

DE LA RESOLUTION EMPIRIQUE A LA RESOLUTION LOGIQUE
DU PROBLEME D'INCLUSION : EVOLUTION DES REPONSES EN
FONCTION DE L'AGE ET DES SITUATIONS EXPERIMENTALES

Jacqueline BIDEAUD* et Jacques LAUTREY**

* Laboratoire de Psychologie Génétique, 46 rue Saint-Jacques,
75005 Paris.

** Laboratoire de Psychologie Différentielle, 41 rue Gay-Lussac,
75005 Paris.

From empirical to logical resolution of the inclusion problem : response evolution according to age and experimental situations. *Inclusion responses and their explanations have been studied on 100 children. Two factors were considered : the child age (7 to 11) and the type of experimental tasks (classical inclusion tasks with concrete material, and revised inclusion tasks, in which the number of empirical cues was reduced). The results showed that : (a) the failure or the success to problems with less empirical cues pointed out two developmental levels ; (b) at classical inclusion tasks, there was no clear-cut evidence of a relationship between age and the different types of explanation ; (c) the use of empirical or operative explanation would inform about the individual preference in the adoption of a reasoning strategy rather than about the underlying developmental levels.*

KEY WORDS : class inclusion, collections, developmental level, individual differences, empirical and operative explanations, part-whole comparison, class-subclass comparison.

MOTS CLES : inclusion de classes, collections, niveau génétique, différences individuelles, arguments empiriques ou opératoires, appartenance partitive, appartenance inclusive.

La compréhension de la relation logique d'inclusion est évaluée, depuis les travaux princeps de Piaget et Szeminska (1941), Piaget et Inhelder (1959), par des questions du type : "Y a-t-il plus de fleurs ou plus de marguerites ?", que l'on pose par exemple devant un bouquet composé de dix marguerites et de deux roses.

Dans la perspective strictement piagétienne, la réponse correcte et justifiée : "Il y a plus de fleurs (que de marguerites) parce que les roses sont aussi des fleurs", témoigne d'une organisation cognitive isomorphe au groupement additif des classes. Pour la majorité des auteurs, et en particulier pour certains cognitivistes anglo-saxons, la réponse correcte, si elle ne renvoie pas toujours à une structure au sens piagétien du terme, rend compte d'une compétence logique. C'est ainsi que les réussites d'enfants de 3-4 ans, à des problèmes d'inclusion particulièrement motivants, sont interprétées par Siegel et al. (1978) comme relevant "d'un raisonnement logique sophistiqué", les auteurs concluant que les jeunes enfants, outre d'autres capacités, peuvent "... comprendre les systèmes de classification si nous posons les questions qui permettent de révéler ces processus" (ibidem, p. 692).

Indiscutablement des réponses correctes d'inclusion sont observées chez de très jeunes enfants lors de situations facilitantes et dès 7-8 ans lors des situations classiques (Inhelder et al., 1974, p. 344). Mais la question que nous posons avec Winer (1980, p. 325) est celle de l'identité des processus qui sous-tendent, aux différents âges, la résolution du problème.

Des modèles de traitement de l'information, tel celui de Trabasso et al. (1978), expliquent la réussite et l'échec à l'inclusion indépendamment du recours à la réversibilité des opérations piagésiennes, mais sans rendre compte du développement. Plus intéressantes à cet égard sont les recherches de Markman (1978, 1979), Markman et al. (1980) qui indiquent que les réussites justifiées relèvent jusqu'à 10-11 ans d'un traitement empirique des données, la nécessité logique n'apparaissant qu'à cet âge. Plus précisément encore, les observations fines de Voelin (1976) suggèrent une évolution des "techniques de représentation" du problème, qui conduit l'enfant de la comparaison de l'extension de deux collections disjointes à celle des extensions de deux classes emboîtées. Par ailleurs Carbonnel (1978), Carbonnel et Longeot (1979), qui s'inspirent largement des hypothèses relatives au fonctionnement de la pensée naturelle proposées par Reuchlin (1973), observent, chez des enfants et des pré-adolescents, la persistance de classes collectives régies par des rapports d'appartenance partitive. Ils font l'hypothèse que la distinction entre l'appartenance partitive (la rose fait partie du bouquet, elle n'est pas le bouquet) et l'appartenance inclusive (la rose est en même temps une rose et une fleur) "n'est pas vraiment maîtrisée dans la pensée naturelle, même chez l'adulte, sauf dans le cas d'une formation mathématique

prolongée" (Carbonnel et Longeot, 1978, p. 89). Cette hypothèse peut remettre en question la signification de l'argument d'appartenance qui, dans la perspective piagétienne, constitue le critère du caractère opératoire de la réponse correcte.

On peut faire quelques réserves au sujet des données de Markman et de Voelin, en ce qui concerne particulièrement le défaut d'intérêt, ou l'intérêt peu systématique, porté aux justifications des enfants ; en ce qui concerne également le petit nombre de sujets et la méthode inadéquate qui rendent peu crédibles, chez Voelin, la tentative de hiérarchisation d'items dont la résolution rendrait compte d'étapes fines entre l'inclusion empirique et l'inclusion logique. Mais, quelles que soient ces réserves, les résultats de ces expériences suggèrent que des processus différents sous-tendent, aux différents âges, la réponse correcte à la question classique d'inclusion.

Des problèmes nouveaux sont posés qui requièrent des investigations nouvelles et particulièrement en ce qui concerne les processus responsables du passage d'une inclusion empirique (6-7 ans) à l'inclusion logique (10-12 ans). L'expérience que nous présentons vise à mettre au point des épreuves susceptibles d'éclairer les processus responsables de ce passage, ainsi que le niveau d'enfants incluant aux épreuves classiques, et constitue le préliminaire d'une investigation plus poussée où l'apprentissage expérimental sera utilisé. Outre la vérification sur un effectif plus important (20 enfants par niveau d'âge) des résultats de Voelin et de Markman, nous nous sommes proposés deux objectifs.

La hiérarchisation d'épreuves plus fines que celles des auteurs cités, particulièrement en ce qui concerne l'inclusion classique, constitue le premier objectif visé. Les facteurs de variation des performances, en raison de certaines modifications expérimentales de la situation classique, ont été abondamment étudiés. On citera pour mémoire les études de Wohlwill (1968) et de Winer (1974) à propos de l'opposition entre items perceptifs et items verbaux ; celles de Ahr et Youniss (1970), Youssef et Guardo (1972), Brainerd et Kaszor (1974) au sujet du rôle éventuel de l'extension relative des sous-classes. Les différences situationnelles liées à la nature du matériel, à la formulation des questions, à l'exigence ou non de justifications des jugements émis, rendent difficile d'évaluer, à partir de ces recherches, le rôle des facteurs étudiés. Pour l'expérience présentée ici, nous avons choisi des situations classiques de difficulté postulée différente et des situations d'inclusion où les données empiriques sont progressivement réduites : inclusion verbale et épreuves adaptées des travaux de Markman et de Voelin. Dans la situation classique, on a joué sur l'extension relative des sous-classes avec utilisation d'un item postulé plus difficile où $A = B$ (cf. Inhelder, Sinclair et Bovet, 1974). Dans la situation verbale, c'est la présence ou l'absence du codage numérique qui devrait introduire une variation des performances.

Le second objectif est l'étude fine des justifications des réponses correctes. On sait déjà que ces justifications peuvent faire appel à l'évaluation globale des extensions des classes, au comptage, à la classe complémentaire, à l'appartenance (partitive ou inclusive). Ce qui sera précisé ici, c'est d'une part la répartition des différents arguments en fonction de l'âge et des situations, d'autre part la constance ou l'inconstance d'un type d'argument pour un même sujet. On pense ainsi mettre en évidence différentes formes de raisonnement dont certaines pourraient correspondre à des niveaux de développement dans l'acquisition de l'inclusion, et d'autres à des préférences individuelles dans le traitement du problème.

1. METHODE

1.1. Population

L'expérience a porté sur un échantillon de 100 enfants répartis en cinq niveaux d'âge (20 enfants par niveau) de 7 à 11 ans. Chacun de ces niveaux correspond à l'appartenance des enfants à une classe de la même école primaire de la banlieue sud de Paris : CP (a.m. = 7;1), CE1 (a.m. = 8;0), CE2 (a.m. = 9;0), CM1 (a.m. = 10;0), et CM2 (a.m. = 11;0).

Comme les âges moyens le laissent deviner, les enfants ont été vus en fin d'année scolaire.

1.2. Procédure

1.2.1. Procédure générale :

Quatre épreuves (ou séries d'items) sont proposées individuellement et successivement, d'abord sur un matériel de fruits, puis sur un matériel de fleurs : items classiques sur un matériel concret (quatre items "fruits", deux items "fleurs"), deux items purement verbaux, un item dit "Ecran" et un item dit "Modification" (ces deux derniers items sont des adaptations des procédures mises au point par Markman et Voelin).

Pour chacun des deux matériels, l'épreuve classique est présentée en premier, les trois autres épreuves étant données dans un ordre contrebalancé. L'ordre des items est constant dans le cas de l'inclusion classique ; il est contrebalancé pour les deux items de l'inclusion verbale.

Chaque passation individuelle est de l'ordre d'environ 30 minutes. Une familiarisation avec le matériel est préalable à toutes les épreuves. L'expérimentateur s'assure que les différents termes utilisés, et surtout les termes génériques, sont compris par l'enfant.

Toute réponse, correcte ou incorrecte, est suivie d'une demande de justification. Dans le cas d'une réponse incorrecte l'enfant est requis de répéter la question ; celle-ci est reprise par l'expérimentateur si la répétition est inexacte.

1.2.2. Les épreuves :

Matériel "fruits"

1. Situation classique (matériel concret)
 - 1a. 5 pommes et 3 oranges : "Devant toi y a-t-il plus de fruits ou plus de pommes ?"
 - 1b. 4 pommes et 4 oranges (même question)
 - 1c. 5 pommes (même question)
 - 1d. 10 pommes et 2 oranges (même question)

2. Situation verbale
 - 2a. "Je reviens du marché et dans mon sac j'ai 30 pommes et 2 oranges. Crois-tu qu'il y ait dans mon sac plus de fruits ou plus de pommes ?".
 - 2b. "Dans la ville de Chatenay, y a-t-il plus de fruits ou plus de pommes ?".

3. Ecran

10 pommes et 2 oranges sont placées devant l'enfant à qui l'on pose la question d'inclusion. Quelle que soit la réponse, on interpose un écran entre les fruits et l'enfant. L'expérimentateur dit alors : "Ferme les yeux, j'enlève quelques fruits. Peux-tu me dire maintenant s'il y a plus de fruits ou plus de pommes ?".

Une justification de la réponse est demandée. On s'abstient de montrer à l'enfant ce qu'il y avait derrière l'écran de manière à ne pas induire un apprentissage (ordre contrebalancé des items).

4. Modification

On présente 10 pommes et 2 oranges avec, à l'écart, quelques pommes supplémentaires laissées là comme par mégarde. L'expérimentateur pose d'abord la question d'inclusion et, lorsque celle-ci est suivie d'une réponse correcte, il demande : "Est-ce qu'on peut faire quelque chose pour qu'il y ait plus de pommes que de fruits ?".

Si l'enfant répond par l'affirmative, l'expérimentateur lui demande ce qu'il peut faire (c'est la raison pour laquelle des pommes ont été laissées à l'écart). Si l'enfant répond par la négative, une justification lui est demandée.

Matériel "fleurs"

1. Situation classique (matériel concret)
 - 1a. 10 marguerites et 2 roses : "Je fais un bouquet avec les fleurs et je remets les fleurs, toi tu fais un bouquet avec les

- marguerites. Qui aura le plus : moi avec le bouquet de fleurs ou toi avec les marguerites ?".
- 1b. "Devant toi, y a-t-il plus de fleurs ou plus de marguerites ?" (l'ordre entre 1a et 1b a été contrebalancé).
2. Inclusion verbale
- 2a. "Dans mon jardin, j'ai 30 marguerites et 2 roses, est-ce que j'ai plus de fleurs ou plus de marguerites ?".
- 2b. "Dans la ville de Chatenay, y a-t-il plus de fleurs ou plus de marguerites ?".
3. Ecran
10 marguerites et 2 roses. Même procédure que pour les fruits.
4. Modification
10 marguerites et 2 roses. Même procédure que pour les fruits.

On trouvera dans le tableau 1 un récapitulatif des items du point de vue de l'extension relative des sous-classes, avec indication de l'abréviation par laquelle chaque item sera désigné par la suite.

Tableau 1. Récapitulatif des items du point de vue de l'extension de la classe emboîtante et de l'extension relative des sous-classes avec indication de l'abréviation utilisée pour désigner chaque item).

	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4
Situation classique (FRuits)	$8B = 5A + 3A'$ (FR 5 - 3)	$8B = 4A + 4A'$ (FR 4 - 4)	$B = A = 5$ (FR 5 - 0)	$12B = 10A + 2A'$ (FR 10 - 2)
Situation VERbale (FRuits)	$32B = 30A + 2A'$ (FRVEA)	extensions indéfinies (FRVEB)	-	-
Situation classique (FLeurs)	$12B = 10A + 2A'$ (FL 10 - 2)	$12B = 10A + 2A'$ (FLB0)	-	-
Situation VERbale (FLeurs)	$32B = 30A + 2A'$ (FLVEA)	extensions indéfinies (FLVEB)	-	-
ECRan (FRuits et FLeurs)	$12B = 10A + 2A'$ (FRECR et FLECR)	-	-	-
MODification (Fruits et FLeurs)	$12B = 10A + 2A'$ (FRMOD et FLMOD)	-	-	-

NB : B = la classe emboîtante, A et A' les sous-classes emboîtées. Les symboles entre parenthèses renvoient aux extensions relatives des deux sous-classes. Ex : (FR5-3) signifie item FRuits avec 5 pommes et 3 oranges. Toutes les questions d'inclusion sont posées dans le sens BA : "plus de B ou plus de A".

Table 1. Characteristics of items according to the size of superordinate class and the relative size of subclasses.

2. RESULTATS

Les arguments ont été pris en compte pour déterminer les niveaux de réussite. Pour cette raison, ils seront tout d'abord analysés qualitativement, puis en fonction des situations expérimentales et de l'âge des enfants. On présentera ensuite les résultats concernant les réussites aux diverses situations expérimentales en fonction de l'âge.

2.1. Analyse des arguments

2.1.1. Situations classiques et situations verbales A (avec support numérique) :

a) Analyse qualitative :

Les divers arguments utilisés dans ces situations ont été classés dans quatre catégories principales selon que le sujet se réfère à une estimation globale, généralement spatiale (argument G), au comptage (C), à la réunion, $A + A' > A$ (R) ou à l'appartenance des A et des A' à la classe B (A). On trouvera un exemple des arguments de chacune de ces catégories, selon qu'ils accompagnent la réussite ou l'échec, dans les quatre premières cases horizontales du tableau 2.

Deux types d'arguments plus particuliers ont été répertoriés, la réunion-dissociation (RD) et l'argument "parce qu'il n'y a que des A", dont on donne ci-après un exemple pour la réussite et pour l'échec :

- Réunion-dissociation (RD) : "Parce que les fruits y a les oranges et les pommes, et les pommes c'est rien que les pommes et pas les oranges, on les enlève" (Franck, 11;11, item FR 10-2).

- "Que des A" (Q.) : seulement pour l'item 5A et 0A'.

* Réussite : "Il y a pareil, parce qu'il n'y a que des pommes" (item FR 5-0).

* Echec : "Il y a plus de pommes que de fruits, parce qu'il n'y a que des pommes" (item FR 5-0).

Ces deux dernières catégories d'arguments sont un peu particulières. L'argument RD, qui fait référence à la réunion et à la dissociation à la fois, aurait pu entrer dans la catégorie R. Il a cependant paru intéressant de le considérer à part, eu égard à l'importance que la théorie de Piaget confère à la coordination des actions de réunion et de dissociation dans la genèse de la notion d'inclusion. Quant à l'argument Q, il est spécifique de la situation FR 5-0 dans laquelle le sujet n'a devant lui que des pommes. Il est clair que dans cette situation particulière on ne trouve jamais l'argument de réunion qui n'aurait aucun sens. On a par contre trouvé chez deux sujets un argument faisant référence à la dissociation : "Il y a pareil

Tableau 2. Catégories d'arguments : exemples donnés selon la réussite (R) ou l'échec (E) à la question d'inclusion.

(Les signes FR 4-4, FR 10-2, etc. renvoient aux types d'items ; cf. tableau 1)

GLOBAL (G)	R	"Parce que les fruits c'est tout ça (geste entourant les fruits), tandis que les pommes c'est que ça (geste entourant les pommes)" (Renaud, 7;1) FR 5-3.
	E	"Y a plus de pommes...ben parce que c'est plus gros quoi... on voit plus de choses/ <i>plus de pommes que de quoi</i> /...que de fruits" (Frédérique, 7;9) FR 10-2.
COMPTAGE (C)	R	"Plus de fleurs, parce qu'il n'y a que 10 marguerites et des fleurs y en a 12" (Jean, 9;2) FL 10-2.
	E	"Y a plus de pommes que de fruits, parce qu'il y a 3 oranges et 5 pommes" (Bruno, 7;2) FR 5-3.
REUNION (R)	R	"Plus de fleurs parce qu'il y a beaucoup de marguerites mais il y a aussi des roses, alors ça fait plus de fleurs que de marguerites" (Guillemette, 8;1) FLVEA.
APPARTENANCE (A)	R	"Parce que les pommes c'est des fruits et comme les pommes et les oranges c'est des fruits, alors il y a plus de fruits" (Gilles, 8;2) FR 4-4.
	E	"Ben... j' peux pas répondre, puisque la pomme est elle-même un fruit" (Sylvain, 11;6) FR 5-3. "C'est pareil, on ne peut pas savoir, les pommes c'est des fruits" (Laurence, 8;11) FR 4-4.

Table 2. Categories of arguments and examples, according to success (R) or failure (E) to the inclusion question.

parce que tu as enlevé les oranges". C'est pourquoi une catégorie D, qui ne vaut également que pour la situation FR 5-0, est indiquée entre parenthèses sous la catégorie R dans la figure 1.

b) Fréquence des types d'arguments en fonction de la situation expérimentale :

La figure 1 indique la répartition en pourcentages des différents types d'arguments pour chacune des quatre situations "classiques" (1). Dans la mesure où l'échantillon total, tous âges confondus, comporte exactement cent sujets, les pourcentages

(1) Les résultats ayant la même allure avec le matériel "fruits" et le matériel "fleurs", nous ne présenterons dans cette figure comme dans les suivantes que les données relatives au matériel "fruits".

Figure 1. Fréquence des différents arguments dans les situations "classiques" (Fruits) pour l'ensemble de l'échantillon.

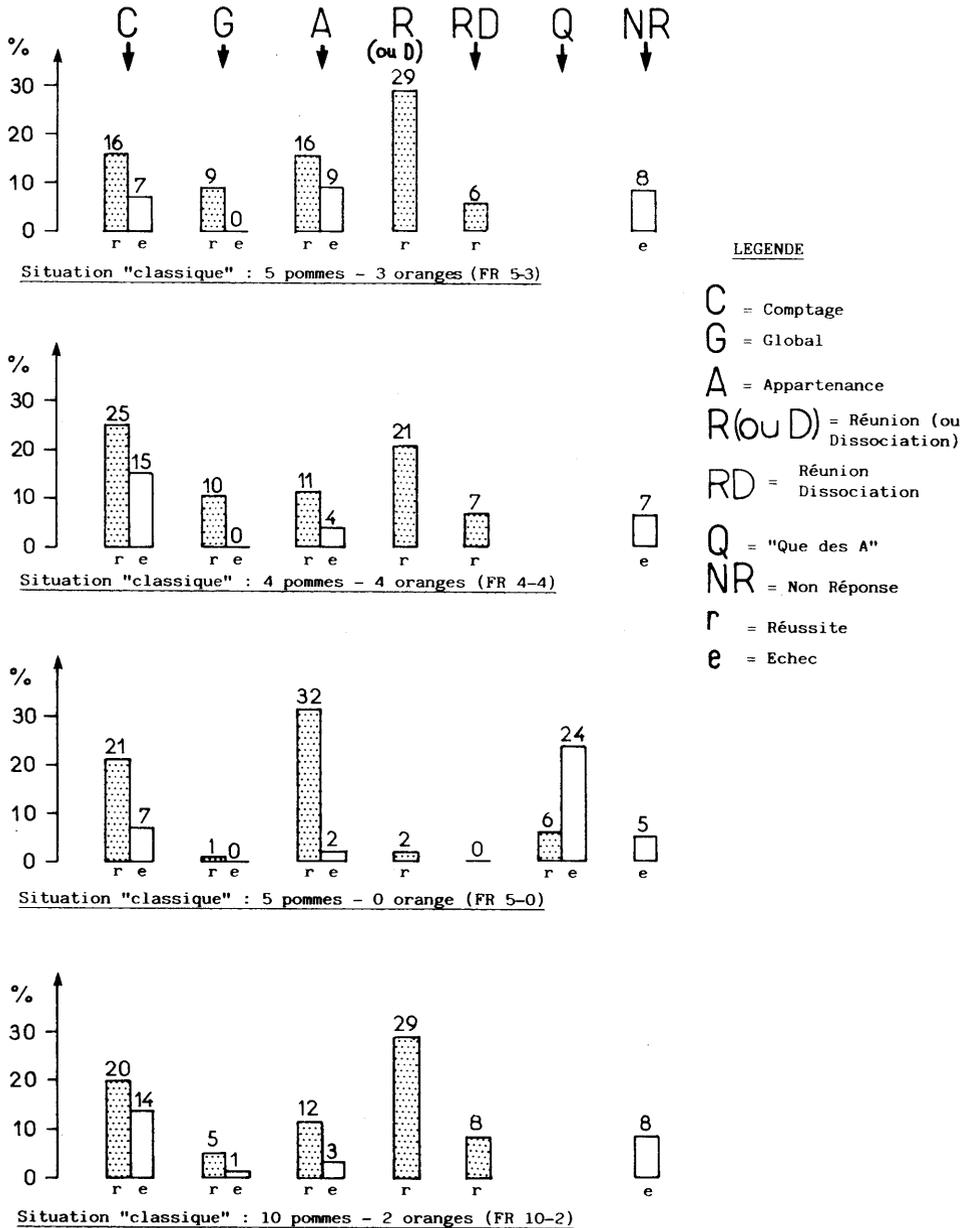


Figure 1. Frequency of different arguments in classic items for the entire sample.

correspondent aux effectifs. Ainsi, dans la situation FR 5-3, le premier histogramme indique que l'argument de comptage a été utilisé par 16 sujets pour justifier la réponse correcte et par 7 sujets pour justifier une réponse incorrecte. En comparant les situations expérimentales, on peut voir que l'argument de réunion est le plus utilisé dans l'item FR 5-3, mais que la situation d'égalité entre les sous-classes (FR 4-4) incite davantage au comptage. Lorsque l'argument de réunion ne peut être utilisé (FR 5-0), c'est celui d'appartenance qui devient nettement majoritaire. Pourtant, dès que l'on retrouve deux sous-classes de taille inégale (FR 10-2), le pourcentage des arguments de réunion redevient identique à ce qu'il était dans l'item FR 5-3. Ceci suggère l'existence d'une certaine stabilité dans l'utilisation d'un argument, du moins dans les situations qui permettent de l'employer.

c) Stabilité des arguments :

Le tableau 3 donne une idée plus précise de cette stabilité.

Si la stabilité des arguments n'est pas parfaite, il n'en existe pas moins une tendance marquée à recourir au même argument dans les situations comparables. Cela ne paraît pas tenir à l'incapacité d'en utiliser d'autres, puisque les enfants qui avaient recours à l'argument de réunion s'avèrent capables d'en changer lorsque la situation FR 5-0 l'exige (cf. figure 1). Cela ne paraît pas davantage tenir à un simple effet de répétition puisque ceux qui ont dû utiliser l'argument d'appartenance dans la situation FR 5-0 ne persistent pas dans la situation suivante, mais préfèrent revenir à leur argument antérieur (cf. figure 1). Tout se passe donc comme si cette stabilité était l'expression d'une préférence pour un mode de raisonnement donné.

d) Fréquence des types d'arguments en fonction de l'âge :

La figure 2 confirme le caractère plus différentiel que génétique du choix de l'argument. Elle permet de voir l'évolution de la fréquence de chaque argument en fonction de l'âge pour la situation "classique" FR 5-3 (le phénomène a la même allure avec les autres situations classiques). Par exemple, l'argument de comptage représente 15 % des arguments utilisés au niveau 1 (CP), 5 % de ceux utilisés au niveau 2 (CE1), etc...

Ces histogrammes ne font pas apparaître un sens, croissant ou décroissant avec l'âge, de l'utilisation d'un argument, sauf peut-être pour l'argument d'appartenance qui n'émerge nettement qu'à partir de 9 ans, mais qui régresse ensuite. Le fait que les arguments d'appartenance justifiaient une réponse incorrecte n'émergent eux aussi que vers 9 ans (cf. bas du graphique), tendrait à confirmer l'interprétation de Voelin (1976) qui les considère comme des réponses intermédiaires : elles seraient

Tableau 3. Relations entre les arguments employés dans les situations classiques (matériel fruits).

FR 4-4

	C	G	A	R ⁺	NR	
C	20	1	0	1	1	23
G	4	5	0	0	0	9
A	6	2	13	2	2	25
R ⁺	6	1	2	25	1	35
NR	4	1	0	0	3	8
	40	10	15	28	7	100

FR
5-3

$\chi^2 = 120$; coef. contingence = .74
(C. max = .89)

FR 10-2

	C	G	A	R ⁺	NR	
C	18	1	0	2	2	23
G	3	2	0	3	1	9
A	3	0	13	8	1	25
R ⁺	6	2	2	24	1	35
NR	4	1	0	0	3	8
	34	6	15	37	8	100

FR
5-3

$\chi^2 = 85$; coef. contingence = .68
(C. max = .89)

FR 4-4

	C	G	A	R ⁺	NR	
C	29	0	1	2	2	34
G	0	4	0	1	1	6
A	2	1	11	0	1	15
R ⁺	6	3	3	24	1	37
NR	3	2	0	1	2	8
	40	10	15	28	7	100

FR
10-2

$\chi^2 = 128$; coef. contingence = .75
(C. max = .89)

LEGENDE

- FR 5-3 : item 5 pommes - 3 oranges
- FR 4-4 : item 4 pommes - 4 oranges
- FR 10-2 : item 10 pommes - 2 oranges
- C : Argument "Comptage"
- G : Argument "Global"
- A : Argument d'"Appartenance"
- R⁺ : Argument "Réunion" et "RD"
- NR : Non Réponse

Table 3. Classic items : relations among arguments.

caractéristiques d'un passage au cours duquel les sujets ont cessé de traiter les A et les B comme des collections disjointes, mais sont encore troublés par le fait qu'un même objet se situe simultanément dans la classe et dans la sous-classe.

Figure 2. Evolution de la fréquence des différentes catégories d'arguments en fonction de l'âge : item "classique" (5 pommes - 3 oranges).

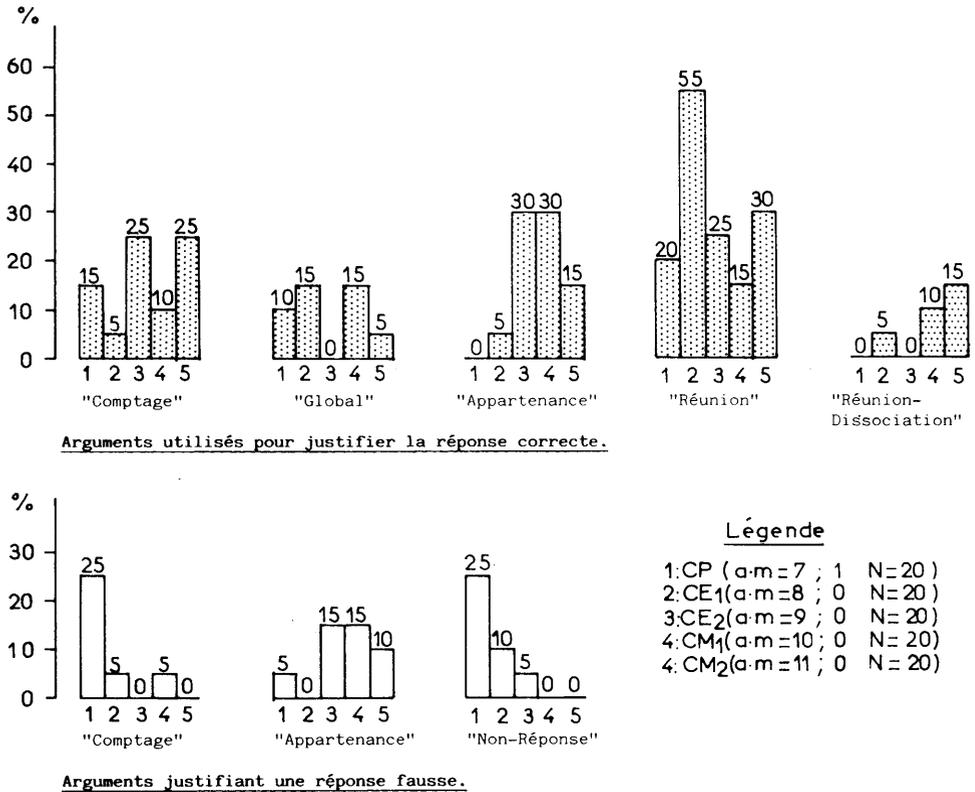


Figure 2. Frequency of different arguments as a function of age : classic item (5 apples - 3 oranges).

2.1.2. Situation "verbale" B (sans support numérique) :

a) Analyse qualitative des arguments :

Il est difficile de savoir si l'argument de réunion avec lequel les enfants justifient parfois leur réponse correcte à la question "Dans la ville, y a-t-il plus de B ou plus de A ?" repose réellement sur un raisonnement d'inclusion. Le caractère ambigu de cet argument est clairement apparu le jour où, après l'avoir utilisé pour expliquer qu'il y avait plus de fruits que de pommes dans la ville, un sujet a ajouté après réflexion "... sauf quand c'est la saison des pommes", indiquant par là que, dans son raisonnement, la supériorité de l'extension des fruits ne tenait probablement pas au fait qu'ils incluaient les pommes. La réponse de ce sujet a fourni la matière d'une

contre-suggestion proposée systématiquement ensuite, pour permettre de distinguer les arguments de réunion basés sur un raisonnement d'inclusion (arguments "R+") de ceux qui ne s'appuyaient probablement que sur le dépassement des B sur les A (argument "R-").

Dans d'autres cas, l'absence de raisonnement inclusif est d'emblée manifeste dans l'argument, que la dissociation des A et des B soit explicitement notifiée (arguments reposant sur une "juxtaposition" de collections), ou que le caractère empirique du jugement apparaisse nettement (arguments empiriques). On donne ci-dessous un exemple de chacune de ces catégories d'arguments en distinguant lorsqu'il y a lieu les cas de réussite et d'échec.

- Réunion (R) :

* Réussite (R+) : "Il y a plus de fruits, car il y a aussi des bananes, des oranges, et d'autres fruits encore / *Et quand c'est la saison des pommes ?* / y a toujours plus de fruits car y a d'autres fruits en même temps que les pommes" (Jean-Sébastien, 9;2).

* Echec (R-) : "Plus de fruits, parce qu'il n'y a pas que des pommes, il y a aussi d'autres fruits / *Et quand c'est la saison des pommes ?* / Il y a plus de pommes / *Plus de pommes que de quoi ?* / que de fruits" (Renaud, 7;1).

- Appartenance (A) (cf. tableau 2) :

- Empirique (E) : Quelle que soit la réponse, ce type d'argument est toujours considéré comme un échec dans cette situation : "J'peux pas dire, parce j'ai jamais compté moi, j'ai juste regardé" (Jean, 6;5). "Plus de fruits, parce que Chatenay c'est comme un ensemble... Chatenay c'est un ensemble de fruits / *Pourquoi cela fait-il plus de fruits que de pommes ?* / Parce que Chatenay c'est très grand, c'est une ville" (Hélène, 9;2).

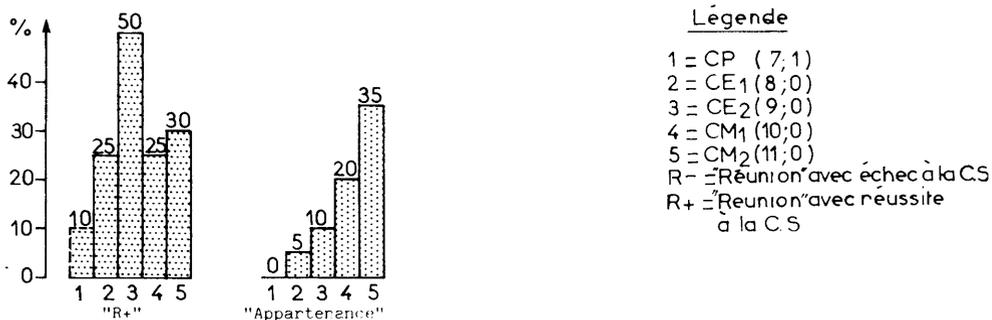
- Juxtaposition (J) : Ici encore, ce type d'argument est classé comme échec quelle que soit la réponse : "plus de fruits, parce que Chatenay c'est grand, alors que les autres fruits ça fait tout un ensemble, et les pommes c'est à part (2) (Laurence, 8;11) ; "Plus de fruits, parce qu'il y a beaucoup de sortes de fruits, tandis qu'il n'y a qu'une sorte de pommes" (Sandra, 6;0).

b) Fréquence des types d'arguments en fonction de l'âge :

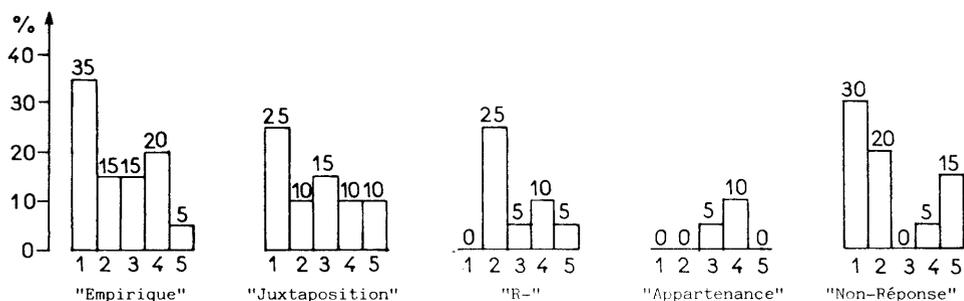
Les arguments de type "empirique" tendent à diminuer avec l'âge. Cette tendance est moins nette pour les arguments de type "juxtaposition". Les cas d'utilisation de l'argument de réunion avec échec à la contre-suggestion (R-) se trouvent surtout au niveau scolaire 2 (CE1). Il est intéressant d'observer qu'en les ajoutant à ceux du même niveau qui utilisent aussi l'argument de réunion mais résistent à la contre-suggestion

(2) Souligné par nous (caractères gras).

Figure 3. Evolution de la fréquence des différentes catégories d'arguments avec l'âge : item "dans la ville" (fruits).



Arguments utilisés dans les cas de réussite.



Arguments utilisés dans les cas d'échecs.

Figure 3. Frequency of different arguments as a function of age : "in the town" item (fruit).

(R₊), on retrouve à peu près la fréquence importante d'enfants du niveau 2 (CE₁) qui emploient l'argument de réunion (R) dans les situations "classiques" (ceci apparaît lorsqu'on compare les arguments de réunion du niveau 2 dans les figures 2 et 3). Ceci éclaire a posteriori l'ambiguïté de cette justification dans les situations "classiques". La fréquence de l'argument R₊ au niveau 1 (CP) n'est indiquée qu'en pointillés car la contre-suggestion n'était pas encore donnée lorsque les enfants de ce niveau scolaire ont été examinés. Il n'est donc pas possible de savoir s'ils se seraient trouvés en R₊ ou en R₋. L'argument d'appartenance s'avère être le seul à présenter une progression régulière avec l'âge.

2.1.3. Situation "Modification" :

a) Analyse qualitative des arguments :

Pour expliquer qu'on ne peut rien faire pour avoir plus de A que de B, les enfants emploient, soit l'argument d'appartenance déjà décrit, soit une justification dans laquelle ils passent en revue tous les cas possibles (enlever les A', ajouter des A) pour conclure qu'on aura toujours plus de B que de A, ou pour le moins autant. Cependant, chez certains, l'énumération des cas possibles prend l'allure de la démonstration d'une impossibilité dont ils affirment d'emblée le caractère nécessaire, tandis que chez d'autres, il s'agit d'une exploration empirique qui aboutit à un constat d'impossibilité, mais peut laisser subsister un doute : ils constatent qu'ils ne peuvent rien faire pour avoir plus de A que de B, mais disent que d'autres pourraient peut-être, voire eux-mêmes lorsqu'ils seront plus grands... Nous nous sommes inspirés de ces réponses pour proposer des contre-suggestions permettant de juger du caractère nécessaire de l'affirmation dans les cas ambigus ("Penses-tu que quelqu'un d'autre pourrait ?" ou "Certains enfants disent qu'on peut en ajoutant beaucoup de A, qu'en penses-tu ?"). Par ailleurs, les enfants qui dans cette situation avancent d'emblée qu'on peut faire quelque chose pour avoir plus de A que de B argumentent toujours leur réponse en montrant qu'on peut ajouter des A, ou enlever les A', ou encore faire les deux à la fois. Voici quelques exemples de ces différents types d'arguments :

- Appartenance (A) :

* Réussite : "Non, on ne peut rien faire. Si on rajoute des pommes, y aura toujours plus de fruits, les pommes c'est des fruits / *et si on enlevait les oranges ?* / Y aura toujours des fruits, ce sera égaux, y aura pas plus de pommes que de fruits" (Benoît, 9;2).

* Echec : "Mais les marguerites et les fleurs c'est pareil..." (Sophie, 9;7).

- Cas possibles (P) :

* Réussite : "Non, on ne peut rien faire. Si on enlève une orange, y aurait toujours plus de fruits, si on enlève deux oranges, ce serait égaux. Si on rajoute des pommes, ça fait pareil de fruits et de pommes" (Anne, 8;8).

* Echec : "Oui, on rassemble toutes les pommes et pis on laisse les fruits là (laisse les deux oranges) et pis on aura plus de pommes... ben non, on peut pas puisque ça c'est des fruits (montre les pommes)... enfin ça se peut, mais en France, ça m'étonnerait. A moins qu'on laisse pourrir les bananes" (Antoine, 9;2).

- Ajouter des A ou enlever les A' :

"Oui, on pourrait enlever toutes les oranges et il y aurait

plus de pommes que de fruits" (Laurent, 8;1) ; "oui, on rajoute des pommes. Ca fait plus de pommes que de fruits" (Cedric, 8;7).

A ces cas francs, on peut ajouter un cas intermédiaire qui illustre bien la nature des réorganisations que suppose le passage d'une représentation dans laquelle les A et les B forment des collections juxtaposées, à une représentation dans laquelle ils forment des classes emboîtées : "A la place (montre les deux oranges) il faudrait mettre autre chose qui serait pas des fruits. Par exemple, il faudrait mettre deux cubes et ça ferait plus de pommes que de fruits" (Aude, 9;9).

b) Fréquence des arguments en fonction de l'âge :

Figure 4. Evolution de la fréquence des différentes catégories d'arguments avec l'âge : item "Modification" (fruits).

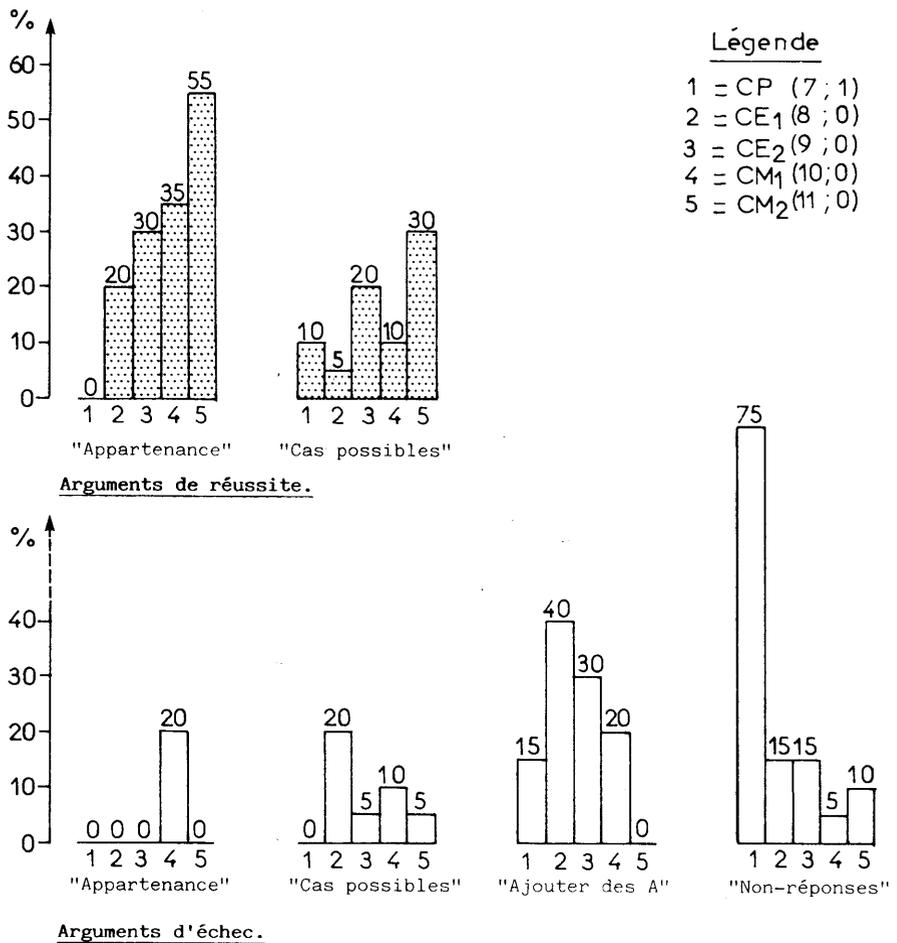


Figure 4. Frequency of different arguments as a function of age : "Modification" item (fruit).

Il n'y aurait aucun sens à demander "si on peut faire quelque chose pour avoir plus de A que de B" aux enfants qui échouent à la question "classique" en disant déjà qu'on a plus de A que de B. La question de modification n'a donc pas été posée à ces sujets qui sont comptabilisés dans la catégorie "non réponse" (avec ceux qui répondent "je ne sais pas" ou qui ne peuvent justifier leur réponse). Les trois quarts des enfants de niveau 1 (7 ans) sont encore dans cette catégorie. Dans l'item "Modification", comme dans l'item verbal B, l'argument d'appartenance est le seul à présenter une progression régulière avec l'âge. La diminution tout aussi régulière des arguments du type "ajouter des A" lui est symétrique (contrairement aux apparences, le niveau 1 (CP) ne fait pas exception à cette allure décroissante, car si les 3 sujets qui emploient cet argument font bien 15 % de leur groupe, ils forment 60 % de ceux à qui la question de modification a pu être posée).

2.1.4. Situation "Ecran" :

a) Analyse qualitative des arguments :

Les arguments utilisés pour justifier la réponse à la question d'inclusion dans cette situation -où les objets sont masqués derrière un écran- entrent dans les différentes catégories déjà décrites. Pour "Réunion" et "Appartenance", ces arguments sont comparables à ceux décrits dans le tableau 2. On donne ci-dessous des exemples pour les autres catégories (3).

- Cas "possibles" (P) : "Ca dépend, je sais pas, parce que s'il y a encore au moins une orange, il y a plus de fruits que de pommes, et s'il n'y a plus d'oranges, il y a autant / *Peut-il y avoir plus de pommes que de fruits ?* / Non (Isabelle, 10;0).
- "Global" (G) : "Plus de fleurs, parce que les fleurs c'est tout un ensemble comme ça (grand geste), tandis que les marguerites, c'est un plus petit ensemble (geste plus petit)" (Antoine, 9;2).
- "Empirique" (E) : "Plus de pommes, parce que tout à l'heure, sur la table, il y avait plus de pommes" (Nathalie, 8;2) ; "Plus de fruits parce que j'ai entendu que tu enlevais deux, alors je me suis dit ce sera peut-être les deux oranges" (San-

(3) Nous n'avons pas donné systématiquement la contre-suggestion dans les situations "classiques" qui sont faciles pour les enfants de cet âge. Dans la situation "Ecran", le caractère ambigu de certains arguments de réunion nous a progressivement conduits à faire la contre-suggestion suivante à ceux qui les employaient pour justifier une réponse correcte : "Certains enfants disent que si on a enlevé tous les A', il y a plus de A que de B. Qu'en penses-tu ?". Cependant, dans la mesure où elle n'a pas été faite systématiquement dans cette expérience, nous n'en avons pas tenu compte.

drine, 7;7) ; "Plus de fleurs, parce qu'il y a des marguerites et deux roses en plus" (Nathalie, 8;4).

- "Hasard" (H) : "Parce que j'ai deviné" ; "parce que je le pense" ; "parce que j'ai réfléchi", etc...

b) *Fréquence des types d'arguments en fonction de l'âge :*

Figure 5. Evolution de la fréquence des différentes catégories d'arguments avec l'âge : item "Ecran" (fruits).

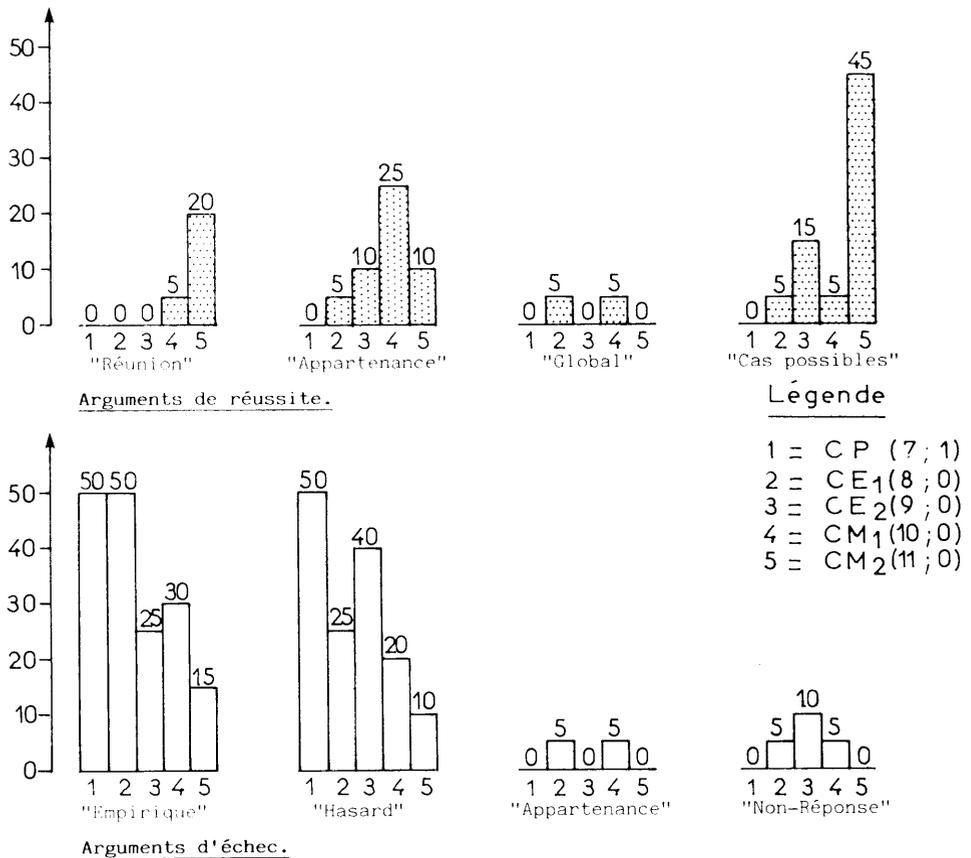


Figure 5. Frequency of different arguments as a function of age : "Screen" item (fruit).

La figure 5 permet d'observer le caractère tardif des arguments logiques d'inclusion dans cette situation, et notamment la brusque émergence des arguments de la catégorie "cas possibles" vers 11 ans.

Dans les trois situations où les possibilités de recours à un support empirique sont réduites ("Verbale B", "Modification",

"Ecran"), on peut observer que lorsque les enfants réussissent, ils ont tendance à justifier leur réponse avec un argument différent dans chacune. Ce sont les arguments de réunion qui dominent pour la situation "Verbale B" (figure 3), ceux d'appartenance pour la situation "Modification" (figure 4), et ceux de la catégorie "Cas possibles" pour la situation "Ecran". Si ces situations contraignent toutes trois au raisonnement logique d'inclusion, elles semblent cependant appeler des modalités de ce raisonnement assez différentes. Nous y reviendrons en analysant les relations entre les réussites aux différents items.

2.2. Analyse des réussites et échecs

2.2.1. Codification :

Les critères de codification des réussites aux différents items sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Critères de codification des réussites pour les différentes situations (3).

SITUATIONS	REPONSE	JUSTIFICATION	CONTRE-SUGGESTION
"Classiques" et "Verbales A"	"Plus de B que de A" (ou "pareil" à l'item FR 5-0)	C, G, A R, ou D	-
"Verbales B"	"Plus de B que de A"	A ou R ⁺	réussie
"Modification"	"On ne peut rien faire"	A ou P	réussie
"Ecran"	"Plus (ou pareil) de B que de A"	A, R, G, P	-

Table 4. Coding criteria for success for the different situations.

2.2.2. Effets de l'ordre de passation des items :

Des différents effets d'ordre de passation contrôlés (cf. procédures), seul celui de la succession des trois situations "Verbale", "Modification" et "Ecran" est significatif. Il n'affecte que les réussites à la situation "Ecran", dont les proportions sont assez différentes selon qu'elle est donnée en première et seconde position d'une part, ou en troisième position d'autre part : respectivement 7/33, 7/33 et 17/34 avec le matériel de fruits ; 9/33, 8/33 et 16/34 avec le matériel de fleurs. Cette différence est significative à $p = .01$ avec le matériel de fruits et à $p = .05$ avec le matériel de fleurs. Il semble donc que

la situation "Ecran" ait dérouté certains enfants lorsqu'elle était donnée directement après les situations "classiques" et qu'ils en aient mieux compris le sens lorsqu'elle était précédée des deux autres situations à support empirique réduit. Quoiqu'il en soit, les différences de réussite à la situation "Ecran" entre les groupes d'âges comparés ci-dessous ne peuvent être imputées à cet effet puisque l'ordre de passation a été systématiquement contrebalancé.

2.2.3. Fréquence des réussites en fonction des situations et de l'âge :

On peut distinguer sur les figures 6a et 6b deux grands types d'évolution de la fréquence des réussites en fonction de l'âge. Le premier type concerne les courbes qui se trouvent dans la partie supérieure du graphique, et le second celles qui se trouvent dans sa partie inférieure. Dans la partie supérieure figurent les courbes correspondant aux situations réussies dès 7 ans par environ la moitié des enfants et par leur quasi totalité dès 8 ans. On trouve dans cette catégorie les situations "classiques" et la situation "Verbale A" dans laquelle la question d'inclusion est posée en l'absence de matériel concret, mais avec des indications numériques sur les sous-classes évoquées. Les variations introduites dans l'extension des sous-classes, avec le matériel de fruits, influencent encore légèrement la réussite à 7 ans (elle tend en effet à être un peu moins fréquente lorsque la dissymétrie entre les extensions s'accroît).

Dans le même ordre d'idées, la situation "classique" 10-2 est mieux réussie avec les fleurs qu'avec les fruits à 7 ans (55 % au lieu de 30 %) ; mais dans la mesure où le matériel de fleurs a toujours été donné après le matériel de fruits, il n'est pas possible de savoir si cette différence est due à l'effet du matériel ou à celui de l'ordre de passation. Cet effet ne persiste pas davantage que le précédent au-delà de 7 ans. La variante de la question classique qui consiste à suggérer la représentation de deux actions successives (cf. FL B0, figure 6b) rend cette situation plus facile. Cet effet est sensible à 8, 9 et 10 ans.

Enfin, ce premier faisceau de courbes à l'allure très rapidement ascendante marque un net fléchissement à 9-10 ans avant d'atteindre son maximum à 11 ans. La quasi totalité des échecs responsables de ce fléchissement est due aux réponses dans lesquelles les enfants s'appuient sur un argument d'appartenance pour donner une réponse incorrecte : "c'est pareil" (ou "on ne peut pas savoir puisque les A sont des B"). Le fait qu'on ne trouve pratiquement jamais ces réponses avant 9 ans et pratiquement plus après 10 ans tend à accréditer l'hypothèse de Voelin qui les considère comme l'indice du passage, vers 9-10 ans, d'une réponse appuyée sur une représentation disjointe des collections A et B à la prise de conscience de l'emboîtement des A dans les B. On a peut-être affaire ici à un exemple typique de réor-

Figure 6. Evolution de la fréquence de réussite à la question d'inclusion en fonction de l'âge et des situations.

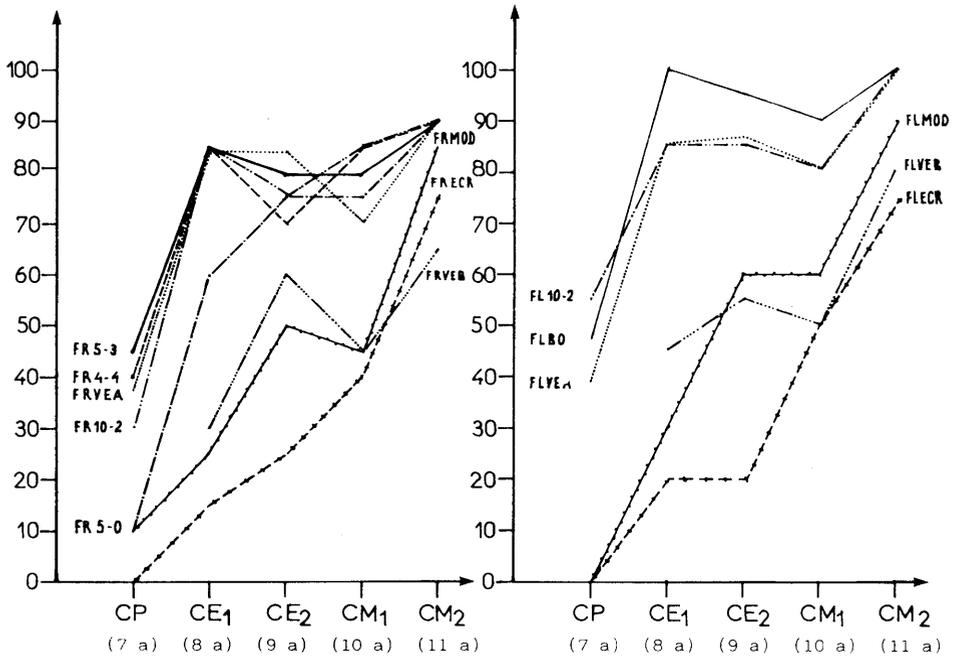


Figure 6a. Matériel fruits.

Figure 6b. Matériel fleurs

Figure 6. Frequency of correct responses as a function of age and situation (fig. 6a : fruit ; fig. 6b : flowers).

ganisation, au cours de laquelle l'émergence d'une capacité nouvelle commence par faire régresser la performance, du moins si l'on en reste au niveau des apparences.

Dans la partie inférieure du graphique, par contre, l'allure des courbes correspondant aux situations "Verbale B", "Modification" et "Ecran" diffère assez nettement de celle des situations classiques que nous venons d'examiner. Très peu d'enfants réussissent ces items à 7 ans (4) ; leur proportion n'augmente qu'assez lentement pour atteindre environ 75 % à 11 ans. La situation "Ecran" paraît la plus difficile des trois, mais il faut rapprocher cela de ce qui en a été dit plus haut à propos

(4) Le pourcentage de réussites à FLVEB à 7 ans n'est pas indiqué car la contre-suggestion n'était pas encore donnée systématiquement quand ce niveau d'âge a été examiné. Mais même en accordant le bénéfice du doute aux enfants de 7 ans qui ont donné une réponse correcte justifiée avec un argument de réunion, cela ne ferait que 10 % de réussite.

de l'effet d'ordre de passation. Le fait que cet item soit aussi souvent réussi que les deux autres lorsqu'il est donné en troisième position laisse penser qu'aux difficultés propres au raisonnement logique s'ajoutent sans doute des incompréhensions sur la nature de la tâche.

L'item dans lequel $A = B$ (FR 5-0) occupe, pour l'évolution des réussites, une position intermédiaire entre les deux types d'évolution qui viennent d'être décrits (cf. figure 6a). Il est aussi peu réussi à 7 ans que les trois items dont il vient d'être question, mais on ne peut pour autant le situer dans la même catégorie dans la mesure où, dès 9 ans, il n'est pas plus difficile que les items classiques.

En résumé, l'analyse de l'évolution des pourcentages de réussite dans les différents items d'inclusion entre 7 et 11 ans permet de distinguer deux catégories de situations : d'une part celles qui offrent un support important à la représentation des extensions des classes et sous-classes à comparer (matériel concret dans les situations "classiques" et support numérique dans la situation "Verbale A") et qui sont réussies par une majorité d'enfants entre 7 et 8 ans ; d'autre part celles dans lesquelles les données empiriques sur les extensions sont réduites (situations "Verbale B", "Modification", "Ecran") et qui ne sont réussies par une majorité d'enfants qu'entre 10 et 11 ans, soit environ 3 ans plus tard. Sur ce point, nos résultats confirment entièrement ceux de Voelin et de Markman.

2.2.4. Les relations entre les items du point de vue des réussites :

Deux items sont en relation d'équivalence si les sujets qui réussissent (ou échouent) à l'un sont les mêmes que ceux qui réussissent (ou échouent) à l'autre. L'intensité de cette relation peut être quantifiée par le coefficient phi (5). Deux items A et B sont en relation d'implication lorsque tous les sujets qui réussissent A réussissent aussi B alors que la réciproque n'est pas vraie. L'intensité de cette relation peut être quantifiée à l'aide du coefficient H de Loevinger (6). Toutefois,

(5) $\Phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}}$. Il faut tenir compte dans l'interprétation de Phi, de ce que son maximum est d'autant plus faible que les fréquences de réussite des deux items considérés sont plus inégales.

(6) La formule de coefficient H de Loevinger (cf. Loevinger, 1948) est :

$$H = \frac{P_{ij} - P_i}{1 - P_i}$$
 ; où P_{ij} est la proportion de ceux qui ont réussi les deux items comparés, P_j la proportion de ceux qui ont réussi le plus difficile et P_i la proportion de ceux qui ont réussi le plus facile. On remarquera qu'en cas de relation d'implication parfaite, $P_{ij} = P_i$ et $H = 1$, mais que H est aussi égal à 1 lorsque les deux cases de désaccord sont vides, c'est-à-dire lorsqu'il y a relation d'équivalence parfaite.

Tableau 5. Matrice des relations entre les 14 items d'inclusion.

En haut de la diagonale figurent les coefficients phi (relations d'équivalence).
 En bas de la diagonale figurent les coefficients H (relations d'implication).

	FR5-3	FR4-4	FR10-2	FRVEA	FL10-2	FLVEA	FR5-0	FLB0	FLVEB	FRVEB	FLMOD	FRMOD	FLECR	FRECR
FR 5-3		.79	.66	.70	.56	.61	.52	.41	.33	.36	.40	.49	.34	.38
FR 4-4	.83		.77	.70	.53	.59	.62	.39	.32	.39	.43	.51	.37	.35
FR 10-2	.71	.74		.87	.62	.73	.64	.45	.38	.40	.45	.48	.32	.31
FR VEA	.76	.72	.89		.79	.80	.58	.41	.41	.48	.49	.48	.32	.35
FL 10-2	.65	.64	.78	1		.90	.41	.57	.34	.39	.46	.37	.28	.27
FL VEA	.68	.66	.80	.93	1		.50	.47	.39	.43	.51	.39	.32	.29
FR 5-0	.73	.81	.82	.75	.66	.76		.32	.47	.47	.59	.68	.50	.43
FL B0	.59	.59	.69	.65	.71	.66	.63		.24	.26	.26	.22	.21	.20
FL VEB	.64	.58	.68	.74	.77	.79	.74	.67		.68	.56	.45	.59	.55
FR VEB	.79	.81	.81	1	1	1	.74	.81	.77		.48	.48	.47	.47
FL MOD	.74	.76	.77	.84	1	1	.78	.68	.58	.57		.74	.60	.52
FR MOD	1	1	.91	.91	.88	.90	1	.64	.48	.52	.82		.50	.51
FL ECR	.87	.88	.77	.76	.84	.85	.92	.77	.77	.54	.82	.63		.72
FR ECR	1	.87	.76	.87	.83	.84	.83	.75	.76	.57	.75	.66	.76	

Table 5. Relations matrix for the fourteen items.

l'information apportée par chacun de ces deux coefficients pris isolément reste ambiguë. En effet, lorsque le coefficient phi est faible, cela peut signifier qu'il n'y a pas de relation entre les deux items considérés, ou bien qu'ils sont en relation d'implication (mais dans le dernier cas, le coefficient H doit être élevé). Par ailleurs, lorsque le coefficient H est élevé, cela peut aussi bien être dû à une relation d'implication qu'à une relation d'équivalence -cf. note 6- (mais dans ce dernier cas, le coefficient phi doit être élevé). Autrement dit, l'analyse des relations entre les items exige la comparaison des deux coefficients. C'est la raison pour laquelle le tableau 5 présente à la fois le coefficient phi (au dessus de la diagonale de la matrice) et le coefficient H de Loevinger (au dessous de la diagonale).

Il faut souligner que la relation d'implication entre l'item "classique" 10-2 et l'item "Modification", donnés avec un même matériel, est triviale. La question "peut-on faire quelque chose pour avoir plus de A que de B ?" n'a en effet de sens que pour les enfants qui disent avoir devant eux plus de B que de A. L'item "Modification" n'a été donné qu'après une reprise de l'item "classique" 10-2 avec obtention d'une réponse correcte. D'éventuelles inversions dans la relation hiérarchique entre ces deux items ne peuvent relever que de cas d'enfants qui, échouant à l'item "classique" 10-2 lorsqu'il est posé la première fois, le réussissent lors de la reprise (et réussissent également l'item "Modification"). Par contre, la relation est moins triviale lorsque l'item 10-2 et l'item "Modification" sont posés sur des matériels différents. On doit noter également que la relation d'implication entre les situations "classiques" et la situation "Ecran" n'est pas acquise d'avance, dans la mesure où l'item "Ecran" a été présenté quelle qu'ait été la réponse aux situations classiques.

Du point de vue des relations d'équivalence (en haut de la diagonale), on trouve un groupe de coefficients phi supérieurs à .60 environ entre les items "classiques" (avec matériel concret ou support verbal numérique) quel que soit le matériel -fleurs ou fruits- avec lequel ils ont été donnés. Les autres items n'entretiennent de corrélation aussi élevée, ni avec ce "cluster", ni entre eux, à l'exception des trois paires d'items de même nature (FLVEB avec FRVEB, FRMOD avec FLMOD, FRECR avec FLECR). Ces six items à support empirique réduit n'entretiennent entre eux, en dehors de cela, que des corrélations modérées (leur corrélation médiane est de .50 alors qu'elle est de .70 pour le "cluster" d'items "classiques").

Dans le cas où il existe une relation d'équivalence marquée, un fort coefficient H en bas de la diagonale traduit cette relation d'équivalence et non une relation d'implication ; c'est pourquoi les zones correspondantes en-dessous de la diagonale ont été hachurées. Les coefficients H élevés restants traduisent, quant à eux, une relation d'implication sans ambiguïté. C'est

le cas entre les items "Ecran", "Modification", et "FRVEB" d'une part et les items "classiques" d'autre part : on trouve là des coefficients H pour la plupart supérieurs à .80. La faiblesse des coefficients phi correspondants est, dans ces cas, imputable à l'existence d'une relation d'implication, c'est pourquoi la zone correspondante a été hachurée dans la matrice (haut de la diagonale). Les coefficients restants -ceux qui ne sont ni encadrés ni hachurés- correspondent aux cas où les items n'entretiennent pas de relations d'équivalence ou de hiérarchie très marquées entre eux. Il en va ainsi des items FLBO et FLBEV avec presque tous les autres items, et des items à support empirique réduit dans leurs relations entre eux.

En résumé, dans la tranche d'âge sur laquelle a porté ce sondage, les différentes situations "classiques" sont à peu près équivalentes. Seuls s'en distinguent les items FR 5-0 et FLBO qui font l'un et l'autre appel à un mode de raisonnement particulier. Par ailleurs, la réussite dans les situations "Ecran", "Modification" et "Verbale B" (avec le seul matériel de fruits) implique la réussite des items "classiques", mais ces situations n'entretiennent pas entre elles de relations d'équivalence ou de hiérarchie très marquées. Ceci est à rapprocher du fait - signalé plus haut - que les enfants ont tendance à justifier leurs réponses avec un argument différent dans les situations "Ecran", "Modification" et "Verbale B".

La conjonction de ces deux observations permet de douter des conclusions de Voelin qui, à partir de l'examen des fréquences de réussite, considérait ces trois items comme des indications d'étapes hiérarchisées dans l'acquisition du raisonnement logique. Plus vraisemblablement, on peut avancer que ces situations incitent toutes trois à un raisonnement logique de même niveau mais par des voies assez différentes.

2.3. Relations entre les arguments utilisés dans les situations "classiques" et la réussite dans les situations à support empirique réduit

Si la réussite dans les situations où les données empiriques sont réduites implique la réussite dans les situations "classiques", il reste à savoir dans quelle mesure la réussite aux situations "Ecran", "Modification" et "Verbale B" est liée à l'emploi de tel ou tel argument pour justifier la réponse correcte aux situations "classiques".

Le tableau 6 met en relation les arguments utilisés par les 76 sujets qui ont réussi l'une des situations "classiques" (FR 5-3) avec leur résultat (r = réussite, e = échec) dans les trois situations à données empiriques réduites sur le matériel fruits (7).

(7) Cette relation gardant la même forme avec les autres items classiques, nous nous en sommes tenus au seul item FR 5-3 pour éviter de multiplier les tableaux de résultats.

Tableau 6. Réussite aux items "Verbal B", "Modification" et "Ecran", en fonction de l'argument justifiant la réponse correcte aux items classiques : exemple de l'item FR 5-3.

	FRVEB		FRMOD		FRECR		Total	
	r	e	r	e	r	e		
C	8	8	9	7	7	9	16	C = "Comptage"
G	2	7	2	7	4	5	9	G = "Global"
A	10	6	13	3	9	7	16	A = "Appartenance"
R	14	15	15	14	8	21	29	R = "Réunion"
RD	4	2	4	2	3	3	6	RD = "Réunion-Dis- sociation"
Total	38	38	43	33	31	45	76	FR 5-3 = item "classique" 5pommes-3oranges
	$\chi^2 = 4.47$		$\chi^2 = 8.81$		$\chi^2 = 3.99$			FRVEB = "Dans la ville"
	ddl = 4		ddl = 4		ddl = 4			FRMOD = "Modification"
	P = .34		P = .06		P = .40			FRECR = "Ecran"

Table 6. Relationship between correct responses to "verbal B", "Modification", "Screen" items as a function of arguments justifying correct judgments for classic items.

Globalement, cette relation n'est pas significative pour la situation "Verbale B" et l' "Ecran", mais elle l'est à $P < .10$ pour la situation "Modification" : dans ce dernier cas, l'effet significatif est dû à une fréquence de réussite plus marquée que pour l'ensemble des sujets, chez ceux qui utilisent l'argument d'appartenance dans les situations "classiques", et au contraire moins marquée que pour l'ensemble chez ceux qui utilisent l'argument "global". Cette tendance existe aussi avec les situations "Verbale B" et "Ecran", mais elle est beaucoup plus atténuée. En revanche, les enfants qui utilisent les arguments de réunion et de comptage dans les situations "classiques" échouent ou réussissent dans des proportions comparables aux situations où les données empiriques sont réduites. Autrement dit, les arguments avec lesquels les enfants justifient la réponse correcte dans les situations classiques, ne renseignent que très peu sur leur capacité à recourir à un raisonnement logique d'inclusion lorsque la situation l'exige. Ceci est évidemment à rapprocher des observations faites plus haut, montrant l'absence de relation ordonnée entre les arguments donnés dans les épreuves classiques et l'âge des sujets. Dans les épreuves dites logiques, par contre, une relation existe entre l'âge et les arguments d'appartenance ou de réunion. Mais ce fait n'a plus la même signification dans la mesure où ces épreuves ne sont réussies que tardivement et où ces arguments sont les seuls possibles.

3. DISCUSSION

Les résultats analysés renforcent l'hypothèse de processus différents qui sous-tendraient aux différents âges la réponse correcte au problème d'inclusion. Ils démontrent également l'utilité de coordonner l'étude des arguments à celle des variations des performances en raison des modifications des situations expérimentales.

1) Que la réponse correcte obtenue à la question classique puisse reposer, jusqu'à 10-11 ans, sur la comparaison des extensions de collections disjointes, cela est conforté par de nombreux indices.

Tout d'abord la juxtaposition des deux collections qui correspondent à la classe et à la sous-classe est souvent explicite, surtout chez les plus jeunes (7 ans), dans les justifications elles-mêmes (indications gestuelles, vocabulaire de collections). De plus, lorsque dans les questions verbales classiques, qui sont apparemment de même difficulté que celles posées sur un matériel concret, un contre-argument suggère le dépassement des A sur les B, le niveau de réussite tombe et devient comparable à celui des épreuves dites logiques (cf. résultats, 2.1.2).

L'indice le plus marquant reste cependant l'écart temporel, de l'ordre de trois ans, qui sépare les réussites aux épreuves classiques de celles observées à "Modification" et "Ecran". La justification donnée à l'appui d'une réponse incorrecte à l'épreuve "Modification" (ajouter des A pour en avoir plus que de B) est significative à cet égard.

Quel que soit l'argument avancé, il semble que l'enfant de 7-10 ans résolve le problème d'inclusion à l'aide de processus spécifiques de codage et de traitement des informations : les extensions de deux classes (ou collections) disjointes sont codées numériquement et/ou spatialement, ce qui permet la représentation du dépassement de l'une sur l'autre et la prise en compte de ce dépassement pour justifier la réponse correcte. Les arguments de réunion peuvent être interprétés dans ce sens, à cette différence près qu'ils témoignent d'une action (intériorisée) de réunion. Le dépassement peut n'être dans ce cas qu'une dépendance fonctionnelle de l'action, sans que cette dernière soit pour autant intégrée dans une opération d'inclusion, au sens précis que Piaget donne à cette expression.

2) Des indices de l'évolution de ces processus, avec l'âge, sont également révélés par certaines données de notre expérience.

En premier lieu, les arguments d'appartenance n'apparaissent guère qu'à 9-10 ans (30 % des justifications). Quel que

soit leur statut à l'égard de la logique (appartenance partitive ou inclusive) ils révèlent un raisonnement différent.

En second lieu, l'apparition vers 9-10 ans d'arguments particuliers, déjà remarqués par Voelin (1976), où l'enfant affirme l'appartenance de la sous-classe à la classe tout en maniant avec difficulté l'emboîtement, témoignerait bien d'une réorganisation des processus et du passage d'une forme de représentation à une autre. Ce qui est codé ici semble bien être le "placement" simultané (appartenance inclusive : a est à la fois élément de A et élément de B), codage qui permet la compréhension et la représentation de l'emboîtement en tant que tel.

3) Mais rien ne permet de statuer quant à l'organisation cognitive sous-jacente à partir des arguments donnés pour justifier les réponses correctes aux épreuves classiques d'inclusion, car aucune évolution génétique claire de ces arguments n'a été observée dans ces situations. En outre, les arguments qui justifient les réponses correctes à ces épreuves classiques ne sont pas prédictifs, dans la majorité des cas, de la réussite ou de l'échec aux épreuves dites logiques (cf. tableau 6). On doit toutefois signaler que l'argument "global" (les fruits c'est tout ça, etc.) est avancé plus fréquemment par les sujets qui échouent à ces épreuves, tandis que l'argument d'appartenance l'est davantage par ceux qui les réussissent. Cette observation confirmerait l'hypothèse formulée plus haut du statut particulier que l'on peut accorder à l'argument d'appartenance lorsqu'il est donné lors des épreuves classiques.

L'analyse des divers arguments montre bien, toujours dans les situations classiques, qu'ils peuvent tous étayer un constat de dépassement. Cela paraît évident lorsqu'il s'agit de l'évaluation globale, spatialisée, des extensions et du comptage successif des éléments des classes à comparer. Ce peut être aussi le cas, comme on l'a déjà souligné, de l'argument de réunion : la réunion des A et des A' opposée à la "solitude" des A permet d'évaluer le dépassement sous la forme des A', sans qu'il soit besoin pour cela d'emboîter les A et les A' dans les B. En outre, si l'appartenance semble bien rendre compte d'une forme différente de raisonnement, elle ne constitue pas pour autant un critère suffisant d'évolution génétique. Les données mentionnées dans le tableau 6 montrent que cet argument n'est pas *toujours* prédictif d'une réussite aux épreuves "Ecran" et "Modification" ; et dans ce cas, l'appartenance pourrait être partitive (les marguerites "appartiendraient" aux fleurs tout comme les marguerites "appartiennent" au bouquet) et non inclusive (les marguerites appartiennent à la fois à la sous-classe des marguerites et à la classe des fleurs).

Il apparaît donc nettement que l'analyse des arguments ne permet pas, à elle seule, d'inférer des niveaux génétiques de compétence. Mais il apparaît aussi nettement que deux niveaux génétiques différents peuvent être discernés, chez les enfants

incluants aux épreuves classiques, selon leur échec ou leur réussite aux épreuves dites logiques, l'un correspondant au constat de dépassement, l'autre à la prise en compte de l'emboîtement. Le double problème qui se pose alors est celui de l'utilisation, à un même niveau, de divers arguments, et de l'utilisation de ces mêmes divers arguments à des niveaux différents.

Ces faits expérimentaux nouveaux sont difficilement intégrables dans la théorie opératoire. Certes, Piaget et Inhelder (1959), au vu des résultats observés sur les classes d'oiseaux, reculent le développement de l'inclusion jusqu'aux "confins du stade des opérations formelles" (p. 115). Mais l'évolution est celle de l'application des "opérations concrètes de classification" à n'importe quel contenu (cf. p. 118) ; et toute réponse correcte et justifiée, soit par un argument d'appartenance, soit par un argument qui peut impliquer le dépassement : "plus de B parce qu'il n'y a pas seulement des A, il y a aussi des A'" (cf. Inhelder et al., 1974, p. 246 (8)), est considérée comme relevant d'une structure logique. Comment alors expliquer l'échec à l'épreuve "Modification" des enfants incluants classiques qui ont donné ces arguments et la réussite à "Modification" d'enfants qui ont compté ou "spatialisé" lors des situations classiques ?

Une interprétation alternative différentielle pourrait coordonner ces faits en invoquant la préférence individuelle pour un certain type de fonctionnement, quel que soit le niveau génétique atteint. La variabilité inter-individuelle et la cohérence intra-individuelle de l'argumentation dans les épreuves classiques vont dans ce sens. Le fait que cette variabilité et cette cohérence persistent chez les sujets qui réussissent dans les situations logiques (cf. tableau 6) renforce cette hypothèse différentielle. Mais la question qui subsiste est celle de la signification de ces différences individuelles de fonctionnement aux deux étapes du développement de l'inclusion.

Au premier niveau, le problème est traité comme un problème de comparaison des extensions de collections juxtaposées. L'argument "global", le comptage, la réunion, peuvent être interprétés dans ce sens ; et même l'appartenance : le codage des A et des A' en tant que B permet de conserver l'extension des B pour lui comparer celle des A ; mais les A comparés sont en quelque sorte décodés de leur valeur B (s'ils ne l'étaient pas, l'enfant du premier niveau ne pourrait pas répondre qu'on doit ajouter des A pour avoir plus de A que de B). Les différences individuelles observées pourraient donc renvoyer à des types différents de représentation des extensions. Mais à y regarder de plus près, la représentation n'est pas seule en cause. Les enfants qui

(8) Inhelder, Sinclair et Bovet posent en outre la question : "Combien de plus ?". La réponse correcte permet de ranger les enfants dans la catégorie IV des sujets opératoires (pp. 216 et 222-223).

utilisent l'argument global et le comptage codent directement des *configurations* qui correspondent aux deux extensions à comparer. Les enfants qui utilisent les arguments de réunion et d'appartenance *construisent* ou *reconstruisent a posteriori* l'extension des B par la réunion des A et des A' ou par le codage des A et A' en tant que B. Qu'il s'agisse dans les deux cas (argument global et comptage d'une part, réunion et appartenance d'autre part) d'une "traduction" des processus de résolution du problème ou d'une réorganisation *a posteriori*, le fonctionnement du sujet est différent même s'il conduit à un même résultat, à savoir le constat d'un dépassement.

Au second niveau, où la réussite aux épreuves dites logiques indique bien la prise en compte de l'emboîtement, le problème posé est celui des enfants qui utilisent le comptage des éléments ou la spatialisiation des extensions aux épreuves classiques. Deux hypothèses peuvent être formulées : ou l'enfant, lorsque la solution logique n'est pas nécessaire, revient à un mode de fonctionnement préférentiel (il peut s'agir ici d'une économie de la "logique"), ou l'enfant, qui a résolu le problème classique logiquement, se donne par le comptage une preuve supplémentaire de sa compréhension qui aurait valeur de symbole de l'inclusion (cf. Voelin, 1976), mais le symbole choisi pourrait correspondre à un mode préférentiel de représentation.

Ce qui reste à expliquer, c'est le passage du premier niveau génétique au second. Là encore les différences individuelles peuvent servir de point de départ à des hypothèses. Les deux types de fonctionnement pourraient être à l'origine d'évolutions différentes. Le raisonnement appuyé de manière constante sur des configurations statiques conduirait à "la règle logique" par une sorte d'induction tâtonnante (cf. les sujets qui découvrent par tâtonnements la solution de "Modification"), tandis que la construction articulée de l'extension des B conduirait d'emblée à la déduction. Plus vraisemblablement, les deux types de fonctionnement pourraient être utilisés par les mêmes sujets soit à des moments différents, soit conjointement à certains moments du développement.

Cette dernière hypothèse peut être mise à l'épreuve en utilisant les techniques d'apprentissage comme méthodes de preuve. Si elle est correcte, les sujets devraient en effet progresser davantage lorsqu'ils sont entraînés au type de fonctionnement qu'ils n'adoptent pas spontanément (codage et traitement soit des états, soit des transformations). Cette mise à l'épreuve est l'objet d'une expérience actuellement en cours.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a bénéficié des crédits de tranche C de l'Université René Descartes. Elle a par ailleurs bénéficié des moyens habituels du Laboratoire de Psychologie Génétique (Paris V, ERA CNRS n° 78) et du Laboratoire de Psychologie Différentielle (Paris V, ERA CNRS n° 79, EPHE, CNAM).

Elle a été réalisée avec la collaboration expérimentale de Michèle Luton que nous remercions bien vivement. Nous remercions également de leur accueil Mme Cannat, Inspectrice Départementale de l'Education Nationale, et l'équipe éducative de l'école Jean Jaurès à Chatenay-Malabry.

RÉSUMÉ

Les réponses d'inclusion et leur justification ont été étudiées sur 100 enfants, en fonction de l'âge (7 à 11 ans) et des situations expérimentales (épreuves classiques sur matériel concret, épreuves dites logiques où les données empiriques sont réduites). Les résultats en ce qu'ils ont d'essentiel sont les suivants : a) deux niveaux génétiques sont observés en raison de l'échec ou de la réussite aux épreuves où les données empiriques sont réduites ; b) il n'existe pas de liaison nette entre l'âge des sujets et les types d'arguments ; c) l'utilisation d'arguments "empiriques" ou "opératifs" ne suffit pas à renseigner sur les niveaux génétiques sous-jacents mais traduirait plutôt une préférence individuelle dans l'adoption d'une forme de raisonnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHR, P.R., YOUNISS, J. Reasons for failure on the class inclusion problem. *Child Development*, 1970, 41, 131-143.
- BRAINERD, C.J., KASZOR, P. An analysis of two proposed sources of children's class inclusion errors. *Developmental Psychology*, 1974, 10, 2, 633-643.
- CARBONNEL, S. Classes collectives et classes logiques. *Archives de Psychologie*, 1978, 177, XLVI, 1-19.
- CARBONNEL, S., LONGEOT, F. Inclusion, appartenance et pensée naturelle. *Cahiers de Psychologie*, 1979, 22, 85-98.
- INHELDER, B., SINCLAIR, H., BOVET, M. *Apprentissage et structures de la connaissance*. Paris : P.U.F., 1974.
- LOEVINGER, J. The technique of homogeneous tests compared with some aspects of scale analysis and factor analysis. *Psychological Bulletin*, 1948, 45, 507-529.
- MARKMAN, E.M. Empirical versus logical solutions to part whole comparisons problems concerning classes and collections. *Child Development*, 1978, 49, 168-177.
- MARKMAN, E.M. Classes and collections : conceptual organization and numerical abilities. *Cognitive Psychology*, 1979, 11, 395-411.
- MARKMAN, E.M., HORTON, M., Mc LANAHAN, A. Classes and collections : principles of organization in the learning of hierarchical relations. *Cognition*, 1980, 8, 3, 227-241.

- PIAGET, J., INHELDER, B. *Genèse des structures logiques élémentaires*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1941.
- PIAGET, J., SZEMINSKA, A. *La genèse du nombre chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1941.
- REUHLIN, M. Formalisation et réalisation dans la pensée naturelle : une hypothèse. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 1973, 4, 389-408.
- SIEGEL, L.S., Mc CABE, A.E., BRAND, J., MATTHEWS, J. Evidence for the understanding of class inclusion in preschool children : linguistic factors and training effects. *Child Development*, 1978, 49, 3, 688-693.
- TRABASSO, T., RILEY, C.A., DOLECKI, P., Mc LANAHAN, A.G., TUCKER, T. How children solve class - inclusion problems ? In R.S. Siegler (Ed.), *Children's Thinking : What develops ?*, London : Lawrence Erlbaum, 1978, 151-180.
- VOELIN, C. Deux expériences à propos de l'extension dans l'épreuve de quantification de l'inclusion. *Revue Suisse de Psychologie*, 1976, 35, 4, 269-284.
- WINER, G.A. An analysis of verbal facilitation of class-inclusion reasoning. *Child Development*, 1974, 45, 224-227.
- WINER, G.A. Class inclusion reasoning in children : A review of the empirical literature. *Child Development*, 1980, 51, 309-328.
- WOHLWILL, J. Responses to class-inclusion questions for verbally and pictorially presented items. *Child Development*, 1968, 39, 440-466.
- YOUSSEF, Z.I., GUARDO, C.J. The additive composition of classes : the role of perceptual cues. *Journal of Genetic Psychology*, 1972, 121, 2, 197-205.

Article reçu le 25 février 1983

Accepté le 30 mai 1983