

Maîtrise du schème de la combinatoire (permutations) chez des adolescents en classes spéciales

Serge Larivée

université de montréal

Sylvie Normandeau

université du québec à montréal

Quatre-vingt-dix sujets des classes de transition, d'appoint, et du régulier au premier cycle du secondaire (12–13 ans) ont été testés individuellement à l'aide d'une épreuve opératoire piagétienne relevant du schème général de la combinatoire (les permutations). Un schéma d'analyse est développé, compte tenu du type de stratégies utilisées. On y distingue cinq niveaux opératoires. Les résultats indiquent que les sujets des classes de transition n'ont pas encore fini de structurer leur opérativité concrète, ceux des classes d'appoint se situent majoritairement au niveau opératoire concret et ceux des classes de régulier jalonnent le continuum concret-formel. Seuls 26.6% des sujets se situent aux deux niveaux opératoires formels. Les auteurs s'interrogent sur les conséquences scolaires de tels résultats.

Ninety subjects from a regular intermediary, and a remedial classroom in the first cycle of secondary school (12–13-year olds) were tested individually with the help of a Piagetian operative examination pointing out a general scheme of permutations. A marking scheme was developed bearing in mind the type of strategies used. Five operative levels were distinguished. The results show that the subjects in the intermediary classes have not yet managed to structure their concrete operations; most remedial class were situated at the concrete operative level and those in the regular class clustered about the formal-concrete continuum. Only 26.6% of those tested attained the two formal operative levels. The authors examine the scholastic consequences of these results.

Le système scolaire québécois prévoit des classes de transition et d'appoint pour les enfants situés au premier cycle du secondaire et qui présentent des difficultés à résoudre les tâches inhérentes à l'expérience scolaire. Des enseignants et des professionnels décrivent parfois ces élèves comme pratiques, rivaux au court terme et présentant des difficultés à généraliser leurs acquis. Sans aller jusqu'à conclure à une déficience du potentiel intellectuel, on peut tout au moins émettre l'hypothèse à l'effet que leurs modalités d'approche des problèmes se distinguent de celles des étudiants réguliers. L'âge moyen de ces étudiants les place théoriquement au seuil du stade opératoire formel. Or, un des schèmes les plus pertinents pour évaluer le fonctionnement opératoire formel est celui de la combinatoire (Inhelder & Piaget, 1955; Piaget & Inhelder, 1951; 1963; 1966).

Piaget et Inhelder (1963; 1966) distinguent deux grands champs d'application de la combinatoire: les objets et les jugements. Lorsqu'appliqué à des objets, on peut distinguer trois types d'opérations combinatoires: les opérations de combinaisons, de permutations et d'arrangements (Piaget & Inhelder, 1951). Le but de cette étude consiste à identifier le niveau opératoire tel qu'il se manifeste dans l'opération de permutations chez les sujets des classes d'appoint, de transition et du régulier.

PROFIL GÉNÉTIQUE DE LA NOTION DE PERMUTATION

Permuter, c'est effectuer un changement d'ordre. Pour Piaget et Inhelder (1951), l'opération de permutations présuppose non seulement la capacité de combiner des éléments, mais aussi une logique des relations d'un niveau supérieur, des relations de relations. Elle est également un produit du groupe INRC, structure sous-jacente aux mécanismes de la pensée formelle. Comme le souligne Leskow et Smock (1970), la réussite de la tâche des permutations à un niveau opératoire formel suppose la découverte de régularités et l'utilisation de stratégies présentant les caractéristiques propres au groupe mathématique.

Piaget et Inhelder (1951) distinguent trois stades dans le développement de l'opération de permutations, chacun de ces stades comportant deux sous-stades. Grosso-modo le profil génétique de l'évolution de l'opération de permutations se traduit comme suit.

Le stade I se caractérise essentiellement par l'absence de procédures systématiques pour résoudre des permutations à trois éléments. Qui plus est, au début de ce stade (Ia), le sujet s'avère incapable de "trouver par tâtonnements toutes les permutations possibles" (Piaget & Inhelder, 1951, p. 191). Il éprouve même quelques difficultés à comprendre la consigne, l'ordre de départ demeurant à ses yeux le seul possible. A la fin de ce premier stade (Ib), le sujet parvient habituellement à trouver les six permutations avec trois éléments, mais ce, de façon nettement empirique, c'est-à-dire au hasard de ses propres tâtonnements, sans système intentionnel ni conscience des régularités qui s'en dégagent.

Le stade II se caractérise par l'emploi de systèmes partiels. La conscience des régularités commence à se développer: au début, elle est élémentaire et reste limitée à trois éléments, elle nécessite même dans certains cas l'intervention de l'expérimentateur. Vers la fin de ce stade (IIb), non seulement le sujet devient capable de trouver un ordre lorsqu'il commence à permuter trois éléments, mais on assiste à un début de généralisation avec quatre éléments.

On remarque l'émergence simultanée de deux conduites nouvelles: une conscience progressive des symétries (la conduite d'égalisation) et

une amorce de la découverte d'un système. Autrement dit, le sujet découvre en cours d'épreuve la possibilité de faire un nombre équivalent de permutations commençant par chaque couleur. Il développe en outre une méthode qui vise la réalisation exhaustive des permutations sans nécessairement l'atteindre.

Au stade III, le sujet transforme progressivement les conduites esquissées précédemment en stratégies systématiques. Le niveau IIIa marque les débuts de la pensée formelle et le sous-stade IIIb en constitue le palier d'équilibre. Il faudra d'ailleurs ce dernier sous-stade pour que le sujet généralise sa conduite quel que soit le nombre d'éléments à permuter. En fait, une telle conduite s'avère aux antipodes du tâtonnement: au lieu de procéder empiriquement pour réaliser l'ensemble des permutations, le sujet peut désormais construire par anticipation la stratégie qui lui semble la plus efficace et l'utiliser par la suite pour l'exécution.

Les chercheurs ne s'entendent pas sur le moment d'acquisition du schème de la combinatoire. Ferreira Da Silva (1971), Scardamalia (1977) et Henriques-Christofides et Moreau (1974) affirment par exemple que, dès l'âge de sept ans, les enfants sont capables d'opérations combinatoires en utilisant une méthode systématique. Vergnaud et Cohen (1969) prétendent même démontrer l'existence précoce de procédures systématiques dès l'âge de cinq ans pour des permutations à trois éléments lorsque les enfants sont dûment entraînés et s'ils reçoivent en outre un support perceptif facilitateur les orientant déjà vers la bonne réponse. Une lecture attentive de ces recherches indique cependant qu'une telle conclusion émane de la confusion entre les opérations combinatoires telles que définies par Piaget et Inhelder (1951; 1963; 1966) et l'activité combinatoire au sens large. Qu'une activité combinatoire demeure possible à un âge précoce, cela tombe sous le sens puisque, comme le souligne Vergnaud et Cohen (1969), on peut dire de celle-ci qu'elle "commence avec la capacité de composer un objet de *différentes manières* à partir d'autres objets" (p. 321). On pourrait ensuite supposer qu'une activité combinatoire un peu moins élémentaire consisterait à considérer le même objet plusieurs fois selon des possibilités différentes. Finalement, on serait en présence d'opérations combinatoires formelles dès qu'un sujet serait capable à la fois de composer un objet à partir d'autres objets de différentes manières et de concevoir tous les cas possibles suivant une méthode systématique et exhaustive excluant les répétitions. Il est bien évident que sur le strict plan mathématique, l'activité combinatoire ne s'arrête pas là.

On admet toutefois généralement que l'épreuve des permutations est rarement réussie avant 14-15 ans. L'âge des trois sujets cités par Piaget et

Inhelder (1951) pour illustrer le niveau IIIb varie entre 13 ans 9 mois et 15 ans.

MÉTHODE

Sujets

L'échantillon se compose de 90 sujets du premier cycle secondaire (36 filles, 54 garçons) fréquentant dix écoles des quatre régions administratives de la Commission des Ecoles Catholiques de Montréal. Cet échantillon, obtenu de façon stratifiée pondérée, se subdivise en trois groupes de 30 sujets chacun selon les trois types de classe: régulier, appoint et transition (Larivée, Normandeau, & Belanger, 1980).

Les sujets qui fréquentent les classes régulières suivent le programme régulier du niveau secondaire I et II et obtiennent au moins 50% aux matières de base (français, mathématiques, anglais). Les étudiants placés en classe d'appoint présentent dans leurs acquisitions des lacunes équivalentes à moins d'une année de retard académique et des troubles mineurs d'adaptation scolaire. On oriente les étudiants vers les classes de transition en raison de nombreux retards académiques pouvant aller jusqu'à des lacunes dans les apprentissages de base du niveau primaire, de même qu'en raison de nombreux troubles d'adaptation scolaire. L'âge moyen des sujets des trois groupes est globalement équivalent: celui du groupe régulier est de 13 ans, 5 mois (12 ans, 7 mois–14 ans, 6 mois), celui du groupe d'appoint 13 ans, 11 mois (12 ans, 7 mois–15 ans, 9 mois) et celui du groupe de transition 13 ans, 11 mois (13 ans, 3 mois–14 ans, 6 mois).

Une analyse rapide de l'occupation des parents indique que les pères remplissent principalement des fonctions d'ouvriers non spécialisés et semi-spécialisés ou travaillent dans le secteur des services. Quant aux mères la presque totalité d'entre elles sont sans emploi.

Instrument

L'épreuve des permutations consiste à trouver toutes les manières possibles d'anticiper puis de placer en rangées horizontales des ensembles de trois et de quatre couleurs différentes et enfin de généraliser pour cinq, six, et sept couleurs. Deux règles sont à respecter: les rangées doivent toutes être différentes l'une de l'autre et si plusieurs rangées peuvent évidemment commencer par la même couleur les jetons doivent tous être de couleurs différentes dans une même rangée.

Trois raisons ont présidé au choix de cette épreuve. Premièrement, d'un point de vue strictement théorique, le choix d'une épreuve impli-

quant le schème de la combinatoire est tout indiqué puisque celui-ci est à l'œuvre dans l'ensemble des manifestations de la pensée formelle (Inhelder & Piaget, 1955; Piaget & Inhelder, 1951; 1963; 1966). Deuxièmement, étant donné l'âge des sujets, ceux-ci devraient avoir consolidé leur approche opératoire concrète du réel et mettre en branle le processus des opérations formelles. Il fallait donc leur proposer une tâche qui permette de distinguer suffisamment ces différents niveaux opératoires. Troisièmement, la simplicité du matériel requis pour la passation de cette épreuve (quatre ensembles de jetons de couleurs différentes) a finalement déterminé son choix. Bien que ce test se révèle un indice pertinent, l'utilisation d'une seule épreuve n'autorise évidemment aucune généralisation du comportement cognitif observé.

Déroulement et procédure

Trois équipes composées de deux expérimentateurs chacune rencontrent 30 sujets issus de classes régulières, d'appoint et de transition. Un expérimentateur se centre sur la passation de l'épreuve; l'autre, sur la rédaction du verbatim. Chaque sujet est rencontré individuellement pendant les périodes scolaires. Le temps de passation varie entre 20 et 40 minutes par sujet. Pour éviter l'effet Rosenthal, les expérimentateurs ignorent le statut scolaire des sujets. De plus, chaque équipe rencontre un nombre égal de sujets fréquentant chaque type de classes.

L'épreuve se déroule de la manière suivante. On présente au sujet deux ensembles de jetons de couleur différente: un rouge (*R*) et un vert (*V*). On lui demande ensuite de trouver les deux positions possibles des jetons l'un par rapport à l'autre en les disposant horizontalement. Que le sujet y parvienne ou pas, on insiste alors sur le fait qu'avec deux couleurs, on ne peut pas faire plus de deux rangées, soit: *R V* et *V R*. On présente ensuite un autre ensemble de jetons de couleur jaune. Et on lui demande de prévoir combien de rangées différentes il peut réaliser avec des jetons de trois couleurs différentes (item 1). Une fois qu'il a justifié sa réponse, le sujet est appelé à exécuter toutes les permutations qu'il est capable de trouver (item 2): le nombre maximum est 6. Une procédure semblable est suivie avec quatre couleurs: prévision (item 3), puis exécution (item 4): le nombre maximum est 24. Enfin, une cinquième couleur est ajoutée et on demande au sujet d'anticiper avec justification à l'appui, sans toutefois les exécuter, le nombre de permutations avec 5 (item 5), 6 (item 6), et 7 (item 7) couleurs.

La méthode clinique est utilisée pour cette épreuve. Un des avantages de cette méthode réside dans sa souplesse; elle permet ainsi à l'expérimentateur de recueillir des informations diversifiées quant aux processus

de raisonnement. En contrepartie, signalons le danger pour l'expérimentateur non chevronné de rendre, par ses interventions, plus facile ou plus difficile la résolution du problème par le sujet. La semi-standardisation de la technique d'interrogation élaborée pour cette recherche assure une plus grande cohérence entre les expérimentateurs et permet ainsi d'éviter l'un des désavantages de la méthode clinique.

Schéma d'analyse

La plupart des chercheurs qui utilisent une épreuve opératoire piagétienne pour évaluer le niveau opératoire d'une population donnée, se contentent de dire qu'ils ont utilisé la méthode clinique (ou d'exploration critique). Si les tenants de cette méthode s'entendent sur la nature de la méthode et ses principes d'utilisation, il en est tout autrement lorsqu'il s'agit de préciser les critères d'analyse et de les opérationnaliser. A cet égard, les détracteurs de la méthode clinique ont raison de soulever le risque du subjectivisme à outrance. Pour pallier à ce danger seuls les critères les plus pertinents ont été conservés et opérationnalisés.

Le choix des critères a été effectué en s'inspirant principalement des recherches d>Allaire-Dagenais (1977), Leskow et Smock (1970), Longeot (1969; 1978), Longeot, Girard, Lambert, et Rouquier (1974), Piaget et Inhelder (1951), et Vergnaud et Cohen (1969).

Trois critères d'analyse sont retenus: (1) les types de stratégies utilisées aux items d'exécution (items 2 et 4), ainsi que les critères d'égalisation et de mise en ordre; (2) le nombre de permutations effectuées aux items d'exécution (items 2 et 4); (3) le nombre de permutations anticipées avec justification aux items de prévision (items 1, 3, 5, 6, 7).

L'ensemble des types de justifications et de stratégies a été défini opérationnellement puis ordonné selon que celles-ci requièrent l'utilisation de schèmes opératoires concrets ou formels (Longeot et al., 1974). L'utilisation d'une évaluation quantitative vient simplement appuyer l'effort d'opérationnalisation tenté. Cette procédure facilite l'application de statistiques simples. Cependant afin de mettre en évidence la valeur qualitativement différente des diverses justifications et stratégies, une pondération différente a été attribuée à chacune selon deux paramètres: le schème requis et l'item concerné.

La définition, le rationnel, et le détail de l'opérationnalisation des justifications et stratégies ont été faits ailleurs (Larivée, Normandeau, & Bélanger, 1980).

Le total des points accordés pour chaque critère à chacun des items constitue la cote globale. Ce continuum variant de zéro à 36.5 points est scindé en cinq niveaux représentant cinq niveaux opératoires. Les paliers

I et II correspondent au niveau opératoire concret, le palier III à un stade intermédiaire et les paliers IV et V au niveau opératoire formel. Cette coupure bien qu'apparemment artificielle et arbitraire respecte le profil du développement de l'opération des permutations. On pourrait en effet critiquer cette évaluation quantitative en questionnant le rapport effectif qui existe entre celle-ci et l'échelle en stades habituellement utilisée pour analyser les résultats des tâches piagétienues. L'un de nous² (1981) a analysé les résultats des tâches piagétienues. L'un de nous (Normandeau, 1981) a analysé la moitié des protocoles à l'aide d'une échelle en stades (concret, intermédiaire, formel) ce qui a permis de comparer le stade attribué à chacun des sujets à l'aide des deux échelles. Le classement des sujets aux deux échelles concorde dans 40 cas sur 45.

On pourrait alors alléguer qu'un tel type d'évaluation n'apporte rien de plus que l'échelle en stades habituellement utilisée pour ce qui est de circonscrire le niveau opératoire. Cependant, le schéma d'analyse ici proposé permet de différencier chaque sujet à l'intérieur d'un même stade, ce qui est impossible dans le cas d'une échelle en stades plus orthodoxe. De plus, la spécification des critères, en termes de justifications et en termes de stratégies, permet de raffiner l'analyse qualitative et s'inscrit dans le courant d'une approche fonctionnelle de la compréhension des conduites intellectuelles (Inhelder & Piaget, 1979; Mendelsohn, 1981).

Enfin, malgré sa complexité, le schéma d'analyse proposé offre l'avantage de contrer le subjectivisme inévitable de la méthode d'exploration critique sans tomber dans le piège d'une rigidification outrancière (Larivée, 1981a).

RÉSULTATS

L'ensemble des résultats, tenant compte des trois critères d'analyse, a fait l'objet d'un rapport de recherche interne (Larivée, Normandeau, & Bélanger, 1980). Nous nous limitons ici à la présentation des résultats globaux et des résultats relatifs aux types de stratégie.

Résultats globaux

Les résultats globaux obtenus sont les suivants (voir tableau 1). Les sujets du groupe transition et appoint se situent aux niveaux I et II dans une proportion respective de 96.6% ($N = 29$) et 83.3% ($N = 25$). Quant aux sujets du régulier ils se répartissent sur les cinq niveaux: 46.6% ($N = 14$) aux niveaux I et II, 26.6% ($N = 8$) au niveau III, et 26.6% ($N = 8$) aux niveaux IV et V.

TABLEAU 1

Sujets des groupes transition, appoint et régulier aux cinq niveaux opératoires (I à V) de la tâche des permutations (%)

<i>Groupe</i>	<i>n</i>	<i>Niveau opératoire</i>				
		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
Transition	30	63.3 (19)	33.3 (10)	3.3 (1)	0 (0)	0 (0)
Appoint	30	30.0 (9)	53.3 (16)	16.6 (5)	0 (0)	0 (0)
Régulier	30	3.3 (1)	43.3 (13)	26.6 (9)	20.0 (6)	6.6 (2)

NOTE: Le nombre entre parenthèse correspond au nombre de sujets

Ces résultats montrent qu'une partie importante des sujets des classes transition n'ont pas encore fini de structurer leur opérativité concrète et que les sujets des classes d'appoint se situent majoritairement au niveau opératoire concret. Dans les deux cas le mode de pensée hypothético-déductif présente des lacunes ou en tout cas ne constitue pas le type de pensée favorisé par ces sujets. Ces étudiants se distinguent peu au plan de leur fonctionnement intellectuel et présentent un retard cognitif particulièrement marqué en raison de leur âge. En outre, même si plus de 50% des sujets du régulier ont atteint ou sont au seuil des opérations formelles à l'épreuve des permutations, l'autre 50% présente encore des conduites cognitives de niveau opératoire concret. Enfin le pourcentage de sujets du groupe régulier situés aux niveaux formels a et b est inférieur à celui obtenu par Longeot et al. (1974).

Types de stratégies

Selon Piaget et Inhelder (1951), les stratégies (méthodes) utilisées pour résoudre l'épreuve des permutations constituent le critère le plus significatif pour évaluer le niveau opératoire atteint. Selon eux, le stade I se caractérise par une absence complète de procédures systématiques et de régularité. Au stade II le sujet développe des systèmes partiels accompagnés d'un début de régularité. Ceux-ci ne s'appliquent d'abord qu'à trois éléments avant de se généraliser à quatre éléments à la fin du stade. Enfin au stade III, la stratégie systématique utilisée avec trois éléments se trouve automatiquement généralisée à quatre éléments.

Différentes stratégies possibles dans la résolution de la tâche des permutations ont été définies et mises en hiérarchie selon les habiletés opératoires requises à partir d'études antérieures (Leskow & Smock, 1970; Longeot, 1978; Longeot et al., 1974; Longeot, Fuzellier, Roulin,

& Valeni-Zarpa, 1982; Mendelsohn, 1981; Piaget & Inhelder, 1951; Vergnaud & Cohen, 1969) et de sondages préliminaires. L'étude du type de stratégies et de leur fréquence d'utilisation apportent un éclairage complémentaire par rapport à l'analyse en stades proposée par Piaget et Inhelder (1951).

À titre indicatif, nous définissons brièvement chaque stratégie. La stratégie de la constante sur une colonne (C_1) ou sur deux colonnes (C_2) consiste à conserver constant l'élément de la première ou des deux premières colonnes et à permuter les autres éléments. La stratégie du changement de position (P) consiste à ajouter le nouvel élément aux permutations déjà effectuées avec $N - 1$ éléments, puis à décaler le nouvel élément d'une colonne en le plaçant successivement à toutes les positions possibles. La stratégie du zigzag (Z) consiste à placer successivement un élément à toutes les positions possibles, tout en conservant constant l'ordre de succession des autres termes. Un fois cette première démarche effectuée, le sujet déplace à nouveau l'élément de départ, diagonalement, mais en sens inverse. La stratégie de la diagonale (D) consiste à placer successivement le premier élément de la série à toutes les positions possibles, en le déplaçant d'une colonne à la fois. La stratégie circulaire (O) consiste à utiliser le dernier élément ou le premier élément d'une rangée comme premier élément ou dernier élément de la rangée suivante, sans changer l'ordre des autres éléments de la rangée. Un sujet fait du tâtonnement systématique (T.S) lorsqu'il cherche une régularité par égalisation du nombre de permutations débutant par une même couleur. A l'analyse cependant, l'expérimentateur ne parvient pas à dégager une stratégie particulière privilégiée par le sujet. Un sujet fait du tâtonnement-non-systématique (T.N.S.) lorsqu'il est centré sur la réalisation du plus grand nombre de permutations sans recherche d'égalisation. A l'analyse, l'expérimentateur ne parvient pas à dégager la moindre régularité.

Le tableau 2 présente la fréquence d'utilisation de chaque stratégie à l'item 2 et à l'item 4. Les sujets des groupes transition et appoint font très fréquemment appel au tâtonnement-non-systématique à la fois à l'item 2 (90%, 80%) et à l'item 4 (83.3%, 86.7%). Le calcul du χ^2 (voir tableau 3) n'indique aucune différence significative entre ces deux groupes à l'item 2 ($\chi^2 = 1.51$, $dl = 1$, n.s.) et à l'item 4 ($\chi^2 = 0.92$, $dl = 2$, n.s.). Quant aux sujets du groupe régulier, ils font appel dans une forte proportion au tâtonnement-non-systématique à l'item 2 (53.3%), bien que certains sujets recourent déjà à la stratégie de la constante sur une colonne (20.0%). Le calcul du χ^2 (tableau 3) entre les groupes appoint et régulier montre une différence non significative entre ces groupes quant à la fréquence d'utilisation des stratégies à l'item 2 ($\chi^2 = 0.35$, $dl = 1$, n.s.). Cependant à

TABLEAU 2

L'utilisation des stratégies par les sujets des groupes transition, appoint, régulier aux items 2 et 4 (%)

Item	Groupe		
	Transition	Appoint	Régulier
Item 2¹			
C ₁	0 (0)	0 (0)	20.0 (6)
Z,D,O,	26.7 (8)	46.7 (14)	36.7 (11)
T.S.	10.0 (3)	13.3 (4)	33.3 (10)
T.N.S.	90.0 (27)	80.0 (24)	53.3 (16)
Item 4			
C ₂ , P	3.3 (1)	3.3 (1)	16.7 (5)
C ₁	13.3 (4)	20.0 (6)	56.7 (17)
Z,D,O,	6.6 (2)	6.6 (2)	3.3 (1)
T.S.	13.3 (4)	30.0 (9)	23.3 (7)
T.N.S.	83.3 (25)	86.7 (26)	33.3 (10)

NOTE: Le nombre entre parenthèse correspond au nombre de sujets.

¹C₂ : Stratégie de la constante sur deux colonnes

P : Stratégie du changement de position

C₁ : stratégie de la constante sur une colonne

Z : stratégie du zizag

D : stratégie de la diagonale

O : stratégie circulaire

T.S. : tâtonnement systématique

T.N.S. : tâtonnement non-systématique.

l'item 4 les sujets du groupe régulier se distinguent avantageusement du groupe appoint par l'utilisation soit de la stratégie de la constante sur une colonne (56.7%), soit de la stratégie de la constante sur deux colonnes, ou celle du changement de position (16.7%). La différence dans la fréquence d'utilisation des stratégies (voir tableau 3) devient alors significative ($\chi^2 = 16.75$, $dl = 2$, $p < .001$).

DISCUSSION

Le but de cette étude exploratoire consistait à évaluer l'acquisition d'une opération combinatoire (permutations) chez des élèves fréquentant des classes de transition et d'appoint en utilisant comme groupe contrôle des élèves du secteur régulier. Les résultats indiquent que les sujets des groupes appoint et transition se situent au niveau opératoire concret alors

TABLEAU 3

Calcul du χ^2 entre les groupes transition (T), appoint (A), et régulier (R) sur la fréquence d'utilisation des différentes stratégies aux items 2 et 4

	Groupes		
	T-A	A-R	T-R
Item 2	1.51 (d1:1) n.s.	0.35 (d1:1) n.s.	3.23 (d1:1) n.s.
Item 4	0.92 (d1:2) n.s.	16.75 (d1:2)	17.25 (d1:2)

$p < .001$

que ceux du groupe régulier s'échelonnent sur le continuum concret-formel.

Outre ce résultat global, deux aspects particuliers des résultats méritent discussion: l'apprentissage en cours d'épreuve des sujets du régulier et la faible différenciation des résultats entre les groupes appoint et transition.

Apprentissage des sujets du régulier en cours d'épreuve

Le passage de l'item 2 à l'item 4 ne s'accompagne pas chez les sujets des groupes transition et appoint d'une modification dans les modalités de résolution de la tâche. Dans ces deux groupes, les sujets font plutôt appel au tâtonnement-non-systématique. De plus, à l'item 4, nous observons une baisse dans l'utilisation de stratégies différentes du tâtonnement. Les sujets du groupe régulier, pour leur part, modifient passablement leur stratégie. Une lecture des résultats individuels permet les constatations suivantes. Les sujets du régulier passent du tâtonnement non-systématique ou systématique à la stratégie de la constante sur une ou deux colonnes, ou à la stratégie du changement de position. Enfin, ils manifestent une plus grande régularité dans l'élaboration des suites de permutations et une aptitude manifeste à mettre en ordre l'ensemble des permutations réalisées.

Ce changement dans le choix des stratégies chez les sujets du groupe régulier peut s'expliquer de diverses façons. Les sujets du régulier ont possiblement des mécanismes de pensée leur permettant une assimilation majorante des stimuli proposés par la tâche des permutations. Les schèmes formels leur permettent de faire une lecture plus adéquate de leurs actions. Les informations qu'ils isolent ainsi par abstraction réfléchissante leur permettent alors d'accommoder leurs schèmes selon un processus d'équilibration majorante. D'autre part, les verbalisations des sujets indiquent que suite à la lecture de leurs actions, plusieurs modifient

leur première façon de réaliser l'ensemble des permutations afin d'adopter une stratégie plus systématique.

On peut supposer que les sujets du groupe régulier, en utilisant les stratégies de la constante, montrent par là leur habileté à utiliser le schème expérimental "toutes choses étant égales d'ailleurs." Ce schème, tel qu'utilisé dans le cadre des permutations implique à la fois une habileté hypothético-déductive et combinatoire. Son utilisation pour résoudre un problème relevant de la combinatoire ne surprend guère puisqu'il est généralement considéré comme un des premiers acquis formels (Kuhn & Angelev, 1976; Neimark, 1975).

Enfin, sur le strict plan comportemental, nous avons observé chez plusieurs sujets des groupes appoint et transition un manque d'intérêt devant l'effort à fournir. Cette observation se rapproche des résultats d'autres recherches (Higelé, 1978; Kolodiy, 1975; 1977; Sayre & Ball, 1975) à l'effet que les étudiants non opératoires formels sont davantage portés à délaisser les cours de sciences. Cette orientation pourrait s'expliquer par l'écart entre les notions à assimiler et les outils intellectuels des sujets concernés. La difficulté rencontrée ne stimule pas la recherche active de moyens nouveaux pour résoudre le problème.

Différenciation appoint – transition

Plusieurs raisons méthodologiques peuvent expliquer la faible différenciation observée entre les groupes transition et appoint. La première serait d'ordre administratif. Bien que théoriquement claires, les caractéristiques identifiant les deux groupes concernés relèvent de modalités d'interprétation et d'application divergentes, selon les responsables de chaque école. De sorte que, des sujets classés en transition dans une école donnée auraient pu être classés en appoint dans une autre école et vice-versa.

Une seconde raison relève de l'instrument. Ce dernier vise une population susceptible de comprendre surtout des sujets de niveau opératoire concret et formel; il ne permet donc pas de graduer dans le détail toutes les étapes du stade opératoire concret. Le recours à des épreuves essentiellement opératoires concrètes, afin de mieux distinguer les sujets de transition de ceux d'appoint, permettrait de mieux cerner cette différence, s'il en est une. Mais peut-être n'y a-t-il tout simplement pas de différences réelles entre les deux groupes eu égard au fonctionnement logico-mathématique de ces sujets. La primauté accordée à l'utilisation du tâtonnement non-systématique quel que soit l'item va dans le sens d'une absence de différence effective. Et s'il fallait absolument les différencier, on devrait certes en un premier temps recourir à d'autres épreuves opératoires et probablement en un deuxième temps recourir à

l'examen d'autres dimensions de la personnalité telles que l'affectivité, l'estime de soi, la capacité neurologique de concentration, le style cognitif, etc.

CONCLUSION

Malgré les limites de cette recherche, les résultats obtenus ne manquent pas d'étonner. Sur la foi du modèle théorique piagétien, nous devrions déceler, chez les adolescents de 13–14 ans, l'accès au premier niveau des opérations formelles, ou tout au moins, au stade intermédiaire entre les opérations concrètes et les opérations formelles. Or, même le groupe régulier déjoue ces prévisions minimales. Ajoutons toutefois que ces résultats ne se distinguent guère des conclusions d'autres recherches qui mettent sérieusement en doute le caractère universel du modèle théorique piagétien (Blasi & Hoeffel, 1974; Gruber & Vonèche, 1976; Kohlberg & Gilligan, 1971; Neimark, 1975; Schwebel, 1975; Tellier, 1981). L'ensemble de ces résultats rejoint un constat assez fidèle de la réalité: la pensée formelle est loin d'être un acquis généralisé chez l'ensemble de la population, contrairement à ce que le paradigme piagétien laisse croire. Que si peu de sujets atteignent le niveau opératoire formel pourrait dissiper l'inquiétude si l'on tenait compte de la recherche de Shayer, Küchemann et Wylam (1976) à l'effet qu'il faille même attendre l'âge de 14 ans pour qu'au moins 90% des enfants maîtrisent les opérations concrètes selon les domaines.

Ce qui s'avère par contre plus inquiétant, c'est que les élèves conservent peu de chance de développer leurs schèmes formels (Karplus, Karplus, Forinisano, & Paulsen, 1977) au cours de leur formation secondaire. En effet, si l'on en croit certaines recherches (Dale, 1970; Desautels, 1978; Tellier, 1981; Torkia-Lagacé, 1981) une majorité de cégépiens n'ont pas atteint le niveau des opérations formelles. Et qui plus est, la population sortant du secondaire qui avait atteint le stade formel ne serait pas tellement plus élevée que celle qui maîtrisait les opérations formelles au début du secondaire (Tellier, 1981).

On sait enfin que d'autres recherches indiquent que 50% de la population adulte même universitaire (Larivée & Normandeau, 1984) n'a pas atteint le stade de la pensée formelle. Ce résultat joint au nôtre signifie à toutes fins pratiques qu'on pourrait dès le secondaire II déterminer la proportion des futurs adultes qui seraient dépourvus des schèmes formels.

Or, qu'on le veuille ou pas, les adolescents qui ne parviennent pas à raisonner formellement sont défavorisés. Le niveau opératoire affecte la capacité d'apprentissage d'un sujet. Par exemple, une étude menée par Krutetskie (1976) indique que les sujets opératoires concrets face à quel-

que problème ont tendance à retenir des informations non pertinentes tandis que les sujets opératoires formels utilisent plus facilement les relations réunissant les différents éléments d'un problème.

Si on admet avec Kimball (1972) que l'école joue un rôle essentiel dans l'acquisition des schémas opératoires formels, il semble bien que l'école dans sa structure actuelle ne planifie pas une telle acquisition (Karplus et al. 1977; Kolodiy, 1975; Larivée, 1981b; Schwebel, 1975).

Retirer des étudiants du secteur régulier pour les insérer dans des groupes plus restreints ne suffirait donc pas pour favoriser l'émergence de la pensée formelle. En effet, une étude récente (Hardy-Roch, Rhéaume, & Carter-Gagné, 1982) du cheminement scolaire des étudiants inscrits au "professionnel court" ou "voie pratique" indique que ces étudiants fréquentaient des classes spéciales (dont les classes de transition et appoint) au cours du premier cycle du secondaire. De plus ces étudiants présentaient au cours de la même période un taux d'absentéisme ou d'abandon temporaire que les responsables de l'étude voient comme une manifestation du rejet des activités et du mode d'apprentissage proposé par l'école.

Dans cette perspective, une activité scolaire basée d'abord sur le développement des mécanismes de la pensée et de leur auto-contrôle par l'étudiant offrirait probablement plus d'opportunités au développement opératoire (Flavell, 1981; Larivée & Michaud, 1980). Favoriser uniquement l'acquisition de connaissances semble non seulement peu fécond, mais, à la limite, contre-indiqué. Evidemment, l'enseignement verbal de concepts faisant appel à des opérations formelles demeure inopérant quand les auditeurs sont situés au niveau opératoire concret. Un jour l'édifice vient à s'écrouler (Griffiths, 1976). La planification et l'évaluation de l'enseignement ne sauraient ignorer les résultats rapportés ici.

RÉFÉRENCES

- Allaire-Dagenais, L. *Etude transversale et apprentissage des structures opératoires formelles de combinatoire et de double réversibilité*. Thèse de doctorat inédite, Université de Montréal, 1977.
- Blasi, A., & Hoeffel, C. Adolescence and formal operations. *Human Development*, 1974, 17, 344-363.
- Dale, L. G. The growth of systematic thinking: Replication and analysis of Piaget's first chemical experiment. *Australian Journal of Psychology*, 1970, 22(3), 277-286.
- Desautels, P. *La pensée formelle*. Montréal: C.E.G.E.P. de Rosemont, Département de physique, Projet PROSIP (D.G.E.C.), juillet 1978.
- Ferreira Da Silva, J. L. Apprentissage d'une structure opératoire formelle. *Scientia paedagogica experimentalis*, 1971, 8, 169-192.
- Flavell, J. H. Cognitive monitoring. In W. P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills*. New York: Academic Press, 1981.

- Griffiths, D. H. Physics teaching: Does it hinder intellectual development? *American Journal of Physics*, 1976, 44(1), 81-85.
- Gruber, H., & Vonèche, J. Réflexions sur les opérations formelles de la pensée. *Archives de psychologie*, 1976, XLIV (171), 45-55.
- Hardy-Roch, M., Rhéaume, D., & Carter-Gagné, M. *Caractéristiques des étudiants du professionnel court à partir de l'analyse de leur cheminement scolaires*. Rapport d'étape basée sur l'étude des données scolaires. Québec: Ministère de l'éducation, 1982.
- Henriques-Christofides, A., & Moreau, A. Quelques données nouvelles sur les opérations combinatoires et la pensée formelle. *Cahiers de psychologie*, 1974, 17, 55-64.
- Higélé, P. Comment tenir compte des difficultés d'ordre intellectuel de nos élèves: Une approche par la théorie de Piaget. *Cahiers pédagogiques*, 1978, 162, 33-37.
- Inhelder, B., & Piaget, J. *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris: Presses universitaires de France, 1955.
- Inhelder, B., & Piaget, J. Procédures et structures. *Archives de psychologie*, 1979, XLI, 165-176.
- Karplus, R., Karplus, E., Forinisano, M., & Paulsen, A-C. A survey of proportional reasoning and control of variables in seven countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 1977, 14(5), 411-417.
- Kimball, R. Piagetian theory related to science and mathematic curriculum development. In J. F. Magary et al. (Eds.), *Piagetian theory and its implications for the helping professions: Proceedings of the 2nd annual UAP Conference*. Los Angeles: University of Southern California, School of Education, 1972, 17-20.
- Kohlberg, L., & Gilligan, C. The adolescent as a philosopher: The discovery of the self in a postconventional world. *Daedalus*, 1971, 100(4), 1051-1086.
- Kolodiy, G. The cognitive development of high school and college science students. *Journal of College Science Teaching*, 1975, 5(1), 20-22.
- Kolodiy, G. Cognitive development and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 1977, 14(1), 21-26.
- Krutetskies, V. A. *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.
- Kuhn, D., & Angelev, J. An experimental study of the development of formal operational thought. *Child Development*, 1976, 47(3), 697-706.
- Larivée, S. La méthode clinique dans les épreuves opératoires: Un chantier toujours ouvert. *Psychologie canadienne*, 1981a, 22(4), 339-345.
- Larivée, S. Le schème de la combinatoire: Un schème adaptatif. *Bulletin A.M.Q.*, 1981b, XXI(1), 3-11.
- Larivée, S., & Michaud, N. L'ordinateur au secours de l'inadaptation. *Revue des sciences de l'éducation*, 1980, VI(3), 451-472.
- Larivée, S., & Normandeau, S. Performance cognitive de futurs professionnels de l'intervention. *La Revue canadienne à enseignement supérieur*, 1984, 14(2), 33-48.
- Larivée, S., Normandeau, S., & Bélanger, N. *Niveau et fonctionnement cognitif des élèves en classes d'appoint et de transition de la C.E.C.M.: Étude exploratoire* (Rapport de recherche No 15). Montréal: Ecole de psycho-éducation, Université de Montréal, ERISH, mai 1980.
- Larivée, S., Pelletier, D., & Gagnon, C. Tests papier - crayon et mesure des opérations formelles. *Revue de psychologie appliquée*, sous presse.
- Leskow, S., & Smock, C. D. Developmental changes in problem-solving strategies: Permutation. *Developmental Psychology*, 1970, 2(3), 412-422.

- Longeot, F. *Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence* (Coll. Sciences du comportement, 10). Paris: Dunod, 1969.
- Longeot, F. *Les stades opératoires de Piaget et les facteurs de l'intelligence*. Grenoble: Les Presses Universitaires de Grenoble, 1978.
- Longeot, F., Girard, P., Lambert, J. L., & Rouquier, C. *Echelle de développement de la pensée logique: Manuel d'instructions*. Issy-les-Moulineaux: Editions scientifiques et psycho-techniques, 1974.
- Longeot, F., Fuzellier, B., Roulin, J. L., & Valeni-Zarpa, A. La sensibilité du fonctionnement de la pensée à la signification des contenus, considérée comme un style cognitif. *L'année psychologique*, 1982, 82, 337-352.
- Mendelsohn, P. Analyse procédurale et analyse structurale des activités de permutations d'objets. *Archives de psychologie*, 1981, XLIX (190), 171-197.
- Neimark, E. D. Intellectual development during adolescence. In F. D. Horowitz (Ed.), *Review of Child Development* (Vol. IV). Chicago: University of Chicago Press, 1975.
- Normandeau, S. *Relations entre le niveau opératoire et le degré de sujétion au champ chez les étudiants des classes transition, appoint et régulier*. Mémoire de maîtrise inédit, Université de Montréal, 1981.
- Piaget, J., & Inhelder, B. *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Paris: Presses universitaires de France, 1951.
- Piaget, J., & Inhelder, B. Les opérations intellectuelles et leur développement. In P. Fraise & J. Piaget (Eds.), *Traité de psychologie expérimentale, VII: L'intelligence*. Paris: Presses universitaires de France, 1963.
- Piaget, J., & Inhelder, B. *La psychologie de l'enfant*. (Coll. "Que sais-je", No 369). Paris: Presses universitaires de France, 1966.
- Sayre, S., & Ball, D. W. Piagetian cognitive development and achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 1975, 12, 165-174.
- Scardamalia, M. Information processing and the problem of horizontal "décalage": A demonstration using combinational reasoning tasks. *Child Development*, 1977, 48, 28-37.
- Schwebel, M. Formal operations in first-year college students. *The Journal of Psychology*, 1975, 91, 133-141.
- Shayer, H., Küchemann, D. E., & Wylam, H. The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 1976, 46, 164-173.
- Tellier, J. *Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial*. C.E.G.E.P. de St-Jérôme. Service de recherche pédagogique (D.G.E.C.), mai 1981.
- Torkia-Lagacé, M. *La pensée formelle chez les étudiants de collège I: Objectif ou réalité*. Québec: C.E.G.E.P. de Limoilou, Projet PROSIP (D.G.E.C.), 1981.
- Vergnaud, G., & Cohen, R. Sur l'activité combinatoire des enfants de 8 ans. *Psychologie française*, 1969, 14(4), 321-332.

Neunzig Versuchspersonen der Übergangsklassen von zusätzlichen und regulären zur ersten Sekundärstufe (im Alter von 12-13 Jahren) sind einzeln mit Hilfe eines operativen Tests von Piaget, der bedingt von dem allgemeinen Schema der Kombination (die Permutationen) ist, geprüft worden. Ein Schema der Analyse wurde entwickelt, Rücksicht nehmend auf die Art der angewendeten Strategien. Man unterscheidet fünf operative

Stufen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Versuchspersonen der Übergangsklassen noch nicht bereit waren, ihre konkrete Tätigkeit zu strukturieren, die der zusätzlichen waren in der Mehrzahl auf dem konkreten operativen Niveau und die der normalen Klassen zeigten das konkret-formelle Kontinuum. Nur 26,6% der Versuchspersonen waren auf zwei konkret-formellen Stufen. Die Verfasser untersuchen die pädagogischen Folgen solcher Ergebnisse.

Noventa sujetos de clases de transición, de clases normales y de clases de ayuda especial/suplementaria del primer ciclo de secundaria (12–13 años de edad) fueron examinados individualmente con ayuda de un test operacional de tipo piagetiano sobre el esquema general de las permutaciones. Se desarrolló un esquema de análisis teniendo en cuenta el tipo de estrategias utilizadas. Se distinguieron cinco niveles operacionales. Los resultados indican que los sujetos en las clases de transición todavía no han acabado de estructurar su operatividad concreta: los de las clases suplementarias se colocan en su mayoría al nivel operacional concreto, y los de las clases normales se distribuyen a lo largo del continuo concreto-formal. Solamente el 26,6% de los sujetos se colocaron en los dos niveles operacionales formales. Los autores examinan las consecuencias escolares de tales resultados.

Serge Larivée est professeur agrégé à l'Ecole de psycho-éducation, Université de Montréal, 750, boulevard Gouin est, Montréal, Québec H2C 1A6.

Sylvie Normandeau est professeure agrégée dans le Département des sciences de l'éducation, à l'Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succursale A, Montréal, Québec H3C 3P8.