

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

MARC LAROSE

L'INFLUENCE DU PHÉNOMÈNE PERCEPTUEL

DANS L'ACQUISITION DE LA NOTION DE

QUANTITÉ CHEZ DES ENFANTS D'ÂGE PRÉSCOLAIRE

JANVIER 1982

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre premier - La théorie piagétienne du développement cognitif	5
Les concepts de base	6
Les stades du développement mental	12
Le développement de la conception de l'équivalence durable (conservation)	26
Chapitre II - Les facteurs perceptuels dans le développement du concept de nombre.	
Problématique	29
L'influence des arrangements perceptuels dans l'estimation de la quantité d'un arrangement	31
Problématique	38
Chapitre III - Description de l'expérience	41
Chapitre IV - Analyse des résultats	52
Méthodes d'analyse	53
Résultats	53
Conclusion	69
Appendice A - Feuille protocole	73
Références	78

Introduction

Des différentes théories sur l'intelligence proposées actuellement, celle de Piaget attire notre attention par le fait qu'elle nous permet de voir l'évolution du processus de l'intelligence. Dans ce sens, cette théorie présentant un modèle au niveau des différentes structures de la pensée que traverse l'être humain, il nous est apparu important de s'intéresser à un aspect de cette évolution.

Notre recherche se situe donc dans la perspective de la psychologie génétique et tire ses bases de nombreuses études faites par l'école piagétienne.

S'intéressant au développement cognitif de l'enfant et cherchant à saisir les formes d'organisation et de fonctionnement de l'intelligence, Piaget a été le premier à mettre en évidence l'importance de la notion de la conservation des quantités dans le développement de la pensée de l'enfant. Il s'est attardé plus spécifiquement à l'étude de la conservation sous toutes ses formes (de la matière, du poids et du volume). Pour Piaget, l'acquisition de cette notion est un tournant dans l'évolution de la pensée de l'enfant puisqu'elle marque la transition entre la période pré-opératoire et celle des opérations concrètes. Cette dernière est marquée par un mode de pensée

caractérisé par l'auteur en termes de capacité de concevoir l'invariance. Cette conception de l'invariance se manifeste par exemple dans l'habileté à juger de l'équivalence de deux rangées d'objets avec le même nombre d'éléments lorsque ces rangées sont présentées dans des dispositions spatiales différentes.

En ce qui concerne notre recherche, nous voulons vérifier certains aspects de l'accession à la notion de conservation des quantités et ceci avec des sujets se situant dans la période précédant l'acquisition définitive de la conservation des quantités. Notre échantillon sera donc constitué d'enfants âgés entre quatre ans et demi à six ans et demi.

C'est à partir de nos interrogations sur la période pré-opératoire que nous avons pu remarquer que les différentes études sur la conservation de la matière et plus précisément sur la notion de quantité discontinue, démontraient que l'enfant était incapable de conserver parce qu'il demeure soumis au primat de la perception. Ainsi, notre recherche se propose d'examiner un aspect particulier de la conservation des quantités discontinues et plus spécifiquement de quelle façon des arrangements spatiaux différents (densité, longueur, orientation, forme etc.) peuvent intervenir et présenter des niveaux de difficulté; différents en terme de capacité de reconnaissance de l'équivalence des quantités chez les enfants. Nous nous

proposons d'établir les différences possibles entre les divers types d'arrangements spatiaux en fonction de leur rôle dans la facilitation de l'apprehension par l'enfant de l'équivalence de quantités discontinues.

Le premier chapitre de notre recherche sera consacré à la présentation de la théorie piagétienne du développement cognitif. Nous insisterons davantage sur un aspect de la période pré-opératoire, celui de la pensée intuitive. Le deuxième chapitre traitera des différentes recherches effectuées jusqu'à maintenant au niveau de l'influence des arrangements perceptuels et à partir de cette revue de littérature, nous poserons les hypothèses qui seront vérifiées dans ce mémoire. Le troisième chapitre sera consacré à la description de la méthodologie employée lors de notre expérimentation: population choisie, schème expérimental et déroulement de l'expérience.

Dans le dernier chapitre, nous présenterons d'abord les résultats obtenus et, dans un deuxième temps, nous discuterons et analyserons ces résultats pour cerner quelles sont les conclusions de notre recherche.

Chapitre premier

La théorie piagétique du développement cognitif

Les concepts de base

C'est à partir de ses recherches en tant que biologiste que Jean Piaget élabora sa conception du développement cognitif. Impressionné par le fait que tous les organismes vivants sont en constante adaptation face aux conditions de changement de l'environnement, il a été amené à voir une continuité entre ces processus biologiques et le processus de l'intelligence.

Piaget (1968) déclare: "Il existe donc une certaine continuité entre l'intelligence et les processus purement biologiques de morphogénèse et d'adaptation au milieu". (p.8)¹

C'est ainsi qu'il en est venu à conceptualiser le développement intellectuel comme des actions d'organisation et d'adaptation face à l'environnement. Piaget considère que la vie mentale possède aussi bien que le corps, ses structures. Ainsi, comme l'animal possède une structure lui permettant de manger et de digérer, il existerait aussi chez l'être humain une structure lui permettant de faire face aux différentes

¹ La pagination réfère à l'édition de 1977.

situations. Piaget parle de schèmes pour expliquer ces structures. Ces schèmes sont les structures cognitives par lesquelles les individus s'adaptent intellectuellement et organisent leur environnement.

La première évidence de cette capacité d'organisation apparaît dans le développement d'actions habituelles. A sa naissance, un enfant cherche à tout rapprocher de sa bouche, il en est ainsi pour le sein maternel de même que pour tout autre objet. Cette séquence définie d'actions est ce que Piaget appelle les schèmes d'action. Sa caractéristique principale est d'être un tout organisé qui est fréquemment répété et pouvant être reconnaissable parmi d'autres comportements.

Aussitôt développé, ce schème d'action est appliqué à des nouveaux objets. Ce procédé d'incorporation d'objets nouveaux ou d'expériences dans les schèmes existants, il l'appelle l'assimilation. Ainsi, un enfant qui tape sur un certain nombre d'objets pourra assimiler ou incorporer à son schème initial le fait que la propriété fondamentale de certains objets est de pouvoir être heurtés, d'autres pas; que certains font beaucoup de bruit, etc. Psychologiquement il y a donc assimilation chaque fois que l'intelligence intègre à ses cadres des nouvelles données de l'expérience.

Lorsque l'environnement ne répond plus aux schèmes déjà acquis par l'enfant, des modes nouveaux de comportement se développent grâce au processus d'accommodation. Devant un nouveau problème, l'enfant, par essais et erreurs, finira par trouver la solution à son nouveau problème. Ce processus d'accommodation, complémentaire au processus d'assimilation est l'activité mentale consistant à transformer un schème initial en un nouveau schème qui peut intégrer une situation nouvelle incompatible avec le schème initial. Tel que le dit Hatwell (1966), il y aura donc accommodation sur le plan mental: "Lorsqu'en incorporant les éléments nouveaux dans les schèmes antérieurs, l'intelligence modifie ces derniers pour les ajuster aux données nouvelles". (p.47)

Ces deux mécanismes, l'assimilation des données extérieures aux cadres déjà existants de la pensée, et l'accommodation aux exigences continues de la réalité sont donc pour Piaget, à la base de toute activité intellectuelle. Nécessaires à la croissance cognitive, ces deux processus sont considérés comme complémentaires et devant intervenir de façon alternative dans le développement. Ainsi, un individu qui ne ferait qu'assimiler les stimuli sans jamais accommoder, se retrouverait avec quelques schèmes, très étendus, qui ne lui permettraient pas de faire la différence des choses. De même, un individu qui ne ferait qu'accommoder, aurait un grand nombre

de schèmes, très petits avec une faible capacité de généralisation et serait incapable de saisir les ressemblances. Alors un certain "équilibre" entre ces processus semble nécessaire.

Piaget (1975) parle de l'équilibration comme étant un processus qui est indispensable pour permettre une interaction entre le sujet et l'environnement.

Or, un tel mécanisme interne (mais sans réduction possible à la seule innéité et sans plan préétabli puisqu'il y a construction réelle) est en fait observable lors de chaque construction particulière et lors de chaque passage d'un stade au suivant: c'est un processus d'équilibration, non pas dans le sens d'une simple balance des forces, comme en mécanique, ou d'un accroissement d'entropie, comme en thermodynamique, mais dans le sens, aujourd'hui précis grâce à la cybernétique, d'une autorégulation, c'est-à-dire d'une suite de compensations actives du sujet en réponse aux perturbations extérieures et d'un réglage à la fois rétroactif (systèmes en boucles ou feedbacks) et anticipateur constituant un système permanent de telles compensations.
(p. 124-125)

Quand un déséquilibre apparaît, cet état en lui-même provoquerait une motivation pour retrouver l'équilibre. De cette façon, un individu qui fait face à une situation et qui ne peut assimiler le présent stimulus, essaiera de s'accommoder

en modifiant ses schèmes ou en s'en créant un nouveau et ceci, dans le but de retrouver un équilibre. Ce qui a été acquis par ce cheminement, fera maintenant partie des nouvelles structures cognitives de l'individu et l'équilibre obtenu se maintiendra un certain temps, jusqu'à ce que l'individu doive faire face à d'autres situations et s'y adapter. La croissance cognitive procède de cette façon à tous les niveaux du développement, de la naissance à l'âge adulte; les schèmes de l'adulte étant construits à partir de ceux de l'enfant.

Toute conduite de l'individu se présente comme une adaptation. Ainsi nous agissons quand nous éprouvons un besoin, c'est-à-dire quand l'équilibre entre le milieu et l'organisme est rompu. C'est alors que notre action visera à rétablir l'équilibre. Les différents modes (forme ou structure) possibles d'échange entre le sujet et l'objet sont déterminés par l'aspect cognitif; tandis que l'affectivité apparaît comme l'énergie nous poussant à agir. Piaget (1967) considère à l'instar de Claparède que: "Les sentiments assignent un but à la conduite tandis que l'intelligence se borne à fournir les moyens (la technique)". (p.11)

A partir de ces deux pôles, il est possible d'expliquer le comportement de l'individu en disant que: quelque chose (affectivité, etc...) le pousse à faire quelque chose (conduite, comportement) d'une certaine manière (structure). Ainsi, pour

Piaget, la vie affective et la vie cognitive sont donc inséparables, quoique distinctes et c'est volontairement qu'il a consacré une minime partie de son oeuvre à l'aspect affectif car il a voulu s'adonner à l'étude de la génèse et du développement de l'intelligence.

Pour Piaget (1967):

L'intelligence ne consiste pas en une catégorie isolable et discontinue de processus cognitifs. Elle n'est pas, à proprement parler, une structuration parmi les autres: elle est la forme d'équilibre vers laquelle tendent toutes les structures dont la formation est à chercher dès la perception, l'habitude et les mécanismes sensori-moteurs élémentaires. Il faut comprendre, en effet, que si l'intelligence n'est pas une faculté, cela entraîne une continuité fonctionnelle radicale entre les formes supérieures de pensée et l'ensemble des types inférieurs d'adaptation cognitive ou motrice: l'intelligence ne saurait être que la forme d'équilibre vers laquelle tendent ceux-ci. (p.12-13)

Il ne faudrait pas à partir de cette définition confondre l'intelligence avec les structures elles-mêmes, car la continuité qui existe entre les structures ne signifie pas qu'elles soient identiques. Au contraire, chacune d'entre elles a son propre équilibre et elles s'échelonnent par paliers successifs dans un ordre irréversible, de sorte que l'accésion à un palier sert de point de départ au suivant et assure un

équilibre plus large et plus stable aux processus que l'on retrouvait au palier précédent. Ainsi, pour Piaget (1967), "L'intelligence n'est ainsi qu'un terme générique désignant les formes supérieures d'organisation ou d'équilibre des structures cognitives". (p.13)

Jusqu'ici, nous avons présenté quelques concepts de base nécessaires à la compréhension de la théorie de Piaget, nous aborderons à la suite les stades du développement mental tel que décrits par Piaget.

Les stades du développement mental

Puisque nous allons parler des stades, précisons les conditions que Piaget pose pour en définir les limites: d'abord il faut que la succession des conduites soit constante indépendamment des accélérations ou retards qui peuvent survenir par rapport à l'âge moyen de réussite; puis il faut que chaque stade comprenne l'acquisition d'une nouvelle structure d'ensemble à laquelle puissent se rattacher les conduites nouvelles du stade; enfin ces structures doivent être telles qu'elles s'intègrent dans celles qui les suivent. Voilà les trois conditions essentielles pour reconnaître les limites d'un stade.

Mais bien que ce soient les formes finales d'équilibre qui définissent les caractéristiques propres d'un stade, l'accession ne se fait pas d'une façon abrupte, mais progressive

et continue. Ainsi, les quatre stades du développement intellectuel seront décomposables en sous-stades qui permettront de situer les processus de formation et la période d'achèvement.

C'est à travers ses écrits depuis 1936 que Piaget a établi les articulations des stades du développement intellectuel. Dans ses différents ouvrages, Piaget ne présente pas les stades de façon identique. Ces différences ne sont néanmoins que de forme, ne changeant rien au fond dans son ensemble. Nous avons emprunté le type de présentation faite dans: "La psychologie de l'intelligence" (1947) et dans "L'Epistémologie génétique" (1970). Ainsi, les divisions sont les suivantes: la période sensori-motrice qui s'étend de la naissance jusqu'à deux ans, la période préopératoire ayant lieu entre deux et sept ans, la période des opérations concrètes s'échelonnant de sept à onze ans et la période des opérations formelles qui commence vers onze ou douze ans.

Nous décrirons sommairement l'ensemble des périodes en nous attardant davantage sur la période concernée par le sujet de la présente recherche, c'est-à-dire le deuxième niveau de la période préopératoire.

Période sensori-motrice

Elle va de la naissance à 20-24 mois environ, comprenant six stades successifs.

Le premier stade, correspondant au premier mois de la vie, est dominé par les activités réflexes et innées. Entre le deuxième et quatrième mois, l'enfant est capable de différenciations primaires des objets de son environnement immédiat, principalement à partir du réflexe de succion. Il ne s'agit à ce deuxième stade que de réactions circulaires primaires, où le résultat obtenu n'est pas intentionnel mais plutôt dû au hasard. Ainsi le résultat sera directement de stimulus à la réaction à laquelle il donne naissance.

Ce n'est qu'au troisième stade qu'apparaissent les réactions circulaires secondaires qui sont, contrairement au stade précédent, des mouvements intentionnels. Tel que le dit Piaget (1936), ces mouvements sont maintenant:

Centrés sur un résultat produit dans le milieu externe et l'action a pour seul but d'entretenir ce résultat; aussi (La R.C: II) est-elle plus complexe, les moyens commençant à se différencier du but, du moins après coup. (p. 141)¹

Ainsi l'enfant de cet âge dispose de conduites qui sans être intelligentes, puisque leurs buts ne sont pas posés d'avance, présentent une plus grande mobilité. Il construit pendant cette période l'idée de la permanence de l'objet.

¹ Nous référons à l'édition de 1977.

Le quatrième stade, correspondant à la fin de la première année, est caractérisé par l'apparition de comportements que l'on peut qualifier d'intelligents, en ce sens que l'enfant de cette période applique les schèmes secondaires aux situations nouvelles.

Le cinquième stade est caractérisé par l'utilisation de l'expérimentation active dans le but non pas simplement d'en arriver à un résultat, mais à le faire varier au cours même de la répétition. Elle constitue pour Piaget (1936): "le point de départ fonctionnel et sensori-moteur des jugements expérimentaux" (p.235)¹. On assiste de plus à cette période au début de la construction du réel, qui se fait grâce à l'identification des objets perçus qui prennent une signification pour l'enfant.

A la fin de la deuxième année, l'enfant est capable d'intériorisation des schèmes. Ce sixième stade est caractérisé par la possibilité de penser et non d'agir par tâtonnement pour arriver à ses fins. Ce stade d'intelligence sensorimotrice, caractérisé, comme nous venons de le voir, par l'intériorisation mentale, introduit la période suivante où l'image mentale permettra à l'enfant d'acquérir la fonction sémiotique ou symbolique.

¹ Nous référons à l'édition de 1977.

Période préopératoire

Ce second stade est lui-même divisé en deux sous-stades. Le premier, appelé stade pré-conceptuel, s'échelonne de deux à quatre ans, le second, celui qui nous intéresse plus particulièrement à l'intérieur de notre recherche, appelé stade intuitif, s'échelonne de quatre à sept ans.

A. Stade pré-conceptuel

C'est à partir du dernier stade de la période sensorimotrice que se produit la génèse de la pensée conceptuelle. Ainsi, c'est au cours de ce stade que l'enfant apprend à parler. Avec l'apparition du langage, ses conduites sont profondément modifiées sous leur aspect affectif aussi bien qu'intellectuel. L'enfant devient, grâce au langage, capable de reconstruire ses actions passées sous forme de récit et d'anticiper les actions futures par la représentation verbale. Piaget (1964) dit du langage:

Il en résulte trois conséquences essentielles pour le développement mental: un échange possible entre individus, c'est-à-dire le début de la socialisation de l'action; une intérieurisation de la parole, c'est-à-dire l'apparition de la pensée elle-même, qui a pour supports le langage intérieur et le système des signes; enfin et surtout une intérieurisation de l'action comme telle, qui de purement perceptive et motrice qu'elle était jusque-là, peut désormais se reconstruire sur le plan intuitif des

images et des expériences mentales. (p.25)

L'apparition du langage, donc de la fonction symbolique à cette période, permet d'élargir le niveau de pensée de l'enfant. Il est maintenant capable de se représenter intérieurement les différents comportements. Cette nouvelle acquisition lui permet maintenant de pouvoir distinguer les signifiants (les mots et les images qui représentent les faits ou les objets) des signifiés (événements absents de la perception auxquelles se réfèrent les mots et les images).

Contrairement à la période précédente où il ne pouvait agir que sur les événements présents et perceptibles, l'apparition de la fonction symbolique lui permet d'appliquer au présent son expérience passée. Et grâce à la compréhension de signes, l'enfant peut maintenant anticiper des événements futurs. Bien qu'à cette période, nous pouvons parler d'une certaine forme de représentation permettant à l'enfant de réfléchir son action plutôt que de l'effectuer d'une façon immédiate et directe, il demeure que son mode de pensée est égocentrique. Il ne raisonne qu'en fonction de son propre point de vue et ne peut se mettre à la place de quelqu'un d'autre. De plus, l'enfant de ce stade est incapable d'inclure un objet dans un ensemble donné et d'appliquer une règle d'appartenance à un groupe, dans le but de définir les objets qui devraient y être inclus.

Les enfants de la période pré-conceptuelle ne cherchent pas à déterminer les caractéristiques communes d'un ensemble d'objets. Piaget (1977) parle de syncrétisme: "comme la tendance à rassembler des faits ou des objets sans rapports, en un ensemble très confus". (p.130)

B. La pensée intuitive

La caractéristique principale de cette période est la pensée intuitive qui permet à l'enfant d'exécuter une action en pensée et de se construire des images et des pensées plus élaborées. Ce qui l'amènera à devenir peu à peu capable de conceptualiser. Mais bien que l'enfant de quatre à sept ans soit capable de plus en plus de coordonner des rapports représentatifs, son mode de pensée demeure prélogique. Ainsi par exemple, si on demande à un enfant de quatre à cinq ans de remplir simultanément deux verres de forme et hauteur identique avec la même quantité de perles et si on transvide ensuite les perles d'un de ces deux verres dans un autre de forme différente, on remarquera que l'enfant conclue qu'il y a changement dans la quantité de perles même s'il est certain que l'on n'a rien enlevé ni ajouté.

Pour expliquer ce type de raisonnement, il faut comprendre que l'enfant de cet âge, bien qu'étant en possession de

la notion de la conservation d'un objet individuel, (permanence de l'objet), il ne l'est pas encore avec un ensemble d'objets. Ainsi, l'exemple précédent nous démontre que même si l'enfant semble capable à première vue d'estimer correctement la quantité de perles, son erreur de raisonnement est attribuable à la modification perceptuelle créée par le nouveau contenant. En centrant son attention sur les nouvelles dimensions du récipient, il est influencé par ce seul aspect et délaisse les autres. Il se fait donc jouer par sa perception et ne peut alors admettre l'invariance. Cet exemple démontre très bien le type de conduites des enfants de cet âge. Piaget (1967) dit:

C'est ce schématisme prélogique, imitant encore de près les données perceptives tout en les recentrant à sa manière propre que l'on peut appeler pensée intuitive. (p.140)

Mais bien que l'enfant apprenne maintenant à jouer avec son monde et à le maîtriser un peu, il voit ce monde seulement à partir de son propre point de vue. Ainsi sa pensée demeure égocentrique. Piaget parle alors de centration pour expliquer la tendance du jeune enfant à se centrer ou à se concentrer sur un seul aspect d'une situation et par conséquent à négliger les autres.

Cette pensée intuitive présente une amélioration sur la pensée pré-conceptuelle. L'enfant est capable de centrations

et de décentrations. Ainsi, dans l'exemple précédent où l'enfant jugeait qu'il y avait plus de perles parce que le niveau avait monté, il centrait alors son attention sur le rapport entre la hauteur du nouveau contenant et celui du premier, tout en négligeant les largeurs. Si on transverse les perles dans des verres encore plus étroits et hauts, il viendra un temps où l'enfant répondra qu'il y a moins de perles parce que c'est trop étroit. Il y a donc ici, une correction de la centration sur la hauteur par une décentration de l'attention sur la largeur. Mais la chose intéressante dans le présent processus de pensée, est que l'enfant est incapable de raisonner sur les deux relations à la fois. Dès qu'il sera en mesure de coordonner ces deux types de relation, l'enfant pourra en déduire la conservation.

La non conservation est une caractéristique qui se maintiendra tout le long de la période préopératoire. De fait, devant un problème où il y a transformation, l'enfant est incapable de refaire mentalement l'action en sens inverse. Etant donné qu'il existe des liens étroits entre les processus mentaux que sont le centrage et l'irréversibilité, l'enfant sera alors incapable de conservation. Piaget (1977) définit la conservation comme: "La conviction selon laquelle certains attributs (nombre, poids, masse) restent invariables, même si l'apparence de l'objet changé". (p.75)

Une autre caractéristique propre à cette période est que l'enfant de quatre à cinq ans environ, ne parvient pas à construire de correspondance bi-univoque¹ lorsque par exemple on lui présente six jetons rouges sur une table et qu'on lui demande de disposer autant de bleus que de rouges. En effet il se contente de disposer une rangée de longueur égale même si les éléments sont plus serrés ou espacés que dans le modèle. Si nous reprenons le même exercice des jetons avec des enfants qui ont cinq et six ans, on remarque que les sujets vont aligner six jetons bleus en regard des six rouges. Ils sont alors en mesure, vers ces âges de faire correspondre les éléments un à un.

Mais à partir de ceci, il ne faut pas conclure en la capacité de conservation, parce qu'il suffit tout simplement de déserrer les éléments de l'une des séries ou de les mettre en tas pour que le sujet renonce à croire à l'équivalence. Tant que la correspondance optique demeure, l'enfant conclue à l'équivalence, mais lorsque la première est altérée, la seconde disparaît. On est alors en présence de la non conservation de l'ensemble mais la forme d'intuition est supérieure comparativement à celle du niveau précédent. Ainsi le schème intuitif

¹ Bi-univoque: correspondance un à un des éléments de deux ensembles semblables.

est devenu un peu plus souple, ce qui permet la possibilité de construire une configuration exacte de correspondance. On appelle intuition articulée cette forme de pensée par opposition à la précédente qui est l'intuition simple.

Mais cette intuition articulée, bien que se rapprochant de l'opération demeure rigide et irréversible. Cette forme de pensée se manifeste dans tous les domaines. Voyons un exemple dans le domaine de l'espace. En présentant à un enfant sur une table carrée, une maison, une montagne et un arbre, et à l'aide d'un petit personnage que l'on fait changer de position, on demande à l'enfant qui est toujours assis au même endroit, de trouver parmi des tableaux, celui qui correspond à ce qui est vu par notre personnage lorsqu'il est à un endroit précis. Les réponses que nous donnent les enfants dans leur choix des tableaux, démontrent qu'ils sont incapables de se mettre à la place de quelqu'un d'autre. Ils restent toujours dominés par le point de vue qui est le leur au moment du choix. Ce type de renversements, devant-derrière et gauche droite, ne s'acquierte que vers sept ou huit ans.

Autre épreuve qui met en lumière l'irréversibilité de la pensée est celle de trois bonshommes de couleurs différentes (A,B,C) sur un fil de fer, qu'on fait passer derrière un écran. On demande aux enfants de prévoir l'ordre de sortie et

l'ordre de retour. L'ordre direct est prévu par tous sauf que ce n'est que vers quatre ou cinq ans que l'ordre inverse est acquis. En imprimant une demi-rotation de 180 degrés et deux demi-rotations, l'enfant prévoit que l'ordre A,B,C changera en C,B,A. Mais face à trois demi-rotations, les petits de quatre à cinq ans, après avoir prévu que tantôt A, tantôt C sortent en premier, s'imaginent que B aura aussi son tour. Ce n'est que vers sept ans que l'ensemble des transformations est compris.

Telle est donc la pensée intuitive, caractérisée par une pensée imagée, plus raffinée que durant la période précédente. Mais étant donné qu'elle utilise encore le symbolisme représentatif, cela présente certaines limites. En effet, le propre de la configuration intuitive étant d'être centrée vers un état particulier du sujet ou de l'objet, l'enfant demeure donc dépendant d'une assimilation égocentrique et d'une accommodation phénoméniste à l'objet.

Période des opérations concrètes

Comme son nom l'indique, cette période se caractérise par la capacité de réaliser des opérations, les opérations étant définies par Piaget (1972) comme:

Des actions intérieurisées, c'est-à-dire exécutées non plus matériellement, mais intérieurement et

symboliquement, et des actions qui peuvent être combinées de toutes les manières; en particulier, qui peuvent être renversées, qui sont réversibles. (p.18)

Cette période va marquer un tournant important dans le développement de la pensée de l'enfant. La pensée intuitive du stade précédent va évoluer vers une décentration de plus en plus grande permettant une meilleure coordination des différents points de vue. Ainsi on assiste à la maîtrise de l'équilibre mobile et réversible propre aux groupements. La pensée de l'enfant ne s'arrête plus aux différents états, mais se centre maintenant sur les transformations successives reliant ces différents états. C'est ainsi que devant les différentes formes de la même quantité de pâte à modeler, l'enfant comprend maintenant que sa quantité reste invariable en dépit des modifications d'apparence. Il tient compte des transformations et surtout il réalise que les effets d'une action peuvent être annulés par ceux de son inverse. Comme l'explique Osterrieth (1973):

La conservation de la quantité de substance se fonde sur cette possibilité implicite de retour au point de départ, même alors que celui-ci n'est pas matériellement effectué. (p.191-192)

Une autre différence entre l'enfant du stade préopératoire et celui des opérations concrètes, est que ce dernier

acquiert la possibilité de réussir les groupements additifs et multiplicatifs, d'emboîter les classes et d'ordonner les sériations. Puis s'achèvent les opérations de certains systèmes d'ensemble dans le domaine de l'espace et du temps. Ce qui a été construit comme notion d'espace au niveau sensori-moteur est repris au niveau de la représentation mentale. Ainsi, l'emboîtement des classes, de la sériation, le volume et les opérations concernant le hasard sont maîtrisés. De plus, aux opérations de dénombrer succèdent les opérations de mesurer.

Période des opérations formelles

Vers onze, douze ans, apparaît le dernier stade, caractérisé par l'apparition des opérations formelles. A cette période, on voit apparaître graduellement chez l'adolescent, la capacité d'appliquer des opérations à des situations théoriques ou hypothétiques. Ainsi, devant une question qu'on lui pose, l'individu de ce stade est capable de spéculer et de supposer pour en arriver à une réponse raisonnable. Le mode de pensée qu'il acquiert est hypothético-déductif, c'est-à-dire qu'il peut maintenant penser à une série d'hypothèses et de vérifier la valeur de chacune d'entre elles par une analyse logique.

De plus, contrairement à la période précédente, il n'a plus besoin d'un support concret, de représentations imagées ou de disposer d'objets réels, il peut effectuer de façon plus abstraite ce qui était auparavant des opérations concrètes.

Il acquiert peu à peu des capacités de raisonnement plus complexes. Le fait de saisir l'idée des propositions (A est à B ce que C est à D) est un exemple parmi tant d'autres de ces nouvelles réalisations cognitives. L'adolescent devient également capable d'élaborer des théories ou des hypothèses afin d'expliquer des phénomènes peu familiers.

A la fin de ce stade, l'individu est parvenu, selon le modèle théorique de Piaget, au stade de la maturité cognitive. Cela ne signifie nullement qu'il ne peut plus apprendre ou s'améliorer. Mais il est maintenant doté d'un ensemble d'outils de pensée adulte avec lesquels il va poursuivre ses adaptations encore plus complexes face à son monde matériel et social.

Le développement de la conception de l'équivalence durable (conservation)

Comme nous l'avons mentionné antérieurement, la notion de conservation tient une place importante dans la théorie du développement du concept de nombre chez Piaget. Il la considère comme une condition nécessaire pour toute activité de quantification. La conservation est définie par l'habileté de juger correctement la relation entre deux arrangements équivalents numériquement même si ceux-ci ne sont pas en correspondance perceptuelle, c'est-à-dire quand les éléments de l'un n'est pas en correspondance avec les éléments de l'autre.

Selon l'auteur, le développement de la conception de l'équivalence durable (conservation), passe par trois stades.

Stade 1 Perception globale

Bien que le jeune enfant ait un intérêt spontané pour le nombre et s'intéresse à compter, il n'a qu'une conception vague du concept de nombre. A cette période, il base son jugement, soit sur la similarité ou sur la différence globale entre deux rangées d'objets. Celles-ci sont jugées numériquement équivalentes si elles sont égales en longueur, même si la densité varie. Et de façon réciproque, si les rangées sont inégales en longueur, alors la plus longue est jugée comme contenant le plus d'éléments. Ainsi, l'estimation de la quantité à l'intérieur d'un arrangement est perçue selon l'aspect immédiat de la situation perceptuelle.

Cette façon de juger le nombre est égocentrique étant donné que l'enfant se base sur un seul aspect perceptuel à la fois et que c'est impossible pour lui de décentrer sa perception de cet attribut. Son incapacité à coordonner la longueur et la densité se reflète aussi en ce qu'il ne réussit pas à construire une rangée en correspondance terme à terme quand il essaie de faire correspondre la valeur cardinale d'un modèle.

Stade 2 Période transitoire

A ce stade, l'enfant commence à comprendre que

l'altération d'un arrangement spatial ne change en rien sa quantité d'éléments mais il n'en est pas convaincu. Ainsi ses jugements basés sur la correspondance terme à terme et sur l'apparence perceptuelle entrent en conflit.

Contrairement au stade précédent, l'enfant est capable de construire une rangée en correspondance avec un modèle. Cependant lorsque des changements perceptuels viennent entraver cette correspondance, alors le phénomène de la perception prenant le dessus, l'enfant devient confus et juge que l'égalité numérique des deux rangées a aussi été détruite. Il retourne donc au critère de globalité perceptuelle comme critère d'évaluation.

Stade 3 Période des opérations concrètes

A ce dernier stade du développement, l'enfant comprend le concept de la conservation et étant dégagé de la dominance perceptuelle, il en arrive à un meilleur raisonnement. Ainsi, il continue à prétendre à l'égalité numérique entre deux rangées même si la correspondance perceptive terme à terme est détruite en terme de longueur et de densité.

Nous présenterons dans le chapitre suivant un relevé des différentes recherches sur l'influence des arrangements perceptuels ainsi que la problématique de notre recherche.

Chapitre II

Les facteurs perceptuels dans le développement du concept
de nombre. Problématique.

Etant donné que la perception fait partie du processus de développement intégral de la plupart des habiletés humaines, il ne faudrait pas laisser de côté l'importance qu'elle joue dans le développement du concept de nombre. Ainsi, plusieurs recherches ont démontré l'évidence de relation entre le développement perceptuel et la formation du concept de nombre.

Frostig, Malow, Lefever et Whittlesey (1964) en sont arrivés par leur recherche à postuler que le développement des habiletés visuo-perceptuelles constituait, pour les enfants entre trois ans et demi et sept ans et demi, une des principales acquisitions du développement cognitif. Selon ces auteurs, il y aurait une relation entre les séquences du développement du concept de nombre et celui de la perception visuelle.

La recherche de Elkind et al. (1964) sur la décentration, c'est-à-dire sur le fait de regarder à plus d'un aspect perceptuel à la fois démontre par leurs résultats que les stades retrouvés sont identiques à ceux du développement du concept de nombre. Ainsi, dans le premier stade, les enfants démontrent une centration complète, voyant seulement les parties sans être capable de se représenter l'ensemble. Ceux du deuxième stade voient d'une façon alternative, tantôt les parties, tantôt

l'ensemble, sans essayer de les intégrer. Ce n'est qu'au dernier stade que l'on retrouve une décentration complète.

L'étude faite par O'Bryan et Boersma (1971) confirme cette relation existant entre les habiletés visuo-perceptuelles et ceux du concept de nombre. Mesurant le mouvement des yeux, ils ont remarqué que les enfants qui ne conservent pas sont centrés sur la partie dominante de l'arrangement alors que ceux qui conservent, démontrent une décentration de leur attention visuelle.

Ces recherches démontrent qu'il existe une relation étroite entre les habiletés visuo-perceptuelles et celles du concept de nombre, dans le fait que les tâches du concept de nombre nécessitent une analyse de l'arrangement spatial. Nous nous pencherons donc plus en détail sur cet aspect.

L'influence des arrangements perceptuels dans
l'estimation de la quantité d'un arrangement

Dès 1890, Alfred Binet suggéra que les stratégies qu'utilisent les jeunes enfants pour estimer la quantité d'éléments à l'intérieur d'un arrangement étaient souvent fausses.

Il écrivait:

Chez les petits enfants soumis à notre observation, la perception et la comparaison des

longueurs se font avec une remarquable justesse; au contraire, la perception des nombres est extrêmement grossière et déficiente. (p.79)

Cette évidence de grossièreté de jugement chez les enfants dérive d'une expérience dans laquelle il demande à une fillette de quatre ans de comparer deux rangées parallèles de jetons et de dire laquelle en a le plus. Une rangée contenant seize gros jetons et l'autre dix-huit petits. Parce que les jetons plus gros prenaient plus d'espace, l'enfant la jugea supérieure numériquement bien que contenant moins de jetons. Binet trouva que ce jeune enfant résolvait cette comparaison de façon fausse, jugeant que la rangée la plus longue mais avec le moins d'éléments, contenait le plus de jetons. Même quand le nombre de ces jetons était réduit bien qu'occupant un espace physique plus grand, l'enfant maintenait son idée première.

Depuis cette époque, beaucoup de recherches ont été entreprises auprès des enfants afin de mettre en lumière les différentes stratégies utilisées par ceux-ci pour dénombrer les quantités. Une première constatation des recherches effectuées jusqu'à maintenant démontre que les enfants confrontés à une tâche dans laquelle on leur présente deux rangées de jetons et lorsqu'on effectue une transformation de l'arrangement, ceux-ci

sont incapables de conservation (Piaget 1952, Dodwell 1960).

D'autres investigations auprès d'enfants de deux à cinq ans, démontrent qu'ils n'emploient pas une hypothèse consistante lorsqu'ils jugent le nombre. Il ressort que l'enfant est frappé par les différences entre les rangées et répond sur la base de l'indice qui est le plus frappant, que ce soit la longueur, la densité ou le nombre. On remarque de plus qu'entre ces différents indices, celui qui retient plus l'attention des enfants est celui de la longueur (Lapointe, O'Donnell 1974, Lawson, Baron, Siegel 1974).

De plus, les recherches faites par Peter Bryant (1974) démontrent que les enfants utilisent de façon constante la correspondance terme à terme et l'allongement spatial pour déterminer quelles rangées comprenaient le plus d'éléments. Ils utilisent ces deux méthodes dépendamment des arrangements présentés. Ainsi, lorsque l'arrangement est en correspondance terme à terme, les enfants utilisent cet indice. Par contre lorsque l'arrangement ne permet pas de correspondance, ils utilisent alors l'indice de longueur. Lorsque les enfants se retrouvent devant un arrangement qui n'incite pas à l'utilisation d'un de ces indices, alors ils utilisent soit l'un soit l'autre.

Certaines recherches démontrent que les enfants utilisent aussi le nombre pour déterminer la quantité d'objets dans un arrangement. En ce sens, l'étude de Gelman (1972) fait ressortir que les enfants utilisent le nombre lorsque la quantité d'items dans l'arrangement présenté est petite. Ainsi, lorsque le nombre d'éléments présenté est de deux et trois, les enfants de quatre et cinq ans utilisent le nombre. Mais lorsqu'il y a augmentation du nombre d'items, de trois à cinq, ils utilisent cet indice mais de façon moins consistante pour ne plus l'utiliser du tout avec des rangées de plus grande importance comme cinq à neuf. On peut donc dire que les enfants de quatre et cinq ans utilisent le nombre pour de petits arrangements et que plus le nombre d'éléments augmente, ainsi en est-il de leur tendance à utiliser la longueur.

Aucun enfant n'ayant utilisé la densité dans cette recherche, l'auteur suggère que le concept de nombre chez les jeunes enfants est initialement basé sur la longueur et le nombre et que la compréhension de la densité en tant que qualité (attribut) pertinent au nombre ne se développe que plus tard.

L'étude de Young et McPherson (1976) étudiant les relations possibles entre les méthodes de quantification chez des enfants de cinq à sept ans, ainsi que leur performance face à certaines tâches impliquant leur compréhension de l'invariance du nombre, apporte des éléments intéressants au niveau des

habiletés utilisées par ceux-ci selon leur âge. Les conclusions auxquelles en arrivent les auteurs sont consistantes avec les recherches de Klahr et Wallace (1973) démontrant que les enfants utilisent les relations de quantité: premièrement pour les nombres qui sont dans leur niveau de reconnaissance perceptuelle immédiate (subitizing range), c'est-à-dire la capacité de quantifier rapidement sans compter. Vient à la suite pour les nombres qu'ils sont capables de compter et enfin pour les nombres qu'ils ne peuvent compter. Par contre, dans ces deux recherches, la tendance développementale démontre que les 60 enfants impliqués n'ont pas mieux réussi les problèmes d'invariance qui étaient dans leur capacité de compter que ceux se situant dans leur niveau de reconnaissance perceptuelle. Il n'y a pas eu non plus de différence entre les problèmes qu'ils pouvaient compter et ceux qui étaient hors de leur capacité.

De plus, dans une recherche effectuée par H. Beckmann rapportée dans l'étude de Rochel Gelman (1972), les résultats présentés démontrent que plus les enfants sont jeunes, plus forte est leur tendance à compter et plus le nombre d'éléments est grand, plus ils ont tendance à compter. Ces résultats supportent la conclusion que les enfants estiment la quantité en comptant avant qu'ils soient capables de reconnaître de façon immédiate cette quantité.

Dans le but de déterminer quel type d'erreur font

les enfants de deux ans dix mois à cinq ans, Lawson, Baron et Siegel (1974) ont présenté à des enfants répartis en trois groupes d'âges (deux ans dix mois à trois ans onze mois, quatre ans à quatre ans cinq mois et des enfants de quatre ans six mois à cinq ans) des types de configurations faisant varier le nombre d'éléments (trois et quatre), la densité et la longueur. Les résultats recueillis et confirmés par Siegel (1974), démontrent que jusqu'à quatre ans et dépendamment de leur préférence individuelle, les enfants utilisent soit la longueur ou le nombre pour juger la quantité d'éléments entre deux rangées. Par contre, à partir de quatre ans, on remarque que les enfants utilisent le nombre, de préférence à la longueur. Ainsi, lorsque le nombre d'éléments présenté est au-dessus de la capacité d'estimation de l'enfant, il y a utilisation de la longueur et lorsque le nombre d'éléments est dans leur capacité d'estimation, il y a utilisation du nombre pour juger la quantité.

Une autre étude qui nous intéresse ici, est celle de Pufall et Shaw (1972). Ces auteurs ont présenté à des enfants de trois à six ans, six problèmes dans lesquels la longueur, la densité et le nombre varient. Le nombre maximum d'éléments dans les rangées était de cinq, sept et neuf. En présentant ces configurations de façon statique, c'est-à-dire qu'aucune transformation des arrangements était effectuée, ils demandaient aux enfants quelle rangée contenait le plus d'éléments, dans le but

de connaître quelle était leur base d'estimation. Les résultats auxquels en arrivent les auteurs sont consistants avec les résultats de Piaget (1968) que les enfants les plus jeunes, en général, basent leur jugement soit sur la qualité topologique de la densité ou sur la longueur relative. Pour ce qui est des enfants de quatre à cinq ans, ici encore, les résultats sont en accord avec plusieurs études sur la conservation du nombre (Mehler & Bever, 1967; Mehler, Bever & Epstein, 1968; Piaget, 1952) c'est-à-dire que les enfants jugent les nombres de façon prédominante en terme de longueur relative.

On retrouve quelques enfants de quatre ans qui basent leur jugement sur la densité lorsque la longueur des rangées est égale avec présence de forte densité. Quand la différence de la densité et de la longueur entre les deux rangées est mince, la plupart des enfants basent leur jugement sur la longueur relative.

Plusieurs recherches ont démontré que certains facteurs perceptuels, autres que la longueur, influençaient la perception de l'enfant. Celle de Linda Siegel (1974) comparant l'habileté de jeunes enfants de quatre ans à cinq ans et demi, à associer des nombres à des arrangements composés d'éléments homogènes linéaires, d'éléments homogènes non-linéaires, et enfin d'éléments hétérogènes linéaires, fait ressortir que les enfants avaient beaucoup plus de difficultés lorsqu'ils se

retrouvaient devant une tâche composée d'éléments hétérogènes. De plus, l'auteur a trouvé que les tâches linéaires et non-linéaires n'étaient pas significativement différentes et ceci pour les trois groupes d'âge, c'est-à-dire de quatre ans à quatre ans cinq mois, de quatre ans six mois à quatre ans onze mois et de cinq ans à cinq ans cinq mois.

Khan Akhter (1972) a investigué la capacité de dénombrement chez des enfants de trois ans onze mois à cinq ans onze mois, en leur présentant des arrangements caractérisés par des variations en terme de similarité perceptuelle et de continuité spatiale. Cette recherche présentant des arrangements avec sous-groupes contigus, des arrangements sans sous-groupes et avec sous-groupes discontigus, a démontré que compter était rendu plus facile quand les arrangements comprenaient des sous-groupes contigus que lorsque les sous-groupes discontigus constituaient l'arrangement. Ainsi cet arrangement faciliterait le regroupement des objets de même que le comptage de tous les objets inclus dans l'arrangement. De plus, ce regroupement était compté avec plus de justesse que les arrangements sans sous-groupes.

Problématique

A partir des recherches démontrant l'influence de la disposition spatiale sur la capacité de dénombrer des quantités,

nous avons décidé de présenter à des enfants du stade préopératoire, différents types d'arrangement, dans le but de vérifier jusqu'à quel point l'organisation perceptuelle pouvait interférer et par le fait même les influencer dans leur jugement. Le recensement de ces études, fait ressortir que des différences au niveau de la longueur des rangées, du nombre d'éléments et du fait que les rangées soient linéaires ou non-linéaires, contribuaient à influencer la perception.

De ceci on peut se demander, si le fait que les rangées soient ou non alignées, amène les enfants à laisser de côté l'indice de la longueur et si le décalage plus ou moins grand entre les quantités à comparer, contribue à rendre plus difficile le dénombrement de quantités discontinues.

Notant de plus l'importance du facteur âge, nous présenterons ces arrangements à des enfants d'âge différent afin de vérifier si certaines de ces configurations sont mieux réussies en fonction de l'âge.

Considérant ce que nous avons vu concernant les stades du développement perceptuel, la première hypothèse de notre recherche est qu'il y aura une différence de réussite par rapport aux différentes configurations de notre expérimentation. La deuxième hypothèse est qu'il y aura une différence

de réussite aux différentes épreuves selon l'âge des sujets.

Chapitre III
Description de l'expérience

Dans les pages qui suivent sont présentés les aspects méthodologiques de la présente étude. Nous décrirons les caractéristiques des sujets, la nature des épreuves employées et le déroulement de l'expérience elle-même.

Sujets

Les sujets de notre échantillon proviennent d'écoles élémentaires de la région de Trois-Rivières et de la Commission Scolaire du lac St-Pierre. Notre échantillon se compose de 72 enfants, garçons et filles, de quatre ans huit mois à six ans sept mois, répartis en six tranches d'âge. Ces groupes s'échelonnant de la façon suivante: de quatre ans huit mois à quatre ans onze mois, de cinq ans à cinq ans trois mois, de cinq ans quatre mois à cinq ans sept mois, de cinq ans huit mois à cinq ans onze mois, de six ans à six ans trois mois et de six ans quatre mois à six ans sept mois. Chacun de ces groupes comprend six garçons et six filles. Ces 72 enfants proviennent d'un milieu socio-économique moyen et étant donné qu'ils fréquentent un milieu scolaire régulier, nous pouvons nous attendre à ce qu'ils aient un Q.I. se situant au moins au niveau de la moyenne. Au niveau de la maternelle, après consultation auprès des jardinières, nous avons éliminé de notre échantillon les enfants qui

pouvaient présenter des difficultés marquées dans leur développement général. De plus, puisque dans notre recherche nous faisons intervenir des changements au niveau de l'arrangement perceptuel, nous nous sommes assurés auprès des jardinières et des infirmières, que les enfants composant notre échantillon n'aient pas de troubles de la vue.

Nature des épreuves employées

L'épreuve présentée aux différents sujets de notre échantillon était composée de 14 configurations. Chacune de celle-ci était présentée sur un carton de 25 X 35 cm et elle était constituée de deux groupes de cercles de 2 cm de diamètre. Les cercles d'un groupe étaient de couleur rouge tandis que les autres étaient de couleur bleu. L'emploi de ces deux couleurs, permettra d'après nous d'éliminer toute ambiguïté au niveau de la distinction des groupes.

Avant de s'arrêter davantage sur les caractéristiques de chacune des 14 configurations, il est bon de noter que le nombre d'éléments (cercles) que l'on retrouve dans chacun des arrangements ne sera jamais supérieur à dix, et ceci conformément aux différentes recherches entreprises au niveau de l'habileté de compter chez les jeunes enfants, qui font ressortir que les enfants âgés de quatre ans huit mois à six ans sept mois sont capables de compter au moins jusqu'à dix (Bjonerud 1960, Brace et

Nelson 1965, Pollio et Whitacre 1970). D'autres études démontrent que chez les adultes, la capacité de reconnaissance immédiate, sans avoir besoin de compter, ne dépasse pas sept éléments (Miller 1956).

Les caractéristiques principales des configurations, sont que nous faisons varier leur nombre d'éléments (inférieur ou supérieur à sept mais ne dépassant pas dix éléments), la grandeur de décalage entre les quantités, leur densité, la longueur des rangées et leur disposition spatiale (linéaire, parallèle, non-parallèle et non linéaire). Nous décrirons dans les pages suivantes, chacune des configurations ainsi que leurs caractéristiques.

Les caractéristiques de chacune des configurations sont les suivantes:

- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1- • • • • • • (6) | Nombre égal et petite quantité |
| • • • • • • (6) | Parallèle et linéaire |
| | Correspondance terme à terme |
| | |
| 2- • • • • • (5) | Nombre égal et petite quantité |
| • • • • • (5) | Parallèle et linéaire |
| | Intervalles réguliers |
| | Densité et longueur différentes |
| | |
| 3- • • • • • • (6) | Nombre différent et petite quantité |
| • • • • • (4) | Deux unités de décalage |
| | Parallèle et linéaire |
| | Intervalles réguliers |
| | Densité différente |
| | Longueur égale |
| | |
| 4- • • • • • • (6) | Nombre différent et petite quantité |
| • • • • • (4) | Deux unités de décalage |
| | Parallèle et linéaire |
| | Intervalles réguliers |
| | Densité et longueur différentes |

- 5- ● ● ● ● ● ● (6) Nombre différent et petite quantité
● ● ● ● ● (4) Deux unités de décalage
Parallèle et linéaire
Intervalles irréguliers
Densité différente
Longueur égale
- 6- ● ● ● ● ● ● (6) Nombre différent et petite quantité
● ● ● ● ● (5) Une unité de décalage
Parallèle et linéaire
Intervalles réguliers
Densité et longueur différentes
- 7- ● ● ● ● ● ● (6) Nombre différent et petite quantité
● ● ● ● ● (3) Trois unités de décalage
Parallèle et linéaire
Intervalles réguliers
Densité et longueur différentes
- 8- ● ● ● ● ● (5) Nombre égal et petite quantité
● ● ● ● ● (5) Parallèle
Linéaire avec déplacement horizontal
Intervalles réguliers

- 9- ● ● ● (5) Nombre égal et petite quantité
● Non-linéaire.
- ● ● ● ● (5) Régularité dans l'arrangement non-linéaire
- 10- ● ● ● (5) Nombre égal et petite quantité
Non-linéaire
- ● ● ● ● (5) Irrégularité dans l'arrangement non-linéaire
- 11- ● ● ● ● ● (5) Nombre égal et petite quantité
● Linéaire non-parallèle
● (5) Intervalles réguliers
- 12- ● ● ● ● ● ● ● (9) Nombre égal et plus grande quantité
● ● ● ● ● ● ● ● (9) Parallèle et linéaire
Intervalles réguliers
Densité et longueur différentes
- 13- ● ● ● ● ● ● ● ● (10) Nombre différent et plus grande quantité
● ● ● ● ● ● ● ● (8) Deux unités de décalage
Parallèle et linéaire
Intervalles réguliers

- Densité différente
Longueur égale
- 14- ● ● ● ● ● ● ● ● (10) Nombre différent et plus grande quantité
● ● ● ● ● ● ● ● (8) Deux unités de décalage
Parallèle et linéaire
Intervalles réguliers
Densité et longueur différentes

Si nous observons de plus près l'ensemble des configurations, nous remarquons que pour certaines d'entre elles, il y a répétition au niveau du type d'arrangement. Ainsi en est-il pour les configurations 2 et 12, 3 et 13, 4 et 14.

Si nous prenons l'exemple de la configuration 2 et 12, nous remarquons que ces deux types d'arrangement présentent les mêmes caractéristiques globales, c'est-à-dire le même nombre d'éléments dans chacune des deux rangées, le fait qu'ils soient parallèles et linéaires, que les intervalles entre les cercles sont réguliers et que la densité et la longueur des rangées soient différentes. Dans la configuration 2, le nombre d'éléments à comparer étant de cinq alors qu'il est de neuf pour la configuration 12. Il en est de même pour les configurations ci-haut mentionnées alors qu'il y a augmentation de leur nombre d'éléments.

Les configurations 6 et 7 présentent elles aussi le même type de disposition spatiale mais le décalage entre le nombre d'éléments est plus grand dans la configuration 7. Pour la configuration 6, on retrouve six et cinq éléments tandis que la configuration 7 contient six et trois éléments.

Pour ce qui est des autres configurations, sauf la première où l'on retrouve une correspondance terme à terme, il nous est apparu important de vérifier si certaines caractéristi-

ques comme l'irrégularité entre les intervalles, le déplacement horizontal, la non-linéarité et le fait de ne pas être parallèle, pouvait entraîner chez nos sujets une plus grande difficulté à dénombrer des quantités discontinues. Ainsi, pour les configurations 8, 9, 10 et 11, le nombre d'éléments présenté est toujours de cinq alors que nous faisons varier la disposition de ces mêmes éléments.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rencontré les enfants dans leur classe respective et après avoir passé quelques temps avec ceux-ci afin qu'ils soient plus à l'aise avec l'expérimentateur, il leur était proposé de se rendre dans un autre local pour venir essayer quelques jeux. Ainsi, chacun des enfants fut rencontré individuellement par l'expérimentateur qui lui présenta à tour de rôle les différentes configurations.

Pour chaque enfant, la question posée à chaque configuration fut la suivante: "Est-ce qu'il y a la même chose, est-ce qu'il y a pareil de jetons dans les deux rangées". Si l'enfant répondait correctement et s'il était capable de justifier ce qu'il avançait, un point (1) lui était accordé. Par contre, pour une réponse incorrecte ou correcte avec incapacité d'explication, la note zéro (0) lui était accordée. Les résultats du sujet étaient inscrits sur une feuille protocole (voir

appendice A) de même que son verbatim. En outre, le verbatim fut retenu intégralement à l'aide d'un enregistrement sur magnétophone, de manière à conserver l'ensemble de ses propos. De plus, l'ordre de présentation des configurations fut changé pour chacun des enfants. Cette procédure avait pour but d'éviter les effets d'apprentissage sur les résultats.

Dans le chapitre suivant nous décrirons les méthodes statistiques utilisées ainsi que les résultats.

Chapitre IV
Analyse des résultats

Méthodes d'analyses

La méthode statistique utilisée est une analyse de variance et de covariance avec mesures répétées au niveau des configurations, des tranches d'âge et du sexe. Après avoir informatisé et analysé nos résultats par le programme B.M.D.P., ce programme nous permettra de vérifier:

- 1) S'il y a une différence de réussite pour chacune des configurations.
- 2) S'il y a une différence de réussite par tranches d'âge.
- 3) S'il y a une différence de réussite en fonction du sexe.
- 4) De voir s'il y a une interaction significative entre ces trois facteurs.

Pour tous les calculs effectués, le niveau de probabilité pour considérer que nous avons une différence significative est de $p < .05$.

Résultats

Différence de réussite selon la configuration

Une première analyse de nos résultats fait ressortir que l'ensemble de nos sujets réussit mieux certaines configurations que d'autres (Voir Tableau 1).

Tableau 1: Pourcentage de réussite pour l'ensemble de la population pour chaque configuration.

Configuration	% de réussite
1	94%
2	50%
3	89%
4	82%
5	93%
6	58%
7	94%
8	75%
9	78%
10	72%
11	90%
12	36%
13	51%
14	50%

Après une première lecture du Tableau, nous remarquons qu'il y a une différence au niveau du pourcentage de réussite. L'analyse de la variance ($F=28.03$) est significative. Certains items sont réussis à 90% et plus, comme les configura-

tions 1, 5, 7 et 11. Les configurations 3 et 4 sont réussies à plus de 80% alors que les numéros 8, 9, 10 ont un pourcentage supérieur à 70. Pour ce qui est des autres configurations, on remarque que leur pourcentage de réussite est inférieur aux précédentes. Ainsi, les configurations 2, 6, 13 et 14 ont un pourcentage se situant entre 50 et 56 pour cent tandis que le numéro 12 est la configuration la moins bien réussie par l'ensemble de la population avec 36% de réussite.

Différence de réussite selon l'âge

Au niveau du pourcentage de réussite par tranches d'âge, on remarque qu'il y a une différence entre les groupes (Voir Tableau 2). Les enfants plus jeunes (Groupe 1) réussis-

Tableau 2 : Pourcentage de réussite pour l'ensemble des configurations par tranches d'âge.

Age	% de réussite
Groupe 1: (4 ans 8 mois à 4 ans 11 mois)	56
Groupe 2: (5 ans à 5 ans 3 mois)	63
Groupe 3: (5 ans 4 mois à 5 ans 7 mois)	59
Groupe 4: (5 ans 8 mois à 5 ans 11 mois)	83
Groupe 5: (6 ans à 6 ans 3 mois)	88
Groupe 6: (6 ans 4 mois à 6 ans 7 mois)	86

sent à 56%, le deuxième groupe à 63%, le troisième à 59%, tandis que les trois derniers ont un pourcentage de réussite de 83, 88 et 86%. L'analyse statistique nous permet d'affirmer qu'il y a une différence significative entre les groupes ($F.= 4.21$ d.l. 5, $p= .00$).

Voyons ce qui en est pour chacune des configurations selon le niveau d'âge. Si l'on observe l'interaction entre ces deux éléments, on remarque qu'il y a aussi une différence significative à .01 ($F.= 1.46$, d.l.=65). Le Tableau 3 nous montre d'une façon beaucoup plus précise cette interaction.

En regardant l'évolution du pourcentage de réussite pour certaines configurations en fonction de l'âge, on remarque que pour certaines de celles-ci, leur taux initial de réussite était déjà élevé pour la première tranche d'âge. Ainsi en est-il pour les configurations 1, 3, 4, 5, 7 et 11. Dans la dernière tranche d'âge on observe une performance parfaite.

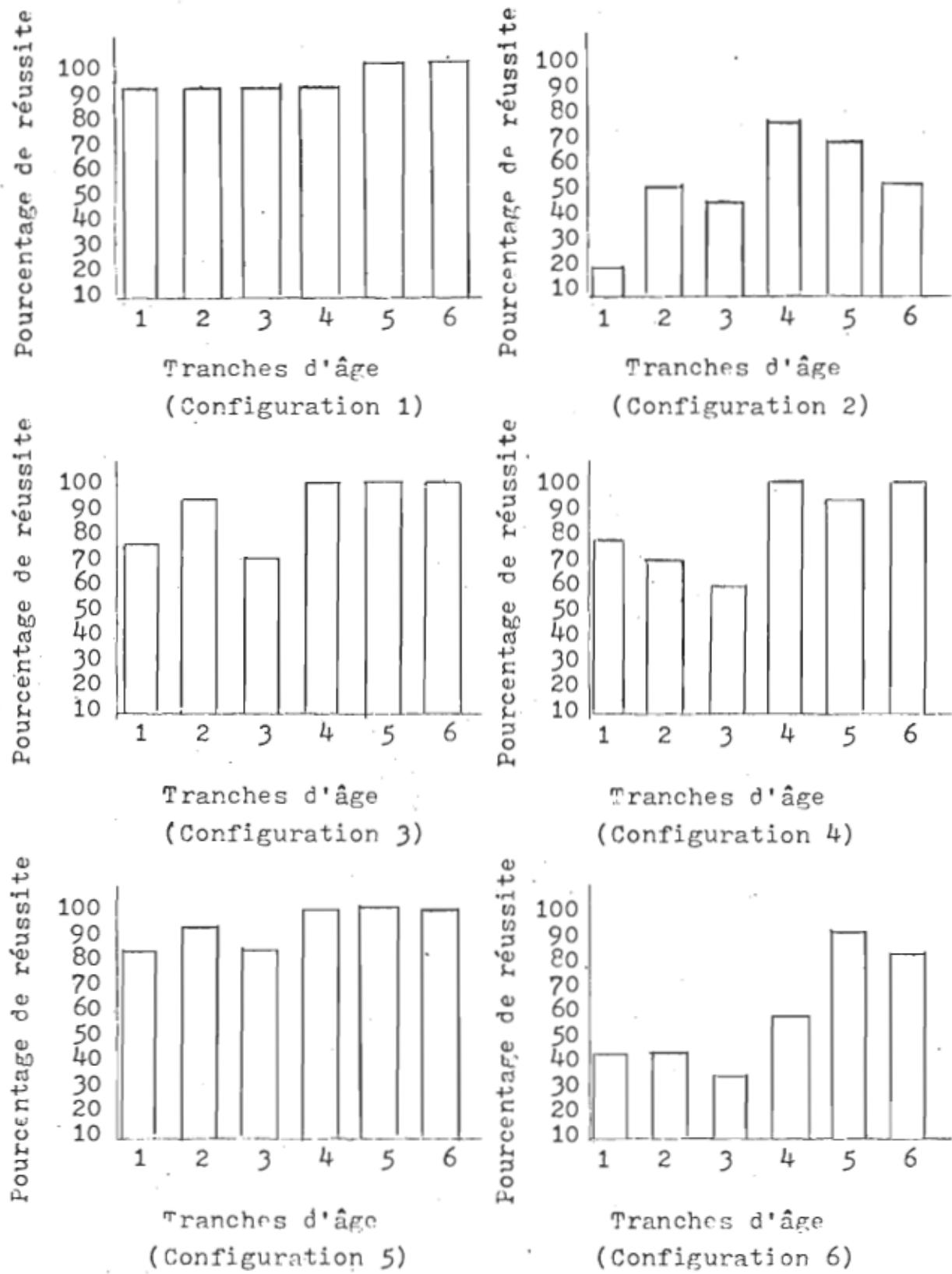
Toutes les autres configurations présentent une progression plus marquée en fonction de l'âge. Ainsi, de peu réussies qu'elles étaient au début, on note qu'il y a une augmentation du pourcentage de réussite au dernier niveau d'âge. Un certain nombre d'entre elles, telles les configurations 8, 9 et 10, atteignent un pourcentage de 100% ou de près de 100%. D'autres, comme les configurations 6, 14 et 13 atteignent un

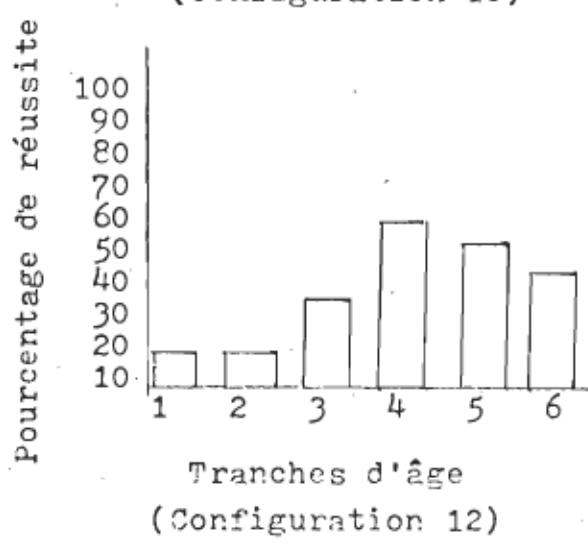
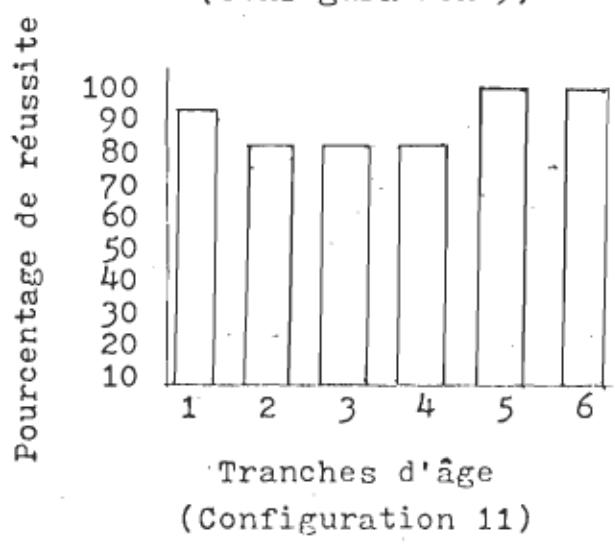
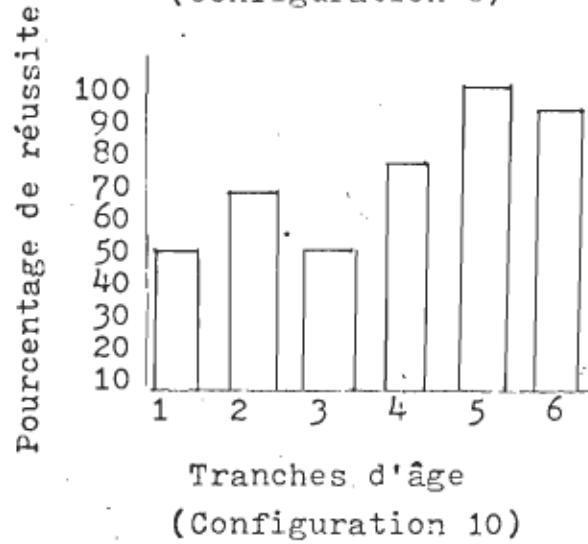
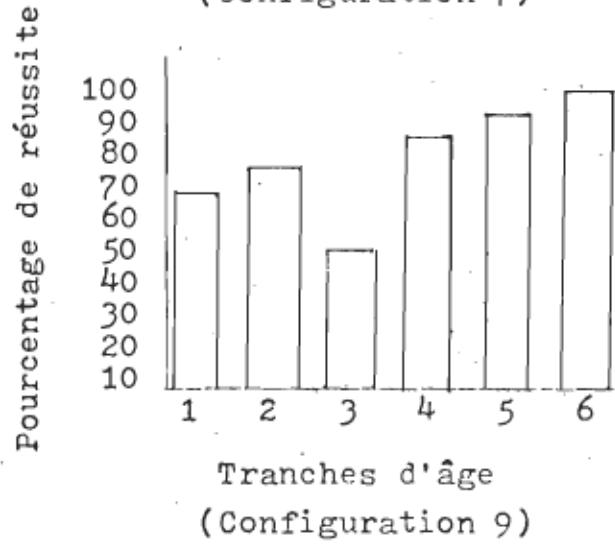
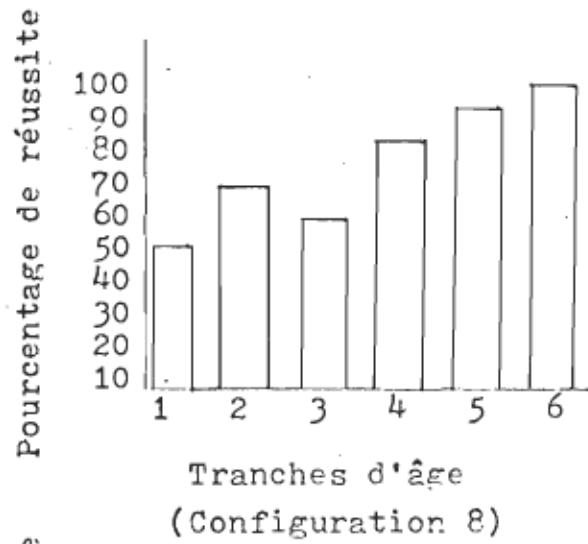
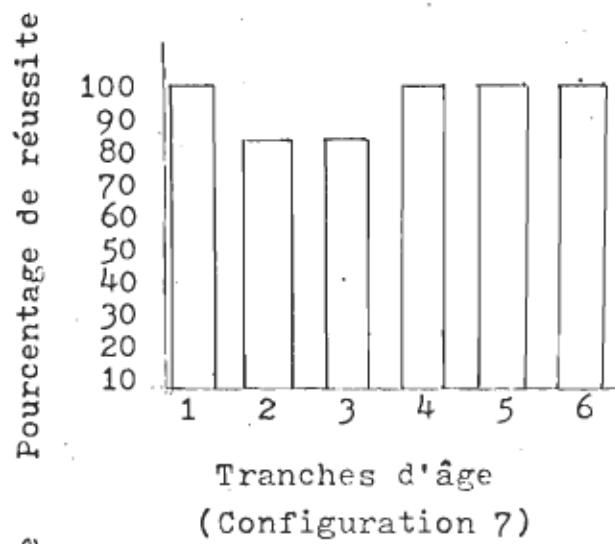
Tableau 3: Pourcentage de réussite par tranches d'âge

Configuration	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6
1	92	92	92	92	100	100
2	17	50	42	75	67	50
3	75	92	67	100	100	100
4	75	67	58	100	92	100
5	83	92	83	100	100	100
6	42	42	33	58	92	83
7	100	83	83	100	100	100
8	50	67	58	83	92	100
9	67	75	50	83	92	100
10	50	67	50	75	100	92
11	92	83	83	83	100	100
12	17	17	33	58	50	42
13	17	33	50	75	67	67
14	8	25	42	75	75	75

pourcentage respectif de 83, 75 et 67%. Viennent à la suite les configurations qui obtiennent le taux de réussite le plus bas, avec un pourcentage de 50% pour la configuration 2 et de 42% pour le numéro 12. Vous trouverez à la figure 1 les histogrammes présentant le pourcentage de réussite pour chaque configuration par tranches d'âge.

Nous nous sommes de plus aperçus après une première analyse des résultats du Tableau 3, qu'il semblait y avoir une différence de réussite marquée entre les trois premières tranches d'âge et les trois dernières. Nous avons alors regroupé les résultats de ces trois premiers groupes et des trois autres pour former deux groupes distincts (Voir Tableau 4). Il s'est donc avéré important d'aller vérifier si cette différence était significative. Nous avons donc utilisé le test de Scheffe et ceci avec l'aide du programme S.P.S.S. Les résultats obtenus démontrent que cette différence existe et qu'elle est significative avec un F. de 3.15 avec degré de liberté de 55. à p=.001.





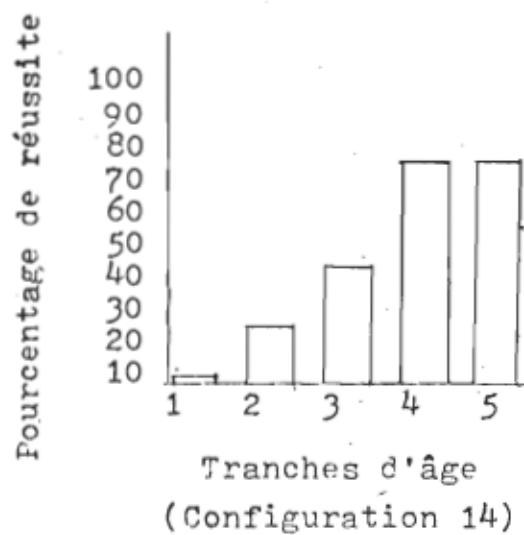
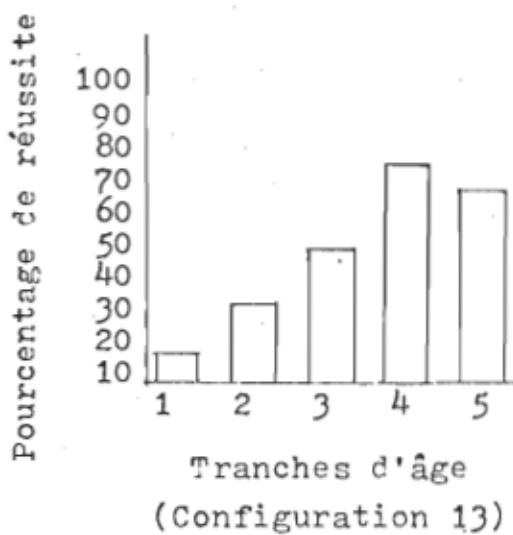


Figure 1 : Pourcentage de réussite des configurations par tranches d'âge.

Tableau 4: Comparaison du pourcentage de réussite par configuration des groupes 1-2-3 versus 4-5-6

<u>Groupes 1-2-3</u>		<u>Groupes 4-5-6</u>
Configuration 1	:	98
2	:	63
3	:	100
4	:	97
5	:	100
6	:	78
7	:	100
8	:	92
9	:	92
10	:	89
11	:	94
12	:	50
13	:	69
14	:	75

Différence de réussite selon le sexe

Le Tableau 5 nous fait voir les résultats obtenus par les filles et les garçons. Nous avons donc jugé opportun de vérifier s'il y a interaction entre la réussite aux différentes configurations et le sexe. Notre analyse de variance et de covariance fait ressortir qu'il y a effectivement une interaction significative ($F.$ de 2.21, d.l. 13, $p=.00$).

Nous avons poussé davantage notre analyse dans le but de vérifier par rapport à quelle (s) configuration (s) existait cette différence significative. Nous avons donc fait une analyse de variance avec mesures répétées au niveau des configurations et du sexe avec le programme S.P.S.S. De fait, la seule configuration où il y a différence significative est la configuration 13 qui est mieux réussie par les filles ($F.$ de 4.67, $p=.03$).

Tableau 5: Comparaison du pourcentage de réussite des garçons et des filles par configuration

	<u>Garçons</u>		<u>Filles</u>		
Configuration 1	:	97	Configuration 1	:	91
2	:	41	2	:	58
3	:	89	3	:	89
4	:	80	4	:	83
5	:	91	5	:	94
6	:	61	6	:	55
7	:	94	7	:	94
8	:	80	8	:	69
9	:	77	9	:	78
10	:	76	10	:	69
11	:	94	11	:	86
12	:	44	12	:	27
13	:	38	13	:	64
14	:	44	14	:	55

Interprétation des résultats

Pour ce qui est de notre première hypothèse, les résultats obtenus démontrent que les diverses configurations présentent un niveau de difficulté variable. On peut donc affirmer que des différences au niveau des arrangements, telles la longueur respective des rangées, la densité et le nombre d'éléments sont des facteurs contribuant à influencer et à entraîner la capacité de dénombrer des quantités discontinues. Notre recherche, nous permet de plus d'identifier pourquoi certains arrangements présentent plus de difficultés que d'autres.

On remarque que les configurations où la longueur des rangées n'est pas égale, comme à la configuration 2 et 12, sont moins bien réussies que lorsque les rangées sont d'égales longueurs. La caractéristique principale qui semble influencer l'enfant, serait le fait, qu'étant donné qu'une des deux rangées est plus longue que l'autre, l'enfant se fait jouer par sa perception en prétendant que la rangée la plus longue contient le plus d'éléments. Il se fie à la longueur en négligeant les autres caractéristiques. Ainsi, en comparant les configurations 3 et 13 avec les configurations 2 et 12, on s'aperçoit que les arrangements où la longueur des rangées est égale, sont mieux réussies que lorsque les rangées sont de longueurs inégales. Il semblerait donc, que lorsque les enfants ne sont plus influen-

cés par l'allongement, (les éléments d'une rangée étant plus denses) qu'ils réussissent mieux à dénombrer des quantités discontinues.

Une autre variable importante à l'intérieur des arrangements présentés est sans aucun doute le nombre d'éléments. Les configurations 2 et 12, 3 et 13 et 4 et 14 montrent qu'à égale configuration l'épreuve est toujours mieux réussie quand le nombre d'éléments est petit. On remarque de plus que le pourcentage de réussite est supérieur quand le nombre ne dépasse pas six.

En analysant plus attentivement les configurations, on remarque que plus il y a de différence entre le nombre d'éléments à comparer, mieux elles sont réussies par les enfants. Ainsi, la configuration 6 où le nombre d'éléments à comparer était de six et cinq, est moins bien réussie que la configuration 4 où l'on retrouvait six et quatre éléments. Pour la configuration 7 où la différence entre les quantités est plus grande (six et trois), est encore mieux réussie que les deux précédentes.

Voyons maintenant les effets de la présentation linéaire et non-linéaire sur les résultats. Les configurations linéaires (configurations 2 et 8) et les arrangements non-linéaires (configurations 9 et 10), toutes quatre constituées

avec le même nombre d'éléments ne sont pas également réussies. En effet, les configurations non-linéaires sont mieux réussies que les linéaires. Ainsi, ce type d'arrangement non-linéaire serait plus facilement dénombrable que certains arrangements linéaires.

En regardant les types d'arrangements non-linéaires qui ont été présentés aux enfants, comme les configurations 9 et 10, on s'aperçoit qu'ils réussissent moins bien lorsqu'il y a irrégularité dans l'arrangement non-linéaire que lorsqu'il y a régularité. Ainsi, la régularité dans l'arrangement spatial faciliterait plus le dénombrement des quantités discontinues que lorsqu'il y a irrégularité.

On remarque de plus que parmi les configurations où le nombre d'éléments à comparer est identique (configurations 1, 2, 8, 9, 10, 11 et 12) la mieux réussie est la numéro 1 où la correspondance terme à terme est directement établie.

Le fait que nous ayons obtenu une différence et une augmentation progressive du pourcentage de réussite aux configurations dans les six tranches d'âge, vient confirmer la deuxième hypothèse de notre recherche. Nous pouvons donc affirmer qu'il y a une relation directe entre l'âge des enfants et leur capacité de dénombrer des quantités discontinues.

Nous constatons qu'à une certaine période, il y a un décalage qui apparaît. Ainsi, le fait que l'on retrouve une différence significative au niveau de la réussite des trois premiers groupes comparativement aux trois derniers, nous permet de prétendre qu'entre les âges de cinq ans et demi et six ans, les enfants franchissent une étape importante dans la voie de la conservation.

Conclusion

Notre recherche avait pour objectif d'examiner un aspect particulier de la conservation des quantités discontinues, à savoir de quelle façon certains arrangements spatiaux différents pouvaient présenter des difficultés en terme de capacité de dénombrement chez des enfants du stade pré-opératoire. Notre recherche visait aussi à préciser les périodes d'âge où une évolution a lieu dans le domaine de la quantification.

Nos hypothèses étaient qu'il y aura une différence de réussite en fonction des configurations et que les enfants ne réussiraient pas de la même façon selon leur âge.

Il semblerait qu'une des causes influençant et amenant les enfants à être incapables de conserver, serait qu'ils basent leur jugement sur la longueur respective des rangées et qu'ils prétendent que la plus longue contient le plus d'éléments. Néanmoins, dans les mêmes circonstances, ils réussissent mieux lorsque le nombre d'éléments présenté est petit.

On remarque effectivement que le nombre d'éléments contribuent aussi à compliquer la tâche des enfants dans toutes les épreuves. En ce sens, en présentant des épreuves où les

rangées sont de longueur égale et lorsque le nombre de leurs éléments est différent, on s'aperçoit que les enfants réussissent mieux lorsque le nombre est petit. Le taux de réussite étant plus élevé lorsque la quantité présentée ne dépasse pas six.

On remarque aussi que les enfants réussissent mieux lorsque les rangées sont de la même longueur que lorsqu'elles sont inégales. N'étant plus influencé par l'allongement, ils semblent s'arrêter davantage sur le critère du nombre d'éléments.

Au niveau de la différence entre le nombre d'éléments à comparer, on remarque que plus la différence est marquée, meilleur est le pourcentage de réussite des enfants.

En comparant les configurations linéaires avec les non-linéaires, il ressort que la non-linéarité facilite davantage le dénombrement. Pour ce qui est des arrangements non-linéaires, on s'aperçoit que la régularité dans ce type d'arrangement facilite la réussite.

Telle que nous pouvions nous y attendre en ce qui concerne le facteur âge, en plus de démontrer qu'il est un facteur important, notre recherche fait ressortir qu'il y a des changements importants qui se produisent entre les âges de cinq ans et demi et six ans. En effet, une brusque augmentation de la performance se manifeste à cet âge et on voit que pour toutes

les configurations, on atteint et dépasse le pourcentage de réussite de 75%.

Notre recherche démontre que divers facteurs perceptifs viennent influencer l'enfant au niveau de sa capacité de dénombrer des quantités. Cet ensemble de facteurs devraient être considérés lors de la définition de méthodes d'apprentissage de la mathématique élémentaire afin de mieux ajuster l'apprentissage à l'évolution spontanée de l'enfant.

Enfin, une recherche future s'orientant vers l'examen approfondi de l'importante évolution qui survient entre l'âge de cinq ans et demi et six ans, permettrait de déterminer quels facteurs le favorisent. Une analyse qualitative assurerait une meilleure compréhension du type de raisonnement utilisé par l'enfant à ce moment.

Appendice A

Feuille protocole

Nom: _____ Ecole: _____

Date: _____ Date de naissance: _____

Age au test: _____ Professeur: _____

Groupe: _____ Occupation du père: _____

Ordre de présentation: _____

1)	
2)	
3)	
4)	
5)	

6)

7)

8)

9)

10)

11)

12)

13)

14)

Commentaires:

Remerciements

Nous tenons à remercier Madame Ercilia Quintin qui fut notre directeur de thèse, pour son aide et son support tout au long de notre recherche. Nos remerciements vont également au personnel de la Commission Scolaire de Trois-Rivières et du Lac St-Pierre, qui nous ont permis de rencontrer les enfants pour notre expérimentation.

Références

- AKHTER, Khan (1972). Children's use perceptual groupings in counting. University Microfilms. Microfiche no. ED077752.
- BERTHOUD, M. Les systèmes de référence spatiaux et leur interaction chez les enfants d'âge pré-scolaire. L'année psychologique. Vol. 72-73, 23-35.
- BEVER, T., MEHLER, J. & EPSTEIN, J. (1968). What children do in spite of what they know. Science, 162, 921-924.
- BINET, Alfred (1890). La perception des longueurs et des nombres chez quelques petits enfants. Revue Philosophique, 30, 68-81.
- BJONERUD, C.E. (1960). Arithmetic concepts possessed by the preschool child. The arithmetic teacher, 2, 347-350.
- BFACE, A. & NELSON, L.D. (1965). The preschool child's concept of number. 12, 126-133.
- BRAINEED, C.J. (1973). Mathematical and Behavioral Foundations of number. The journal of Genetic Psychology, 88, 221-281.
- BRYANT, P.E. (1974). Perception and understanding in young children. Basic Books, Inc., Publishers. New York.
- DODWELL, F.C. (1966). Children's understanding of number and related concepts. Canadian Journal of Psychology, 14, 191-205.
- ELKIND, D., KOEGLER, R. and GO, E. (1964). Studies in perceptual development. II. Part-Whole perception. Child Development, 35, 81-90.
- FROSTIG, M., MASLOW, P., LE EVER, W. et WHITTLESEY, J. (1964). The Marianne Frostig developmental Test of Visual Perception: 1963 Standardization. Perceptual and Motor Skills, 10, 463-490.
- GELMAN, R. (1972). Logical capacity of very young children: Number invariance rules. Child Development, 43, 75-90.

- GELMAN, Rochel (1972). The nature and development of early number concepts. Advances in child Development and Behavior, Vol. 7.
- GRECO, P., GRIZE, J.B., PAPERT, S. et PIAGET, J. (1960). Problèmes de la construction du nombre. Presses Universitaires de France, Paris.
- HATWELL, Y. (1966). Privation sensorielle et intelligence. Paris, P.U.F., 47.
- HENRY, D.E. (1976). Interrelationships among attentional preferences, cardinal-ordinal ability and conservation of number. Child Development, Vol. 47, No. 3.
- JONES, L. C. (PhD) (1973). The role of mental age and perceptual development in number concept formation. Université de Waterloo, no. 16874.
- KLAHR, D. et WALLACE, J.G. (1973). The role of quantification operators in the development of conservation of quantity. Cognitive Psychology, 4, 301-327.
- KLEINSCHMIDT, Gottfried. (1968). A developmental study of the understanding of the concept of quantity by children between 4.5 and 6.5 year of age. Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie. Vol. 17, No. 5, 183-189.
- LAPOINTE, Karen, O'DONNELL, James P. (1974). Number conservation in Children below Age Six: Its relationship to age, Perceptual Dimensions, and Language Comprehension. Developmental Psychology, Vol. 10, No. 3, 422-428.
- LAWSON, Glen, BACON, Jonathan, SIEGEL, Linda (1974). The role of number and length cues in Children's quantitative judgments. Child Development, Vol. 45, 731-736.
- MEHLER, J. & BEVER, T. (1967). Cognitive capacity of very young children. Science, 158, 141-142.
- MILLER, G.A. The Magical Number Seven Plus or Minus Two. Some limits of our capacity for information processing, Psychol. Rev., 1956, 63, p. 81-97.
- O'BRYAN, K. and BOERSMA, F. (1971). Eye movements, perceptual activity and conservation development. Journal of Experimental Child Psychology, 12, 157-169.
- OSTERRIETH, Paul (1973). Introduction à la psychologie de l'enfant, Paris, P.U.F., 191-192.

- PETERS, D.L., RUBIN, Kenneth (1969). "The effects of cued materials and transformation variations and conservation of number. Alberta Journal of Educational Research, Vol. XV, no. 1.
- PIAGET, Jean (1977). Mes idées, Paris, Editions Denoël/Gonthier, 130, 75.
- PIAGET, Jean (1977). La naissance de l'intelligence chez l'enfant, Neuchâtel, 9^e édition, Delachaux et Niestlé, 8, 141, 235.
- PIAGET, Jean (1972). Problèmes de psychologie génétique, Paris, Ed. Denoël/Gonthier, 18.
- PIAGET, Jean (1967). La psychologie de l'intelligence, Paris, Colin, 11-12-13, 140.
- PIAGET, J. (1968). Quantification, conservation and nativism. Science, 162, 976-979.
- PIAGET, Jean (1964). Six études de psychologie. Genève, Editions Denoël/Gonthier, 25.
- PIAGET, J., INHEIDER, B. (1962). Le développement des quantités physiques chez l'enfant. Editions Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- PIAGET, Jean, INHEIDER, Bärbel (1975). La psychologie de l'enfant, Paris, P.U.F., 124-125.
- PIAGET, J., SZEMINSKA, A. (1964). La genèse du nombre chez l'enfant. Editions Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- POLLIC, H.R. & WHITACRE, J.D. (1970). Some observations on the use of natural numbers by preschool children. Perceptual and Motor Skills, 30, 167-174.
- PUFALL, Peter B., SHAW, Robert E. (1972). Precocious thoughts on Number: the long and short of it. Developmental Psychology, Vol. 7, 62-69.
- POSENQUIST, L.L. (1940). Young children learn to use arithmetic. Boston: Ginn and Company.
- SCANTHURST, J.M., MCGEE, R. (1972). An exploratory investigation of basic mathematical abilities of kindergarten children. Journal of structural learning, Vol. 3 (3), 70-98.

- SCHAFFER, B., EGGLESTON, V.H., SCOTT, J.L. (1974). Number development in young children. Cognitive Psychology, 6 (3), 357-379.
- SCHMINKE, C.W. and ARNOLD, W.R. (1971). Mathematics is a verb. Hinsdale Illinois: The dryden Press, Inc.
- SIEGEL, Linda S. (1974). Development of Number Concepts: Ordering and Correspondence Operations and the role of length Cues. Developmental Psychology, Vol. 10, no. 6, 907-912.
- SIEGEL, Linda S. (1974). Heterogeneity and Spatial Factors as Determinants of Numeration Ability. Child Development, 45, 532-534.
- SIEGEL, L.S., GOLDFSTEIN, A.G. (1969). Conservation of number in young children. Recency versus relational response strategies. Developmental psychology, Vol. 1, 128-130.
- SILVERMAN, I.W., VANDERHORST, G.N., EULL, W.H. (1976). Perception as a possible source of conservation: evidence for length conservation. Child development, Vol. 47 (2), 427-433.
- SMITHER, S.J., SMILEY, S.S., REES, R. (1974). The use of perceptual cues for number judgement by young children. Child development, Vol. 45, 693-699.
- SPITZER, H.F. (1967). Teaching elementary school mathematics. Boston: Houghton Mifflin Co.
- STOKES, C.M. (1951). Teaching the meanings of arithmetic. N.Y.: Appelton-Century-Crofts, Inc.
- VURPILLON, E., LECUYER, E., MCAL, A. (1971). Perception de déplacements et jugements d'identité chez l'enfant d'âge préscolaire. L'année psychologique, Vol. 71.
- YOUNG, A.W. et MCPHERSON, J. (1976). Ways of making number judgments and children's understanding of quantity relations. British Journal of Educational Psychology, 46 (3), 328-332.
- ZIMILES, H. (1963). A note on Piaget's concept of conservation. Child Development, 34, 691-695.