

a c t u a l i t é s



pédagogiques et
psychologiques

La génèse des structures logiques élémentaires

Classification et sériations

Jean Piaget
Bärbel Inhelder


delachaux
et niestlé

016352697

1



pédagogiques et
psychologiques

La genèse des structures logiques élémentaires

Classification et séries

La genèse des structures logiques élémentaires

Barbel Inhelder

16

D1

1999-52238

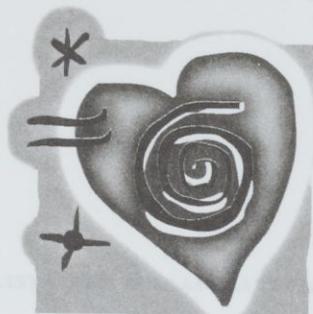
de la
et de la

0-222-017

La génèse des structures
logiques élémentaires

N 1082-22201

actualités



pédagogiques et
psychologiques

La génèse des structures logiques élémentaires

Classification et sériations

Jean Piaget
B rbel Inhelder


delachaux
et niestlé

DL-15 10 1998 42408



Si vous désirez être tenu au courant des publications de l'éditeur de l'ouvrage, il vous suffit d'envoyer votre adresse, en mentionnant le pays, aux éditions

DELACHAUX ET NIESTLÉ
Service de promotion
79, route d'Oron
CH - 1000 Lausanne 21

Vous recevrez régulièrement, sans engagement de votre part, nos catalogues et une information sur toutes les nouveautés que vous trouverez chez votre libraire.

ISBN 2-603-00838-2

Cet ouvrage ne peut être reproduit, même partiellement et sous quelque forme que ce soit (photocopie, décalque, microfilm, duplicateur ou tout autre procédé), sans une autorisation écrite de l'éditeur.

© Delachaux et Niestlé S.A., Lausanne (Suisse) - Paris, 1991.

Tous droits d'adaptation, de reproduction et de traduction réservés pour tous pays.



LISTE DES COLLABORATEURS

- VINH-BANG, privat-docent à l'Institut des sciences de l'éducation (I. S. E.),
(Institut J. J. Rousseau).
- YVONNE FELLER, assistante au Centre d'épistémologie génétique.
- HARDI FISCHER, ancien assistant à l'I. S. E.
- FRANÇOISE FRANK, assistante à l'I. S. E.
- JOSEPH MAROUN, ancien assistant à l'I. S. E.
- BENJAMIN MATALON, assistant au Laboratoire de psychologie et à l'I.S.E.
- FRANCINE MATTHIEU, ancienne assistante à l'I. S. E.
- ELISABETH Mc NEAR, ancienne élève de l'I. S. E.
- ALBERT MORF, collaborateur au Centre d'épistémologie génétique,
Faculté des sciences.
- HANNAH NIEDORF, ancienne assistante à l'I. S. E.
- GERALD NOELTING, collaborateur à l'I. S. E.
- BERTHE REYMOND-RIVIER, chargée de suppléance à l'I. S. E.
- MARIE-CLAUDE REYMOND, assistante à l'I. S. E.
- WADE SEARS, ancien étudiant à l'I. S. E.
- ELSA SIOTIS, assistante à l'I. S. E.
- SUZANNE TAPONIER, assistante à l'I. S. E.
- MARIA ZANETTA, ancienne assistante à l'I. S. E.
- ARIANE ETIENNE, assistante à l'I. S. E.

Ouvrages de Jean Piaget parus chez le même éditeur :

La construction du réel chez l'enfant

La formation du symbole chez l'enfant

Imitation, jeu et rêve, image et représentation

Le jugement et le raisonnement chez l'enfant

Études sur la logique de l'enfant

Le langage et la pensée chez l'enfant

Études sur la logique de l'enfant

Le développement des quantités physiques chez l'enfant

Conservation et atomisme

(avec B. Inhelder)

La genèse du nombre chez l'enfant

(avec A. Szeminska)

Morphismes et catégories

Comparer et transformer

(avec G. Henriques et E. Ascher)

La naissance de l'intelligence chez l'enfant

PRÉFACE

Notre premier devoir sera de nous excuser auprès des lecteurs de leur infliger un volume de plus à parcourir. Et pourtant l'idée de cet ouvrage s'imposait à nous depuis longtemps : depuis le temps où à propos de la formation du nombre et des quantités chez l'enfant, de l'espace et du hasard, du raisonnement inductif, etc., nous parlons de la genèse des opérations logiques élémentaires, nous n'avons en fait consacré aucune étude directe au développement de ces structures comme telles. C'est pourquoi une recherche systématique sur la formation des classifications et des sériations s'imposait, à tel point que nous eussions dû commencer jadis par là : mais on n'aborde souvent qu'au terme de ses travaux l'analyse des questions de départ...

Notre seconde excuse sera que, ayant été trop souvent soupçonnés d'écrire des ouvrages et de construire des théories sur 10 ou 20 cas individuels, nous tenions à livrer une fois le détail de nos tableaux statistiques et de l'effectif de nos sujets d'expérience.

Notre troisième excuse (et il convient d'insister sur ce point) est que dans des ouvrages comme les nôtres, les idées centrales n'occupent en fait qu'un nombre restreint de pages, le reste étant consacré à une documentation livrée pour être consultée, mais non pas pour être lue in extenso dès le premier contact. Dans le cas particulier, nous nous permettons donc de conseiller au lecteur de commencer par les conclusions, puis de chercher dans les divers chapitres les compléments d'information qu'il jugera utiles pour la justification des thèses qu'il désirerait discuter ou retenir. Enfin (mais seulement s'il s'astreint à une lecture d'ensemble), il pourra recourir à l'Introduction, dont le but est de fournir les données préalables aux analyses de détail. A vrai dire, nous avons même été tentés de présenter les choses ainsi et de mettre en tête les conclusions et en appendice l'Introduction : mais on nous eût accusés d'avoir déjà ces conclusions dans l'esprit avant d'aborder la récolte et le dépouillement des faits, alors qu'il nous a fallu huit années de travail pour dominer ceux-ci et pour parvenir aux interprétations que nous livrons aujourd'hui au lecteur.

B. I. et J. P.

PREFACE

It is a pleasure to have this book published. The author is indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book. The author is also indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book. The author is also indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book.

The author is indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book. The author is also indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book. The author is also indebted to the many friends and colleagues who have helped him in the preparation of this book.

INTRODUCTION

POSITION DES PROBLÈMES ET QUESTIONS PRÉALABLES

Le but de cette introduction est d'indiquer les questions que nous comptons aborder dans cette étude, mais aussi de rappeler un certain nombre de données préalables, déjà analysées en d'autres recherches et dont nous aurons besoin dans ce qui suit, ainsi qu'un certain nombre de définitions indispensables.

Nous nous proposons d'étudier en cet ouvrage, après interrogation de 2159 enfants, la formation des opérations de classification (chap. I-VIII) et de sériation (chap. IX-X), car, si nous connaissons déjà en partie les stades de développement de ces structures opératoires, nous ne savons presque rien encore des mécanismes formateurs qui rendent compte de cette évolution. Notre amie A. Szeminska en avait commencé l'étude, que nous poursuivons aujourd'hui.

Remarquons d'abord que, tout en insistant davantage sur les classifications, qui soulèvent des problèmes bien plus complexes, nous n'en traiterons pas moins simultanément de la question des sériations. A ne considérer que l'une seulement de ces deux structures, on risquerait, en effet, de surestimer le rôle de certains facteurs et de commettre des erreurs systématiques d'interprétation. C'est ainsi que l'action du langage semble plus grand dans le cas des classifications que dans celui des sériations, tandis que l'action des facteurs perceptifs paraît l'emporter dans le second cas : il y a donc avantage à pouvoir comparer les deux situations, de manière à mieux dégager les mécanismes communs qui correspondent sans doute aux mécanismes formateurs essentiels.

Atteindre le mécanisme causal d'une genèse consiste en premier lieu à reconstituer ce qui est donné au point de départ de cette genèse (car aucun développement n'est possible sinon à partir de certaines structures préalables qu'il complète et différencie) et, en second lieu, à montrer de quelle manière et sous l'influence de quels facteurs ces structures de départ se transforment en celles dont il s'agit de rendre compte.

La question à examiner, dans cette introduction, est alors de chercher jusqu'où il convient de reculer l'analyse pour atteindre les structures préalables dont nous devons partir, tandis que ce sera l'objet des chapitres ultérieurs de nous apprendre comment et en vertu de quelles raisons ces structures élémentaires se modifient ou se complètent pour se transformer en celles dont nous nous proposons d'expliquer le développement. Mais il va de soi que, pour ne pas préjuger du mode d'explication que seules justifieront les données de fait, nous n'avons pas le droit, avant de recourir à celles-ci, de décider d'avance quels sont les groupes de facteurs (linguistiques, perceptifs, etc.) que nous rattacherons aux structures préalables et quels sont ceux auxquels nous attribuerons le rôle de transformer ces formes initiales en structures opératoires. La seule méthode légitime consiste donc, pour l'instant, à faire l'inventaire des facteurs structuraux auxquels il nous sera nécessaire de recourir, soit à titre de données préalables à partir desquelles se développent les structures de classification et de sériation, soit à titre de causes provoquant ce développement lui-même.

Nous nous trouvons alors en présence de quatre hypothèses possibles (1 à 4), s'ordonnant selon trois dichotomies successives (I à III) : (I) Ou bien les structures de classification et de sériation sont imposées par le langage seul (1), ou bien elles relèvent aussi d'opérations sous-jacentes au langage. En ce dernier cas, (II) ou bien ces opérations proviennent de coordinations dues à des émergences indépendantes du milieu (2), traduisant par exemple une maturation tardive de certaines connexions nerveuses, ou bien elles se constituent à partir de structures antérieurement élaborées. En ce dernier cas (III), ou bien leur source est à chercher dans les structures perceptives (3), ou bien elles résultent d'une différenciation des schèmes sensori-moteurs en général (4). Toute autre source éventuelle, telle que par exemple la capacité d'anticiper les classifications ou les sériations par le moyen des images mentales, revient aux précédentes, car l'image elle-même¹ ne saurait s'appuyer en fin de compte que sur la perception ou sur des mécanismes sensori-moteurs plus complexes.

Le rôle de cette introduction est alors le suivant : il convient, d'une part, que nous fassions l'inventaire, dans les différents domaines ainsi énumérés, des formes ou structures susceptibles de servir de point de départ à la construction des classifications ou des sériations; il importe, d'autre part, que nous évaluions l'écart entre chacune de ces sources possibles et les structures finales dont il s'agit de rendre compte. Après quoi seulement nous pourrons chercher, dans les chapitres suivants, à analyser la manière dont cette distance est franchie, en éclairant alors les faits au moyen des références que nous aurons dégagées par l'examen de ces structures préalables.

1. LE LANGAGE. — Il est clair, tout d'abord, que le langage comporte, en sa syntaxe et en sa sémantique mêmes, des structures de classification

¹ Nous ne pourrions pas réserver en cet ouvrage un examen détaillé à ce rôle des images, mais avons une série de recherches en cours sur ce sujet, auquel nous espérons consacrer un prochain volume.

ainsi que de sériation. Pour ce qui est des premières, il est inutile d'y insister, puisque tous les substantifs et les adjectifs consistent à découper le réel en classes qui, ou bien se transmettent à l'enfant apprenant à parler, par le fait qu'il confèrera à ces mots le même sens que les adultes, ou bien ne se transmettent pas intégralement, mais l'influencent cependant en l'obligeant tout au moins à un début de classement. Quant aux sériations, le langage en contient peu de complètement élaborées (à part certaines séries à termes explicitement dénommés, telles que celle conduisant d'« arrière-grand-père » à « grand-père », « père », « fils », « petit-fils », etc.). Mais il en suggère parfois, grâce à certaines formes grammaticales spéciales, telles que les comparatifs et superlatifs, etc.

Une première hypothèse consisterait donc à attribuer au langage toute la formation des classifications et des sériations, tandis que l'autre terme de l'alternative consisterait à ne lui prêter qu'un rôle auxiliaire (d'accélérateur, etc.), ou même un rôle nécessaire quant à l'achèvement de ces structures, mais non suffisant quant à leur formation, et à expliquer celle-ci par des mécanismes opératoires indépendants de leur expression verbale et sous-jacents aux activités linguistiques.

Trois méthodes semblent alors s'imposer pour décider entre ces possibilités : l'examen des sourds-muets, l'analyse des premiers schèmes verbaux (ou des « préconcepts ») et celle de certains schèmes opératoires liés au langage courant.

Sur le premier point, nous n'avons pas fait nous-mêmes de recherches particulières, mais tant le bel ouvrage de P. Oléron¹ et les articles de M. Vincent² sur l'évolution intellectuelle des sourds-muets que les recherches de notre collaboratrice F. Affolter sur le développement, chez les enfants sourds-muets de certaines structures opératoires étudiées par nous chez les normaux, ont abouti aux deux résultats suivants : (a) l'évolution des sériations ne diffère pas sensiblement dans les deux situations ; (b) les sourds-muets réussissent les mêmes classifications élémentaires que les normaux, mais manifestent un retard dans le cas de classifications plus complexes (par exemple avec passage d'un critère possible à un autre pour les mêmes éléments, etc.). L'essentiel de nos opérations est donc représenté chez les sourds-muets, qui sont d'ailleurs naturellement en possession de la fonction symbolique (langage par gestes, etc.). Le langage articulé, socialement transmis par éducation, ne semble ainsi pas nécessaire à la formation des structures opératoires, mais il joue un rôle adjuvant indiscutable et constitue peut-être la condition nécessaire, quoique non suffisante, de l'achèvement de ces structures sous leurs formes généralisées.

L'étude des premiers schèmes verbaux ou « préconcepts » de l'enfant a été esquissée par l'un de nous³ et a déjà montré que, si l'acquisition du langage accélère la formation des classes et permet tôt ou tard une transmission des classifications collectives, il n'en est pas ainsi dès le

¹ P. OLÉRON, *Recherches sur le développement mental des sourds-muets*, Paris (C.N.R.S.), 1956.

² *Enfance*, 1951 (4), 222-38; 1956, 1-20 et 1957, 443-64.

³ J. PIAGET, *La formation du symbole chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé.

départ. A tous les niveaux, le langage ambiant est assimilé sémantiquement aux structures du sujet, et, s'il contribue à modifier celles-ci, il ne leur en est pas moins subordonné d'abord quant à son interprétation. C'est ainsi qu'un même signifiant (substantif ou adjectif) peut être entendu par l'enfant comme s'appliquant à des signifiés de généralités très diverses, s'étendant entre la faible généralité du schème imagé et la généralité proprement générique. Autrement dit, le fait d'appeler un chat un chat ne prouve encore nullement que l'enfant d'un certain âge possède la « classe » des chats, car le nom qu'il emploie a beau être emprunté au langage de l'adulte (qui comprend la classe des chats et l'inclut dans celle des animaux, des êtres vivants, etc.), il peut ne désigner encore qu'un schème imagé à mi-chemin entre l'individuel et le générique.

Par exemple, un enfant de 3 à 5 ans décrivant le résultat du mouvement d'un éventail comme constituant « du vent » (l'enfant appelait « de l'amaïn » le courant d'air produit par une branche agitée à la main et distinguait ensuite l'« amaïn blanc » ou air transparent et l'« amaïn bleu » du ciel !) ne pourra pas décider si ce « vent » est le même objet individuel que la brise agitant les feuilles des arbres ou s'il s'agit de deux termes analogues mais distincts, appartenant simplement à la même classe. De même l'ombre produite par un écran sur la table est dite provenir « de l'ombre des arbres », etc., sans que l'enfant choisisse entre l'individuel (même substance déplacée) et le générique (même catégorie de phénomènes). L'hésitation fréquente entre les mots « la lune » ou « une lune » (et même entre « la » limace ou « une » limace) traduit la même indécision.

En bref, dès le départ, le langage favorise une série d'assimilations successives qui engendrent autant de relations de ressemblances (et de différences en fonction des obstacles à ces assimilations). Mais, durant une période assez longue, de telles relations ne se concrétisent pas pour autant en *réunions actuelles* comportant les relations de partie à tout ou d'inclusions qui seraient nécessaires à la formation de classes proprement dites. C'est pourquoi le langage, si important que soit son rôle dans l'élaboration des structures logiques, ne saurait être considéré, chez l'enfant normal lui-même, comme leur facteur essentiel de formation.

Nous avons, dans ce qui suit, essayé de serrer de plus près ce rôle du langage en analysant précisément le développement et l'achèvement de ces schèmes opératoires liés au maniement des quantificateurs verbaux « tous » et « quelques » (voir le chap. III) et aboutissant à la quantification de l'inclusion (si « tous les oiseaux A sont des animaux B » et si « tous les animaux ne sont pas des oiseaux », il existe alors plus d'animaux que d'oiseaux, donc $B > A$: voir le chap. IV). Or, sans anticiper sur le détail de ces chap. III et IV, il est sans doute utile d'en annoncer dès maintenant le principal résultat : c'est qu'il ne suffit pas que de tels schèmes opératoires correspondent à des liaisons inscrites d'avance dans le langage ambiant pour assurer l'assimilation immédiate de ces dernières; leur compréhension et leur emploi supposent au contraire une structuration et même une suite de restructurations

qui relèvent de mécanismes logiques ne se transmettant pas sans plus mais s'appuyant nécessairement sur les activités du sujet.

Au vu de ces trois sortes de données, nous ne nous sommes pas proposé en cet ouvrage d'aborder systématiquement l'étude des relations entre les classifications ou les sériations et le langage conçu comme facteur d'accélération et d'achèvement car, d'une part, chacun reconnaît l'importance d'un tel facteur et, d'autre part, les conditions de la genèse des structures nous ont retenus davantage que celles de leur terminaison. Mais, même en ce qui concerne cette terminaison, le parallélisme et le synchronisme frappants que nous observerons entre l'évolution des classifications et celle des sériations constitueront à eux seuls un argument décisif, nous semble-t-il, quant à l'intervention d'un développement opératoire qui utilise certes le langage mais le domine toujours, puisque si les structures de classification sont inscrites en un sens dans les structures verbales, cette union est beaucoup moins étroite en ce qui concerne les structures sériales, dont l'achèvement marque cependant une légère avance par rapport aux précédentes.

2. LA MATURATION. — Si le langage ne constitue pas la cause unique des structures opératoires (même en ce qui concerne les seules classifications), et si celles-ci relèvent de mécanismes plus profonds et sous-jacents à l'utilisation de la langue, on pourrait concevoir ces mécanismes comme liés à des coordinations nerveuses indépendantes du milieu et parvenant progressivement à maturation.

Nous nous trouvons ici en présence de l'un des problèmes les plus difficiles de la psychologie génétique contemporaine, car si l'on a usé et abusé en psychologie du concept de maturation à tous les niveaux du développement, la neurologie est demeurée à peu près muette en ce qui concerne les étapes effectives de cette structuration endogène, sauf en ce qui concerne les premiers mois de l'existence.

Nous sommes donc obligés, par mesure de prudence, de réserver une part à la maturation, en supposant par exemple que le tournant de 7 à 8 ans, si remarquable à tant de points de vue dans le développement des structures opératoires dans nos sociétés dites civilisées (où il coïncide avec les débuts de l'enseignement du premier degré, etc.) correspond sans doute à quelque transformation des structures nerveuses.

Mais nous n'en savons rien en fait et ne connaissons surtout aucune structure cognitive dont on puisse démontrer qu'elle résulte exclusivement de facteurs endogènes liés à la maturation. La notion de maturation paraît un peu plus claire du point de vue négatif, en ce sens que d'attribuer au défaut d'appareils nerveux suffisants l'absence d'un comportement (par exemple l'absence entre 2 et 4 ans de tout raisonnement hypothético-déductif) semble comporter un sens. Sous son aspect positif, la maturation du système nerveux se borne par contre à élargir sans cesse le champ des possibilités accessibles au sujet : mais entre la possibilité d'un comportement et son actualisation, il reste à faire intervenir l'action du milieu physique (exercice et expérience acquise) et, en plus de cet apprentissage, toutes les influences éducatrices du milieu social.

3. LES FACTEURS PERCEPTIFS. — Si les structures opératoires de classification et de sériation ne comportent pas de source aisée à repérer à partir du langage ou à partir des émergences dues à la maturation, il ne reste qu'à en retracer l'histoire à partir des structures cognitives les plus élémentaires qui sont les structures perceptives et sensori-motrices.

Bien avant d'apprendre à classer et à sérier les objets, l'enfant les perçoit déjà selon certaines relations de ressemblances et de différences et l'on pourrait être tenté de chercher en ces relations perceptives la source des classifications et des sériations. Tous les auteurs sont, en effet, d'accord aujourd'hui sur le fait que la perception atteint des relations et non pas seulement des termes isolés dont la mise en relation serait due à des mécanismes ultérieurs (associations, jugements, etc.). Il est donc indispensable de se demander jusqu'à quel point ces relations proprement perceptives peuvent servir de point de départ aux classifications (lesquelles supposent des relations de ressemblances entre éléments de mêmes classes et de différences entre ceux de classes distinctes) ainsi qu'aux sériations (lesquelles consistent en enchaînements de relations asymétriques, transitives et connexes).

Mais avant de nous livrer à cet examen, il convient de préciser qu'il n'implique nullement l'adhésion à cette hypothèse courante suivant laquelle la perception constituerait la source de toutes les connaissances relatives aux objets. Deux interprétations bien distinctes sont en effet possibles, entre lesquelles nous n'avons pas à choisir pour le moment, mais qu'il est nécessaire d'avoir présentes à l'esprit de manière à ne pas fausser dès l'abord la recherche des analogies éventuelles entre certaines structures perceptives et les structures de classification et de sériation.

La première de ces deux interprétations reviendrait à admettre l'existence d'une connaissance perceptive antérieure à toutes les autres formes de connaissance et indépendante d'elles : en un tel cas la connaissance perceptive serait « élémentaire » (ce qui n'implique d'ailleurs pas d'atomisme sensoriel et peut s'entendre en termes de « Gestalt ») et les diverses variétés de structurations intelligentes (intelligence sensori-motrice, conceptuelle, etc.) consisteraient soit en extensions, élargissements ou assouplissements des structures perceptives initiales, soit en constructions de nouvelles structures tirant leur contenu des données perceptives déjà structurées antérieurement ou s'intégrant ces structures antérieures.

La seconde des deux interprétations possibles revient au contraire à supposer qu'à tous les niveaux la perception est solidaire de schèmes d'actions d'ordre supérieur à elle et susceptibles d'influencer ses structures. En un tel cas, et même en admettant que l'action n'est connue que grâce à l'ensemble de ses indices perceptifs (indices proprioceptifs pour ce qui est de son exécution, et extéroceptifs pour ce qui est des situations qui la déclenchent, ainsi que de ses résultats), on ne saurait considérer la connaissance des objets comme étant « d'abord » perceptive et « ensuite » supraperceptive : cette connaissance serait dès le départ relative aux schèmes d'action auxquels est assimilé l'objet (et

cela dès les schèmes réflexes jusqu'à ceux qui résultent d'apprentissages variés), et les structures perceptives seraient dès le départ à concevoir comme solidaires de structures plus étendues. Selon cette seconde hypothèse, il y aurait encore avantage à commencer notre examen en remontant aux structures perceptives, mais seulement en tant que plus simples, et non plus en tant qu'« élémentaires ».

Cela dit, en choisissant parmi les structures perceptives celles qui demeurent les plus constantes avec l'âge et par conséquent celles qui présentent la plus grande autonomie relative — telles sont, par exemple, les formes dites géométriques et toutes les structures visuelles que nous appellerons « primaires » parce que leurs effets se manifestent déjà à l'intérieur d'un seul champ de centration — nous relevons l'existence d'un certain nombre de types de liaisons qui intéressent le développement des classifications et des sériations pour les raisons suivantes. Il s'agit en fait de formes d'organisation que l'on peut considérer comme préfigurant certains aspects des structures opératoires de classes et de relations, mais comme les préfigurant partiellement, c'est-à-dire sur certains points seulement; le problème subsiste alors entièrement de savoir comment ces types de liaisons seront ou complétés ou coordonnés de façon nouvelle jusqu'à permettre la construction des opérations classificatrices et sériatrices.

Pour dégager ces types de liaisons intéressants à notre point de vue particulier, nous n'allons pas naturellement procéder à un inventaire systématique préalable des formes connues d'organisation perceptive, de manière à y sélectionner après coup ce qui nous concerne, mais nous nous contenterons de la marche inverse: partant de ce que nous ont appris les faits contenus dans ce volume, nous définirons d'abord les liaisons les plus générales en jeu dans les classifications et les sériations et chercherons ensuite ce à quoi elles sont susceptibles de correspondre dans les structures perceptives.

A. *Les classes.* — A commencer par les concepts en jeu dans les classifications, nous les caractériserons à la fois par leur « compréhension » et par leur « extension » telles qu'elles se manifestent dès le palier d'équilibre de 9-10 ans (ce que nous savons, pour la compréhension, par le test des définitions de Binet et Simon, et, pour l'extension, par les recherches qui vont suivre sur le « tous » et le « quelques », etc.: chap. III et IV).

Nous dirons donc qu'on peut parler de classes à partir du moment (et seulement à partir du moment) où le sujet est capable (1) de les définir en compréhension par le genre et la différence spécifique; et (2) de les manipuler en extension selon des relations d'inclusion ou d'appartenance inclusive supposant un réglage des quantificateurs intensifs « tous », « quelques », « un » et « aucun ».

Il est sans doute utile, pour la clarté de l'exposé, de commencer par fournir la définition de chacun de ces termes¹:

¹ Ces définitions elles-mêmes ne comportent aucune interprétation et se bornent à préciser le sens de notre terminologie.

Df. 1. Etant donné un système de classes A , A' et B telles que $B = A + A'$ et $A \times A' = 0$ (A' étant donc la complémentaire de A sous B , puisque A et A' sont disjointes), nous appellerons « compréhension » de ces classes l'ensemble des qualités communes aux individus de chacune de ces classes et l'ensemble des différences distinguant les membres de l'une des classes et ceux d'une autre.

Df. 2. Nous appellerons « relations de ressemblance » (a pour les A ou b pour les B) les qualités communes aux membres d'une classe, même quand cette qualité est formulée en tant que prédicat non relatif. Par exemple « toutes les herbes (A) sont vertes (a) » signifie qu'elles se ressemblent en tant que vertes et présentent donc la relation « co-vertes ».

Df. 3. Nous appellerons « altérité » a' les différences entre les membres de la classe A' et ceux de la classe A lorsqu'ils se ressemblent sous B : par exemple les cousins germains des A sont les petits-fils d'un même grand-père (sont donc des B) mais qui n'ont pas le même père que les A , soit $a' = b$ non a . Ou encore les végétaux sont des êtres vivants non animaux (l'altérité étant ici la différence non-animal).

Df. 4. Définir par le genre et la différence spécifique revient à caractériser les membres d'une classe sous la forme : à la fois b et a ou à la fois b et a' .

Df. 5. Nous appelons « extension » l'ensemble des membres (ou individus) d'une classe, définie par sa compréhension.

Df. 6. Nous appelons quantification intensive l'attribution aux membres d'une classe des quantificateurs « tous », « quelques » (y compris « quelque ») et « aucun ». Si « tous les A sont quelques B » on saura donc qu'il existe davantage de B que de A , mais on ne saura rien des relations quantitatives entre A et A' (où $A' = B - A$).

Df. 7. Nous appellerons inclusion de la classe A dans la classe B la relation qui vérifie les expressions « tous les A sont quelques B » et $A < B$ (nous distinguons ces deux expressions, car certains sujets peuvent ne pas comprendre la seconde tout en paraissant admettre la première).

Df. 8. Nous appellerons « appartenance inclusive » (symbole : epsilon = ϵ) la relation entre un individu x et une classe A dont il fait partie, soit $(x) \epsilon (A)$. Nous distinguons cette relation de l'« appartenance partitive » dans laquelle un élément x n'est qu'une partie spatiale ou un « morceau » d'un objet total (tel qu'un nez par rapport au visage), ainsi que de l'« appartenance schématique » ou identification d'un élément x par assimilation récognitive à un schème perceptif ou sensori-moteur.

Ces définitions admises, cherchons maintenant jusqu'à quel point de telles liaisons trouvent dans la perception leurs équivalents ou leurs analogues plus ou moins lointains. Or, de telles équivalences existent, sous des formes approchées que l'un de nous a appelées ailleurs « isomorphismes partiels ¹ », mais on ne saurait en comprendre la portée

¹ J. PIAGET et A. MORF, *Les isomorphismes partiels entre les structures logiques et les structures perceptives*, in *Logique et perception* (« Études d'Épistémologie génétique », fasc. VI), Paris (P.U.F.), chap. II.

qu'en précisant d'emblée la différence essentielle qui sépare les ensembles ou agrégats perceptifs des classes logiques : tandis qu'en ces dernières il y a correspondance exacte entre les prédicats ou relations considérés en compréhension et la distribution en extension des éléments ainsi qualifiés, les agrégats perceptifs ne comportent par contre aucune correspondance régulière entre les qualités perçues sur les éléments et leurs groupements en totalités plus ou moins étendues. Et la raison en est que l'extension des ensembles perceptifs est fondée sur un principe de proximité spatiale (perceptions visuelles et tactilo-kinesthésiques) ou temporelle (audition), tandis que l'extension des classes est indépendante de tout facteur de proximité entre leurs éléments. Les trois points essentiels à noter sont ainsi les suivants (en nous limitant à la perception visuelle) :

(1) La perception connaît les relations d'appartenance partitive (par opposition à inclusive : Df. 8) et les étend même aux collections ou objets collectifs en les fondant alors sur la proximité spatiale : c'est ainsi que, dans la fig. 1, l'élément x n'appartient à l'ensemble que dans la

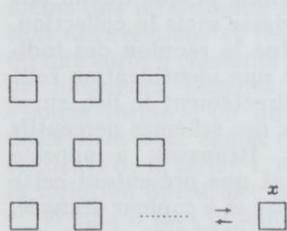


Fig. 1.

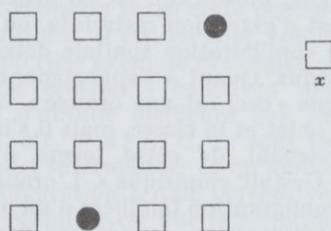


Fig. 2.

mesure où il en est proche; et également dans la mesure où il correspond à une lacune de la figure d'ensemble formée par la collection, tandis que si sa place était occupée et s'il restait à distance, il ne lui appartiendrait plus en rien (cf. l'élément x sur la fig. 2).

(2) La perception connaît aussi les relations de ressemblance, soit par inspection de parties simultanées d'une même figure (les côtés d'un carré ou les deux cercles noirs de la fig. 2), soit par assimilations successives: percevoir le même objet au cours des mouvements du regard, ou lorsqu'il est présenté plusieurs fois de suite; ou percevoir une forme connue grâce aux expériences perceptives antérieures. En ce dernier cas la perception de la ressemblance s'accompagne d'une assimilation, source d'appartenances schématiques (Df. 8).

(3) Mais il n'existe aucune correspondance nécessaire entre les appartenances partitives et les ressemblances. C'est ainsi que, sur la fig. 2, les cercles noirs font partie de la collection principale, tout en ne ressemblant pas aux autres éléments, tandis que le petit carré extérieur x n'en fait pas partie tout en ressemblant à ces autres éléments.

Il résulte de ce point (3) que la perception ne connaît ni inclusions (Df. 7) ni appartenances inclusives (Df. 8) puisque les relations comportent une coordination de la compréhension et de l'extension, tandis que celles-ci demeurent incoordonnées sur le plan perceptif. Il en résulte même que l'on ne saurait parler de « classes perceptives » et ceci pour des raisons identiques.

Mais il faut prévenir ici des malentendus possibles. Quand J. Bruner¹ soutient que la perception est un acte de catégorisation, c'est-à-dire qu'elle a pour fonction essentielle d'identifier un objet en le rattachant à une classe connue (par exemple « ceci est une orange »), il insiste avec raison sur le rôle des ressemblances successives que nous avons admises sous (2) : mais cela ne signifie ni que la classe ait été construite par la perception seule, ni que le sujet perçoive la classe comme telle (en tant, par exemple, que réunion de « toutes les oranges »), ni même qu'il perçoive une appartenance inclusive. La classe n'a pas été construite par la perception, car elle suppose l'intervention, non seulement d'abstractions et de généralisations, mais encore d'opérations additives réglant les extensions et les inclusions. La classe n'est jamais perceptible comme telle, puisqu'elle est en général d'extension indéfinie et que quand elle est d'extension restreinte, on ne perçoit pas la classe mais la collection, à configuration spatiale déterminée, que constitue la réunion des individus. Quant à l'appartenance intervenant dans une identification telle que « ceci est une orange », on ne perçoit pas directement le lien entre l'objet et la classe, mais il s'interpose entre deux des schèmes perceptifs relevant de cette forme d'organisation qu'E. Brunswik a appelée « Gestalt empirique ». L'orange est perçue en tant que présentant cette configuration familière d'un ovoïde à peau rugueuse et à couleur orangée, configuration donnée par l'expérience perceptive antérieure et liée par signalisation à un schème sensori-moteur d'actions consistant à peler le fruit, à le découper et à le croquer ou le presser pour en boire le jus. C'est sur la base de tels schèmes (à la fois perceptifs et moteurs) qu'est fondée la classe, enrichie par ailleurs de diverses comparaisons botaniques. Mais ce que perçoit le sujet, avant de le compléter par le jugement « c'est une orange » n'est que l'« appartenance schématique » (Df. 8) et non pas l'« appartenance inclusive », bien que, grâce à la verbalisation et au jugement conceptuel que celle-ci rend possible, la première de ces appartenances conduise à la seconde. — Quant au schème, il va de soi qu'il ne donne pas lieu à une perception distincte, puisqu'il procède par assimilations successives dans le temps et non pas à une colligation simultanée en extension².

En bref, la perception ne fournit, dans le domaine des classes, que des ressemblances ou des appartenances schématiques se succédant dans

¹ J. BRUNER, *Les processus de préparation à la perception*, in *Logique et perception*, chap. I. (Etudes d'Epistémologie génétique, vol. VI).

² Notons d'ailleurs que les schèmes en question ne tirent pas leur origine des perceptions « primaires », même s'ils peuvent réagir par influence rétroactive, sur les effets de champ qui caractérisent ces effets primaires : tout schématisme est l'œuvre d'une assimilation active, faisant intervenir la motricité autant que la perception (et se situant par conséquent au niveau des « activités perceptives » et des activités sensori-motrices en général).

le temps et que des configurations collectives avec appartenances partitives dans l'espace. Mais il manque à ces structures toute coordination entre la compréhension et l'extension : l'appartenance schématique ne permet notamment que de qualifier les objets en compréhension, mais sans les relier à des collections en extension, tandis que l'appartenance partitive assure cette dernière liaison, mais indépendamment des ressemblances en jeu dans les appartenances schématiques. Ce sera donc l'œuvre de la classification conceptuelle, préparée par le schématisme sensori-moteur, que d'assurer cette coordination de la compréhension et de l'extension, coordination irréalisable par les moyens purement perceptifs.

B. *Les relations.* — S'il n'existe pas de perception des classes comme telles, on peut par contre parler d'une perception des relations : des relations symétriques, telles que les relations de ressemblances dont il vient d'être question, ou des relations asymétriques, telles que les différences de grandeurs, etc.

Du point de vue de la formation des opérations de sériation, dont nous traiterons dans cet ouvrage parmi d'autres problèmes, il se pose même une intéressante question quant aux rapports entre cette perception des relations et leur organisation opératoire. Il est, en effet, connu qu'une suite d'éléments rangés en ordre sérial (par exemple des réglettes de longueurs inégales ordonnées en ordre croissant) constitue une « bonne forme », ou du moins une forme d'autant meilleure que les différences sont égales ($C - B = B - A$, etc. si A, B, C, \dots sont les éléments de la série). L'on peut par conséquent se demander ce qu'ajoute la sériation opératoire par rapport à la configuration sériale perceptive.

A cela il faut répondre trois choses. La première est que la sériation opératoire implique la transitivité ($C > A$ si $B > A$ et $C > B$), tandis que les configurations sériales perceptives ne comportent que des « préférences » fondées sur le schématisme de la figure¹. La seconde est que la configuration sériale affecte la perception dans la mesure seulement où les éléments sont rangés en une collection figurale, tandis que pour la pensée opératoire, la même configuration ne constitue pas la sériation comme telle mais n'en représente qu'une figuration symbolique (à la manière des cercles d'Euler symbolisant les emboîtements entre classes). La troisième est, par conséquent, que le propre de la sériation opératoire tient aux manipulations et transformations (relatives à l'ordre) qui engendrent l'enchaînement des relations asymétriques transitives ($A < B < C < \dots$, où $a + a' = b$, etc. si $a = A < B$; $a' = B < C$ et $b = A < C$) et qui l'engendrent de manière réversible ($b - a' = a$; etc.), tandis que la perception des configurations sériales porte exclusivement sur les résultats de ces transformations, ou sur les transformations en tant que déplacements visibles d'éléments, mais n'intègre pas les transformations et leurs résultats en un système unique de composition.

¹ J. PIAGET et A. MORF, *Les préférences perceptives* (chap. III du vol. VI des « Etudes d'Epistémologie », Paris, P. U. F., 1958).

C'est pourquoi nous verrons qu'un développement à peu près aussi long et aussi complexe est nécessaire pour passer de la configuration sériale perceptive à la sériation opératoire que des collections figurales perceptives à la classification opératoire, et cela malgré les facilités que les configurations sériales perceptives offrent au sujet, notamment du point de vue de l'anticipation.

4. LES SCHÈMES SENSORI-MOTEURS. — L'écart paraît ainsi considérable entre les structures perceptives et les structures opératoires de classification et de sériation. Il l'est en réalité davantage encore, si l'on prend soin de distinguer les divers paliers de la perception et si l'on met en doute la solution simpliste d'une évolution linéaire conduisant des plus élémentaires de ces paliers à l'opération logique en passant par tous les autres (perception primaire → activités perceptives → schèmes sensori-moteurs → représentations préopératoires → opérations). Rien ne prouve, en effet, que les actions de champ propres aux perceptions primaires constituent les formes les plus « simples » d'organisation cognitive, qu'elles représentent pour autant le point d'origine des formes supérieures; il semble, au contraire, que, dès le départ, elles soient intégrées en des structures plus complexes consistant en schèmes sensori-moteurs, schèmes dont les activités perceptives seraient issues par différenciations particulières. Il est donc indispensable que nous réservions l'hypothèse selon laquelle les opérations de classification et de sériation procéderaient du schématisme sensori-moteur, pendant que l'évolution du même schématisme modifierait les perceptions et les élèverait jusqu'aux niveaux qu'elles ne peuvent dépasser, mais par paliers correspondant à ceux de l'intelligence elle-même.

Si l'on examine, par exemple, comme l'un de nous l'a fait ailleurs¹, l'évolution des schèmes perceptifs dont relève une « bonne forme » telle que le carré, on ne peut qu'être frappé du fait que la résistance d'une telle bonne forme évolue avec l'âge au lieu de demeurer constante, et augmente dans la mesure où la perception primaire du carré est intégrée en un schème d'activité perceptive. Ce schème conduit, en l'espèce, non seulement à reconnaître immédiatement le carré comme une forme familière, mais surtout à l'analyser de façon systématique en contrôlant l'égalité des côtés et celle des angles : il consiste donc en une transposition des mouvements d'exploration et, sans permettre la constitution d'un tout actualisé comparable à une classe (faute de l'actualisation d'une totalité en extension, en tant que collection), il aboutit cependant à la vérification, sur chaque objet perçu, des propriétés constituant la compréhension de cette classe. Il est donc clair que le schème perceptif constitue l'une des sources de la classe, mais ce n'est pas en tant qu'il repose sur des perceptions primaires : c'est au contraire en tant qu'il ajoute à ces dernières un système de comparaisons actives, dû au caractère sensori-moteur des transpositions et des généralisations. En effet, la similitude des divers carrés (fondée sur l'égalité de leurs côtés, de leurs

¹ J. PIAGET, F. MAIRE et F. PRIVAT, *La résistance des bonnes formes à l'illusion de Müller-Lyer*, Arch. de Psychol., Rech. XVIII.

angles, etc.) devient alors solidaire de celle des actions d'exploration du sujet et c'est pourquoi la bonne forme gagne en résistance (du simple au triple entre 5 et 9-10 ans).

D'une manière générale, il ne faut jamais perdre de vue qu'un secteur perceptif particulier, comme le secteur visuel, ne s'organise qu'en liaison constante avec les autres secteurs, et surtout en l'espèce avec le secteur tactilo-kinesthésique. Dès la naissance, mais surtout dès les coordinations entre la vision et la préhension (4-5 mois en moyenne), un objet n'est perçu visuellement qu'en correspondance avec sa perception tactilo-kinesthésique et celle-ci ne présente elle-même de signification qu'en connexion avec l'action entière. Dans la mesure où s'organise le schématisation de la perception, il est donc dès le départ subordonné à celui de l'action, car les schèmes sensori-moteurs sont aussi élémentaires génétiquement que les perceptions primaires. Or, on ne saurait rendre compte de la construction de ces schèmes par une composition de perceptions, bien que celles-ci jouent naturellement un rôle signalisateur — rôle nécessaire mais seulement partiel — dans leur fonctionnement (qu'il s'agisse des signaux proprioceptifs autant que des indices extéroceptifs). En effet, les schèmes sensori-moteurs ne constituent pas un composé de perceptions extérieures et de perceptions de mouvements, mais bien un système de perceptions et de mouvements comme tels, ce qui revient à dire que le sujet ne perçoit pas les objets d'une part, et ses mouvements d'autre part, mais bien les objets en tant que d'emblée modifiés ou que pouvant être modifiés par ses propres actions : un cube est perçu, par exemple, en tant que pouvant être manipulé et retourné, ou en tant que pouvant être contourné, de telle sorte que ses parties invisibles, sensoriellement parlant, sont tout aussi visibles que les autres, perceptivement parlant, du fait de l'intégration des perceptions dans l'action (le schème perceptif du cube relevant ainsi, autant et plus encore que celui du carré, rappelé à l'instant, des actions d'exploration du sujet et non pas exclusivement de la perception primaire). Percevoir un fauteuil, disait P. Janet, c'est voir un objet dans lequel on peut s'asseoir, et percevoir une maison, disait plus fortement encore von Weizsäcker, ce n'est pas regarder une image qui vous est entrée dans l'œil, mais au contraire reconnaître un solide dans lequel on va entrer !

C'est donc au système des schèmes sensori-moteurs (schèmes perceptifs compris, et non pas posés au préalable ou indépendamment d'eux) qu'il nous faut songer comme dernière hypothèse à utiliser et à vérifier, pour remonter aux sources des classifications et des sériations. Et effectivement, dès avant le langage, l'enfant de 6-8 à 18-24 mois est capable de conduites annonçant ces deux sortes d'organisations.

Pour ce qui est de la classification, il reconnaît immédiatement, lorsque l'on place un objet en certaines situations, ses caractères d'utilisation possible, relativement aux schèmes habituels d'assimilation : balancer, secouer, frapper, lancer à terre, etc. Lorsqu'on lui présente un objet entièrement nouveau pour lui, il lui applique successivement ces divers schèmes connus comme s'il cherchait à comprendre la nature de la chose inconnue en déterminant si elle est à balancer, à produire

un son (en le secouant), à frotter, etc. Il s'agit donc là d'une sorte de classement pratique¹, rappelant la définition par l'usage, mais procédant par essais successifs et non pas par répartition en collections simultanées. Par contre on trouve l'ébauche de celles-ci dans les entassements d'objets semblables ou dans la construction d'objets complexes (annonçant ceux que nous retrouverons après la constitution de la fonction symbolique : cf. le chap. I).

Quant aux sériations, on en trouve l'esquisse dans certaines constructions, telles qu'une superposition de plots d'abord placés au hasard, puis ordonnés dans les grandes lignes selon les volumes décroissants.

Mais s'il est indubitable que l'on observe ainsi, au niveau sensori-moteur et préverbal du développement, des conduites annonçant la classification et la sériation (ce qui suffit à montrer que les racines de telles structures sont indépendantes du langage), il est non moins clair qu'une grande distance reste à franchir entre ces organisations élémentaires et les structures opératoires correspondantes. En effet, bien qu'il constitue l'équivalent fonctionnel d'un concept, en tant qu'instrument d'intelligibilité et de généralisation, un schème ne lui est nullement identique du point de vue structural, faute d'actualisation simultanée de ses diverses applications possibles et faute, par conséquent, d'un ajustement réciproque actuel entre l'« extension » et la « compréhension ».

Un schème sensori-moteur consiste, en effet, en une coordination de mouvements propres susceptibles, en tant que coordonnés d'une manière stable et qu'accompagnés de signalisations perceptives également schématisées, de s'appliquer à une suite d'objets nouveaux analogues entre eux et de situations nouvelles également analogues : par exemple balancer des objets suspendus ou tirer à soi par l'intermédiaire d'un support (couverture, etc.) un objet posé sur ce support. Comme tel, le schème comporte :

(1) En compréhension, une mise en relation des propriétés des objets auxquels s'applique le schème : par exemple reconnaître qu'un objet peut être balancé en le percevant suspendu, ou reconnaître qu'il peut être attiré en tant que « posé sur » un support accessible et mobile.

(2) En extension, une suite d'objets et de situations auxquels il est susceptible d'être appliqué.

Mais il ne saurait s'organiser encore, du point de vue du sujet (par opposition à celui de l'observateur), de correspondance systématique entre cette compréhension et cette extension, faute d'actualisation de cette dernière en collections simultanées (collections matérielles par classement actuel ou collections mentales par réunion symbolique). En effet, si nous analysons plus avant les mécanismes (1) et (2), nous trouvons :

(1 a) Les propriétés en compréhension consistent d'abord en relations internes de l'objet perçu (relation de suspension, ou de « posé sur », etc.).

(1 b) Il s'y ajoute les relations de ressemblance entre l'objet perçu et ceux auxquels le schème a déjà été appliqué.

¹ Cf. J. PIAGET, *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, p. 256-265.

Quant à l'extension, il faut distinguer :

(2 a) L'appartenance partitive d'une fraction de l'objet perçu à l'objet total.

(2 b) L'appartenance schématique de l'objet actuellement perçu au schème sensori-moteur.

Or, on constate que, s'il y a correspondance entre (1 a) et (2 a), en ce sens que les relations qualitatives en compréhension (1 a) sont attribuées en extension à une structure spatiale avec relations de parties à tout, on ne trouve pas la même correspondance entre (1 b) et (2 b) parce que, faute de fonction symbolique permettant d'évoquer l'ensemble des objets auxquels s'applique le schème, la ressemblance entre l'objet actuellement perçu et ceux auxquels le schème a déjà été appliqué (1 b) n'est qu'une ressemblance vécue et non point évocable, et que l'appartenance schématique (2 b) ne se traduit alors pas encore pour le sujet sous la forme d'une inclusion en extension, mais demeure liée à l'attribution de la relation (ou du prédicat) en compréhension. Plus simplement dit, l'appartenance de l'objet au schème (2 b) ne s'accompagne pas de l'évocation ou de la construction matérielle d'une collection actuelle, de telle sorte que cette appartenance schématique relève de la compréhension plus que de l'extension ou du moins témoigne d'une indifférenciation plus ou moins complète entre elles.

Le schématisme sensori-moteur demeure ainsi fort éloigné de la différenciation et de la coordination réunies de l'extension et de la compréhension, qui caractériseront les classes logiques. Quant à la sériation, quoique plus proche de la sériation opératoire que ne le sont les configurations sériales perceptives, les conduites sériales sensori-motrices en diffèrent naturellement par leur manque de mobilité réversible et de méthode systématique de construction fondée sur cette réversibilité (sur la coordination des relations $<$ et $>$).

Le point où le schématisme sensori-moteur s'approche sans doute le plus des structures logiques, est la différenciation toujours possible des schèmes en sous-schèmes et l'organisation hiérarchique qui s'établit ainsi en annonçant les futures hiérarchies opératoires. Par exemple, le schème d'amener à soi un objet par l'intermédiaire d'un support peut se différencier, en cas de support rigide (planche, etc.), en un schème consistant à le faire pivoter. En ce cas, on constatera chez le sujet l'existence d'un schème général (utiliser un support sur lequel l'objectif désiré est posé), subdivisé en deux sous-schèmes, l'un consistant à tirer sans plus le support et l'autre à le faire pivoter ou glisser, etc. Mais, ici encore, il s'agit d'emboîtements purement pratiques et, faute d'actualisation en collections (matérielles ou mentales) simultanées, le sujet n'en tire à nouveau aucun système de classes proprement dites.

Au terme de cette Introduction, nous constatons ainsi qu'en dessous du niveau où, grâce au langage et à la fonction symbolique (conditions nécessaires, mais non suffisantes) la pensée devient possible, on discerne déjà l'existence de racines d'où procéderont les futures classifications et sériations. On y trouve notamment sous une forme très primitive un jeu de relations de ressemblances et de différences qui constitueront

la matière des « compréhensions » de ces systèmes ultérieurs. Mais, pour ce qui est de l'« extension », on ne la rencontre que sous la forme infra-logique de la distribution dans l'espace des parties d'un même objet unique ou collectif, et non pas encore sous la forme prélogique ou logique de collections non figurales ou de classes. Le problème central de la classification ne consisterait-il donc pas alors à différencier et à coordonner progressivement l'extension et la compréhension ? Nous allons constater dès les premiers chapitres de cet ouvrage combien laborieuse est en réalité une telle entreprise, et quelle est l'intrication des facteurs dont en dépend la réussite. Si le problème se pose dès le départ en termes d'action, comme on vient de l'entrevoir, par quel cheminement le sujet en viendra-t-il à construire peu à peu les opérations nécessaires à sa solution ? C'est ce qu'il s'agit maintenant d'examiner de plus près.

CHAPITRE PREMIER

LES COLLECTIONS FIGURALES ¹

Notre problème étant donc de chercher comment se constitue une classification, soit à partir du schématisme sensori-moteur en général, soit éventuellement à partir des structures perceptives, il s'agit d'abord de chercher à expliquer une réaction assez générale des petits et qui, à elle seule, est déjà fort instructive quant au mode de formation des classifications : l'enfant d'un premier stade ne dispose pas les éléments en collections et sous-collections fondées sur les ressemblances et différences seules, indépendamment de la configuration spatiale de tels ensembles, mais il les réunit en « collections figurales » demeurant à mi-chemin entre un objet spatial et une classe.

§ 1. DÉFINITION DES « COLLECTIONS FIGURALES » ET POSITION DES PROBLÈMES. — Comme nous l'avons admis dans notre Introduction, une classe comporte deux sortes de caractères ou relations, tous deux nécessaires, et suffisant à sa constitution ² :

(1) Les qualités communes à ses membres et à ceux des classes dont elle fait partie, ainsi que les différences spécifiques distinguant ses propres membres de ceux d'autres classes (compréhension).

(2) Les relations de partie à tout (appartenances et inclusions) déterminées par les quantificateurs « tous », « quelques » (y compris « un ») et « aucun » appliqués aux membres de la classe considérée et à ceux des classes dont elle fait partie, mais en tant que qualifiés sous 1 (extension de la classe).

Par exemple les chats ont en commun plusieurs qualités que possèdent « tous » les chats et dont certaines leur sont spécifiques, tandis que d'autres appartiennent aussi à d'autres animaux, etc.

¹ Avec la collaboration de G. Noelting et de S. Taponier, qui ont examiné environ 200 cas pour ce chapitre et pour le suivant.

² On remarquera que la définition qui suit ne saurait s'appliquer à une classe isolée mais seulement à une classe emboîtée en d'autres : nous croyons, en effet, qu'il n'existe pas de classes isolées.

Mais il n'intervient dans cette définition de la classe, qui s'appliquera aux classifications des enfants à partir d'un certain niveau d'âge, aucune propriété ou relation se référant à une configuration spatiale : les chats peuvent être groupés ou dispersés dans l'espace d'une manière quelconque sans que cela ne change rien aux propriétés (1) et (2) de cette classe. Sans doute les relations d'inclusion caractérisées sous (2) peuvent donner lieu à une structuration de nature topologique, et par conséquent spatiale, mais c'est alors en utilisant l'isomorphisme qu'il est permis d'établir entre la structure algébrique des emboîtements en jeu et certaines structures topologiques d'enveloppement, sans que l'intervention d'un espace soit en rien nécessaire à la description complète des classes.

Nous parlerons au contraire de « collections figurales » lorsque l'enfant dispose les éléments à classer en les groupant selon des configurations spatiales qui comportent une signification du point de vue des propriétés (1) ou (2). Par exemple, l'enfant mettra un triangle au-dessus d'un carré, estimant que ces deux formes sont apparentées en tant que le triangle évoque le toit d'une maison et le carré le corps du bâtiment : en ce cas, le triangle doit bien être placé sur le carré et non pas ailleurs, ce qui confère une signification à la configuration spatiale du point de vue des relations (1). En d'autres exemples, le « quelques » et le « tous » dépendront de la configuration spatiale des collections juxtaposées ou réunies, etc., qui acquerra ainsi une signification du point de vue des relations (2).

Mais deux questions préalables se posent aussitôt : l'une étant de savoir si l'enfant a bien compris la consigne, qui est de classer les objets selon leurs ressemblances et non pas de s'en servir pour construire des ensembles significatifs ou des agrégats quelconques ; l'autre étant de savoir si les configurations spatiales utilisées n'ont qu'un sens symbolique ou interviennent effectivement dans la constitution de la « collection figurale » en tant que forme élémentaire de la classe.

Sur le premier point (compréhension de la consigne), ce n'est pas le lieu de discuter du choix des meilleures formulations proposées à l'enfant (« mettre ensemble ce qui est pareil » ou « ce qui va ensemble », etc.) ni de leur compréhension par le sujet : disons simplement, quittes à nous justifier dans la suite, que, sans pouvoir encore comprendre ce qu'est une classification au sens que cette notion prendra dès 7-8 ans, l'enfant de 2-5 ans interprète nos consignes selon la signification qui, au niveau d'âge considéré, se rapproche le plus de ce qu'il saisit de cette structure opératoire.

Quant à la signification symbolique ou effective des configurations spatiales intervenant dans les collections figurales, il faut dissiper sur ce point une équivoque possible. Il est clair, en effet, que toute représentation symbolique qu'un adulte (logicien ou non) se donne d'une classification fait appel à l'espace, qu'il s'agisse d'« arbres » taxonomiques ou des simples cercles d'Euler. Lorsque l'on traduit, par exemple, une relation d'inclusion $A < B$ par deux cercles dont l'un (B) contient l'autre (A), on recourt à une figure spatiale : d'une part le cercle A est

situé à l'intérieur de B pour exprimer le fait que A fait partie de B , et, d'autre part, B est représenté comme étant plus grand que A parce qu'il le comprend mais comprend en outre des B non- A . De même, quand l'enfant d'un niveau qui peut être supérieur à celui des collections figurales représente ses classes par des « tas » ou des assemblages quelconques, ces tas sont extérieurs les uns aux autres, les « sous-tas » sont intérieurs aux tas, et chaque objet appartient à l'un des tas ou sous-tas en tant qu'intérieur à lui, etc. : il peut y avoir là simple représentation symbolique, avec traduction des cercles d'Euler en assemblages variés.

La question se pose donc bien, en ce qui concerne les liaisons spatiales intervenant dans les collections figurales, de savoir ce qui relève du simple symbolisme et ce qui constitue des liaisons présentant une signification pour la classification elle-même (propriétés 1 ou 2 de la classe). Dans le cas des arbres taxonomiques ou des cercles d'Euler, il va de soi que la figure spatiale ne sert que de symbole à l'ensemble; de plus elle ne symbolise que les inclusions comme telles ou les appartenances (donc uniquement les extensions ou relations 2 distinguées au début de ce paragraphe), et cela par isomorphisme entre les relations considérées entre ensembles et les relations topologiques correspondantes d'enveloppement. Au contraire, dans les collections figurales: (a) les relations spatiales sont constitutives et non pas symboliques, et la preuve en est que (b) elles intéressent les liaisons entre objets (donc les relations 1 distinguées au début de ce paragraphe) et non pas seulement les inclusions ou appartenances inclusives; de plus, et par le fait même, ces dernières relations n'existent pas encore à l'état indépendant au niveau des collections figurales (faute de différenciation suffisante entre les relations 1 et 2).

En un mot, la collection figurale constituerait une figure en vertu même des liaisons entre ses éléments comme tels, tandis que les collections non figurales¹ et les classes seraient indépendantes de toute figure, y compris les cas où elles sont symbolisées par des figures et malgré le fait qu'elles peuvent ainsi donner lieu à des isomorphismes avec des structures topologiques.

Cela admis, on peut alors faire l'hypothèse suivante en ce qui concerne la formation des collections figurales et ce sera notre problème que de la confirmer ou de l'infirmar :

(a) Les classes (et la classification) supposent une coordination des liaisons de partie à tout (propriétés 2 du début de ce paragraphe : extension de la classe) avec les relations de ressemblances ou de différences (altérités) qui déterminent la « compréhension » correspondante (propriétés 1).

(b) Or, au niveau où débutent les collections figurales, les relations de ressemblances et différences existent déjà, mais elles ne sont appliquées qu'à des objets successifs ou à des couples successifs d'objets, sans connexions avec les relations de partie à tout. Ces ressemblances

¹ Nous appellerons « collections non figurales » des collections ne constituant pas encore des classes, faute d'inclusions, mais ne comportant plus de figure définie liée aux propriétés (1) ou (2). Voir le chap. II.

ou différences relèvent, en effet, de schèmes d'action, sensori-moteurs ou verbaux, mais sans conduire à la formation de systèmes simultanés tels que sont les concepts correspondant à une extension déterminée.

(c) Au même niveau de développement, il existe également des relations de partie à tout, mais ne s'appliquant pas encore à des collections ou ensembles discontinus (inclusions ou appartenances inclusives) et demeurant subordonnées aux configurations perceptives et par conséquent limitées au domaine des parties et totalités continues ou spatiales (partition d'un objet ou d'une figure et recomposition de la totalité d'un seul tenant à partir de ces segments).

(d) Ce serait donc faute d'une coordination suffisante entre les relations de ressemblances, etc. (propriétés 1 de la classe), qui agissent en ordre temporel successif et non simultané, et les relations de partie à tout (propriétés 2 de la classe), qui demeurent spatiales, que le sujet construit alors une collection figurale : lorsque l'on donne à l'enfant des objets à classer, il les groupe bien selon des ressemblances variées, mais en les réunissant sous la forme de totalités spatiales parce qu'il ne dispose pas encore d'inclusions ou d'appartenances inclusives (par défaut, précisément, d'une coordination possible entre les ressemblances ordonnées temporellement et les relations de partie à tout demeurant spatiales) et se contente par conséquent d'appartenances partitives.

(e) En bref, la collection figurale constituerait le début de la coordination entre les liaisons de partie à tout fournies par la perception sous une forme spatiale (et non pas inclusive) et les relations de ressemblances et différences fournies par les schèmes perceptifs, sensori-moteurs, imagés et par les premiers schèmes verbaux, mais sous une forme temporellement successive et non pas simultanée.

Cela dit, les deux résultats génétiques principaux auxquels nous sommes parvenus en ce qui concerne les collections figurales sont les suivants :

(a) Il existe un stade des collections figurales qui dure plus ou moins longtemps selon le matériel employé et les consignes données mais qui précède toujours le niveau des collections non figurales (collections fondées sur les seules ressemblances et différences, avec appartenances inclusives, mais sans inclusions), et *a fortiori* celui des classes (avec emboîtements inclusifs).

(b) Il s'est par contre révélé impossible de distinguer, au sein de ce stade des collections figurales, des sous-stades à ordre de succession régulier et nous n'avons pu que dissocier certains types plus ou moins constants de réactions, qui chevauchent les uns sur les autres de diverses manières selon les dispositifs et les techniques d'interrogation. Les trois principaux de ces types sont :

(1) Les alignements (à une seule dimension), continus ou discontinus.

(2) Les objets collectifs : collections figurales à deux ou trois dimensions formées d'éléments semblables et constituant une unité d'un seul tenant de structure géométrique.

(3) Les objets complexes : mêmes caractères mais collections formées d'éléments hétérogènes. Deux variétés : structures géométriques et formes à signification empirique.

une ou deux égalités.) » La sériation effective donne 8, 7, 4, 9, 2, 5, 1, 6, 3, 10. « Tu crois que tu arriveras ? — *Il y en a un qui ne va pas !* » Il continue et les croit en ordre. Le dessin III donne alors une figure analogue à I. On soulève l'écran et Mon parvient à la sériation visuelle avec tâtonnements multiples. On cache à nouveau et il dessine ce qu'il vient de faire en fournissant une figure analogue au dessin II.

BLO (6; 3) explore de la même manière que les précédents puis fournit un dessin I de cinq éléments : $1 = 2 = 3 > 4 > 5$. « Explique-moi. — *Un grand, un moyen, un tout petit.* — Tu les as tous dessinés ? — *Oui.* » Sériation tactile après nouvelle exploration où il ne se contente plus des extrémités mais suit la longueur et met les réglettes sur une même base pour suivre la ligne des sommets. Il aboutit alors à 2, 5, 6, 4, 7, 3, 8, 9, 1, 10. Il explore à nouveau la ligne des sommets : la pente lui semble correcte et il ne sent pas les trous. On lui demande de dessiner le résultat (sans lever l'écran) : $1 = 2 > 3 = 4 > 5 = 6$. On passe à la sériation visuelle qu'il réussit avec tâtonnements puis il en dessine (sans voir) le résultat sous la forme d'une série décroissante régulière de six éléments.

On constate que l'anticipation un peu meilleure correspond à une exploration également un peu plus poussée, qui va jusqu'à l'exploration de la ligne des sommets avec base rectiligne : mais ce dernier mode d'exploration, qui devrait suffire à la solution du problème, demeure à l'état d'intention puisque le sujet ne perçoit pas les irrégularités de fait. Il y a là un nouvel indice de l'avance de la semi-anticipation sur la réussite effective. Celle-ci ne dépasse pas, en effet, celle du niveau I A.

Au cours du stade II A, le sujet parvient à l'anticipation correcte du schéma global, mais pas encore à la sériation, même par tâtonnements :

AGU (5; 3) touche d'abord globalement l'ensemble des réglettes puis les explore toutes ensemble pour juger qu'elles sont inégales. Il les touche ensuite du bout du doigt au milieu de la longueur, sans exploration systématique, mais assez pour dire : « *Il y a un qui est grand, puis petit.* » Il prend le 2 et dit : « *Un qui est assez petit ; (puis 5), ça c'est un peu plus petit.* — Ils sont tous pareils ou différents ? — *Un est grand, puis un petit, puis un plus petit, plus encore un tout petit* (il énonce donc le principe de la sériation avant d'avoir entendu la consigne). — Alors tu vas les arranger. Mais avant tu feras le dessin comme ils seront après avoir été mis en ordre. — *Oui, je ferai d'abord le plus grand, puis plus petit, puis plus petit. Ce n'est pas difficile.* » Il fait le dessin I : neuf rectangles alignés en hauteur sur une même base : ordre descendant très régulier.

Sériation effective : il prend un à un au hasard et l'évalue en le mettant d'une main contre l'autre. A la fin, il met le 10 de côté, puis le 6 en essayant de les mettre sur la même base. Il remplace 6 par 7 puis met 3 à côté de 7. Il enlève le 3 et met le 6. Il évalue le 9 et le substitue au 7 à côté du 10. Il continue ainsi en évaluant les longueurs sur sa main et aboutit à 10, 9, 7, 8, 6, 5, 2, 4, 3, 1. Il explore alors la ligne des sommets et sent que 2 est petit et lui substitue 4 qu'il met entre 6 et 5. Après d'autres corrections, il aboutit à 10, 9, 7, 8, 6, 4, 5, 3, 2, 1. On lui demande de dessiner ce qu'il a fait et il représente un bel escalier de 11 rectangles à différences très régulières.

JAN (5; 10) touche les réglettes en mettant les mains dessus et affirme d'emblée qu'elles sont toutes différentes. Dessin : 7 rectangles de longueurs décroissantes de 10 à 1,5 cm. La sériation tactile est irrégulière. La sériation visuelle qui suit procède par tâtonnements multiples, mais aboutit correctement.

DRA (6; 0) explore globalement et dit : « *Toutes la même chose.* — Regarde bien. — (Il explore plus attentivement.) *Non* (il compare le 8, le 4 et le 2). » Dessin I : il explore à nouveau quelques éléments dont il touche les extrémités, puis il complète par 4 et 9, puis 8 et 3, 5 et 4, 5 et 10, 4 et 9 : « *Non ils n'ont pas tous la même grandeur. Je veux sentir le plus grand, puis le plus petit, puis le moyen.* » Il continue l'exploration et dit : « *C'est bientôt fini* » ; après quoi seulement il dessine un bel escalier à marches très régulières formé de rectangles accolés sur la même base. Il s'arrête après le dixième, puis en rajoute encore six.

Sériation effective : 7 à côté de 1, puis rajoute 6 en disant : « *Il y en a plus que deux grands.* » Il cherche « *le tout petit. Il manque un comme ça* (le dernier du dessin) ». Il met 1, 10, 3, substitue 2 à 10. Puis après divers autres tâtonnements : « *Je ne peux plus faire jusqu'à la fin.* — Mais tu fais très bien. » Il continue et aboutit à une sériation irrégulière, sauf 1, 2, 3. On enlève l'écran et il corrige puis fait un nouveau dessin identique au premier.

On constate les progrès nouveaux de l'exploration et leur étroite relation avec ceux de l'anticipation. Agu, par exemple, qui semble procéder globalement en saisit assez pour annoncer la forme de la sériation avant qu'on ait formulé la consigne. Jan pense de même sans le dire explicitement et Dra fait une série de comparaisons deux à deux avant de dessiner. L'anticipation donne en ces cas un schéma global régulier, qui sert donc autant de guide à l'exploration qu'il en constitue le résultat, par contrôle rapide ou détaillé. Or, malgré ce double progrès, la sériation effective est à peine meilleure qu'au niveau I : elle l'est en intention, et marque aussi quelques améliorations partielles de fait (petites séries, contrôle par la ligne des sommets), mais elle échoue faute de relation entre chaque élément et un nombre suffisant d'autres.

Au niveau II B, par contre, l'anticipation reste bonne et la sériation est atteinte, mais par tâtonnements successifs :

TOM (6; 8) saisit trois réglettes, les met sur la même base et explore les extrémités. Il continue ainsi et répond à la question ordinaire : « *Il n'y en a pas deux pareils.* » Dessin : il cherche d'abord à les aligner : « *Je mets du plus petit au plus grand.* — Non, avant de les ranger, fais un dessin. » Il dessine alors sept traits en ordre décroissant. On passe à la sériation effective : il débute par couples : 6, 8, 5, 7 mais vérifie chaque fois les bases. Ensuite 3, 2, 1. Après quoi il les serre et vérifie la ligne des sommets en maintenant constante la base, il sépare 8 de 6, prend 7 et l'intercale entre 8 et 6, sépare 4 de 5 et l'accole à 3, 2, 1. Il finit ainsi par une sériation correcte et la dessine comme avant. On enlève l'écran, il est satisfait et fait un troisième dessin (pareil).

CHA (5; 9) commence par peu explorer en admettant rapidement que tous les éléments sont différents; elle a des doutes pour 1 et 2 mais les compare et les reconnaît distincts. Le dessin I donne alors une série régulière décroissante de 9 rectangles. — Sériation effective : cherche le plus grand 1 et pose 2 puis 6 à côté de 2, et se met à explorer les extrémités en ayant soin de vérifier les bases. Elle arrive à 1, 2, 3, 6, 10, 4, puis intercale 4 entre 3 et 6, etc. Elle explore à nouveau les extrémités d'une main en tenant le tout avec l'autre sur la même base. Il ne lui manque enfin que 3, 5 et 7 ; elle parvient à en intercaler deux, en laissant de côté le troisième. Elle fait un dessin II avec bonne sériation de dix éléments et un onzième à part non encore intercalé ! On passe néanmoins à la sériation visuelle qui procède aussi par tâtonnements.

Le progrès systématique qui permet ainsi la réussite de la sériation tactile par tâtonnements tient, comme on le voit, au double contrôle des extrémités supérieures et des bases, ce qui permet les permutations et intercalations successives. Or, comme le montre le tableau XXV, cette méthode suffit longtemps à l'enfant parce que plus pratique que la méthode opératoire dans la situation où les éléments ne sont pas perceptibles simultanément. Plus précisément cette méthode de Tom et Cha consiste en un effort pour rendre simultanée la perception tactile de l'ensemble et c'est ce qui explique son succès durable.

Néanmoins, à 7 et 8 ans débute un troisième stade caractérisé par la méthode opératoire consistant à rechercher d'abord le plus grand de tous (ou le plus petit), puis le plus grand de tous ceux qui restent, etc. :

ELI (8; 2) n'explore que peu avant de faire son dessin anticipateur, puis dessine dix rectangles à décroissance très régulière. Pour la sériation effective elle rassemble les baguettes et cherche la plus grande 1 qu'elle pose. Elle ajuste les autres sur une même base et cherche à nouveau la plus grande : après hésitation sur 3 elle trouve 2 et la pose à côté de 1. Puis elle cherche de nouveau la plus grande, etc., jusqu'à sériation entièrement correcte.

HAN (9; 3) explore un instant et dit : « *Il y en a de plus petits et de plus grands* » et dessine onze rectangles de hauteurs décroissantes. Sériation effective : prend 3, 4 et 1, les explore et les laisse, puis le 2 et de nouveau le 1. « *Qu'est-ce que tu cherches ? — Le grand.* » Elle continue en mettant le reste dressé sur la table et en explorant les extrémités pour chercher le plus grand : elle aboutit ainsi à la sériation juste. « *Tu es d'accord avec ton dessin ? — Non.* — *Tu veux en faire un autre ? — Oui, un plus grand* (dessine 17 rectangles en série décroissante très régulière. — *Pourquoi fais-tu autant de bâtons ? — Je sais qu'il y en a dix, mais j'ai dessiné un peu trop grand, je dois en faire plus.* »

Comparée à la méthode de simple exploration de la ligne des sommets avec base commune et correction par tâtonnements au sein de cet ensemble (niveau II B), la méthode opératoire, qui débute de la même manière, présente du point de vue tactilo-kinesthésique cet inconvénient de renoncer ensuite à la quasi-simultanéité perceptive pour retourner à la succession (au moment où chaque « plus grand de ceux qui restent » est posé à part à la suite des précédents). C'est sans doute ce qui explique le peu de généralité de cette méthode aux âges où elle devient presque exclusive dans le domaine de la sériation visuelle.

Au total la comparaison des sériations tactiles et visuelles et surtout des anticipations graphiques précédant ces deux sortes de sériations permet de décider nettement en faveur de la seconde des deux hypothèses que nous discutons en fin du § 2 quant aux relations entre la sériation, l'anticipation et la perception. On constate, en effet, d'une part, que l'avance de l'anticipation sur la sériation effective demeure tout aussi nette (bien que toutes deux soient un peu retardées) dans l'épreuve tactile que dans l'épreuve visuelle, et que, d'autre part, le retard des réussites tactiles sur les réussites visuelles est dû exclusivement au caractère non simultané mais successif des perceptions tactiles, les procédés préopératoires (corrections par tâtonnement) et opératoires demeurant les mêmes. A cet égard, la comparaison des séries de 10 et

de 5 éléments est très instructive : il suffit, en effet, de diminuer de moitié l'extension de la série en renforçant les différences en compréhension pour que les résultats de l'anticipation et de la sériation elle-même soient meilleurs à 4 et à 5 ans, non seulement que ceux de la série tactile à 10 éléments mais encore que ceux de la série visuelle à 10 éléments également. Il est inutile de citer de nouveaux exemples pour illustrer ces résultats à 5 éléments, car ils sont qualitativement identiques à ceux que nous venons de commenter. Leur seule différence systématique est que l'on ne peut plus distinguer la sériation réussie par tâtonnements de la sériation opératoire, du fait précisément que la perception quasi simultanée est facilitée en un tel cas :

BAD (5; 8) explore les extrémités après avoir rassemblé les cinq éléments et dessine une série régulière de cinq rectangles. Pour la sériation effective elle les prend tous ensemble et montre le 1 qu'elle met de côté, puis le 2, puis le 4 qu'elle reprend en lui substituant le 3, puis pose 4 et 5.

En bref, les structures sériales, tant anticipées sous forme de configurations graphiques que construites par actions effectives, ne sont pas abstraites de formes perceptives qui seraient données indépendamment de l'action : elles sont dues à une organisation progressive des actions qui structure les perceptions elles-mêmes en les utilisant de façon plus ou moins aisée selon les possibilités s'offrant dans la traduction des comparaisons successives en figures simultanées.

CHAPITRE X

LA MULTIPLICATION DES RELATIONS ASYMÉTRIQUES TRANSITIVES ¹

La comparaison des évolutions respectives des structures de classes et de relations asymétriques transitives met en évidence la situation paradoxale suivante. D'une part, il semble bien que la sériation (ou enchaînement additif des relations asymétriques transitives) soit plus intuitive, parce que correspondant à une configuration perceptive beaucoup plus simple, qu'une suite d'emboîtements additifs de classes. Mais d'autre part, la multiplication des classes (tables à n entrées ou matrices) paraît correspondre à une configuration perceptive relativement simple, au point que les épreuves de matrices peuvent être résolues indépendamment de tout mécanisme opératoire, tandis que la multiplication des relations asymétriques transitives (table à double entrée composée d'une suite de sériations dans les deux sens horizontal et vertical) semble au premier abord présenter une plus grande complexité en raison de la double asymétrie ainsi déterminée. Par contre nous savons ² qu'une correspondance sériale (une sériation $A_1 < B_1 < C_1 \dots$ mise en correspondance avec une seconde sériation $A_2 < B_2 < C_2 \dots$ et avec une troisième $A_3 < B_3 < C_3 \dots$, mais la relation de correspondance entre ces séries étant symétrique sans double asymétrie comme dans le cas précédent) est une opération aussi aisée à effectuer que la sériation elle-même. Il est donc intéressant de chercher à retracer le développement de la multiplication des relations asymétriques transitives et de le comparer à celui de la sériation additive et à celui de la multiplication des classes. C'est ce que nous avons fait sur 52 sujets.

§ 1. TECHNIQUE ET MATÉRIEL. — On présente à l'enfant 49 dessins de feuilles d'arbre découpées dans du carton bristol et pouvant être ordonnées simultanément selon leur grandeur croissante (sept

¹ Avec la collaboration d'A. Morf.

² PIAGET et SZEMINSKA, *La genèse du nombre chez l'enfant*, Delachaux 1941, chap. V.

grandeurs distinctes que nous numérotions I à VII) et selon leurs teintes de plus en plus foncées s'échelonnant du jaune vert au vert foncé (sept teintes que nous numérotions 1 à 7). Chaque grandeur distincte correspond aux sept teintes (I 1, I 2, ... I 7; II 1, ..., II 7; etc.) et chaque teinte distincte aux sept grandeurs possibles (I 1, II 1, ... VII 1; I 2, II 2, ... VII 2; etc.). En outre on peut donner 98 feuilles pour voir la réaction aux éléments identiques (49 paires d'identiques). Enfin, pour les petits, nous nous sommes servis d'une collection réduite de 4×4 feuilles (avec identiques, soit 32 éléments en tout), mais avec une différence plus sensible entre les grandeurs et entre les teintes.

On demande au sujet d'arranger ces éléments comme il l'entend. En cas d'insuccès, l'expérimentateur peut sérier l'une des rangées selon l'une des deux dimensions, ou en sérier deux selon les deux dimensions (voir le tableau ci-contre) en laissant alors au sujet le soin de remplir le cadre ainsi tracé.

Une fois le tableau construit, soit spontanément, soit par remplissage du cadre suggéré, on prie le sujet de trouver un élément selon les deux critères à la fois : il arrive, en effet, que certains sujets, tout

	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7
II 1
III 1
IV 1
V 1
VI 1
VII 1

en ayant construit d'eux-mêmes un tableau complet, n'en comprennent pas pour autant la signification multiplicative entière.

Nous distinguerons trois stades qui correspondent aux trois paliers habituels. Au cours du stade I, il n'y a pas encore de sériations proprement dites, mais des conduites intermédiaires entre la classification et la sériation et procédant en général par collections figurales (alignements, etc.). Au cours du stade II, il y a sériation selon l'un des critères seulement, ou passage de cette sériation à l'autre mais sans la synthèse multiplicative des deux. Au cours du stade III, enfin (avec début vers 7-8 ans), le groupement multiplicatif est atteint par double sériation de l'ensemble des éléments.

§ 2. LE STADE I : ABSENCE DE SÉRIATION PROPREMENT DITE. — Donnons d'abord des exemples :

HEN (5; 5). Petit ensemble (32 éléments) : il commence par un alignement général des 32 feuilles, avec les identiques côte à côte; les 8 plus grandes feuilles sont réunies, les 24 autres dispersées irrégulièrement. « Peux-tu faire encore mieux ? — (Il les range à nouveau et aboutit à quatre classes de grandeurs, mais sans les sérier ni s'occuper des couleurs). — Peux-tu les mettre ensemble pour qu'on retrouve les foncées, les moins foncées, les claires et les toutes claires ? — (Essai de sériation mais approximative parce qu'il est gêné par les grandeurs.) — Essaie maintenant de ranger pour que les grandes soient ensemble et les petites aussi, mais les mêmes couleurs aussi. — (Il fait un grand cercle en réunissant les feuilles d'après leurs couleurs et en subdivisant les classes de couleurs selon les grandeurs.) — On donne enfin le cadre de la table multiplicative à 16 casiers en construisant une rangée en

haut et une colonne à gauche, et l'on demande de situer deux ou trois feuilles (successivement) : il réussit après tâtonnements : « *parce que c'est la même couleur et la même grandeur* ».

VER (5; 7), 32 éléments : il les classe en quatre collections (non sériées) d'après les grandeurs. « *As-tu une autre idée ? — (Deux tas, grandes et petites.) — Et autrement ? — Non. — On pourrait mettre les foncées ensemble et les claires ensemble ? — Non, ça ne va pas : il y a des grandes et des petites. — Fais-le quand même. — (Trois tas : claires, moyennes et foncées). — Et là (dernier tas) il y a des très foncées et des moins foncées. — (Il le divise, d'où 4 classes de couleurs.) — On pourrait les ranger pour trouver tout de suite par exemple les grandes ? — (Il fait quatre classes de grandeurs sans plus s'occuper de la couleur.) — Et pour trouver à la fois la grandeur et la couleur ? — (Il fait un seul tas qu'il subdivise en claires, en petites, etc., mais sans aucun système multiplicatif.)* » — On construit enfin le cadre du tableau avec une rangée en haut et une colonne à gauche : il le complète après tâtonnements.

BUR (5; 9) répartit l'ensemble de 49 éléments en collections fondées tantôt sur les grandeurs, tantôt sur les couleurs. On lui montre la possibilité de sérier selon les grandeurs et il continue sans s'occuper des couleurs. — 32 éléments : il fait une collection des grandes foncées, une autre des grandes claires et une troisième des petites claires foncées : il aligne ces trois collections en rangées superposées, mais sans sériations ni multiplication.

VUS (6; 0) procède par alignements verticaux de mêmes couleurs, mais les colonnes n'étant pas sériées entre elles et chacune d'entre elles comportant des grandeurs mélangées au hasard (sauf quelques sériations de trois éléments). « *Pourrais-tu faire autrement pour qu'on retrouve les grandeurs ? — (Elle procède de même par alignements verticaux de grandeur, mais avec couleurs mélangées.)* » Essaie ensuite d'empiler les feuilles de mêmes grandeurs, mais sans sériations ni considération des couleurs.

Le caractère général de ces réactions est de procéder par collections figurales (alignements, cercles, empilements, etc.) sous une forme susceptible d'évoluer aussi bien dans la direction de la classe que de la sériation. Mais lorsqu'ils n'y sont pas incités par l'expérimentateur, ces sujets ne se livrent à aucune sériation proprement dite, bien qu'ils en soient capables par une méthode de tâtonnement empirique (voir Hen). D'autre part, leurs classifications figurales ne portent spontanément que sur une seule des qualités en jeu, grandeur ou couleur, ou bien (Bur) sur un mélange des deux, mais avec alternance sans système et non pas avec le dessein de les composer multiplicativement. Lorsque l'expérimentateur insiste sur la qualité oubliée, ils parviennent bien à différencier les collections antérieurement construites et à construire ainsi des sous-collections tenant compte du second caractère, mais il n'y a là aucune multiplication proprement dite. Cependant, malgré cette absence de sériation spontanée et d'intention multiplicatrice, ces sujets parviennent avec tâtonnements à utiliser le cadre de la matrice de multiplication des relations (Hen et Ver) sitôt que l'on construit devant eux la rangée supérieure et la colonne de gauche; mais il ne s'agit naturellement alors que d'une solution figurale et non pas encore opératoire.

§ 3. LE STADE II : SÉRIATION SPONTANÉE SELON L'UNE DES QUALITÉS MAIS ÉCHEC A LA SYNTHÈSE MULTIPLICATIVE. — Voici quelques exemples :

SAN (6; 0) construit spontanément, avec 32 éléments, un tableau carré de 16 casiers (les identiques étant superposés) dont les rangées horizontales sont respectivement formées des quatre couleurs distinctes et sont sériées de la plus claire à la plus foncée. Par contre les grandeurs sont distribuées au hasard. « Comment as-tu fait ? — (Elle montre les quatre rangées de haut en bas !) *Les claires, les moins claires, les foncées, les plus foncées.* — Et où sont les grandes et les petites ? — (Les montre.) — Tu peux faire pour qu'on les retrouve plus vite ? — (San construit une nouvelle table en rangées horizontales choisies selon les grandeurs et sériées de la supérieure à l'inférieure en ordre de grandeurs croissantes. Les couleurs sont par contre mélangées.) — Mais, tu sais, maintenant on ne trouve plus les couleurs ! — (San prend les feuilles claires et les ordonne verticalement des plus grandes aux plus petites.) — Tu peux faire la même chose pour les foncées ? — (Elle le fait puis intercale entre deux les couleurs intermédiaires, également sériées par ordre de grandeur.) » San est ainsi parvenue, mais à la suite des questions suggestives (qu'on vient de rapporter) de l'expérimentateur, à une configuration figurativement isomorphe à une table à double entrée de multiplication de relations. Seulement, n'ayant pas atteint ce résultat spontanément, San n'en saisit pas la portée : lorsqu'on lui donne le cadre de la matrice à 49 éléments (en fournissant la rangée supérieure de 7 feuilles et la colonne de gauche de 7 feuilles), en lui demandant de chercher l'emplacement de feuilles qu'on lui présente, elle ne trouve le rang voulu que pour la couleur et échoue pour la grandeur si la place recherchée n'est pas voisine d'une feuille déjà posée.

STEC (6; 3) construit aussi, avec 32 éléments, un tableau carré, dont les quatre colonnes correspondent aux quatre couleurs et sont sériées en ordre décroissant de gauche à droite. Mais à l'intérieur de chaque colonne les grandeurs demeurent mêlées. « C'est trop dispersé. Tu pourrais ranger pour qu'on retrouve plus vite les grandeurs ? » Stec se livre alors à une sériation approximative des grandeurs à l'intérieur des colonnes. Puis elle fait quatre empilements dont chacun constitue une sériation selon la grandeur (plus grande feuille à la base et plus petite au sommet) et qui sont eux-mêmes sériés selon les teintes. Enfin, elle étale spontanément en séries verticales les éléments empilés et retrouve ainsi un tableau carré qui constitue en fait une table à double entrée complète et correcte. Mais, comme San, Stec n'en comprend pas toute la signification, et, quand on lui présente le cadre de la table à 49 éléments, elle réussit bien à trouver les emplacements du point de vue de la grandeur des feuilles présentées, mais échoue à la couleur, sauf par voisinages.

CAT (6; 2) série d'après les grandeurs décroissantes, mais en ordre cyclique, les feuilles les plus foncées des 32 éléments : la plus petite touche alors la plus grande. Elle fait ensuite un second cercle avec les moins foncées, en sériant également les grandeurs en ordre décroissant mais de manière cyclique. Puis elle fait un troisième cercle avec les claires et un quatrième avec les plus claires, toujours selon le même principe. Les quatre cercles de 8 éléments (les identiques étant superposés, ce qui donne 4 chaînons pour chaque cercle) sont, d'autre part, situés l'un à côté de l'autre en ordre linéaire par ordre de teintes décroissantes. Cette configuration d'ensemble de quatre cercles sériés entre eux et chacun sérié intérieurement constitue donc un système multiplicatif complet et correct, auquel il ne manque, au point de vue de la lecture des correspondances, qu'un ensemble de liaisons commodes pour faire correspondre l'un des éléments d'un des cercles à l'élément correspondant des autres cercles. Cat essaye alors d'un autre système : elle transforme l'un des cercles

en une colonne verticale, avec superposition partielle des feuilles comme s'il s'agissait de tuiles; elle fait de même avec les trois autres cercles, ce qui donne presque la matrice carrée de 16 casiers. Puis elle remplace ces rangées par des empilements, la plus grande feuille étant à la base et la plus petite au sommet. Enfin, elle remanie le tout et dispose les plus grandes feuilles (I) en une rangée horizontale sériée par teintes décroissantes. En dessous de cette rangée elle place une seconde rangée formée des feuilles de la grandeur immédiatement inférieure (II), également sériées par teintes décroissantes; mais, au lieu de faire correspondre les teintes de la rangée II à celles de la rangée I, elle fait une rangée II plus courte que la rangée I, ce qui rend les lignes de correspondances obliques et non verticales. Elle construit de même une rangée III (grandeur suivante), par teintes décroissantes mais la rend encore plus courte que II. De même pour la rangée IV. Le résultat est alors une table à double entrée, mais à laquelle il manque la forme carrée: seuls les éléments I 1 II 1 III 1 et IV 1 sont superposés verticalement, tandis que les colonnes I 2 à IV 2, I 3 à IV 3 et I 4 à IV 4 sont de plus en plus inclinées.

Asc (6; 4) classe les 32 éléments selon les quatre couleurs, puis prend la collection la plus claire et la série selon les grandeurs. Il fait de même des collections de plus en plus foncées. Il parvient ainsi à un système multiplicatif complet mais, faute de superposer exactement les collections sériées, il ne prend pas conscience des correspondances terme à terme entre les grandeurs des feuilles comprises dans les différentes classes de couleurs: autrement dit, il comprend bien la sériation des quatre collections de couleurs ainsi que la sériation interne de chacune d'entre elles du point de vue des grandeurs, mais il n'atteint pas les correspondances élément à élément d'une collection à l'autre.

Ce stade fournit ainsi une série progressive de réactions qui finissent par atteindre la frontière des tables multiplicatives complètes. On peut caractériser cette progression de la manière suivante: les sujets les moins développés (par exemple San) se bornent à sérier selon l'une des qualités en jeu, en négligeant l'autre jusqu'à ce que l'expérimentateur leur en rappelle l'existence; puis ils effectuent une sériation selon l'autre qualité, mais en oubliant la première, et enfin ils cherchent à concilier les deux sériations, mais sans atteindre la conscience de la multiplication entière. A un niveau un peu plus élevé (Stec), le sujet commence également par une seule sériation, puis, lorsqu'on rappelle la seconde qualité, il introduit une sériation de ce second point de vue à l'intérieur des collections construites et sériées entre elles au premier point de vue; mais ici encore, et même quand l'enfant a atteint une configuration isomorphe à celle de la matrice multiplicative, il n'en comprend pas toute la signification. Un pas de plus est franchi lorsque le sujet commence de lui-même par une double sériation: c'est ainsi que Cat groupe les feuilles selon leurs couleurs en figures circulaires sériées les unes par rapport aux autres de la teinte la plus foncée à la teinte la plus claire, tout en introduisant à l'intérieur de chaque cercle un ordre cyclique permettant de sérier les grandeurs. Mais si l'intention de la multiplication devient ainsi nette, puisque le sujet recherche les deux sériations « à la fois », le résultat n'est toujours pas complet car ces deux sériations ne sont pas situées sur le même plan: l'une est externe aux collections de départ (cercles, colonnes, empilements, etc.) et les ordonne les unes par rapport aux autres, tandis que l'autre sériation est intérieure à chaque collection, mais sans instru-

ment de correspondance permettant de relier terme à terme les membres de l'une des collections à ceux des autres. Le sujet Cat atteint d'ailleurs presque cette correspondance grâce à une figure d'ensemble quadrilatère : mais le fait même qu'il ne réussit pas à trouver la forme carrée qui donnerait à la table son sens multiplicatif complet (double correspondance entre colonnes et entre rangées) montre assez qu'il ne cherche pas à dépasser le niveau des sériations hétérogènes, les unes externes et les autres internes. Il en est de même du sujet Asc qui atteint d'emblée le résultat final de Cat et se trouve ainsi au seuil de la méthode opératoire.

Notons encore que la réaction des sujets au cadre de la table des 49 éléments (lorsque l'on donne au sujet la rangée supérieure et la colonne de gauche de cette table, en le priant de situer des feuilles données successivement) confirme bien le fait que, à ce niveau II, les deux sortes de sériations à multiplier entre elles ne sont pas encore homogènes : il est frappant à cet égard de constater que si l'enfant parvient d'emblée à repérer un emplacement du point de vue de l'une des deux qualités sériées, il échoue au second point de vue sinon par voisinages successifs. Or, il est clair qu'une telle difficulté ne saurait être d'ordre perceptif : c'est bien l'exigence de suivre les sériations « à la fois », donc l'exigence multiplicative comme telle, qui constitue ici le problème délicat pour l'enfant. Et c'est pourquoi, même lorsqu'il parvient, dans son arrangement des 32 éléments, à tenir compte des deux sériations nécessaires, il n'arrive pas, malgré cette réussite partielle, à les rendre entièrement homogènes, comme ce sera le cas au cours du stade III.

§ 4. LE STADE III : RÉUSSITE DE LA MULTIPLICATION. —

Nous commencerons par citer trois cas intermédiaires entre les stades II et III avant de passer aux cas francs :

KRO (6; 6) range d'emblée les 32 éléments d'après la grandeur et la couleur : elle parvient ainsi peu à peu à 4 colonnes verticales sériées de gauche à droite selon les grandeurs décroissantes et à 4 rangées horizontales sériées de haut en bas selon les teintes décroissantes. Elle comprend qu'en suivant une même rangée ou une même colonne une seule des qualités varie à la fois et lorsqu'on lui demande de montrer un élément à la fois plus petit et plus clair qu'un autre elle suit les diagonales ou leurs parallèles.

Pour la collection de 2×49 éléments elle n'aboutit par contre qu'à des réussites partielles. Lorsqu'on lui fournit le cadre constitué par la rangée supérieure et la colonne de gauche elle complète par contre tout le tableau avec quelques tâtonnements spontanément corrigés.

A 7; 1, le même sujet arrange immédiatement pour les 32 éléments une table à double entrée. Pour les 98 éléments, elle commence bien, mais se lasse. On lui donne le cadre et elle termine sans erreur.

JUN (7; 6) commence, pour les 32 éléments, par faire 8 séries horizontales de grandeurs décroissantes (couleurs mêlées) qu'il place par quatre les unes au-dessus des autres en deux tableaux juxtaposés, puis il ordonne les couleurs à l'intérieur de chaque série. On a ainsi deux tables à double entrée juxtaposées formées d'éléments identiques, mais la seconde présente par rapport à la première une inversion systématique du sens de sériation des couleurs, tandis que les grandeurs sont sériées de la même manière dans les deux.

SUT (7; 2) commence de même par sérier les grandeurs, avec couleurs mélangées, puis elle série les couleurs en ordre décroissant, d'où une table à double entrée correcte avec deux exemplaires de chaque élément.

Pour l'ensemble de 2×49 , elle entreprend d'embler la table à double entrée selon la méthode trouvée à l'instant et la réussit à part quelques petites erreurs de couleurs (dans les nuances peu distinctes).

MAR (7; 4) : « Qu'est-ce que tu vois ? — *Il y a des plus foncées et aussi des plus petites que d'autres.* — Tu pourrais les mettre en ordre ? — (Il prend les plus foncées et les série selon la grandeur.) *C'est les plus foncées que j'ai mises en premier. Ça ne fait rien ?* (Il superpose les feuilles pour juger de leurs grandeurs puis continue avec les moins foncées, etc., jusqu'à la table à double entrée complète.) — Mais comment as-tu si bien arrangé ? — *J'ai regardé toujours les plus petites et les plus claires.* »

WES (7; 5) fait d'abord des rangées de 3-4 éléments de grandeur et de couleur décroissant simultanément, ce qui signifie qu'il pense pouvoir éviter les séries avec égalité d'une qualité et ordre croissant de l'autre. Mais il constate que tous les éléments ne se laissent pas ainsi sérier. « C'est possible de faire autrement ? — (Il fait alors des colonnes de même grandeur et de teintes décroissantes et des rangées de même couleur et de grandeurs décroissantes). »

DUB (7; 11) série les grandes feuilles (32 éléments) par teintes décroissantes, puis les moins grandes, etc., mais aligne ses séries en une longue rangée unique. « Et si tu voulais retrouver tout de suite les plus claires ou les plus foncées ? — *Ah! oui* (il superpose les rangées, ce qui donne un tableau à deux dimensions).

49 éléments : applique la même méthode en superposant d'embler les rangées.

GUY (8; 3) série au contraire les feuilles foncées par grandeurs décroissantes, etc., et les laisse également juxtaposées. « Tu pourrais faire quelque chose pour tout retrouver à la fois ? — *Mais oui!* » (Il superpose les 4 classes de couleurs et atteint ainsi la table à double entrée.)

PAR (8; 6) commence comme Wes par une rangée en couleurs et grandeurs simultanément décroissantes (ce qui correspond à I 1, II 2, III 3 et IV 4, donc à la diagonale) puis il construit une colonne de grandeurs égales et couleurs décroissantes (I 1, I 2, I 3 et I 4). Il ne parvient alors naturellement pas à construire sa table en prenant la première suite comme rangée supérieure et la seconde comme colonne de gauche : il continue alors selon le second système.

Deux nouveautés caractérisent ce stade par rapport au précédent, et se réduisent d'ailleurs sans doute à deux aspects complémentaires d'une même nouvelle réaction.

La première consiste en ceci que, dès l'inspection initiale de la collection, le sujet anticipe la nécessité d'une double sériation selon les deux qualités variables. Comme le dit, par exemple, Mar (le premier des cas francs cités précédemment), « il y a des plus foncées et aussi des plus petites que d'autres ». Aussi l'enfant forme-t-il d'embler le projet de sérier les deux sortes de qualités, même s'il commence par l'une seule des deux.

La seconde nouveauté revient d'autre part à ce que, même si le sujet a commencé par l'une des deux sériations, il ne subordonne pas la seconde à la première, comme c'était le cas au stade II, mais les considère comme homogènes ou d'égal importance. Il n'y a donc plus des classes de cou-

leurs séries de façon externe les unes par rapport aux autres avec en plus une sériation interne des grandeurs, ou des classes de grandeurs séries de façon externe avec en plus une sériation interne des couleurs. Il y a dorénavant l'une et l'autre de ces deux dispositions quelle que soit celle qui a précédé l'autre. En d'autres termes, quand un sujet comme Dub construit des classes de grandeurs décroissantes avec sériation interne des couleurs en chaque classe, il établit mentalement une correspondance entre les couleurs comprises en une classe de grandeurs et les couleurs des autres classes de grandeurs (ce qui n'était pas le cas au stade II) : c'est pourquoi, bien qu'il ait aligné ses classes de grandeurs en une rangée unique, il suffit de lui demander : « Et si tu voulais retrouver... etc. » pour qu'il superpose immédiatement ses classes de couleur et atteigne ainsi la configuration de table à double entrée où les sériations externes et internes se fondent en un seul système. Guy commence inversement par les classes de couleurs, séries intérieurement selon les grandeurs mais réagit de même à la question de « tout retrouver » et construit sa table à double entrée.

Mais c'est à ce projet de double sériation et de deux sériations homogènes que se limite le schème anticipateur. Ce schème porte donc bien sur l'essentiel, qui est l'intention multiplicatrice, mais sans que le sujet voie toujours d'avance la disposition spatiale qu'il donnera à cette double sériation, tandis que dans le cas de la multiplication des classes on a l'impression chez la plupart des sujets du stade correspondant que l'anticipation porte aussi sur la disposition spatiale (sur la matrice elle-même). D'autre part, on vient de voir au chap. VI que la sériation unique donne lieu à une semi-anticipation de la figure spatiale dès le stade II ! Il y a donc là un double problème comme nous le faisons entrevoir dans l'introduction du présent chapitre.

Or, une sériation est une « bonne forme » d'abord parce qu'elle comporte toujours une différence de même nature qualitative qui se répète entre éléments successifs et dans la mesure ensuite où les différences ainsi répétées sont quantitativement égales (ce qui n'est pas nécessairement le cas). Rappelons en outre que ces relations de différence sont directement perceptibles, ce qui n'est pas le cas des classes.

Une classification, par contre, n'est pas une « bonne forme » parce que dans l'inclusion des classes successives A en B , B en C , etc. (selon l'opération $A + A' = B$; $B + B' = C$; etc.) il intervient : (1) des relations d'équivalence a entre les individus appartenant à A ; b entre les individus appartenant à B , etc. (relations qui sont perceptibles tandis que les classes en tant que réunions ne le sont pas sinon sous des formes figurales arbitraires); (2) des relations de différence ou « altérités » entre les A et les A' , entre les B et les B' , etc. : or, ces relations ne sont pas les mêmes dans le cas $A A'$ que dans les cas $B B'$, ou $C C'$, etc. et elles ne sont donc pas sériables dans le cas général. C'est ce mélange d'équivalences et d'altérités qui oppose la configuration classificatoire à la configuration sériale et confère à celle-là une complexité que n'a pas celle-ci et l'empêche de constituer une forme aussi « bonne », faute de simplicité et de régularité.

$A_1 A_2$	$A_1 A'_2$	$A_1 B'_2$
$A'_1 A_2$	$A'_1 A'_2$	$A'_1 B'_2$
$B'_1 A_2$	$B'_1 A'_2$	$B'_1 B'_2$

et entre $(A_2 + A'_2)$ et B'_2 , ce qui constitue la même difficulté que pour les classifications simples. Mais la difficulté, au lieu d'augmenter avec le système multiplicatif est au contraire atténuée du fait des symétries : ce sont, en effet, les mêmes caractères que l'on retrouve le long des mêmes rangées (horizontales) ou des mêmes colonnes (verticales) selon un principe de double symétrie. Il en résulte que le jeu des équivalences domine au point de vue figural, bien qu'il y ait autant de relations de différences que d'équivalences : c'est pourquoi la matrice de multiplication des classes est une forme figurale meilleure que la classification simple, d'où les paradoxes évolutifs relevés au chap. V.

Quant à la multiplication des relations asymétriques transitives ou des sériations (voir le tableau) il en est en apparence exactement de

I 1	→	I 2	→	I 3
↓		↓		↓
II 1	→	II 2	→	II 3
↓		↓		↓
III 1	→	III 2	→	III 3

Dans le cas des matrices de multiplication de classes on a, pour neuf éléments (voir la table ci-contre), à considérer les différences ou altérités entre A_1 et A'_1 , entre $(A_1 + A'_1)$ et B'_1 , entre A_2 et A'_2 , entre $(A_2 + A'_2)$ et B'_2 , ce qui constitue la même difficulté que pour les classifications simples. Mais la difficulté, au lieu d'augmenter avec le système multiplicatif est au contraire atténuée du fait des symétries : ce sont, en effet, les mêmes caractères que l'on retrouve le long des mêmes rangées (horizontales) ou des mêmes colonnes (verticales) selon un principe de double symétrie. Il en résulte que le jeu des équivalences domine au point de vue figural, bien qu'il y ait autant de relations de différences que d'équivalences : c'est pourquoi la matrice de multiplication des classes est une forme figurale meilleure que la classification simple, d'où les paradoxes évolutifs relevés au chap. V.

Quant à la multiplication des relations asymétriques transitives ou des sériations (voir le tableau) il en est en apparence exactement de même sauf que les altérités sont remplacées par des différences sériables : or, la sériation constituant une forme « meilleure » que la classification, on pourrait même s'attendre à ce que la multiplication des sériations soit également plus simple que celle des classes non sériables.

Mais la difficulté spécifique de la multiplication sériale provient paradoxalement du même facteur qui facilite la construction des matrices de multiplication des classes : à savoir le rôle des équivalences. En effet, lorsque le sujet est orienté vers la classification il recherche, par attitude systématique, des équivalences puisqu'une classe est une réunion d'éléments équivalents : les différences ou altérités constituent alors un obstacle ou une complication du classement, et c'est cette complication qui est précisément atténuée par le jeu des symétries dans une matrice multiplicative, d'où le retour au primat de l'équivalence. Lorsque le sujet tend au contraire à sérier, il cherche les différences puisqu'une sériation est un enchaînement de différences asymétriques transitives ; et lorsqu'il constate, à l'inspection de la collection présentée, la présence de deux systèmes de différences sériables, il est *a fortiori* orienté vers les différences elles-mêmes. Or, il est impossible de construire un tableau multiplicatif de deux systèmes de différences sériables sans introduire un jeu d'équivalences sans quoi l'on n'obtient que les diagonales ou les lignes obliques de la table. Autrement dit si pour deux relations I... et 1... on peut avoir les combinaisons <<, >>, >< et <>, on doit prévoir aussi les combinaisons < =, > =, = <, = > et = =, qu'elles soient réalisées ou non. C'est alors cette intervention des équivalences partielles dans la table multiplicative de n sériations qui constitue l'obstacle à une facilité figurale comme celle de la sériation simple où cette difficulté n'intervient pas. Et c'est ce qui explique le paradoxe que la matrice multiplicative des classes comporte une configuration meilleure que la

classification tandis que celle des relations ne comporte qu'une configuration moins « bonne » que la sériation.

Il est intéressant de constater à cet égard que plusieurs sujets (voir Wes et Par) commencent par vouloir constituer une double sériation en ordonnant directement les éléments selon les deux relations << ou >> (plus grands et plus foncés, etc.), c'est-à-dire qu'ils construisent au départ ce qui constituera en fait la diagonale de leur table, mais en croyant atteindre la table elle-même ou l'une de ses rangées ou colonnes. Or, c'est bien là l'attitude la plus naturelle, une fois compris qu'il faut deux sériations : c'est pourquoi on ne trouve cette réaction ni au stade I où l'enfant se borne à classer par collections figurales, ni au stade II où il ne pense qu'à une sériation à la fois ou fait primer l'une des deux par rapport à l'autre.

Il est d'autant plus frappant que, malgré ces difficultés figurales dues au caractère mixte des tables de double sériation, les sujets parviennent spontanément soit à des classes ordonnées en longues rangées comme Dub et Guy (I 1-4; II 1-4, etc.), ce qui constitue bien une table multiplicative mais à figuration unidimensionnelle, soit à des tables à deux dimensions.

En conclusion, nous pouvons donc répondre comme suit au problème posé au début de ce chapitre : (1) l'enfant parvient à peu près au même niveau (7-8 ans) aux schèmes opératoires de la multiplication des classes et de celle des relations asymétriques transitives (multiplication sériale); (2) mais le dernier schème, reposant à la fois sur les différences sériables et sur les équivalences, soulève un problème spécial, non pas de structure mais de symbolisme spatial. Dès 7-8 ans en moyenne les sujets comprennent, soit d'emblée, soit en débutant par de doubles inégalités (>> ou <<, c'est-à-dire les diagonales de la table ou leurs parallèles), la nécessité de cette combinaison des différences sériables et des équivalences (puisque, dans notre dispositif, ils construisent à la fois des classes de couleurs avec grandeurs sériées et des classes de grandeurs avec couleurs sériées), mais tous ne choisissent pas, ou pas d'emblée, le symbolisme bidimensionnel : certains procèdent par succession cyclique unidimensionnelle (I 1-4; II 1-4; etc.), tandis que d'autres parviennent spontanément à la table à double entrée.

Au total, il est assez remarquable, du point de vue des mécanismes opératoires, de constater que malgré les différences assez considérables que nous avons notées (d'abord du point de vue des facilités de la représentation figurale, ce qui se traduit ensuite en facilités ou difficultés du symbolisme spatial) entre la classification, la sériation simple et les systèmes multiplicatifs de classes ou de sériations, ces quatre grandes structures correspondant aux quatre principaux « groupements » de la logique des classes et des relations, se constituent ou plutôt s'achèvent à peu près au même niveau de développement, la part faite naturellement des décalages dus à la résistance plus ou moins grande des contenus intuitifs.

CONCLUSIONS

De nombreux travaux ont déjà été publiés sur le développement des classifications et quelques-uns sur celui des sériations. Chacun sait, en particulier, la manière brillante dont K. Goldstein¹ et ses collaborateurs, principalement M. Scheerer ont analysé les conduites de « catégorisation » du point de vue de l'abstraction et de la mobilité (shifting) ou de la rigidité. Le « sorting-test » de Goldstein et Scheerer consiste notamment à classer 33 objets quotidiens selon toutes les combinaisons ainsi qu'à définir les classes construites par l'expérimentateur. Reichard, Schneider et Rapaport² ainsi que Thompson³ ont analysé de telles conduites chez l'enfant. Hanfmann et Kasanin⁴, inspirés par Ach (technique modifiée par Sacharov et Vigotsky) avaient de même élaboré dès 1937 une épreuve de classification portant sur 22 blocs (cinq couleurs, six formes, deux hauteurs et une différence de largeur), en demandant comment ces objets peuvent être répartis en quatre groupes (d'où les réactions de flexibilité et de persistance, nécessaires à la solution, et de fluidité ou de rigidité, empêchant la solution). On sait comment les idées de Goldstein ont inspiré à H. Wallon sa notion d'un niveau « précatégoriel » de la pensée de l'enfant, cas particulier du niveau préopérateur en général. Notre ancienne collaboratrice G. Ascoli a poursuivi à cet égard, sous la direction de H. Wallon, une étude sur les classifications

¹ K. GOLDSTEIN et M. SCHEERER, *Abstract and concrete behavior, an experimental study with special tests*, Psychol. Monogr., 53, 151 p. (1941).

M. M. BOLLS et K. GOLDSTEIN, *A study of the impairment of « abstract behavior » in schizophrenic patients*, Psychiatr. Quart., 12, 42-65 (1938).

² S. REICHARD, M. SCHNEIDER, D. RAPAPORT, *The development of concept formation in children*, Am. J. Orthopsychiatr., 14, 156-161 (1944).

³ J. THOMPSON, *The ability of children of different grade levels to generalize on sorting tests*, J. Psychol., 11, 119-126 (1941).

⁴ E. HANFMANN, J. KASANIN, *A method for the study of concept-formation*, J. Psychol., 3, 521-540 (1937) et *Conceptual thinking in schizophrenia*, New Ment. Dis. Monogr., n° 67, 115 p. (New-York 1942).

enfantines¹. Les hypothèses gestaltistes ont d'autre part inspiré à R. Meili un travail sur les structures classificatrices².

L'un des problèmes les plus étudiés a naturellement été celui des relations entre la classification et le langage, problème sur lequel se sont penchés notamment P. Oléron³ et M. Vincent⁴ à propos des sourds-muets. Une remarquable étude récente de T. Slama-Cazacu⁵ sur la pensée et le langage chez l'enfant normal contient une nouvelle épreuve de classification qui mérite d'être signalée par la manière dont elle rejoint au *maximum* les situations concrètes quotidiennes : il s'agit d'un « jeu de l'armoire » où les objets sont à ranger dans une armoire réelle et où le classement prend ainsi une valeur fonctionnelle.

Quant aux classifications multiplicatives, chacun connaît les « progressive matrices » de Raven⁶. Quant aux travaux sur la sériation, nous n'en avons pas rencontré de systématiques, mais le problème est souvent mentionné à propos des structures perceptives.

La richesse et l'excellence de ces travaux nous interdisent de décider si les résultats consignés en notre étude présentent des nouveautés effectives. Par contre nous aimerions souligner en quoi les problèmes que nous nous sommes posés et le point de vue auquel nous nous sommes placés nous semblent différer de ceux de nos prédécesseurs.

Les classifications et les sériations constituent des conduites analysables pour le psychologue, mais aussi des structures dont les lois sont formulables pour le logicien et le mathématicien, et les structures logico-mathématiques sont celles-là mêmes auxquelles les conduites du sujet en son développement tendent peu à peu à se conformer. Or, à part les « gestaltistes » (Goldstein, Meili, etc.), qui cherchent à réduire les structures aux formes très générales de la Gestalt (ce qui aboutit, croyons-nous, à négliger certains des aspects spécifiques des structures opératoires), les problèmes que se sont posés les psychologues au sujet des classifications et des sériations sont surtout de nature fonctionnelle : expliquer pourquoi tel groupe d'individus manquent de la mobilité nécessaire (*shifting*) pour modifier leurs critères de classement, ou comment le langage facilite la construction de certaines classes plutôt que d'autres, etc.

Notre problème principal, inspiré par les préoccupations de l'épistémologie génétique, est au contraire de comprendre pourquoi l'organisation des conduites de classification et de sériation prend telle ou telle

¹ G. ASCOLI, *Comment l'enfant sait classer les objets*, Enfance, 1950 (n° 3).

² R. MEILI, *Experimentelle Untersuchungen über das Ordnen von Gegenständen*, Psychol. Forsch. (1926), Bd. 7.

³ P. OLÉRON, *Etude sur les capacités intellectuelles des sourds-muets*, Année psychol. 1949 (47-48), 136-155, et *Pensée conceptuelle et langage*, *ibid.*, 1951 (51), 89-120. *Recherches sur le développement mental des sourds-muets*, Paris (C.N.R.S.), 1956.

⁴ M. BORELLI-VINCENT, *La naissance des opérations logiques chez le sourd-muet*, Enfance 1951 (4), 222-38. Voir aussi *ibid.*, 1956, 1-20.

M. VINCENT, *Sur le rôle du langage à un niveau élémentaire de pensée abstraite*, Enfance 1957 (n° 4), 443-464.

⁵ T. SLAMA-CAZACU, *Relatiile dintre gândire și limbaj în ontogeneza* (Les rapports entre la pensée et le langage dans l'ontogénèse), Acad. Rep. popul. România, 1957, 508 p. (enfants de 3 à 7 ans : résumé français).

⁶ C. RAVEN, *Progressive Matrices*, London (Lewys), 1938.

forme et pourquoi ces formes successives tendent vers les structures logico-mathématiques (non pas parce que la logique ou les mathématiques en auraient imposé *a priori* les modèles, mais parce que le sujet, sans connaître ceux-ci, tend de lui-même à construire des formes qui leur sont progressivement isomorphes). L'une des questions centrales sur lesquelles nous avons insisté est, par exemple, d'établir comment se construit graduellement la structure d'inclusion, qui n'est nullement donnée (ni sous forme héréditaire, ni sous forme de Gestalt, etc.) mais qui se forme bien plus laborieusement que l'on n'imaginerait en partant de ses modèles linguistiques adultes.

Or, ces questions de genèse des structures ont, en fait, peu préoccupé la plupart des psychologues, car, ne s'intéressant pas à la logique, ils sont portés, sans toujours en prendre conscience, à considérer comme « donné » ce qu'ils jugent eux-mêmes logiquement nécessaire au lieu d'y voir un problème et de se demander précisément par quelles voies ils en sont venus lors de leur formation (comme enfants ou adolescents) à construire ou à admettre de telles « nécessités ». Le point de vue auquel nous nous sommes placés dans la présente étude complète ainsi de façon naturelle les précédents. Persuadés, par toutes nos recherches antérieures, de la nature essentiellement opératoire des classifications et des sériations, nous nous sommes avant tout proposé de retracer la genèse de ces opérations et de dégager les liens que leurs structures peuvent présenter avec les mécanismes sensori-moteurs ou perceptifs correspondants.

1. Le premier résultat qu'il convient de souligner est l'étroite solidarité que nous avons constatée entre le développement des opérations logiques ou des actions prélogiques (toutes deux portant sur des éléments discontinus) et des opérations ou actions infralogiques (portant sur des éléments réunis en un tout spatial ou continu). C'est l'indifférenciation de ces deux sortes de réactions qui caractérise les « collections figurales » du stade I (chap. I), tandis qu'aux stades II et III (voir chap. I, § 4 et chap. II, § 3) elles se différencient partiellement, puis totalement, en évoluant ainsi parallèlement. Or, ce premier fait est décisif quant à la signification des opérations de classification et de sériation en indiquant d'emblée que les racines de ces opérations sont à chercher, non pas dans les concepts et les énoncés manipulés par le langage seul, mais dans les actions générales de réunion ou d'ordination, appliquées aux objets d'un seul tenant (continu) aussi bien qu'aux ensembles discontinus.

2. Mais, par le fait même que les réunions et subdivisions classificatrices ont ainsi une origine active, commune avec celle des réunions et partitions infralogiques, la route est d'autant plus longue à parcourir qui conduit des premiers agrégats pratiques et mal différenciés aux concepts en extension (classes) et en compréhension (propriétés communes) désignés par le langage et manipulés en pensée grâce à lui. Tandis que la « compréhension » fondée sur les ressemblances est assurée dès les assimilations sensori-motrices par la perception des qualités communes et l'abstraction élémentaire liée aux finalités pratiques,

L'extension des concepts n'est accessible au sujet que par l'intermédiaire d'un symbolisme précis et encore à la condition de subordonner les signes verbaux à un système de quantifications bien réglées.

C'est pourquoi le phénomène si intéressant des collections figurales (stade I) nous a paru ne pouvoir s'expliquer que par les difficultés initiales de la coordination de l'extension et de la compréhension. Il ne suffit pas, en effet, pour interpréter cette réaction si générale au niveau élémentaire, de l'attribuer à une indifférenciation entre les conduites logiques ou prélogiques (discontinu) et les conduites infralogiques (continu). Cette indifférenciation rend il est vrai compte de ce mélange de liaisons par ressemblances et de simples voisinages ou contiguïtés sans ressemblances, que l'on observe dans les alignements ou les objets complexes, et surtout du mélange des ressemblances et des « convenances empiriques », car une totalité infralogique ne réunit pas ses éléments en fonction de la seule ressemblance. Mais le vrai problème est de comprendre pourquoi ces indifférenciations sont si durables et pourquoi, cherchant à classer, les petits en restent si longtemps à construire des ensembles spatiaux et figuraux. Or la raison en est, avons-nous vu, que si la « compréhension » des qualités communes est assurée dès le départ par les pouvoirs de l'assimilation sensori-motrice, aucune forme d'« extension » n'est à disposition des sujets de ce niveau, sinon précisément l'extension figurale ou spatiale des ensembles perceptifs, qui suffit à la construction de totalités infralogiques mais demeure encore fort éloignée de l'extension propre aux classes logiques à éléments discontinus, c'est-à-dire d'une extension indépendante de toute disposition spatiale.

3. Le problème central du développement des classifications nous est ainsi apparu comme étant celui de la coordination progressive de l'extension et de la compréhension. Nous nous sommes donc proposé d'expliquer cette coordination graduelle en partant des actions et opérations du sujet, c'est-à-dire en reconnaissant le fait qu'il ne lui suffit nullement, pour dominer la question, de prendre acte des compréhensions et des extensions en quelque sorte inscrites d'avance dans le système des concepts verbaux propres au langage ambiant : en fait, les résultats des chap. III et IV (« tous » et « quelques » et quantification de l'inclusion) nous ont assez montré que l'enfant ne domine les extensions des concepts verbaux (et même des ensembles perceptifs) qu'en les restructurant logiquement, donc en partant de ses propres actions et opérations. Or, d'un tel point de vue, les relations de l'extension et de la compréhension sont paradoxales et semblent s'enfermer dans un cercle que seule l'analyse génétique permet de rendre non vicieux.

D'une part, en effet, pour déterminer les qualités communes à un ensemble d'éléments (compréhension), il ne suffit pas de suivre ceux-ci de proche en proche, au risque d'en oublier et de ne pas atteindre les propriétés effectivement « communes » ; il faut ainsi les confronter « tous » et par conséquent appuyer la construction de la « compréhension » sur un réglage du « tous » et du « quelques », donc sur une élaboration préalable ou simultanée de l'extension. Mais, d'autre part, pour construire cette extension, il est indispensable de qualifier les éléments

à grouper, c'est-à-dire que la détermination du « tous » et du « quelques » (extension) est nécessairement relative à celle des qualités communes, donc de la compréhension. En un mot, la compréhension suppose l'extension et réciproquement, de telle sorte qu'un certain mystère entoure le passage d'une situation comme celle du stade I, où toutes deux demeurent entièrement incoordonnées, à la situation propre au stade III où ces deux aspects indissociables de tout concept et de toute classification sont au contraire entièrement coordonnés et rendus solidaires l'un de l'autre.

4. Les faits nous ont, à cet égard, montré qu'un tel passage consiste d'abord en une différenciation et non pas directement en une coordination graduelle, ou, pour mieux dire, que cette dernière comporte en premier lieu une différenciation progressive entre une compréhension mal déterminée et une extension mal déterminée également, mais toutes deux relativement indifférenciées l'une de l'autre. Nous avons, en effet, constaté que, non seulement (il va sans dire) au niveau des collections figurales mais encore à celui des collections non figurales (où la collection ne présente plus de configuration définie, mais consiste encore en un agrégat déterminé dans l'espace par opposition à la « classe » proprement dite), que l'extension, et notamment le « tous » et le « quelques », ne constituent pas toujours de pures quantités mais demeurent en un sens des qualités de l'objet total ou de la collection en tant qu'ensemble, c'est-à-dire des réalités intermédiaires entre la pure extension et la compréhension (cf. chap. III, Conclusion). Comme, d'autre part, il existe à tous les niveaux une « compréhension », fournie par les relations perçues et par la schématisation à laquelle elles conduisent dès les paliers sensori-moteurs, et qu'il existe également à tous les niveaux une « extension », même si elle reste longtemps dominée par les liaisons topologiques ou spatiales en général, le vrai problème n'est donc pas de savoir comment s'engendrent la compréhension ou l'extension, *ex nihilo* ou l'une à partir de l'autre, mais comment elles se différencient et se coordonnent par cela même.

5. A cet égard les questions se précisent en se localisant sur ces deux points essentiels que sont le passage du stade I au stade II et le passage de ce stade au palier d'équilibre III. Comment expliquer, d'abord, qu'après avoir construit des assemblages non déterminés par les seules ressemblances et différences en compréhension (collections figurales) l'enfant en vienne à des classements fondés sur ces seuls critères (collections non figurales du stade II) ? Et comment expliquer, ensuite, qu'il passe, de ces collections juxtaposées ou simplement différenciées, à des systèmes hiérarchiques d'inclusions (stade III) ?

Or, sur ces deux points encore, les problèmes ne se posent pas en termes de simple émergence ou de création *ex nihilo*, mais à nouveau en termes de différenciation et de coordination. En effet, les ressemblances qui dominent la classification dès le stade II ne sont pas entièrement absentes au cours du stade I, mais sont données dès les assimilations sensori-motrices élémentaires et se manifestent sans cesse dans le détail des collections figurales (par couples ou petites suites à l'intérieur des

alignements ou des objets complexes, etc.); la prédominance qu'elles acquièrent au stade II consiste donc moins en une nouveauté absolue qu'en une libération à l'égard des facteurs figuraux et en une différenciation plus nette à l'égard de l'extension. Quant à la formation des inclusions hiérarchiques, elle est elle-même préparée, nous l'avons constaté sans cesse, par les différenciations et subdivisions des collections non figurales, au point que sans les épreuves des chap. III et IV, celles-ci donnent l'impression de classifications proprement inclusives.

6. Le passage du stade I au stade II nous a paru dès lors s'expliquer par les premières interventions de ces processus rétroactifs et anticipateurs dont les développements ultérieurs aboutiront à la constitution des structures opératoires réversibles propres au stade III.

En effet, du point de vue du fonctionnement même des actions et de la pensée, le caractère le plus général des réactions du stade I est que le sujet procède de proche en proche, en oubliant ce qu'il vient de faire et en ne prévoyant pas la suite : il aligne, par exemple, l'ensemble des éléments donnés, en changeant à chaque instant le critère qui détermine ses rapprochements successifs, ou bien il bâtit un objet collectif ou complexe en juxtaposant les éléments sans plan ni consistance (et lorsqu'il annonce en cours de route un plan, tel que « je vais faire une maison », etc., c'est qu'il oublie son intention initiale de classer et s'engage dans la voie du jeu ou de l'ornementation). Nous avons, au contraire, constaté (chap. VII § 3) comment les débuts de l'abstraction d'une qualité commune sont caractérisés par l'abandon de cette méthode des assimilations successives et par l'intervention de processus rétroactifs consistant à se souvenir des débuts de la construction des collections pour introduire une cohérence entre les débuts et la suite ou même pour remanier ces débuts en fonction de la suite. Devenant rétroactif, le schème d'assimilation en vient alors nécessairement à présenter un aspect anticipateur, car la consistance avec ce qui précède conduit au choix et à l'intention à l'égard de ce qui va suivre : semi-anticipation seulement, c'est-à-dire ne prévoyant pas l'ensemble des démarches ultérieures et ne surgissant qu'au cours des tâtonnements, mais semi-anticipation suffisante pour engendrer un début de méthode, bien supérieure au procédé de proche en proche. Le contrôle essentiel qu'a constitué pour nous l'examen des classifications portant sur des éléments perçus par voie exclusivement tactilo-kinesthésique nous a permis de voir quel rôle effectif jouaient les premières rétroactions et semi-anticipations dans la constitution des collections non figurales, donc dans le passage du stade I au stade II.

Il reste naturellement à préciser que ni la rétroaction ni l'anticipation ne créent rien par elles-mêmes. Notre explication ne se réduit donc pas à un cercle ou à une tautologie qui reviendraient à dire : si l'enfant devient à un moment donné capable de découvrir la qualité commune à un ensemble d'éléments et à les réunir tous en une collection selon un tel critère, c'est qu'il se trouve alors apte à remanier ses essais et à anticiper cette qualité commune ! En fait, il y a qualité commune à deux éléments dès qu'ils sont rapprochés par l'action et le seul problème est de comprendre comment le schème d'assimilation inhérent à une action

procédant de proche en proche peut devenir un instrument de pensée ou de représentation applicable, non plus à deux ou trois éléments successivement perçus (puis oubliés), mais à n éléments réunis par une action intériorisée durable. L'intérêt des notions de rétroaction et d'anticipation est alors de préciser les conditions de cette intériorisation, de cette permanence et de cette cohérence naissantes en montrant qu'elles ne résultent pas sans plus d'un éclairage par la conscience (éclairage qui apparaîtrait soudain et dont on ne comprendrait donc pas la causalité), mais bien d'une coordination entre les actions successives brisant le sens unique de cette succession au profit d'un va-et-vient remontant aux situations antérieures et mordant déjà sur les situations ultérieures : ce jeu de navette conçu comme nécessaire à la comparaison d'ensemble fait alors comprendre la destinée finale de telles régulations, en annonçant la réversibilité qui caractérisera les opérations propres au stade III.

7. Ainsi conduit par les rétroactions et anticipations naissantes à la construction des premières collections non figurales, le sujet se trouve alors engagé en deux sortes de constructions caractérisées par deux méthodes orientées en sens opposé : ou bien il procède par petites collections, ayant pour critères des qualités communes limitées, et les réunit ensuite en collections plus grandes (méthode ascendante) ou bien il débute par de grands assemblages ayant pour critère des qualités communes plus générales, et il les subdivise ensuite en petites collections (méthode descendante, par subdivisions quelconques ou par dichotomies). Nous nous sommes constamment demandé s'il était possible de déterminer un ordre chronologique permanent dans la succession de ces deux méthodes, donc si l'enfant était spontanément porté à débiter par la méthode ascendante pour n'adopter qu'ensuite la méthode descendante ou l'inverse. Ainsi posé le problème n'a pu recevoir de solution générale, non seulement parce qu'il est impossible de séparer la forme d'une classification de son contenu (ce contenu pouvant consister en différences de couleur, de grandeur, de forme géométrique, etc., plus ou moins sensibles selon le matériel employé, et dépendant aussi du nombre absolu ou relatif des éléments), mais encore et surtout pour la raison suivante. Dans les grandes lignes, on peut soutenir que dans la mesure où l'enfant débute par des manipulations de proche en proche il suit la méthode ascendante, tandis que les premières anticipations (et, chose intéressante, les premières « classifications tactiles » du stade II) l'orientent de préférence vers la méthode descendante. S'il en est ainsi, il se produira alors une grande variété de réactions selon les sujets individuels (et souvent pour des raisons caractérielles autant que cognitives) : alors que tel enfant sera porté à la manipulation immédiate pour ne préciser ses projets qu'après les premiers tâtonnements, d'autres hésiteront avant d'agir et anticiperont plus tôt, relativement aux manipulations (ce qui ne signifie pas toujours qu'ils anticipent mieux, mais peut-être qu'ils agissent moins rapidement), etc. Il en résulte toutes les combinaisons possibles dans la priorité des méthodes ascendante ou descendante et dans leurs mélanges.

Par contre, une seconde question s'est révélée plus importante que celle de l'ordre chronologique : c'est celle de la coordination ou de l'incoordination entre ces processus ascendants et descendants. Si l'on ne peut distinguer le stade II ni aucun de ses sous-stades éventuels par l'emploi exclusif de la méthode ascendante ou de la méthode descendante, il faut par contre lui attribuer ce caractère essentiel que les sujets de ce niveau ne parviennent jamais à une coordination entière entre les deux méthodes. Cela revient à dire que, quand ils emploient l'une des deux, ils n'anticipent pas *ipso facto* l'autre ou ses résultats. Par exemple, lorsqu'ils ont subdivisé une collection B en deux sous-collections A et A' ils ne comprennent pas sans un nouvel acte de pensée (parfois même non couronné de succès) qu'elles font toujours partie de B . Bref l'anticipation ne porte encore que sur les résultats statiques des manipulations et non encore sur les transformations, d'où l'incompréhension de l'inclusion et des opérations comme telles.

On comprend par le fait même pourquoi au stade II l'extension et la compréhension, quoique bien mieux différenciées et coordonnées qu'au stade I, ne le sont pas encore entièrement, puisque le réglage du « tous » et du « quelques » suppose le schème de l'inclusion et que celui-ci implique précisément la coordination en un même tout du processus ascendant $A + A' = B$ et du processus descendant (qui en constitue l'opération inverse) $B - A' = A$.

8. Le passage du stade II au stade III s'explique alors, dans la ligne de cette interprétation, par les progrès des mécanismes rétroactifs et anticipateurs. Il est normal que ceux-ci commencent par n'être que partiels (cf. les « semi-anticipations » du chap. VII) et surtout par ne porter, selon la règle générale, que sur le résultat statique des transformations possibles et non pas sur les transformations comme telles. Mais il est tout aussi naturel que, une fois amorcé, le jeu de navette des rétroactions et des anticipations tende à sa forme d'équilibre : or, cet équilibre, nécessairement « mobile » sera atteint lorsque, en présence d'un matériel déterminé à classer, le sujet pourra anticiper les étapes d'un classement complet mais anticiper également le déroulement de ces étapes en sens inverse, autrement dit lorsqu'il pourra simultanément anticiper les réunions et les dissociations possibles. Le point d'équilibre sera donc atteint lorsque les méthodes ascendante et descendante ne constitueront plus qu'un seul et même système de transformations, celles-ci étant anticipées comme telles (par opposition à leur seul résultat), et le système réunissant en un seul tout les anticipations et les rétroactions promues au rang d'opérations directes et inverses.

Nous avons constaté que le critère le plus fin d'un tel achèvement était celui qui est fourni par la quantification de l'inclusion (chap. IV). Sans doute, faut-il faire la part, en ce qui concerne cette épreuve dont la réussite semble parfois un peu plus tardive que la construction des classifications hiérarchiques, de l'attitude initiale de l'enfant à l'égard de la question posée : il arrive en effet qu'à la question « Y a-t-il plus de A ou plus de B (si $B = A + A'$) ? », l'enfant commence par substituer la comparaison du nombre des A et des A' avant d'avoir exactement

compris ce que l'on désirait de lui. Mais une interrogation un peu fine permet rapidement de départager le malentendu verbal et l'incompréhension réelle. En cas de compréhension, on se trouve alors bien en présence de l'une de ces situations où les deux opérations, directe ($A + A' = B$) et inverse ($A = B - A'$), sont anticipées simultanément, ce qui permet alors l'intelligence du rapport d'inclusion.

9. Dans le cadre d'un tel système d'interprétation, le changement de critère ou « shifting » ne constitue alors que l'une des expressions de cette mobilité opératoire ou réversible qui marque l'achèvement des structures de classification. Il faut bien comprendre, en effet, que le changement de critère conduisant d'une classification C à une classification C' ou C'' ne consiste pas simplement à substituer une classification possible à une autre, sans relation avec la première : le « shifting » est lui-même un nouvel ensemble d'opérations, que l'on pourrait décomposer en un système de « vicariances » du type $A_1 + A'_1 = A_2 (= A'_1$ ou une partie de $A'_1) + A'_2 (= A_1$ ou une partie de $A_1)$. Or, les vicariances constituent un « groupement » opératoire comme un autre et dont le rôle est précisément de fournir la clef permettant de traduire une classification en une autre (le modèle le plus simple consistant par exemple en l'équivalence : « Les Suisses et les étrangers à la Suisse = les Turcs et les étrangers à la Turquie »). Il est donc naturel que la mobilité propre aux changements de critère s'affirme au même niveau que la mobilité opératoire en général.

10. Rappelons, d'autre part, que malgré leurs différences du point de vue des configurations perceptives, nous n'avons trouvé qu'un étroit parallélisme entre le développement des classifications additives et celui des classifications multiplicatives. Ces dernières ne relèvent donc pas d'un mode d'évolution spécial qui serait dû aux privilèges de leur disposition figurale. Elles ne résultent pas non plus d'une généralisation des structures additives en tant que celles-ci se constitueraient au préalable pour entraîner ensuite la généralisation supposée. C'est au contraire synchroniquement et solidairement que le sujet apprend, d'une part, à classer selon un seul critère en construisant peu à peu un système d'emboîtements hiérarchiques, et, d'autre part, à classer selon deux ou trois critères à la fois en construisant peu à peu ses tables à deux ou trois entrées.

11. Mais le parallélisme le plus frappant, et à certains égards le plus inattendu, qu'il nous a été donné de vérifier, est celui du développement des opérations de classifications (additives et multiplicatives, comme on vient de le rappeler) et de l'évolution des opérations de sériation (également additives ou multiplicatives). Il y a là un résultat qu'il importe de souligner, car on aurait pu s'attendre à de nombreuses divergences en partant de cette double constatation que la classification est favorisée par le langage plus que la sériation et que cette dernière l'est par la perception plus que la classification : en effet, la sériation correspond à une bonne forme perceptive, ce qui n'est pas le cas des classifications additives, tandis que la structure syntactique de la langue renforce les structures classificatoires.

Or, à part les changements de critère, qui sont exclus par la nature même de la sériation, on retrouve dans la constitution progressive de cette dernière les mêmes péripéties et à peu près aux mêmes âges que dans le développement des classifications. On retrouve un stade I avec sa méthode de liaison de proche en proche, un stade II de réussite préopératoire et un stade III avec coordination des méthodes ascendante et descendante. On retrouve d'autre part la distinction essentielle des anticipations de configuration et des anticipations de transformation. Les premières (simplement renforcées par rapport aux anticipations préopératoires de classification à cause de l'importance du facteur perceptif dans les configurations sériales) se présentent dès 5-6 ans comme pour les classifications et ne suffisent pas non plus à assurer d'emblée une exécution systématique et opératoire. Les secondes ne s'affirment qu'avec la méthode opératoire propre au niveau de 7-8 ans.

Ce parallélisme génétique de la classification et de la sériation (que l'on retrouve donc entre les multiplications de classes et les multiplications sériales) est d'un grand intérêt théorique: mieux que tout autre argument, il met en évidence l'autonomie du développement opératoire par rapport aux facteurs de perception ou de langage, dont le rôle adjuvant n'est certes pas contestable mais à la condition de ne pas le considérer comme primordial ou même central.

12. Avant d'en revenir à l'autonomie de ce développement opératoire, rappelons encore que presque toutes les structures étudiées dans cet ouvrage sont achevées au niveau des opérations concrètes, et ne relèvent par conséquent que de la structure des « groupements » élémentaires de classes et de relations: cela signifie donc qu'elles ne recouvrent nullement toute la logique des classes et des relations et ignorent en particulier celles des structures de classes qui sont isomorphes aux structures propositionnelles (telles les différentes formes de la « loi de dualité »). Par contre, on peut étudier la découverte par l'enfant de certaines transformations qui débordent les limites du « groupement »: c'est ce que nous avons fait au sujet de la transformation $(A < B) \rightarrow [(non A) > (non B)]$. Nous avons alors vérifié (voir chap. V § 5) que cette transformation n'était effectivement comprise qu'au niveau des opérations propositionnelles ou « formelles », parce que combinant entre elles des négations (ou complémentarités) et des réciprociétés elles relèvent de ce fait même du groupe des quatre transformations *INRC*.

13. Si nous en venons maintenant à l'autonomie du développement opératoire, que les données contenues dans cet ouvrage contribuent à vérifier, il faut d'abord préciser qu'une telle constatation ne signifie en rien que les opérations logiques constitueraient au sein de la vie mentale comme une sorte d'« état dans l'état ». Tout au contraire, c'est parce que les opérations prolongent les actions, c'est parce qu'elles constituent même les coordinations les plus générales de l'action et qu'elles se retrouvent, esquissées ou achevées, dans les formes les plus différentes de conduites, que (à cause donc de leur généralité même et non pas, comme on le pense si souvent à tort à cause du caractère délimité de leur domaine) elles relèvent de lois d'évolution non subordonnées

à tel ou tel facteur particulier de perception, d'apprentissage ou de langage.

Une fois de plus, en effet, nous avons pu constater que les opérations logiques (en l'espèce de classification et sériation, additives ou multiplicatives) sont reliées, par une évolution étonnamment continue, à un certain nombre d'actions élémentaires (mettre en tas, dissocier, aligner, etc.) et ensuite aux régulations de plus en plus complexes qui préparent puis assurent leur intériorisation et leur généralisation. Les processus rétroactifs et anticipateurs sur lesquels nous avons été conduits à insister constituent les principales de ces régulations et nous avons pu suivre, pour ainsi dire pas à pas, la manière dont s'ébauche d'abord puis se réalise peu à peu cette réversibilité qui représente le caractère le plus général des opérations. Des actions matérielles se coordonnant entre elles, aux régulations permettant leur intériorisation et aux opérations transformant ces régulations en autant de structures mobiles et réversibles, nous retrouvons ainsi, mais avec une netteté peut-être encore plus poussée en ces domaines qu'en d'autres, le tableau évolutif auquel nous a habitué l'examen des données génétiques d'ordre logico-mathématique.

14. Si l'on peut parler de l'autonomie d'un tel développement, c'est alors en ce sens bien défini que son interprétation ne requiert aucune dissociation préalable des parts à réserver aux facteurs de maturation, d'apprentissage ou d'éducation sociale (langage, etc.), mais relève d'un schéma explicatif qui les dépasse en les englobant et qui est le schéma de l'équilibration. Si nous y insistons une fois de plus, ce n'est pas (ou pas seulement) par souci de système ou par fidélité à certaines hypothèses : c'est parce que les résultats obtenus en nos diverses recherches ne peuvent pas ne pas conduire à une telle conclusion.

Dans le domaine des classifications, en effet, durant tout le stade II où l'enfant se rapproche peu à peu des solutions opératoires, nous voyons ses procédés osciller entre les méthodes ascendante et descendante, mais sans atteindre la synthèse qui, en les stabilisant, conduirait à la compréhension des emboîtements hiérarchiques. Or, comment s'opère cette stabilisation qui caractérise le stade III ? Par un jeu de compensations tel que, à toute transformation dans le sens ascendant, le sujet fasse correspondre une transformation possible dans le sens descendant, et réciproquement. La structure opératoire marquant l'achèvement de cette évolution (achèvement préparé, rappelons-le une fois de plus, par toutes les régulations rétroactives et anticipatrices des niveaux antérieurs) est donc équilibrée en ce double sens qu'elle est rendue stable et que cette stabilité repose sur un mécanisme de compensations (= la réversibilité elle-même de ces opérations).

Dans le domaine des sériations, l'équilibre est atteint de même lorsque le sujet parvient simultanément à dérouler la série dans les deux sens, et notamment, dès les débuts de sa construction, à comparer n'importe quel élément E à la fois à ceux qui le précèdent ($E > D, C$, etc.) et à ceux qui le suivront ($E < F, G$, etc.). Ici encore, la stabilité va donc de pair avec un jeu de compensation des opérations, qui se confond avec leur réversibilité (relations $>$ et $<$).

L'explication de tels processus évolutifs, dans la mesure où ils sont ainsi réductibles aux phases d'une équilibration progressive, acquerra par conséquent une valeur d'autant plus intrinsèque qu'elle ne sortira pas du domaine de l'équilibre lui-même, étant donnée la parenté étroite entre les compensations qui définissent l'équilibre et la réversibilité qui caractérise les opérations. Il suffira alors, comme l'un de nous l'a tenté ailleurs¹, de traduire cette succession de phases en un langage probabiliste pour en comprendre la raison : chaque phase devenant la plus probable une fois atteints les résultats de la précédente; la marche à l'équilibre est alors déterminée, non pas d'avance comme le serait un mécanisme préformé, mais par un processus séquentiel dont chaque phase est caractérisée par une probabilité croissante au fur et à mesure que s'achève la phase précédente et en fonction précisément de cet achèvement lui-même.

Il reste bien entendu à comprendre selon quels mécanismes psychophysologiques les coordinations d'actions, les régulations rétroactives et anticipatrices ainsi que les opérations proprement dites deviennent possibles. Mais autre chose est d'expliquer comment elles deviennent ainsi possibles et autre chose est de rendre compte du détail des formes qu'elles prennent en leurs réalisations successives : c'est sur ce second point qu'a porté notre effort.

15. Nous pouvons alors reprendre les problèmes soulevés en notre Introduction. En ce qui concerne, tout d'abord, le rôle du langage, on comprend maintenant pourquoi, même en admettant que son intervention constitue un facteur nécessaire de l'achèvement des structures de classification et de sériation, en tant que ces structures comportent un maniement symbolique et représentatif des objets qui dépasse leur manipulation effective, cette intervention ne pourrait être considérée comme suffisante : dans la mesure, en effet, où la compréhension du langage (du « tous » et du « quelques », des liaisons d'inclusion, de la transitivité des relations asymétriques propres aux sériations, etc.) est subordonnée à un développement opératoire dont l'autonomie relative relève de lois intrinsèques d'équilibre, le langage ne saurait constituer la raison nécessaire et suffisante de telles structurations.

Quant à la maturation, on peut toujours admettre, comme nous l'avons vu, qu'elle soit indispensable pour rendre possible, à un moment donné de l'évolution mentale, telle ou telle coordination nouvelle : mais si l'actualisation ou la réalisation effective de cette coordination comporte, d'autre part, une équilibration subordonnée à un processus probabiliste de nature séquentielle, la maturation ne constitue pas non plus un facteur suffisant, car elle n'englobe pas la détermination des formes d'équilibre et est elle-même subordonnée à des lois d'équilibre dans ses interactions avec les facteurs d'expérience acquise, physique ou sociale.

Les facteurs perceptifs et sensori-moteurs, décrits en notre Introduction du double point de vue de leurs apports positifs et de leurs

¹ Cf. *Logique et équilibre* (Etudes d'Epistémologie génétique, Paris, P.U.F., 1957, t.II), p. 27-113.

limitations, nous ont été par contre d'un secours continu dans l'interprétation des stades élémentaires de la classification et de la sériation. Nous avons constaté en particulier comment le stade élémentaire des collections figurales (chap. I) ne saurait s'expliquer sans faire appel aux assimilations successives (source des ressemblances en « compréhension ») propres à la schématisation sensori-motrice, ainsi qu'aux formes spatiales d'extension propres aux préinfraclasse de nature perceptive : ce sont ces apports positifs des processus sensori-moteurs et perceptifs, mais aussi leurs limitations (caractère de succession temporelle des assimilations et de disposition spatiale de l'extension) qui rendent alors compte de cette synthèse originale que constitue la « collection figurale ». De même, les débuts de la sériation, jusqu'à ces anticipations globales si précoces de la forme d'ensemble des séries que nous avons notées (chap. IX), ne sauraient être interprétés sans l'appel aux configurations sériales perceptives ainsi qu'aux ébauches sensori-motrices de l'ordination.

En bien d'autres aspects du développement des classifications et des sériations (cf. en particulier la constitution des matrices du chap. VI) nous avons été conduits à tenir compte des facteurs perceptifs. Mais, sur tous ces points, et que les données perceptives constituent un adjuvant ou un obstacle au développement opératoire, celui-ci nous a paru transcender sans cesse les structures de la perception. Issues des activités sensori-motrices, dont les structures perceptives elles-mêmes ne représentent jamais que les niveaux successifs de sédimentation ou de cristallisation, les activités opératoires de classification et de sériation (comme d'ailleurs toutes les autres) aboutissent toujours, en fin de compte, à subordonner les configurations à un jeu de transformations comportant leurs propres structures d'ensemble (« groupements élémentaires » d'opérations, en attendant les « groupes » plus complexes du niveau formel) et leurs lois propres d'équilibration.

16. Mais parvenus au terme de cette étude, nous sommes les premiers à en apercevoir les lacunes. La principale est sans doute celle qui a trait aux relations entre l'aspect figuratif et l'aspect actif de la pensée, car si le second, qui se rapporte aux mécanismes opératoires eux-mêmes, commence à nous être connu, le premier ne se réduit nullement aux références à des configurations perceptives. A partir de la constitution de la fonction symbolique, les activités préopératoires et opératoires s'accompagnent toujours d'un jeu d'images mentales ou de représentations imagées. Or, l'image obéit à des lois qui ne sont ni celles de la perception ni celles des opérations, et la connaissance de ces lois serait indispensable pour compléter ce que nous avons entrevu en ces chapitres (notamment les chap. VII à IX) du mécanisme des anticipations, lui-même si proche parent de celui des opérations. Nous nous sommes donc mis à l'étude du développement des images et des représentations imagées, et espérons compléter ainsi, en un avenir encore indéterminé, les ébauches contenues en cet ouvrage quant à la formation des anticipations.

TABLE DES MATIÈRES

<i>Introduction</i> . Position des problèmes et questions préalables . .	9
CHAPITRE PREMIER. <i>Les collections figurales</i>	25
§ 1. Définition des « collections figurales » et position des problèmes	25
§ 2. Description des types de réactions et premier groupe d'exemples avec un matériel constitué par des formes géométriques (bidimensionnelles)	29
§ 3. Recherche des filiations et second groupe d'exemples avec un matériel de formes géométriques	37
§ 4. « Ressemblance » ou « convenance », et troisième groupe d'exemples avec un matériel consistant en objets quelconques (bonshommes, animaux et plantes, habitations et outils, etc.)	43
§ 5. Conclusion : les collections figurales en tant qu'ébauches de la synthèse entre la compréhension et l'extension . .	50
CHAPITRE II. <i>Les collections non figurales</i>	53
§ 1. Position des problèmes et critères d'une classification (additive)	53
§ 2. Les collections non figurales portant sur les objets à forme géométrique	56
§ 3. Les collections non figurales portant sur des objets quelconques	61
CHAPITRE III. <i>Le « tous » et le « quelques » et les conditions de l'inclusion</i>	64
§ 1. Le « tous » et le « quelques » appliqués aux formes et aux couleurs	65

§ 2. Le « tous » et le « quelques » appliqués à la preuve par exclusion	79
§ 3. Le « quelques » absolu et relatif	92
§ 4. Conclusion : le « quelques » et le « tous », l'inclusion et les relations entre la « compréhension » et l'« extension » des collections	100
CHAPITRE IV. <i>L'inclusion des classes et les classifications hiérarchiques</i>	
§ 1. La classification des fleurs (mêlées à des objets)	104
§ 2. La classification des animaux	113
CHAPITRE V. <i>Les complémentarités</i>	
§ 1. Le problème de l'« espèce unique » ou de la classe singulière dans un contexte de découverte d'une loi pratique et non pas de classification	123
§ 2. Le rôle du nombre et de la classe singulière dans les classifications	128
§ 3. La classe « secondaire » dans le cas des dichotomies obligées	132
§ 4. La négation	140
§ 5. L'inclusion des classes complémentaires et la loi de dualité des réseaux	145
§ 6. La classe nulle	149
§ 7. Conclusion	151
CHAPITRE VI. <i>Les classifications multiplicatives (matrices)</i>	
§ 1. Position du problème	154
§ 2. Premiers résultats des épreuves de « matrices »	157
§ 3. Les épreuves de « matrices » (suite)	164
§ 4. Les classifications multiplicatives spontanées	168
§ 5. Les classifications multiplicatives spontanées (suite)	174
§ 6. La multiplication (ou intersection) simple	178
§ 7. Addition et multiplication	187
§ 8. La quantification des classes multiplicatives	190
§ 9. Conclusion	197
CHAPITRE VII. <i>Les facteurs de mobilité rétroactive et anticipatrice dans la constitution des classifications additives et multiplicatives</i>	
§ 1. Les effets des incorporations successives d'éléments exigeant un remaniement des classes déjà constituées	200
§ 2. Les changements de critère exigeant un remaniement des classifications déjà achevées	210
§ 3. Anticipation, exécution et changements de critères dans les classifications semi-spontanées	218
CHAPITRE VIII. <i>Les classifications d'éléments perçus par voie tactilo-kinesthésique</i>	
§ 1. Techniques et stades	234