher, la succession des actions, leur chronologie: nommer les moments de la journée et y associer les activités correspondantes. Replacer dans l'ordre des images d'actions effectuées ou connues.

Prévoir ce que l'on va faire, anticiper l'avenir.

Lecture de l'heure et mesure du temps.

Connaissance des jours de la semaine et des mois, de leur relation avec les saisons.

Introduction au passé (par des photos, des films, des monuments, des peintures, etc.).

Exercices de production ou de reproduction de rythmes avec des mouvements: sauts, sautillés, galop, marche, course, réalisés seul ou avec un partenaire, avec ou sans accompagnement (Lamour, 1985). Allonger, diminuer la durée des intervalles, modifier la fréquence, la vitesse des actions.

Jeux où il faut faire une série d'actions (passer à côté de la chaise, sous la table, par-dessus le tabouret, sauter par-dessus un carton, etc.).

9. LES CONTRASTES

L'action motrice est l'outil parfait pour illustrer la plupart des contrastes ou oppositions existant entre deux situations, le moyen privilégié d'en faire faire l'expérience aux enfants en les leur indiquant verbalement. Ces contrastes peuvent être de nature absolue (il y a quelque chose ou il n'y a rien) ou relative (il y a une différence d'intensité entre deux stimuli ou deux situations) (Lapierre et Aucouturier, 1974a, 1974b). Il est possible d'adapter presque tous les exercices pour introduire les différents contrastes d'intensité: fort/faible, lourd/léger, chaud/froid, etc., de taille: grand/petit, large/étroit, haut/bas, etc., de vitesse: vite/lent (tableau 5.4).

TABLEAU 5.4
LES CONTRASTES

(Tableau composé à partir de Lapierre et Aucouturier (1974a et 1974b) et complété)

INTENSITÉ - FORT-FAIBLE - DUR-MOU - LOURD-LÉGER - CLAIR-SOMBRE - GRAVE-AIGU - CHAUD-FROID - LISSE-RUGUEUX - SEC-MOUILLE - BON-MAUVAIS - PLUS-MOINS - TOUS-AUCUN - AUGMENTER-DIMINUER	TAILLE-GRANDEUR - GRAND-PETIT - LONG-COURT - HAUT-BAS - LARGE-ÉTROIT - ÉPAIS-MINCE - GROS-PETIT - GRAS-MAIGRE - ÉTENDU-RESTREINT - MINUSCULES-MAJUSCULES - AGRANDIR-RAPETISSER	ORDRE - AVANT-APRÈS - PREMIER-DERNIER - D'ABORD-ENSUITE - EN MÊME TEMPS-DÉCALÉ
		DURÉE - COURT-LONG - PALPABLE-ÉPHÉMÈRE - JEUNE-VIEUX
	POSITION - DEVANT-DERRIÈRE - HAUT-BAS - DROITE-GAUCHE - DESSUS-DESSOUS - LOIN-PRÈS - DEDANS-DEHORS - INTÉRIEUR-EXTÉRIEUR	VITESSE - VITE-LENT - SUCCESSIF-SIMULTANÉ
		RYTHME - RAPIDE-LENT - SPONTANÉ-IMPOSÉ - RÉGULIER-IRRÉGULIER - PÉRIODICITÉ-UNICITÉ - STRUCTURE-DÉSORDRE

10. RÉSUMÉ

Le monde qui nous entoure est soumis à différentes lois. Il est possible de présenter des notions accessibles à la compréhension des enfants: l'utilisation d'activités motrices rend immédiats les concepts à acquérir, et le fait de les vivre directement et concrètement évite au jeune sujet de se trouver plongé dans des abstractions peu signifiantes pour lui. Cela se vérifie aussi bien pour la connaissance de notre corps que pour les concepts liés aux forces ou associés à l'espace et au temps.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, M.J. (1991). «Beginning to Read: A Critique by Literacy Professionals», *The Reading Teacher*, 44, p. 370-395.
- AJURIAGUERRA, J. DE (1977). *Manuel de psychiatrie de l'enfant*, Paris, Masson (deuxième édition).
- AJURIAGUERRA, J. DE, M. AUZIAS, F. COUMES, A. DENNER, V. LAVONDES-MONOD, R. PERRON et M. STAMBAK (1964). *L'écriture de l'enfant. L'évolution de l'écriture et ses difficultés*, Neuchâtel (Suisse), Delachaux et Niestlé.
- ALEGRIA, J. et J. MORAIS (1989). «Analyse segmentale et acquisition de la lecture», dans RIEBEN, L. et Ch. PERFETTI (dir.) (1989). *L'apprenti lecteur*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, p. 175-196.
- ALLEN, M. et M.M. WELLMAN (1980). «Hand Position During Writing, Cerebral Laterality and Reading: Age and Sex Differences», *Neuropsychologia*, 18, p. 33-40.
- AMAN-GAINOTTI, M. et M. CASALE (1980). «Aspects de l'opérativité chez les enfants avec difficultés d'apprentissage de la lecture», *Enfance*, 1-2, p. 31-37.
- ANNETT, M. et M. MANNING (1990). «Arithmetic and Laterality», *Neuropsychologia*, 28, p. 61-69.
- ARNAUD, P. (1983). *Les savoirs du corps*, Lyon, Presses universitaires de Lyon.
- ASSO, D. et M. WYKE (1971). «Discrimination of Spatially Confusable Letters by Young Children», *Journal of Experimental Child Psychology*, 11, p. 11-20.
- AUZIAS, M. (1984). *Enfants gauchers – enfants droitiers*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- BALOW, I.H. (1963). «Lateral Dominance Characteristics and Reading Achievement in the First Grade», *Journal of Psychology*, 55, p. 323-328.

- BALOW, I.H. et B. BALOW (1964). «Lateral Dominance and Reading Achievement in the Second Grade», *American Educational Research Journal*, 1, p. 139-143.
- BARATTA-LORTON, M. (1976). *Mathematics Their Way*, London, Addison Wesley.
- BARNESLEY, R.H. (1970). «Handedness and Related Behavior», thèse de doctorat non publiée, Montréal, Université McGill.
- BARRETT, T.C. (1965). «Visual Discrimination Tasks as Predictors of First Grade Reading Achievement», *Reading Teacher*, 18, p. 276-282.
- BELL, A.E. et M.S. AFTANAS (1972). «Some Correlates of Reading Retardation», *Perceptual and Motor Skills*, 35, p. 659-667.
- BELMONT, L. et H.G. BIRCH (1965). «Lateral Dominance, Lateral Awareness, and Reading Disability», *Child Development*, 36, p. 57-71.
- BENDER, L. (1938). *A Visual Motor Gestalt Test and Its Clinical Use*, New York, American Orthopsychiatric Association.
- BENDER, L. (1946). *Instructions for the Use of a Visual Motor Gestalt Test*, New York, American Orthopsychiatric Association.
- BENECH, M. (1984). *Loto des mains*, Paris, Nathan.
- BENTON, A.L. (1959). *Right-Left Discrimination and Finger Localization. Development and Pathology*, New York, Hoeber-Harper.
- BENTON, A.L. (1968). «Right-Left Discrimination», *Pediatric Clinics of North America*, 15, p. 747-758.
- BENTON, A.L. (1975). «Developmental Dyslexia: Neurological Aspects», dans FRIEDLANDER, W.J. (dir.). *Advances in Neurology*, New York, Raven.
- BENTON, A.L., J.F. HUTCHEON et E. SEYMOUR (1951). «Arithmetic Ability, Finger Localisation Capacity and Right-Left Discrimination in Normal and Defective Children», *American Journal of Orthopsychiatry*, 21, p. 756-766.
- BENTON, A.L. et J.D. KEMBLE (1960). «Right-Left Orientation and Reading Disability», *Psychiatra et Neurologia*, 139, p. 49-60.
- BERGÈS, J. et I. LÉZINE (1978). *Test d'imitation de gestes*, Paris, Masson (deuxième édition).
- BIRCH, H.G. et L. BELMONT (1964). «Auditory-visual Integration in Normal and Retarded Readers», *American Journal of Orthopsychiatry*, 34, p. 852-861.
- BIRCH, H.G. et L. BELMONT (1965). «Auditory-visual Integration, Intelligence and Reading Ability in School Children», *Perceptual and Motor Skills*, 20, p. 295-305.
- BISHOP, D.V.M. (1990). «Handedness, Clumsiness and Developmental Language Disorders», *Neuropsychologia*, 28, p. 681-690.
- BOREL-MAISONNY, S. (1978). *Langage oral et écrit*, Paris, Delachaux et Niestlé (septième édition).
- BOUCHARD, J. et C. HUARD (1985). *Espace mathématique 1*, Montréal, ERPI.
- BOUCHARD, J. et C. HUARD (1986). *Espace mathématique 2, 3, 4*, Montréal, ERPI.

- BRAULT et BOUTHILLIER (1987). *Quel corps. Miniveritech*, Montréal, Brault et Bouthillier.
- BRIEF, J.C. (1983). *Beyond Piaget. A Philosophical Psychology*, New York, Teachers College Press.
- BRIEF, J.C. (1995). *Savoir, penser et agir*, Montréal, Les Éditions logiques.
- BRUCK, M. et R. TRIEMAN (1990). «Phonological Awareness and Spelling in Normal Children and Dyslexics: The Case of Initial Consonant Clusters», *Journal of Experimental Child Psychology*, 50, p. 156-178.
- BRUNELLE, L. et D. BARATAUD (1985). *De l'erreur à la réussite en mathématiques*, Paris, Nathan.
- BRUNER, J. (1973). *Beyond the Information Given*, New York, Norton.
- BRYSON, S.E. et V. MACDONALD (1984). «The Development of Writing Posture in Left-Handed Children and Its Relation to Sex and Reading Skills», *Neuropsychologia*, 22, p. 91-94.
- BUCHER, H. (1972). *Exercices d'analyse perceptive et d'orientation spatiale*, Paris, Nathan.
- BUCHER, H. (1972). *Troubles psychomoteurs chez l'enfant; pratique de la rééducation psychomotrice*, Paris, Masson (deuxième édition).
- BUSHNELL, E.W. et J.P. BOUDREAU (1993). «Motor Development and the Mind: The Potential Role of Motor Abilities As a Determinant of Aspects of Perceptual Development», *Child Development*, 64, p. 1005-1021.
- CALDWELL, E.C. et V.C. HALL (1969). «The Influence of Concept Training on Letter Discrimination», *Child Development*, 40, p. 63-71.
- CARPENTER, T.P., J.M. MOSER et T.A. ROMBERG (1982). *Addition and Subtraction: A Cognitive Perspective*, Hillsdale (N.J.), Lawrence Erlbaum Associates.
- COHEN, R. (1982). *Plaidoyer pour les apprentissages précoces*, Paris, Presses universitaires de France.
- COLEMAN, R.I. et C.P. DEUTSCH (1964). «Lateral Dominance and Right-Left Discrimination: A Comparison of Normal and Retarded Readers», *Perceptual and Motor Skills*, 19, p. 43-50.
- COURRIEU, P. (1985-1986). «Analyse-t-on le mot de gauche à droite?», *Bulletin de psychologie*, 39, p. 425-427.
- CRATTY, B.J. (1969). *Movement, Perception and Thought. The Use of Total Body Movements As a Learning Modality*, Palo Alto (California), Peek.
- CRATTY, B.J. (1970). *Perceptual and Motor Development in Infants and Children*, London, MacMillan.
- CRATTY, B.J. (1972). *Physical Expressions of Intelligence*, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice Hall.
- CRATTY, B.J. (1973). *Intelligence in Action: Physical Activities for Enhancing Intellectual Abilities*, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice Hall.
- CRINELLA, F.M., F.W. BECK et J.W. ROBINSON (1971). «Unilateral Dominance Is Not Related to Neuropsychological Integrity», *Child Development*, 42, p. 2033-2054.
- CURCIO, F.O. ROBBINS et S.S. ELA (1971). «The Role of Body Parts and Readiness in Acquisition of Number Conservation», *Child Development*, 42, p. 1641-1646.

- DAVIDSON, H.P. (1935). «A Study of the Confusing Letters, b, d, p, q», *Journal of Genetic Psychology*, 47, p. 458-468.
- DAYAN, S. et E. DECKER (1977). «L'ordre des actions pratiques», dans PIAGET, J. *et al.*, *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, Paris, Presses universitaires de France, p. 184-198.
- DEHANT, A. (1968). *Étude expérimentale des méthodes d'apprentissage de la lecture*, Louvain, Librairie Universitaire.
- DENIS, M. (1979). *Les images mentales*, Paris, Presses universitaires de France.
- DENIS, M. (1989). *Image et cognition*, Paris, Presses universitaires de France.
- DIÉNÈS, Z.P. (1971). *Construction des mathématiques*, Paris, Presses universitaires de France.
- DIÉNÈS, Z.P. (1972). *Mathématiques pour tous*, Paris, Office central de librairie.
- DIÉNÈS, Z.P. (1973). *Mathematics Through the Senses Games, Dance, and Art*, Windsor (England), NFER.
- DOCTOR, E.A., G. SARTORI et M. SALING (1990). «A Letter-by-letter Reader Who Could Not Read Non-words», *Cortex*, 26, p. 247-262.
- DONNET, S. (1993). *L'éducation psychomotrice de l'enfant*, Toulouse, Privat.
- DUBOIS, D. (1985-1986). «Accès au lexique: perception et compréhension», *Enfance*, 139, p. 445-449.
- DUBOIS, N.F. (1973). «Selected Correlations Between Reading Achievement and Various Visual Abilities of Children in Grades 2 and 4», *Perceptual and Motor Skills*, 37, p. 45-46.
- EHRI, L.C. et L.S. WILCE (1983). «Development of Word Identification Speed in Skilled and Less Skilled Beginning Readers», *Journal of Educational Psychology*, 75, p. 3-18.
- FERRANDEZ, A.M. et M. CADOPPI (1986). «Rôle de l'expérience proprioceptive dans la compréhension de l'équilibre de la balance», *Enfance*, 1, p. 53-59.
- FEUERSTEIN, R., Y. RAND, M.B. HOFFMAN et R. MILLER (1980). *Instrumental Enrichment. An Intervention Program for Modifiability*, Baltimore, University Park Press.
- FISCHER, J.P. (1984). «L'appréhension du nombre par le jeune enfant», *Enfance*, 37, p. 167-187.
- FISCHER, J.P. (1992). *Apprentissages numériques*, Nancy, Presses Universitaires.
- FORD, M.P. (1967). «Auditory-visual and Tactual-visual Integration in Relation to Reading Ability», *Perceptual and Motor Skills*, 24, p. 831-841.
- FROSTIG, M. (1963). *Marianne Frostig Developmental Test of Visual Perception*, Palo Alto (Calif.), Consulting Psychologists Press.
- FROSTIG, M. (1972). *Images et modèles*, Montréal, McGraw Hill.
- FROSTIG, M. (1973). *Jeux et mouvements. Exercices de psychomotricité*, Montréal, McGraw Hill.
- FRYE, D., N. BRAISBY, J. LOWE, C. MAROUDAS et J. NICHOLLS (1989). «Young Children's Understanding of Counting and Cardinality», *Child Development*, 60, p. 1158-1171.
- GAGNÉ, L. et L. MARTIN (1988). *Interventions en lecture au primaire*, Montréal, CECM.

- GEARY, D.C. (1990). «A Componential Analysis of an Early Learning Defecit in Mathematics», *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, p. 363-383.
- GIASSON, J. (1990). *La compréhension en lecture*, Boucherville (Québec), Gaëtan Morin.
- GIBSON, E.J. (1968). «Learning to Read», dans ENDLER, N.S., L.R. BOULTER et H. OSSER (dir.). *Contemporary Issues in Developmental Psychology*, New York, Holt, Rinehart and Winston, p. 291-303.
- GIBSON, E.J., J.J. GIBSON, A.D. PICK et H. OSSER (1962). «A Developmental Study of the Discrimination of Letter Like Forms», *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55, p. 897-906.
- GIBSON, E.J. et H. LEVIN (1975). *The Psychology of Reading*, Cambridge (Mass.), M.I.T. Press.
- GILBERT GREEN, A. (1977). *Teaching the Three R'S Through Movement Experiences*, Minneapolis (Minnesota), Burgess.
- GOSWAMI, U. (1990). «Phonological Priming and Orthographic Analogies in Reading», *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, p. 323-340.
- GRAFF, P.J. (1984). «Resolving the Letter Name Controversy», *The Reading Teacher*, 37, p. 384-388.
- GUILLAUD, G., M. HIBON, L. LELIÈVRE-BOURDIN, R. MONIER, R. TAVERNIER et F. VENON (1988). *Les chemins de l'écriture*, Paris, Bordas.
- HARRIS, A.J. (1957). «Lateral Dominance, Directional Confusion, and Reading Disability», *Journal of Psychology*, 44, p. 283-294.
- HEBB, D.O. (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*, New York, Wiley.
- HEBB, D.O. (1958). *A Textbook of Psychology*, Philadelphia, Saunders.
- HERSHENSON, D.B. (1967). «Body-image (Hand) and Arithmetic Ability», *Perceptual and Motor Skills*, 25, p. 967-968.
- HILDRETH, G. (1950). «The Development and Training of Hand Dominance. IV: Developmental Problems Associated With Handedness; V: Training of Handedness», *The Journal of Genetic Psychology*, 76, p. 39-144.
- HUMPHREY, J.H. (1975). *Teaching Elementary School Science Through Motor Learning*, Springfield (Illinois), Charles C. Thomas.
- HUMPHREY, J.H. et J.M. HUMPHREY (1974). *Child Learning Through Elementary School Physical Education*, Dubuque (Iowa), W.C. Brown.
- INHOLDER, B. et J. PIAGET (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, Paris, Presses universitaires de France.
- INIZAN, A. (1960). «Opportunité pour un jeune enfant de l'apprentissage de la lecture et durée probable de cet apprentissage», *Psychologie française*, 5, p. 224-238.
- JACKSON, N.E. et A.J. BIEMILLER (1985). «Letter, Word, and Text Reading. Times of Precocious and Average Readers», *Child Development*, 56, p. 196-206.

- JACOBS, A.M. (1985-1986). «Facteurs sensoriels et cognitifs dans l'exploration visuelle», *Bulletin de psychologie*, 39, p. 355-361.
- JAULIN-MANNONI, F. (1965). *La rééducation du raisonnement mathématique*, Paris, E.S.F.
- JAULIN-MANNONI, F. (1966). *Rééducation pratique du calcul*, Paris, E.S.F.
- KAK, V. et R. BROWN (1979). «Visual Pattern Perception: A Multidimensional Analysis of Development of Children's Reading Skills», *Perceptual and Motor Skills*, 49, p. 819-830.
- KAUFMAN, J.L. et J.F. BOURQUIN (1977). «La construction des communs multiples», dans PIAGET, J. et al., *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, Paris, Presses universitaires de France, p. 31-44.
- KAVALE, K. et P.D. MATTSON (1983). «One Jumped Off the Balance Beam: Meta-analysis of Perceptual-motor Training», *Journal of Learning Disabilities*, 16, p. 165-173.
- KELLOGG, R. (1969). *Analyzing Children's Art*, Palo Alto (Calif.), National Press Book.
- KEOGH, B.K. et C.E. SMITH (1967). «Visuo-motor Ability for School Prediction: A Seven-year Study», *Perceptual and Motor Skills*, 25, p. 101-110.
- KIRTLEY, C., P. BRYANT, M. MACLEAN et L. BRADLEY (1989). «Rhyme, Rime and The Onset of Reading», *Journal of Experimental Child Psychology*, 48, p. 224-245.
- KOPPITZ, E.M. (1970). «Brain Damage, Reading Disability, and the Bender-Gestalt Test», *Journal of Learning Disabilities*, 3, p. 429-433.
- KOPPITZ, E.M., J. SULLIVAN, D.D. BLYTH et J. SHELTON (1959). «Prediction of First Grade School Achievement with the Bender-Gestalt Test and Human Figure Drawings», *Journal of Clinical Psychology*, 15, p. 164-168.
- LAMOUR, H. (1985). *Pédagogie du rythme*, Paris, E.P.S.
- LAPIERRE, A. et B. AUCOUTURIER (1974a). *Associations de contrastes. Structures et rythmes*, Paris, Doin.
- LAPIERRE, A. et B. AUCOUTURIER (1974b). *Les contrastes et la découverte des notions fondamentales*, Paris, Doin.
- LAPIERRE, A. et B. AUCOUTURIER (1975). *Les nuances*, Paris, Doin.
- LE BOULCH, J. (1972). *Éducation par le mouvement: la méthode psycho-cinétique*, Paris, E.S.F.
- LE BOULCH, J. (1984). *L'éducation psychomotrice à l'école élémentaire*, Paris, E.S.F.
- LECLERCQ, H. et P. REGNIER (1971). *L'éducation perceptivomotrice*, Paris, Nathan.
- LEFAVRAIS, P. (1985). *Les mécanismes de la lecture*, Paris, E.A.P.
- LEROY-BOUSSION, A. (1971). «Maturité mentale et apprentissage de la lecture», *Enfance*, 3, p. 153-208.
- LEROY-BOUSSION, A. et G. REYNARD (1973). «Un pré-requis spatial pour l'apprentissage de la lecture: la discrimination de figures symétriques», *Enfance*, 12, p. 85-108.

- LIBERMAN, I.Y. et D. SHANKWEILLER (1989). «Phonologie et apprentissage de la lecture: une introduction», dans RIEBEN, L. et Ch. PERFETTI (dir.) (1989). *L'apprenti lecteur*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, p. 23-42.
- LIBERMAN, I.Y., D. SHANKWEILLER, C. ORLANDO, K.S. MARRIS et F.B. BERTI (1971). «Letter Confusions and Reversals of Sequence in the Beginning Reader: Implications for Orton's Theory of Development Dyslexia», *Cortex*, 7, p. 127-142.
- LURÇAT, L. (1974). *Études de l'acte graphique*, Paris, Mouton.
- LURÇAT, L. (1979). *L'activité graphique à l'école maternelle*, Paris, E.S.F.
- LURÇAT, L. (1985). *L'écriture et le langage écrit de l'enfant*, Paris, E.S.F.
- LYLE, J.G. (1969). «Reading Retardation and Reversal Tendency: A Factorial Study», *Child Development*, 40, p. 833-843.
- MANEY, E.S. (1964). *Visual Readiness Skills*, Pasadena (Californie), Continental Press.
- MANZO, A.V. et V.P. CASALE (1983). «A Preliminary Description and Factor Analysis of a Broad Spectrum Battery for "Assessing" Progress Toward Reading Maturity», *Reading Psychology*, 4, p. 181-191.
- MATTHEWS, C.G. et E.G. FOLK (1964). «Finger Localisation, Intelligence and Arithmetic in Mentally Retarded Subjects», *American Journal of Mental Deficiency*, 69, p. 107-113.
- MCCONKIE, G.W., D. ZOLA, J. GRIMES, P.W. KEAR, N.R. BRYANT et P.M. WOLFF (1991). «Children's Eye Movements During Reading» dans Stein, J.F. (dir.). *Vision and Visual Dysfunction*, London, McMillan, p. 251-262.
- MCGRAW, M.B. (1935). *Growth: A Study of Johnny and Jimmy*, New York, Appleton.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION (1975). *Les activités à la maternelle, Éveil mathématique*, Québec, Gouvernement du Québec.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION (1980). *Programme d'étude, Primaire, Mathématique*, Québec, Gouvernement du Québec.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION (1981). *Guide pédagogique. Primaire. Mathématique, fascicule A. Guide général*, Québec, Gouvernement du Québec.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION (1981). *Guide pédagogique. Primaire. Mathématique, fascicule B. Les concepts unificateurs*, Québec, Gouvernement du Québec.
- MONTESORI, M. (1970). *Pédagogie scientifique*, Paris, E.S.F.
- MORRIS, R.K. et K. RAYNER (1991). «Eye Movements in Skilled Reading Implications for Developmental Dyslexia», dans Stein, J.F. (dir.). *Vision and Visual Dysfunction*, London, McMillan, p. 233-242.
- MOUNOUD, P. (1986). «Action and Cognition. Cognitive and Motor Skills in a Developmental Perspective», dans WADE, M.G. et H.T.A. WHITING (dir.). *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Action*, Dordrecht, Martinus Nijhoff, p. 373-390.

- MOUNOUD, P. et C.A. HAUERT (1982). «Development of Sensorimotor Organisation in Young Children: Grasping and Lifting Objects», dans FORMAN, G.E. (dir.). *Action and Thought. From Sensorimotor Schemes to Symbolic Operations*, New York, Academic Press, p. 3-35.
- NAYLOR, H. (1980). «Reading Disability and Lateral Asymmetry: An Information-processing Analysis», *Psychological Bulletin*, 87, p. 531-545.
- NOËL, J.-M. (1976). *La dyslexie en pratique rééducative*, Paris, Doin.
- OLSON, A.V. (1966). «Relation of Achievement Test Scores and Specific Reading Abilities to the Frostig Developmental Test of Visual Perception», *Perceptual and Motor Skills*, 22, p. 179-184.
- O'REGAN, J.K. (1990). «Eye Movements and Reading», dans KOWLER, E. (dir.). *Eye Movement and Their Role in Visual and Cognitive Processes*, Amsterdam, Elsevier, p. 395-453.
- ORTON, S.T. (1925). «Word Blindness in School Children», *Archives of Neurology and Psychiatry*, 14, p. 581-615.
- ORTON, S.T. (1937). *Reading, Writing and Speech Problems in Children*, New York, Norton.
- PASTERNICKI, J.G. (1987). «Paper for Writing: Research and Recommendations», dans ALSTON, J. et J. TAYLOR (dir.). *Handwriting: Theory, Research and Practice*, London, Croom Helm, p. 68-80.
- PAIVIO, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*, New York, Holt, Rinehart and Winston.
- PAIVIO, A. (1986). *Mental Representations. A Dual Coding Approach*, New York, Oxford University Press.
- PIAGET, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*, Paris, Colin.
- PIAGET, J. (1948). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. (1950). *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. (1956). «Motricité, perception et intelligence», *Enfance*, 9 (2), p. 9-14.
- PIAGET, J. (1961). *Les mécanismes perceptifs*, Paris, Presses universitaires de France.
- PIAGET, J. (1964). *Six études de psychologie*, Genève, Gonthier.
- PIAGET, J. (1967). *Biologie et connaissance*, Paris, Gallimard.
- PIAGET, J. (1970). *L'épistémologie génétique*, Paris, Presses universitaires de France.
- PIAGET, J. (1983). «Piaget's Theory», dans MUSSEN, P.H. (dir.). *Handbook of Child Psychology*, New York, Wiley and Sons (quatrième édition), vol. I, p. 103-128.
- PIAGET, J. et al. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, Paris, Presses universitaires de France.
- PIAGET, J. et B. INHELDER (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris, Presses universitaires de France.
- PIAGET, J. et B. Inhelder (1962). *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*, Neuchâtel (Suisse), Delachaux et Niestlé (deuxième édition).

- PIAGET, J. et B. INHELDER (1966). *L'image mentale chez l'enfant*, Paris, Presses universitaires de France.
- POPP, H. (1964). «Visual Discrimination of Alphabet Letters», *The Reading Teacher*, 17, p. 221-226.
- QUINTIN, E. (1985). «Variables qui conditionnent la possibilité d'induire la capacité opératoire», *Archives de psychologie*, 53, p. 485-494.
- QUINTIN, E. (1987). *Apprendre les mathématiques: un jeu d'enfant*, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.
- RAYNER, K. (1986). «Eye Movement and the Perceptual Span in Beginning and Skilled Readers», *Journal of Experimental Child Psychology*, 41, p. 211-236.
- RIEBEN, L. et Ch. PERFETTI (dir.) (1989). *L'apprenti lecteur*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- RIEDELSE, C.A. (1985). *Teaching Elementary School Mathematics*, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice Hall (quatrième édition).
- RIGAL, R. (1976). Le développement psychomoteur de l'enfant et ses relations avec les apprentissages scolaires, thèse de doctorat, Montréal, Université de Montréal.
- RIGAL, R. (1985). *Motricité humaine. Fondements et applications pédagogiques*, tome I, Paris, Vigot.
- RIGAL, R. (1994). «Right-Left Orientation. Development of Correct Use of Right and Left Terms», *Perceptual and Motor Skills*, 79, p. 1259-1278.
- ROBINSON, M.E. et L.B. SCHWARTZ (1973). «Visuo-motor Skills and Reading Ability: A Longitudinal Study», *Developmental Medicine and Child Neurology*, 15, p. 281-286.
- ROSSELLI, M. et A. ARDILA (1989). «Calculation Deficits in Patients With Right and Left Hemisphere Damage», *Neuropsychologia*, 27, p. 607-617.
- SAIDA, Y. et M. MIYASHITA (1979). «Development of Fine Motor Skill in Children: Manipulation of a Pencil in Young Children Aged 2 to 6 Years Old», *Journal of Human Movement Studies*, 5, p. 104-113.
- SASSOON, R., I. NIMMO-SMITH et A.M. WING (1986). «An Analysis of Children's Penholds», dans KAO, H.S.R., G.P. VAN GALEN et R. HOOSAIN (dir.). *Graphonomics: Contemporary Research in Handwriting*, North Holland, Elsevier, p. 93-106.
- SATZ, P. et J. FRIEL (1973). «Some Predictive Antecedent of Specific Learning Disability: A Preliminary One Year Follow-up», dans SATZ, P. et J.J. ROSS (dir.). *The Disabled Learner: Early Detection and Intervention*, Rotterdam, Rotterdam University Press, p. 79-98.
- SCHACTER, D.L., S.Z. RAPSCAK, A.B. RUBENS, M. THARAN et J. LAGUNA (1990). «Priming Effects in a Letter-by-letter Reader Depend upon Access to the Word Form System», *Neuropsychologia*, 28, p. 1079-1094.
- SEASHORE, G.F., D. LEWIS et J.G. SAETVEIT (1960). *Seashore Measures of Musical Talents*, New York, The Psychological Corporation (deuxième édition).
- SIEGLER, R.S. (1983). «Information Processing Approaches to Development», dans MUSSEN, P.H. (dir.). *Handbook of Child Psychology*, vol. 1, New York, Wiley and Sons (quatrième édition), p. 129-211.

- SILVER, A.A., R.A. MAGIN et M.F. HERSH (1967). «Reading Disability: Teaching Through Stimulation of Deficit Perceptual Areas», *American Journal of Orthopsychiatry*, 37, p. 744-752.
- SINCLAIR, H., M. STAMBAK, I. LÉZINE, S. RAYNA et M. VERBA (1989). *Infants and Objects. The Creativity of Cognitive Development*, New York, Academic Press.
- SMITH, C.E. et B.K. KEOGH (1962). «The Group Bender-Gestalt as a Reading Readiness Screening Instrument», *Perceptual and Motor Skills*, 15, p. 639-645.
- SMITH, L.C. et M. MOSCOVITCH (1979). «Writing Posture, Hemispheric Control of Movement, and Cerebral Dominance in Individuals With Inverted and Non Inverted Hand Postures During Writing», *Neuropsychologia*, 17, p. 637-644.
- SMITH, P. (1987). «Handwriting in the United Kingdom», *The Reading Teacher*, 41, p. 27-31.
- SOPHIAN, C.F. (1988). «Early Development in Children's Understanding of Number: Inferences About Numerosity and One-to-one Correspondance», *Child Development*, 59, p. 1397-1414.
- STAMBAK, M., M. VIAL, R. DIATKINE et E. PLAISANCE (1972). *La dyslexie en question*, Paris, Colin (deuxième édition).
- STEFFE, L.P. et P. COBB (1988). *Construction of Arithmetical Meanings and Strategies*, New York, Springer-Verlag.
- STEIN, J.F. (dir.) (1991). *Vision and Visual Dyslexia. Vision and Visual Dysfunction*, London, McMillan, vol. 13.
- STERRITT, G.M. et M. RUDNICK (1966). «Auditory and Visual Rhythm Perception in Relation to Reading Ability in Fourth Grade Boys», *Perceptual and Motor Skills*, 22, p. 859-864.
- TAPLEY, S.M. et M.P. BRYDEN (1983). «Handwriting Position and Hemispheric Asymmetry in Right-handers», *Neuropsychologia*, 2, p. 129-138.
- TAYLOR, I. et M.M. TAYLOR (1983). *The Psychology of Reading*, New York, Academy Press.
- TOURTET, L. (1983). *Chemins de la découverte mathématique*, Paris, Armand Colin (troisième édition).
- VANDE VOORT, L., G.M. SENF et A.L. BENTON (1972). «Development of Audio-visual Integration in Normal and Retarded Readers», *Child Development*, 43, p. 1260-1272.
- VARELA, F.J. (1988). *Connaître. Les sciences cognitives. Tendances et perspectives*, Paris, Seuil.
- VERGNAUD, G. (1982). «A Classification of Cognitive Tasks and Operations of Thought Involved in Addition and Subtraction Problems», dans CARPENTER, T.P., J.M. MOSER et T.A. ROMBERG. *Addition and Subtraction: A Cognitive Perspective*, Hillsdale (N.J.), Lawrence Erlbaum Associates, p. 39-59.
- VERGNAUD, G. (1985). *L'enfant, la mathématique et la réalité*, Berne, Peter Lang (troisième édition).
- VERGNAUD, G. (1990). «Développement et fonctionnement cognitifs dans le champ conceptuel des structures additives», dans NETCHINE-GRYNGERG, G. (dir.). *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant*, Paris, Presses universitaires de France, p. 261-277.

- VERNON, M.D. (1957). *Backwardness in Reading. A Study of Its Nature and Origin*, Cambridge, University Press.
- VILLANI, J. (1985). *Fiches d'activités graphiques*, Paris, Nathan.
- VINCENT, M. (1956). «Rôle des données perceptives dans l'abstraction», *Enfance*, 4, p. 1-20.
- VINH BANG. (1959). *Évolution de l'écriture de l'enfant à l'âge adulte*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- WALLON, M. (1947). *Les origines de la pensée chez l'enfant*, Paris, Presses universitaires de France.
- WALLON, M. (1948). *De l'acte à la pensée: essai de psychologie comparée*, Paris, Flammarion.
- WALLON, M. (1957). *L'évolution psychologique de l'enfant*, Paris, Colin.
- WAUGH, R. et Z. WATSON (1971). «Visual Perception and Reading», *Education*, 91, p. 266-269.
- WERNER, E.E., K. SIMONIAN et R.S. SMITH (1967). «Reading Achievement, Language Functioning and Perceptual-motor Development of 10 and 11 Year Olds», *Perceptual and Motor Skills*, 25, p. 409-420.
- WERNER, P.H. et E.C. BURTON (1979). *Learning Through Movement. Teaching Cognitive Content Through Physical Activities*, St-Louis, C.V. Mosby.
- WILKINSON, A.C. (1980). «Children's Understanding in Reading and Listening», *Journal of Educational Psychology*, 72, p. 561-574.
- WITTY, P.A. et D. KOPEL (1936). «Sinistral and Mixed Manual-ocular Behavior in Reading Disability», *Journal of Educational Psychology*, 27, p. 119-134.
- YADEN, D.B. et S. TEMPLETON (dir.) (1986). *Metalinguistics Awareness and Beginning Literacy: Conceptualizing What It Means to Read and Write*, Portsmouth (NH), Heinemann Educational.
- ZANGWILL, O.L. (1960). *Cerebral Dominance and Its Relation to Psychological Function*, Edinburgh (Scotland), Oliver and Boyd.
- ZURIF, E.B. et G. CARSON (1970). «Dyslexia in Relation to Cerebral Dominance and Temporal Analysis», *Neuropsychologia*, 8, p. 351-361.

INDEX DES MATIÈRES

A

- abstraction 23
- action motrice ix, 2, 3, 4, 11, 12
- activité
 - perceptivomotrice 15, 50, 51
 - prégraphiques 51
- ambidextrie 90
- aspect
 - figuratif 100
 - opératoire 100
- associativité 108

C

- commutativité 108
- compréhension 110
- concept 6, 31
- connaissances déclaratives 102
- connaissances procédurales 102
- conservation 130
- contrastes 148
- coordination oculomotrice 87
- critères de classification 37
- cycloïdes 51

D

- développement perceptivomoteur x
- discrimination 13, 78
- distributivité 108
- durée 147

E

- écriture 49
 - cursive 60
 - difficultés graphiques 66
 - en miroir 67
 - guidage du geste 64
 - organisation spatiale 93
 - saisie du crayon 58
 - script 60
 - styles 60
- éducation
 - apprentissage des mathématiques 104
 - motrice 2, 4, 42, 104, 124
 - physique 4
- équilibre 132
- exploration 15
- extension 110

G

graphisme 51

H

habiletés 18

I

identification 14, 77, 79

identité 108, 130

image mentale 30

inclusion 112

invariants 37, 102

L

lecture 71

latéralité 89

méthodes d'apprentissage 82

mouvements oculaires 74, 77

organisation temporelle 94

orientation droite-gauche 91

programmes perceptifs 86

leviers 133

M

mathématiques

activités motrices et mathématiques 108

apprentissage 102

latéralité et mathématiques 105

le nombre 115

Les ensembles 110

organisation spatiale et mathématiques

107

organisation temporelle et mathématiques

108

pensée logico-mathématique 99

maturation 39

morphème 71

mouvement ix, 4

lois 136

N

numération 117

O

opération 37, 100

ordre 145

organisation spatiale 141

organisation temporelle 145

orientation droite-gauche 143

P

perception figure-fond 88

périodes critiques 41

préalable 38, 41

préécriture 63

psychomotricité x

R

reconnaissance 13, 79

relation

binaire 113

ternaire 114

réversibilité 28, 130

rythme 147

S

schéma 27

schème 27

sémantème 71

sens haptique 13

sensations 17

sensibilité 13

spatio-temporelles 141

stade 34

de l'intelligence formelle 38

des opérations concrètes 37

préopérateur 15, 36

sensorimoteur 35