

Cahiers de la recherche en éducation

Efficacité de l'utilisation d'un codage symbolique comme outil de régulation dans l'enseignement des patrons du cube chez des élèves de 9 à 11 ans

Jean Ravestain

Volume 2, numéro 2, 1995

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1018208ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1018208ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke

ISSN

1195-5732 (imprimé)

2371-4999 (numérique)

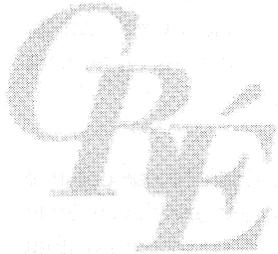
[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Ravestain, J. (1995). Efficacité de l'utilisation d'un codage symbolique comme outil de régulation dans l'enseignement des patrons du cube chez des élèves de 9 à 11 ans. *Cahiers de la recherche en éducation*, 2(2), 343–374. <https://doi.org/10.7202/1018208ar>

Résumé de l'article

Il existe un nombre fini de développements différents du cube (11). Ces « patrons » font l'objet d'un enseignement à l'école élémentaire française. Ce texte décrit une série d'expérimentations faites dans des classes dont les résultats montrent, d'une part, que les élèves « inventent » des systèmes de codages pour construire des patrons et vérifier leur exactitude et, d'autre part, que l'utilisation d'un codage symbolique (lettres) des faces du cube augmente significativement les performances des élèves lorsqu'ils ont à discriminer entre des « vrais » et des « faux » patrons, davantage encore que l'utilisation d'un matériel didactique approprié (petits cubes en bois). L'utilisation d'un codage symbolique comme aide à la décision apparaît comme une composante efficace des procédures de régulation que les élèves mettent en œuvre pour résoudre des problèmes.



Efficacité de l'utilisation d'un codage symbolique comme outil de régulation dans l'enseignement des patrons du cube chez des élèves de 9 à 11 ans

Jean Ravestein

Centre interdisciplinaire de recherche, apprentissage, didactique et évaluation (CIRADE)
Université de Provence

Résumé – Il existe un nombre fini de développements différents du cube (11). Ces « patrons » font l'objet d'un enseignement à l'école élémentaire française. Ce texte décrit une série d'expérimentations faites dans des classes dont les résultats montrent, d'une part, que les élèves « inventent » des systèmes de codages pour construire des patrons et vérifier leur exactitude et, d'autre part, que l'utilisation d'un codage symbolique (lettres) des faces du cube augmente significativement les performances des élèves lorsqu'ils ont à discriminer entre des « vrais » et des « faux » patrons, davantage encore que l'utilisation d'un matériel didactique approprié (petits cubes en bois). L'utilisation d'un codage symbolique comme aide à la décision apparaît comme une composante efficace des procédures de régulation que les élèves mettent en œuvre pour résoudre des problèmes.

Introduction

La question très large qui nous préoccupe est celle de la régulation des procédures d'apprentissage des élèves¹ de 9 à 11 ans dans le cadre d'une classe en fonctionnement ordinaire de l'école élémentaire française. S'interroger sur la régulation des apprentissages de l'élève dans le contexte réel d'une classe revient, dans le cadre de notre recherche, à s'interroger sur l'existence d'objets d'enseignement et de procédures associées qui en construiraient l'efficacité.

Nous allons nous placer dans un contexte didactique aussi proche que possible de celui en place dans une classe et y greffer des expérimentations. Ce contexte didactique, nous le désignerons comme la structure «maître-élèves-savoirs» dont les interrelations sont cohérentes par un «contrat» largement implicite. Nous dirons que ce contrat est «canonique» si le fonctionnement de la classe est celui observé habituellement : le maître expose, désigne ce qui doit être su (institutionnalisation), propose des exercices, propose une correction, contrôle l'acquisition, prononce un verdict.

Ces expérimentations seront organisées avec l'intention de dégager, sur une période assez longue, dans un espace bien défini et à propos de savoirs bien identifiés, des régularités qui donnent aux phénomènes une morphologie suffisamment stable pour qu'ils puissent être reconnus, étudiés et conceptualisés.

Nous mettrons ensuite en évidence des objets didactiques susceptibles d'occuper le rôle de supports de la régulation de certains apprentissages. Nous tenterons, d'une part, de cerner les conditions de leur apparition et, d'autre part, de montrer qu'ils sont efficaces et susceptibles d'être pris en compte dans une volonté d'enseignement.

1. Quelques considérations théoriques

Nous avons choisi de mener notre étude à partir d'un objet d'enseignement qui pouvait nous offrir *a priori* une base suffisamment riche. L'objet de savoir, soit le «patron du cube», nous a semblé pouvoir convenir. Il s'agit du dessin

1 Ce texte est tiré de notre thèse dans laquelle nous développons ces questions (Ravestein, 1994).

des six faces mises à plat de telle manière que l'on puisse, par simple pliage, donc sans détacher aucune face, reconstituer un cube en trois dimensions. En effet, il est enseigné à l'école élémentaire et des élèves de cours moyen (CM) (CM = élèves de 9 à 12 ans) peuvent en avoir gardé un souvenir, car ils ont établi un rapport didactique précis avec lui.

En particulier, dès la deuxième année du cours élémentaire (CE2) (CE2 = élèves de 8 à 9 ans), des approches du développement du cube sont faites avec pour objectif principal de «faire découvrir», par tâtonnements successifs, un ou plusieurs patrons.

C'est l'occasion pour les maîtres de mettre en œuvre une pédagogie inspirée des travaux de psychologie génétique souvent résumée par l'expression «apprendre par l'action» et dans laquelle on attribue au rapport par «frottement empirique» avec l'objet réel des vertus incontournables. On y développe en particulier l'idée que de «l'évidence» de l'objet doit nécessairement découler la découverte de ses propriétés distinctives, par «abstraction réflexive» spontanée.

En fait, les maîtres, comme cela se produit souvent à l'école primaire, évacuent du programme le plus possible de géométrie. Ils argumentent en invoquant le fait qu'ils n'ont déjà pas le temps de faire le «principal», c'est-à-dire ce qu'ils pensent basique : le calcul numérique sur les naturels et les décimaux.

On retrouve donc notre objet, la plupart du temps institutionnalisé sous une ou deux représentations planes. Cette institutionnalisation intervient habituellement après des manipulations de cubes de démonstration, puis de construction de cubes en carton. Les patrons sont alors dessinés avec des petites «languettes», le long des faces, pour pouvoir les coller lors de la construction du volume. Il n'est pas rare de retrouver ces «languettes» représentées sur les dessins de patrons que l'on demande au CM1. Très fréquemment, les leçons sur le cube sont mêlées avec les leçons sur les solides; plusieurs patrons sont alors étudiés conjointement (pyramide à base carrée, parallélépipède).

D'un point de vue didactique, on peut dire qu'à l'entrée du CM1 (élèves de 9 à 11 ans), l'objet «patron du cube» persiste chez les élèves en majorité sous la forme d'un souvenir de la représentation plane à partir de laquelle ils ont pu concrètement construire le volume. Le nombre fini de faces est parfois connu,

mais on entend facilement 4 ou 8 à la place de 6 si l'on pose la question à brûle-pourpoint (mais jamais de nombres impairs).

Certains manuels ou certains fichiers proposent un système de classification des solides avec nombre de faces et de sommets, de forme des faces, etc., mais pour notre échantillon d'élèves, rien n'avait été fait dans ce sens.

Caron-Pargue (1980) a montré, hors contexte scolaire, que certaines représentations du cube apparaissaient remarquablement prégnantes :

l'une qui est une représentation 5 + 1, consiste à saisir le cube comme un solide à 5 faces plus une, cette sixième face étant la «base» sur laquelle est posé le cube et qu'on ne voit donc pas; une autre se réduit à une face unique, le cube y étant assimilé.

L'auteur y voit une double origine. Lorsque le cube est placé perpendiculairement au rayon visuel, on ne voit qu'une de ses faces, soit un carré : il s'agit d'une «bonne forme»; l'une des faces joue le rôle de «représentant de toutes les autres» (p. 19); on a donc affaire à une représentation 1 (+5).

Nous pensons que ces représentations, dans le cadre didactique où nous nous situons, ont de fortes chances d'avoir été remplacées par celles institutionnalisées lors des enseignements précédant nos expérimentations. Nous tenterons de le vérifier.

Il existe en tout onze possibilités distinctes de développer un cube et elles sont parfois montrées en classe. La démonstration de ce fait en mathématique est très ardue. Elle fait appel en tout cas à des notions que l'on ne peut envisager de manipuler à l'école élémentaire ni pour les maîtres, ni bien sûr pour les élèves. Ce paradoxe mériterait à lui seul une étude.

Nous en avons baptisé certaines pour éclairer la suite de l'exposé.

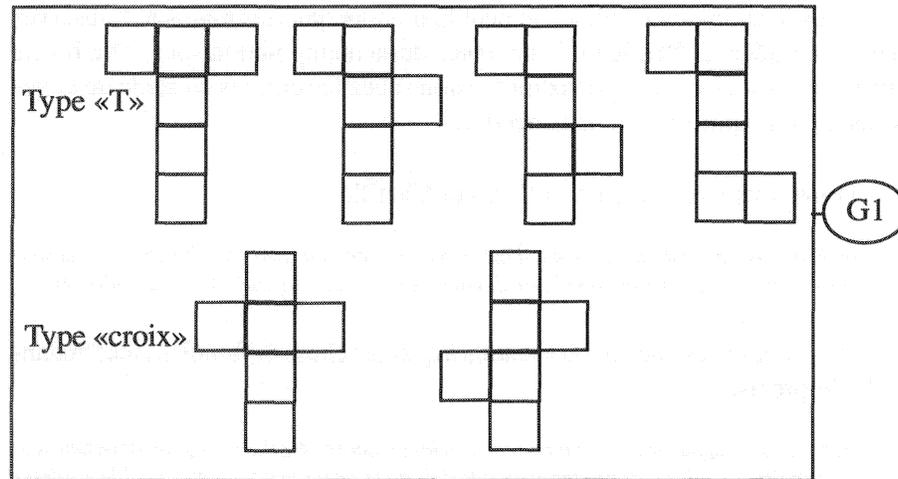


Figure 1 – Représentation des patrons de types «T» et «croix»

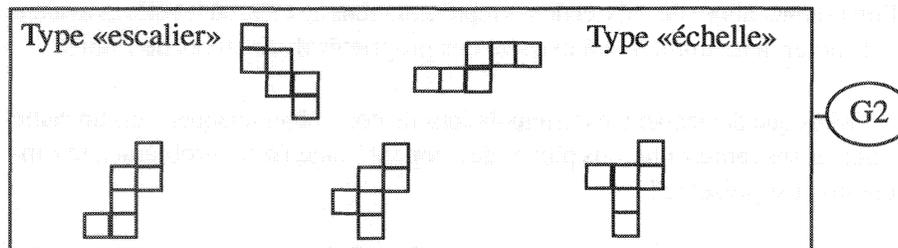


Figure 2 – Représentation des patrons de types «escalier» et «échelle»

Une analyse didactique *a priori* nous a conduit à constituer deux sous-groupes de patrons : ceux obtenus à partir de quatre faces alignées (G1 – type «croix») et les autres (G2 – type «hors croix»). En effet, la «croix» et le «T» pouvant être considérés comme des «modèles» de départ de recherches, ayant été institutionnalisés antérieurement dans les classes comme «patrons du cube».

Dans G2 on pense pouvoir isoler deux patrons que nous avons nommés «escalier» et «échelle», car ils ne peuvent pas se déduire d'un premier alignement de faces par déplacement le long d'un alignement principal.

Mais le cube est un solide, on peut le prendre dans les mains et l'observer dans son intégrité. Quelle est l'incidence de sa manipulation sous cette forme sur ses représentations en deux dimensions chez les enfants au stade de développement cognitif qui nous concerne?

D'une manière générale, si l'on suit Chatillon :

les individus, lorsqu'ils abordent une situation nouvelle, agissent pour voir. Ils palpent en quelque sorte le dispositif par l'intermédiaire des actes qu'ils y produisent (Chatillon, 1988, 91).

Puis, après avoir rattaché la situation à quelque chose de familier, Ackermann-Vallado précise :

Ils tendent à s'appuyer sur les objets réels et à les laisser se dévoiler pour pouvoir ensuite leur reconnaître certaines propriétés ou régularités que l'on n'aurait pas été capable d'inférer soi-même (Ackermann-Vallado, 1981, 268).

Ceci semble largement légitimer les pratiques que nous avons recensées lors d'un premier abord du cube et de ses représentations au CE2, où les élèves avaient à observer, à manipuler et à extraire des propriétés distinctives de l'objet.

Mais que deviennent les manipulations de notre objet lorsque, dans un cadre scolaire, ses représentations planes deviennent l'enjeu d'un problème, où l'injonction est présente?

Saada-Robert (1992) montre que, dans la résolution d'un problème, intervient un mécanisme qui consiste pour l'individu à isoler ou à découper une «unité privilégiée de travail» (p. 129) dans la perception globale du problème. Il procède à une «réduction heuristique qui consiste à construire une unité prototype de résolution» (*Ibid.*). C'est l'idée d'*object to think with* de Papert, l'*object* en question étant déjà d'ordre symbolique. Mais Saada-Robert (1992) précise que lorsqu'il est associé à la tâche un matériel, celui-ci prend le statut «d'objet à agir» (p. 130), articulé aux «objets à penser» dans les unités prototypes de travail.

Le rôle et le jeu de la manipulation du cube dans la problématique d'en extraire des représentations symboliques est à examiner au niveau précisément de cette articulation.

À propos du cube et de ses représentations, avec des sujets scolarisés au niveau qui nous intéresse, Caron-Pargue a soulevé ainsi un problème. En «fournissant une quantité d'informations plus grande, la manipulation matérielle facilite la découverte de nouveaux procédés de codage et, partant, la mise en œuvre de la mobilité; mais elle entrave leur exploitation : il semble qu'alors la sélection des informations impliquées par la mise en œuvre de procédés nouveaux soit rendue plus difficile; l'augmentation du nombre de ces informations oblige à une plus grande perte d'informations, perte à laquelle les sujets ne consentent qu'au prix d'un certain effort» (Caron-Pargue, 1981, 27).

L'articulation «objet à agir» et «objet à penser» serait d'autant plus délicate qu'elle est orientée vers un résultat à fournir, donc dans le cadre didactique.

Par ailleurs, Caron-Pargue (1980) s'intéresse aussi à ce qu'elle appelle «manipulation symbolique» à propos du cube (utilisation de codages avec gommettes colorées collées sur les faces puis réinvesties dans des représentations, par exemple), les sujets travaillant alors sur des «substituts de l'objet». Elle conclut que «les propriétés (de l'objet) pourraient être moins apparentes (selon les substituts envisagés) et que l'effort pourrait alors être porté sur les relations» (p. 22).

Cette piste de recherche nous paraît *a priori* féconde, mais nous utiliserons une distinction supplémentaire en ce qui concerne les types de codage en nous basant sur celle de Bruner (1966) que retient Chatillon (1988) : un mode de représentation iconique et un mode de représentation symbolique. On remarquera qu'en mathématique, le codage n'est pas une représentation symbolique (ici du cube) mais un certain mode de description qui autorise à effectuer certaines relations entre des éléments distingués (faces, arêtes, sommets, etc.) qui permet, en particulier, de manipuler l'objet en éliminant des relations non pertinentes à l'objet. En mathématique, on distinguerait de la sorte description symbolique de description iconique.

Chatillon précise que «ces deux variétés de modèles internes se différencient par la nature du lien signifiant/signifié qu'elles impliquent» (Chatillon, 1988, 48). Le lien serait pour les premières de type analogique et pour les secondes de type arbitraire. Ce qui nous intéresse c'est que «ces deux modalités de représentation n'offrent pas les mêmes possibilités aux sujets qui les utilisent» (*Ibid.*). Nous pensons, comme Chatillon (1988), que la deuxième modalité conviendrait mieux à la figuration des caractéristiques générales de l'objet et participerait plus efficacement à l'articulation qui nous préoccupe : «objet à agir» – «objet à penser».

2. Hypothèse

Notre hypothèse générale est que l'élève construirait un rapport au savoir plus riche, plus complexe, si sa manière de se réguler dans l'exécution d'une tâche s'opérait à partir d'une bonne utilisation de substituts symboliques favorisant la prise de distance avec l'objet à traiter. Travailler à l'articulation «objet à agir» – «objet à penser», à l'aide d'objets originaux émergeant de l'activité de l'élève et donc rarement enseignés en tant que tels, serait une procédure efficace qui aurait des chances de mettre à distance l'objet réel enfermé dans ses contours.

Éprouver cette hypothèse générale réclamerait la manipulation d'un objet à la fois concret (le cube, par exemple) et didactique (ses patrons), faisant partie de l'histoire de classe des élèves.

Notre hypothèse opérationnelle est que l'utilisation d'un codage symbolique à partir de l'objet «cube» serait particulièrement efficace dans la découverte par les élèves de l'ensemble de ses différents patrons.

3. Méthodologie

Notre intention est de greffer des situations expérimentales dans un contexte didactique qui, pour cette classe particulière, est le «contrat canonique». Le fait que le chercheur soit aussi le maître de la classe peut augmenter les chances que les élèves n'activent pas d'autres habitus lorsqu'ils vont construire du sens à l'intérieur de la relation à l'expérience.

Il s'agit de construire une recherche à partir d'un référent initial (contrat canonique) et de bien saisir les points à partir desquels les élèves vont s'en détacher pour s'inscrire dans un contrat original et nouveau, le contrat expérimental. Schubauer-Leoni (1988) a bien montré le risque que fait courir le nouveau contexte dans lequel on plonge la situation didactique pour l'étendue des résultats, car «l'enfant finit par interpréter toute nouvelle question d'après la *Weltanschauung* particulière du contrat expérimental du moment» (p. 74).

L'entrée dans un contrat expérimental à partir d'un contrat didactique doit s'accompagner d'une élucidation pour les élèves des règles et des finalités du travail qu'on va entreprendre avec eux. Cette élucidation peut passer par l'ex-

plicitation, du fait qu'«en travaillant à une expérience, on travaille sur la façon de travailler».

Ici, au terme de deux années d'expérimentations, les élèves ont construit des *habitus* qui avaient incorporé cette dimension expérimentale. Ils ont peu à peu pris l'habitude de participer à notre travail scientifique sans produire pour autant des comportements très différents de ceux qu'ils manifestent dans le contrat canonique; nous pensons pouvoir raisonnablement affirmer qu'ils ne se sont pas transformés en purs sujets expérimentaux. Ils ont bien travaillé dans une zone franche du contrat canonique, mais que nous n'avons jamais libérée complètement de ce que Chevallard appelle «les résistances de l'ordre didactique» (Chevallard, 1988, 32).

Notre expérimentation s'est déroulée sur deux années scolaires avec les mêmes élèves : un an pour la recherche exploratoire en CM1 et, à la fin de l'année suivante (en CM2), pour l'expérimentation «test d'hypothèses». L'objet «patrons du cube» a été la matière première des expérimentations.

Les élèves concernés ont appartenu aux différentes classes de CM de l'école, dont celles du chercheur, et provenaient de CE2 pour lesquels on pouvait facilement collecter des informations. Les expérimentations lourdes (temps important, matériel délicat, observations vidéo, entretiens) ont été réalisées successivement dans nos classes, de septembre 1991 à juin 1993. Nous avons trouvé pertinent d'utiliser quasiment les mêmes élèves pour ces expérimentations.

Le premier intérêt est de pouvoir entrer avec eux dans un contrat expérimental de manière non catastrophique : réduire la rupture par un certain rodage du passage du contrat canonique au contrat expérimental. Le deuxième intérêt est qu'avec une meilleure connaissance des comportements du groupe, c'est-à-dire avec le temps, on peut mieux reconnaître les points qui déstabilisent le système et ainsi discuter plus clairement de l'étendue des résultats.

L'observation et le recueil de données ont été faits sans aide de tiers et selon divers modes : séances vidéo-enregistrées, traces écrites (non directives), épreuves papier-crayon et observation plus clinique du travail d'une élève.

L'analyse et le traitement des données ont été menés, d'une part, avec des outils statistiques (avec un seuil de risque toujours inférieur à 5 %) et, d'autre part, avec l'outil «analyse *a priori*» didactique.

4. Expérimentations

4.1 La recherche exploratoire

Nous nous proposons de mettre en évidence une des variables pertinentes pour optimiser les procédures de régulation chez l'élève au travail : la médiatisation à l'aide de matériels didactiques appropriés à une tâche donnée².

Notre recherche exploratoire tente donc de rendre compte des effets de cette variable, d'une part au niveau performatif, d'autre part au niveau procédural. À cette fin, un outil, un petit cube en plastique, va être confié aux élèves pour qu'ils s'acquittent de la tâche.

Un lieu didactique (espace-temps), sous-ensemble dans la classe (CM1) du chercheur-praticien, a été constitué et baptisé atelier cube, ce qui lui donne un statut institutionnel dans le fonctionnement de la classe, au même titre que les ateliers écriture, poésie, etc.

Une tâche unique a été confiée aux élèves, indépendamment des variables de conditions de réalisation : trouver le plus grand nombre possible de patrons du cube, les dessiner, travailler au brouillon puis recopier ceux dont on est sûr qu'ils sont vraiment des patrons du cube.

Un premier petit groupe de quatre élèves a été invité à s'acquitter de la tâche en singleton; ils disposaient chacun d'un cube de 10 cm d'arête. Ces quatre élèves ont travaillé dans le cadre de l'atelier cube dont nous avons parlé plus haut. Ils ont été choisis avec l'objectif d'avoir un échantillon assez représentatif de l'ensemble de la classe tout en neutralisant certaines variables qui n'entraient pas dans notre problématique. Ainsi, il s'agissait de deux filles et de deux garçons, d'une même classe d'âge mais qui avaient des résultats scolaires répartis (un bon, deux moyens, un faible).

Pour nous faire une idée des traces dans la mémoire des élèves de l'enseignement des patrons, nous avons procédé à un petit sondage, pour l'ensemble

² Une autre variable pertinente dans ce cas est le travail en dyades comme l'ont montré les travaux de Doise et Mugny (1981), Forman et Cazden (1985), Tourniaire et Pulos (1985) et nos propres travaux antérieurs à celui-ci (Ravestain et Sensevy, 1990; Ravestain, 1991).

des élèves de la classe, à l'aide d'un questionnaire inspiré des travaux de Jonnaert, Lauwaers et Pesenti (1990) sur le «degré de familiarité» (dit «facteur K») pour un objet didactique. Voici ce questionnaire.

<p>As-tu déjà entendu parler du patron du cube, (c'est son plan, le dessin de ses faces mises à plat mais accrochées)?</p> <p style="text-align: center;">— Degré 5 —</p> <p>Si tu en as entendu parler, était-ce en classe? Si tu en as entendu parler, c'était en math? As-tu appris à le dessiner? Sais-tu le dessiner?</p> <p style="text-align: center;">— Degré 4 —</p> <p>As-tu fait des exercices où il fallait trouver et dessiner des patrons du cube?</p> <p>Si tu as déjà fait des exercices où il fallait trouver et dessiner des patrons du cube, tu en as fait beaucoup?</p> <p style="text-align: center;">— Degré 3 —</p> <p>Tu en as fait souvent? Il y a longtemps?</p> <p style="text-align: center;">— Degré 2 —</p> <p>Si tu as déjà dessiné des patrons du cube, c'était toujours en classe ou pour des devoirs de classe?</p> <p style="text-align: center;">— Degré 1 —</p> <p>Merci.</p>
--

Notre choix a été de former ce premier groupe de quatre avec des élèves qui ont un degré de familiarité différent avec les patrons du cube, ceci pour nous offrir *a priori* une diversité plus importante de comportements à observer.

L'utilisation du cube était libre, pas de consigne. Ces élèves ont été enregistrés sur bande vidéo, en train de travailler, par une caméra fixe, discrète, haut placée, équipée d'un objectif grand angle.

L'analyse de la bande nous a permis de dégager des attitudes redondantes, telles poser le cube sur la feuille (on s'est rendu compte rapidement que les essais

de «culbutes» étaient avortés, au grand dam apparent des élèves, du fait de la grande dimension du cube, ce qui nous a donné un élément important pour les manipulations futures), faire tourner le cube dans les mains, marquer discrètement les faces du cube au crayon, découper les patrons sur son brouillon, modifier les premiers patrons trouvés en cours de recherche.

Nous avons également pu relever que le recours au cube de plastique se faisait après épuisement des patrons connus (croix et T) et d'un premier jet de patrons que nous appellerons spontanés. On a pu observer parmi ceux-ci quelques représentations maladroites de cubes en fausse perspective, comme une boîte ouverte par le dessus. Il semble donc que le matériel a pris un double statut dans la tâche : une aide pour aller plus loin que ce que l'on sait et une aide à la vérification.

Lorsque nous avons examiné les produits (brouillons et «propres»), nous avons dégagé deux catégories de produits erronés : les patrons faux et les patrons équivalents, c'est-à-dire ceux qui étaient reproduits plus d'une fois mais avec une rotation ou un miroir qui masquent l'équivalence.

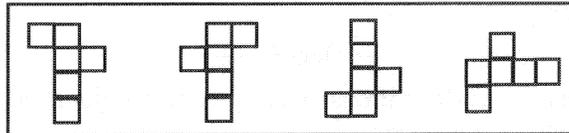


Figure 3 – Exemple de patrons «équivalents»

Une analyse didactique nous conduit à distinguer dans un premier temps les patrons G1 «type croix», obtenus sur une base de quatre faces alignées avec translation de deux faces le long de celles-ci et les patrons G2 «hors croix». Voici une grille qui résume observations et résultats.

Tableau 1 – Grille d'observation et résultats : élèves avec cube

	Ève	Aziz	Jérémy	Amélie
Pose le cube sur la feuille.	0	0	0	1
Fait tourner le cube dans ses mains.	1	0	1	1
Parle seul.	0	1	0	0
Marque les faces.	1	0	0	1
Cherche à communiquer.	0	1	0	0
Découpe spontanément.	0	0	0	0
Travaille directement.	0	1	0	0
Travaille avec brouillon.	1	0	1	1
Modifie les premiers trouvés en «corrigeant»	0	1	1	0
Modifie les premiers trouvés en laissant des erreurs.	0	0	0	0

Nombre de patrons trouvés «croix»	2	3	2	3
Nombre de patrons trouvés «hors croix»	1	1	1	0
Nombre de faux patrons	0	0	0	1
Nombre de patrons équivalents	0	0	1	0
Total des patrons justes	3	4	3	3

Une deuxième observation enregistrée sur bande vidéo a été réalisée avec un autre groupe de quatre élèves travaillant avec la même consigne mais sans cube de plastique. Les conditions de réalisation (ainsi que le mode de choix des élèves) étaient quasi identiques par rapport à l'observation du premier groupe. Voici une grille qui résume observations et résultats.

Tableau 2 – Grille d’observation et résultats : élèves sans cube

	Cécile	Clément	Cédric	Mareva
Parle seul.	1	1	1	0
Marque les faces.	1	1	0	1
Cherche à communiquer.	0	1	1	1
Découpe spontanément.	0	0	0	1
Travaille directement.	0	0	0	0
Travaille avec brouillon.	1	1	1	1
Modifie les premiers trouvés en «corrigeant».	1	1	0	0
Modifie les premiers trouvés en laissant des erreurs.	0	0	0	1

Nombre de patrons trouvés «croix»	6	2	2	2
Nombre de patrons trouvés «hors croix»	3	1	0	0
Nombre de faux patrons	0	0	0	1
Nombre de patrons équivalents	0	0	1	0
Total des patrons justes	9	3	2	2

Au sortir de ces deux observations, nous avons dégagé les remarques suivantes :

- le cube «matériel» focalise l’attention des élèves : ils communiquent peu;
- si on excepte la performance d’une élève sur laquelle nous reviendrons, on peut distinguer que le groupe qui travaille avec le cube trouve quelques patrons supplémentaires (le cube serait-il une «aide» efficace?);
- la contrainte de devoir dessiner est diversement assumée; elle soulève des difficultés d’ordre pratique (habileté) inégales selon les élèves;
- les élèves étendent la consigne en se donnant des outils de régulation que l’énoncé ne contient pas : découpage spontané, marquage des faces du cube, coloration des axes de pliage;
- le matériel doit être extrêmement adapté à la tâche prescrite si on veut espérer qu’il serve à une quelconque régulation, ce qui implique une analyse serrée de la tâche : ici, la taille trop importante du cube en plastique par rapport à

la feuille de papier pourrait avoir été un obstacle à son utilisation comme aide à la vérification (culbute);

- les élèves sont en phase avec leur passé didactique concernant cet objet; ils retrouvent et utilisent le patron connu quelle que soit la situation;
- les produits sont conformes à nos prévisions théoriques : majorité de patrons «croix», peu de «hors croix», pas «d'échelle»;
- les patrons équivalents et faux patrons sont rares. On ne trouve pas de faux patrons comptant des faces en plus ou en moins.

Nous avons porté davantage notre attention sur les produits dans la deuxième observation, c'est-à-dire les dessins, en particulier le passage du brouillon au propre.

Nous avons dégagé un fait saillant : une élève (Cécile) utilisait au brouillon des feutres de couleur pour marquer les axes de pliage des patrons. Les axes colorés n'apparaissent plus au propre. Ceci nous a conduit à penser que cette procédure n'était pas gratuite, surtout au vu de ses performances : six patrons «croix» et trois «non croix» trouvés.

Afin de clarifier les raisons de cette performance, nous avons fait travailler une autre élève en interaction avec le chercheur, qui sera pour l'occasion «un autre maître»³, pour tenter d'éclaircir ce que nous n'avons pas pu techniquement observer sur la bande vidéo. Cette élève a été choisie dans une autre classe afin de gommer les possibles effets d'une familiarisation trop grande avec la tâche qui était très présente dans notre propre classe.

Il s'agissait d'observer précisément les effets de l'utilisation d'un codage «iconique» au sens où nous l'avons défini en théorie. Cette séquence avait un objectif tout à fait exploratoire, une sorte de «vérification empirique» de ce que nous avions pressenti chez Cécile.

Amélie, qui est une bonne élève (au sens courant), doit dessiner «le plus possible de patrons du cube». Elle dispose de tout son temps et d'un petit cube en bois de 5 cm d'arête (nous avons prévu ici une taille plus adaptée).

³ Le chercheur était connu de l'enfant, ayant été son maître auparavant.

Après avoir rapidement dessiné le patron classiquement enseigné («la croix»), elle manipule sans méthode visible son petit cube. Après une minute de réflexion, elle entame une série de dessins qui font se déplacer les deux faces latérales de «la croix» le long des quatre faces alignées. Après avoir épuisé ces possibilités, en ayant produit d'ailleurs deux patrons identiques qu'elle n'a pas identifiés comme tels, elle marque un long temps d'arrêt et prétend avoir terminé.

Le maître annonce qu'il existe encore d'autres possibilités. Amélie se remet au travail et produit dans un temps plus long trois autres patrons (dont un «faux») en annonçant qu'elle n'est pas sûre qu'ils «marchent», malgré des tâtonnements par basculement du petit cube sur la feuille.

Le maître modifie alors le rapport à la tâche, en introduisant l'objet jusqu'ici manquant : il lui propose de marquer d'un trait de couleur différente les axes de pliage sur ses patrons déjà produits («l'outil» de Cécile).

Amélie, après un court moment, identifie un patron identique de la série dérivée de «la croix» puis élimine le «faux patron» de la deuxième phase de sa recherche. Elle va produire ensuite les patrons manquants (sauf l'«escalier») en utilisant constamment l'outil «axe coloré», d'une part, pour vérifier que son patron est bon et, d'autre part, pour amorcer une nouvelle recherche : elle dessine les faces les unes après les autres en colorant au fur et à mesure une arête.

On voit qu'Amélie, après avoir épuisé dans un premier temps l'exploitation des traces de l'objet «patron du cube» qui fait partie de son histoire d'élève, se retrouve dans un second temps devant un vrai problème⁴. Non seulement elle ne peut aller bien plus loin tant son doute l'emporte sur l'injonction du maître, mais encore elle ne revient pas sur ce qu'elle a déjà produit. Il faut matérialiser sa régulation pour débloquer la situation et pour que le système sujet-tâche se remette à fonctionner. De nouveau, le sens circule. On voit apparaître le travail de l'erreur, comme procédure de régulation. Le nouveau rapport à l'objet de savoir «patron du cube» que va établir Amélie à l'aide de ce petit codage coloré va lui permettre, à travers une première procédure d'amendement, de construire une nouvelle stratégie de résolution autour de l'outil nécessaire à la régulation.

4 Newell et Simon (1972) : «un individu est confronté à un problème quand il désire quelque chose et qu'il ne sait pas immédiatement quelle sorte d'action il doit produire pour l'obtenir».

À ce stade de notre recherche exploratoire, nous avons cherché à mettre au point un système de codage symbolique, en théorie plus puissant, simple à mettre en œuvre par les élèves, qui corresponde à la fois à ce qu'on avait pu observer au niveau des comportements spontanés et qui ne soit pas trop lourd au niveau de la logistique expérimentale.

Nous avons voulu passer de l'icône (axes colorés) au symbole; en fait, ce travail avait déjà été préparé par les élèves eux-mêmes. En effet, les cubes en plastique utilisés lors de l'observation en *singleton* gardaient les traces des marques faites par certains élèves sur les faces, des lettres : F, T, C ou B, H, C. Renseignements pris : F = Fond, T = Toit, B = Base ou Bas, H = Haut, C = Côtés. Il s'agit bien ici d'un mode symbolique de représentation au sens où nous l'avons défini en théorie (ou un système de description, si l'on emploie les termes des mathématiciens).

Nous avons décidé d'utiliser ce type de codage pour nos expérimentations futures en distinguant les trois statuts des faces, même si en fait, toit et fond sont en principe interchangeables.

4.2 Les enseignements de la recherche exploratoire

Nous avons tiré tout d'abord des enseignements en laissant orienter notre réflexion par le projet d'une expérimentation l'année suivante, c'est-à-dire que nous avons cherché à nous inscrire dans une perspective expérimentale qui tiendrait compte d'un «faisable» sur le terrain, dans une classe normale d'élèves, sans pour autant simplifier jusqu'à l'insignifiance ce que nous avions débusqué dans notre recherche exploratoire.

Ainsi, nous avons dégagé les considérations méthodologiques suivantes : 1) l'émergence de procédures de régulation inédites dans la consigne constituait un point à développer; 2) dans le cas où des élèves modifiaient leurs premiers patrons trouvés en cours de travail, il convenait de vérifier si la correction était efficace ou non; 3) un patron apparaissait finalement presque aussi «rare» que l'échelle au niveau des produits, l'«escalier»; 4) le fait de demander aux élèves de dessiner introduit une variabilité des comportements qui n'entre pas dans le cadre de ce qui nous intéresse d'examiner; 5) les représentations de type 1 (+5) et 5 (+1) avaient quasiment disparues; 6) durant l'année scolaire, l'activité de

l'atelier cube a consisté essentiellement à construire des patrons, à les dessiner, avec tout ce que cela implique au niveau du rapport cognitif-moteur pour la mémoire : des traces de cette activité allaient peut-être persister d'une année sur l'autre, inégalement réparties chez les élèves.

Nous avons ensuite réexaminé cette première phase de recherche à la lumière de nos considérations théoriques et nous avons dégagé que les procédures de régulation originales (non prévues dans la consigne) et surtout celles qui pourraient matériellement permettre un retour dans le temps d'exécution de la tâche (codages divers, symboliques en particulier et par découpage) pouvaient nous permettre d'éclaircir pratiquement les rapports *object to think-object to do*, bien liés à notre hypothèse.

Nous avons ensuite considéré que le rôle de l'utilisation de matériels n'était pas suffisamment éclairci dans notre cadre hypothétique, car les élèves utilisent tout de même volontiers le cube matériel et tentent d'en imaginer un lorsqu'ils n'en disposent pas (mains qui tournent dans l'espace).

Nous avons décidé de retenir comme variables une consigne permettant l'usage d'un codage symbolique par lettres (F pour fond, T pour toit, C pour côté) et une consigne permettant l'usage d'un petit cube en bois.

Ces deux modalités de consigne s'appliquent à une désignation d'un ensemble de patrons du cube correctement dessinés parmi un ensemble de patrons comprenant des dessins corrects (vrais patrons), des dessins faux et un dessin équivalent qui prend ici un statut de patron contrôle, c'est-à-dire qui nous permet de relativiser les effets d'une application de la consigne au hasard chez certains élèves.

4.3 Expérimentation et résultats

L'échantillon d'élèves concernés par notre expérimentation a été constitué par un groupe classe de 24 enfants. Tous ces élèves appartenaient à la classe de CM2 du chercheur praticien et provenaient des deux CM1 de l'école. Certains élèves venaient du CM1 sous la responsabilité du chercheur praticien l'année précédente.

Il faut préciser qu'une collaboration étroite entre les classes de CM1 avait eu lieu entre les deux maîtres en ce qui concerne l'enseignement des mathématiques (ateliers communs). Ceci a eu pour conséquence, en ce qui concerne l'objet « patrons du cube », que les élèves de notre échantillon avaient tous travaillé avec nous dans notre recherche exploratoire d'une manière équivalente. Nous avons néanmoins estimé préférable de retarder notre expérimentation afin de laisser nos élèves oublier quelque peu ces patrons du cube qu'ils avaient activement cherché à construire. Nos expérimentations ont eu lieu en juin 1993, plus d'un an après la fin de nos recherches exploratoires.

Il est très important de signaler qu'à aucun moment, au cours de la recherche exploratoire, l'existence des onze patrons n'a été institutionnalisée, qu'aucun corrigé n'a été donné, ce travail est en quelque sorte resté en suspens, c'est bien ici une entorse au contrat didactique canonique dans la mesure où toujours, dans celui-ci, chaque épisode d'enseignement a une conclusion.

4.3.1 *Le protocole expérimental*

Première époque. – Les 24 élèves ont à identifier des patrons du cube parmi un ensemble de patrons comptant les 11 patrons justes, des faux patrons et des patrons équivalents. Le temps est limité à une heure, les élèves travaillent seuls à une table, sous la surveillance du chercheur praticien qui s'interdit toute aide et limite au minimum les interactions entre pairs. Les élèves sont entrés dans un contrat expérimental, c'est-à-dire que les fins de leur « maître » se sont muées en fins du « maître qui travaille pour la fac », celles-ci ayant, pour ce type d'exercice « à feuille rendue », une caractéristique principale : « ça ne comptera pas pour les contrôles ».

La consigne exacte était la suivante : « Voici une feuille sur laquelle on a tenté de dessiner des patrons du cube, coloriez ceux que vous pensez “justes”, c'est-à-dire qui donneraient effectivement un cube si on les découpait et pliait sans détacher des faces, vous n'écrivez rien sur les dessins, vous n'avez pas droit à un brouillon. Voici cette feuille : V = vrais patrons, E = patrons équivalents, F = faux patrons. »

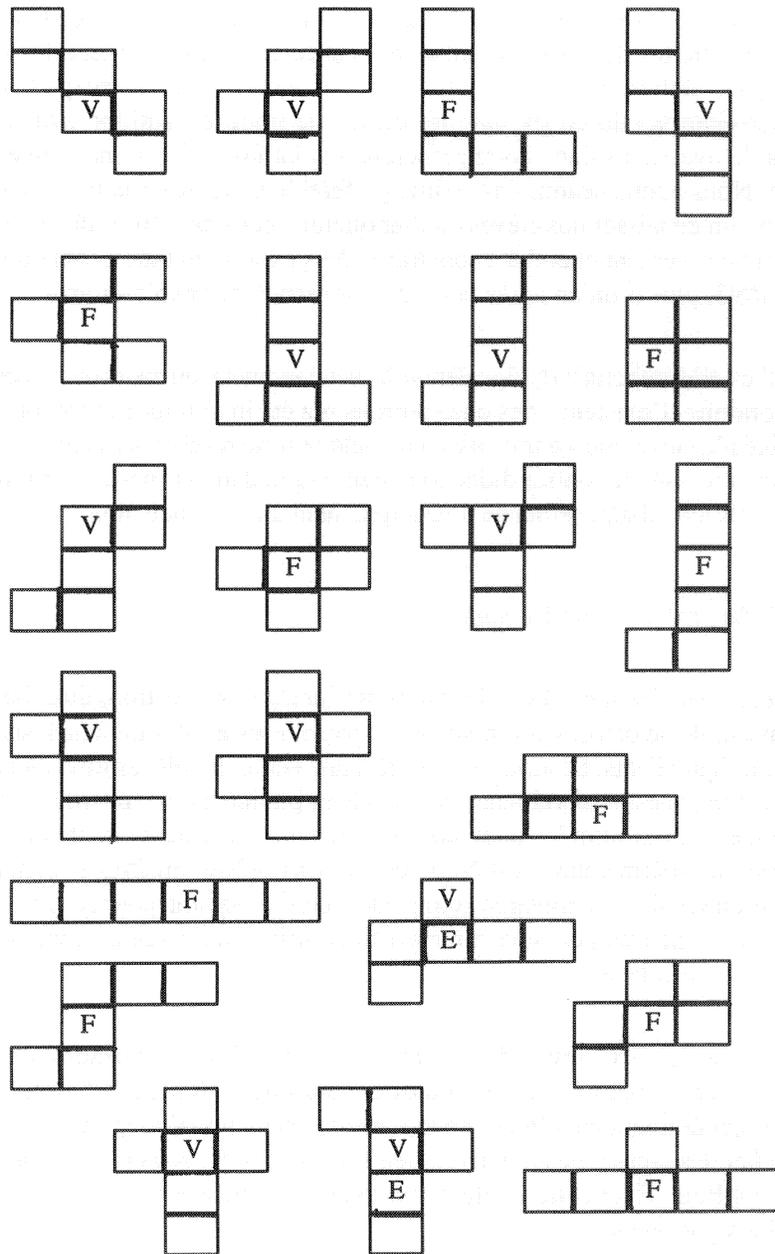


Figure 4 – Feuille de recherche discriminatoire

Sur la feuille originale, les patrons étaient moins serrés que ci-avant.

Apparaissent donc les 11 patrons exacts, un équivalent, et 10 patrons faux sans équivalents. Nous avons pris le parti de ne pas proposer des patrons faux comportant des faces en plus ou en moins. On remarque que le nombre de patrons faux possibles avec six faces est lui aussi limité.

Les axes de pliage sont déjà surlignés, ceci pour éviter que certains entrent *de facto* dans un codage symbolique qui ne fait pas l'objet de notre expérience.

Devant le grand nombre de répartitions possibles sur la feuille des différentes catégories de patrons, nous avons choisi une répartition éparpillée des G1 et G2 par rapport aux autres.

Les deux patrons équivalents sont dessinés proches pour accentuer l'effet de contrôle qu'on en attend.

De l'observation des élèves au travail, nous pouvons dégager les éléments suivants dans l'ordre chronologique : ils identifient rapidement les patrons connus (Croix et T); ils tournent la feuille dans tous les sens; une majorité «barre» des faux patrons (certains semblent être identifiés comme plus «évidemment faux»); ils reviennent sur les patrons qui restent et continuent l'élimination.

Fait à signaler : deux élèves ont réclamé des feuilles neuves pour recommencer, pensant avoir fait de trop nombreuses erreurs pour qu'un «gommage» soit efficace. Nous avons réagi en les invitant à entourer les bons patrons. À la fin de cette première époque, malgré l'insistance de certains enfants, aucune correction n'a été proposée, aucun renseignement donné. Ce fut l'occasion de préciser le contrat expérimental.

Deuxième époque. – À partir des résultats obtenus en première époque, nous avons divisé notre échantillon en deux groupes de douze élèves, en respectant les conditions suivantes que nous avons tenté de croiser : 1) un niveau en mathématique équivalent (d'après les contrôles des deux années précédentes) non pas à partir d'un calcul de moyenne mais en «couplant» des élèves, c'est-

à-dire en associant et en répartissant deux à deux des élèves ayant des résultats équivalents; 2) un nombre de filles et de garçons identique; 3) des résultats globaux statistiquement comparables pour la première époque ($p = 0,8361$ pour un test de Student à $r < 5 \%$); 4) une possibilité d'évolution, identique pour chaque groupe, en considérant les performances brutes, sujet par sujet, à l'issue de la première période, étant donné le caractère «fini» des performances possibles (11 patrons maximum à trouver). Une «marge de progression» équivalente pour chaque groupe a été respectée.

À quinze jours d'intervalle, ce qui représente un délai suffisant pour un délestage de la mémoire, avec la première époque, nous avons fait travailler un premier groupe puis un second groupe dans le même après-midi.

Nous avons distribué une feuille semblable à celle donnée en première époque, mais avec un déplacement des patrons les uns par rapport aux autres, ceci pour éviter d'éventuels effets de mémorisation.

Le premier groupe disposait du petit cube en bois et avait pour consigne : «Voici une feuille sur laquelle on a tenté de dessiner des patrons du cube, entourez⁵ ceux que vous pensez "justes", c'est-à-dire qui donneraient effectivement un cube si on les découpait et pliait sans détacher des faces. Vous vous aiderez du petit cube en bois pour vérifier.»

Le deuxième groupe avait pour consigne : «Voici une feuille sur laquelle on a tenté de dessiner des patrons du cube, entourez ceux que vous pensez "justes", c'est-à-dire qui donneraient effectivement un cube si on les découpait et pliait sans détacher des faces. Vous vous aiderez en codant chaque face avec une lettre : F = fond, T = toit, C = côté.»

Le temps imparti était d'une heure; la consigne était orale et les groupes n'avaient pas l'occasion de communiquer entre eux (à l'interclasse).

5 Nous avons légèrement modifié la consigne pour l'outil de repérage vu les difficultés rencontrées en première époque.

De l'observation des élèves au travail, on peut dégager les éléments suivants : 1) certains élèves ont manifesté une lassitude au départ de l'exercice («encore ce cube», «encore pareil»); 2) le fait d'entourer au lieu de colorier accélère considérablement le travail et les gommages sont plus nombreux; 3) pour le groupe avec cube, les observations de notre recherche exploratoire se retrouvent : culbute, repérage d'une face de départ; la manipulation du cube ne semble pas systématique : le cube n'est pas pris et reposé pour chaque nouveau dessin examiné; 4) pour le groupe avec codage, on remarque, que la majorité des élèves ne codent pas les patrons connus; ils ne codent pas les patrons les plus évidemment faux : le codage apparaît bien comme une aide à la décision.

Tirant les leçons de notre recherche exploratoire et en accord avec nos considérations théoriques, nous avons regardé les productions des élèves en distinguant les patrons identifiés de type G1 (famille «croix»), les patrons identifiés de type G2 (famille «hors croix»), parmi les patrons de type G2 (l'«échelle» et l'«escalier»), le patron équivalent inclus ou non dans les vrais et les faux patrons désignés comme vrais.

4.3.2 Présentation des résultats

Tableau 2 – Groupe qui a travaillé avec le petit cube

	Patrons G1	Patrons G2	Total sur 11	Faux	Équivalents	Escalier	Échelle
Alexandra	6	2	8	3	1	0	0
Alexandra C	6	0	6	0	1	0	0
Aline	6	4	10	1	1	1	0
Aline C	6	3	9	1	1	1	0
Amélie	6	5	11	0	1	1	1
Amélie C	6	5	11	0	1	1	1
Caroline	6	3	9	1	1	1	0
Caroline C	6	5	11	0	1	1	1
Cédric	2	3	5	6	0	1	1
Cédric C	4	4	8	1	0	1	1
Clément R	6	0	6	0	1	0	0
Clément R C	6	0	6	0	1	0	0
Ève	5	3	8	3	1	0	0
Ève C	6	2	8	1	1	0	0
Jérôme	5	3	8	1	1	1	1
Jérôme C	6	2	8	0	1	0	0
Mareva	6	1	7	1	1	1	0
Mareva C	6	2	8	0	1	1	0
Pascal	4	4	8	1	0	1	1
Pascal C	5	4	9	2	0	1	1
Vincent	6	3	9	0	1	0	0
Vincent C	6	4	10	1	1	1	0
Yannick	5	0	5	2	1	0	0
Yannick C	6	0	6	0	1	0	0
Total époque 1	63	31	94	19	10	7	4
Total époque 2	69	31	100	7	10	7	4
Différence 2-1	6	0	6	-12	0	0	0
Maximum possible	72	60	132	120	12	12	12
% réussite 1	87,50	51,67	71,21	84,16	89,33	58,33	33,33
% réussite 2	95,83	51,67	75,76	94,16	89,33	58,33	33,33

NOM —> résultat première époque

NOM + C—> résultat deuxième époque avec cube. Le chiffre indiqué désigne toujours le nombre de patrons désignés «vrais» par l'élève, y compris pour les colonnes «faux» et «équivalents».

Tableau 3 – Groupe qui a travaillé avec le codage par lettres

	Patrons G1	Patrons G2	Total sur 11	Faux	Équivalents	Escalier	Échelle
Alexandre	5	5	10	1	1	1	1
Alexandre L	5	5	10	1	1	1	1
Aziz	6	3	9	0	1	0	0
Aziz L	6	4	10	0	1	1	0
Cécile	6	2	8	3	1	0	1
Cécile L	6	4	10	0	1	0	1
Claire	4	4	8	3	1	1	1
Claire L	6	5	11	0	1	1	1
Clément B	6	4	10	0	1	1	0
Clément B L	6	5	11	1	1	1	1
Delphine	6	3	9	0	1	0	0
Delphine L	6	3	9	0	1	1	0
Élodie	5	0	5	0	1	0	0
Élodie L	6	5	11	0	1	1	1
Frédéric	6	3	9	0	1	1	1
Frédéric L	6	5	11	2	1	1	1
Jérémy	6	2	8	0	1	1	0
Jérémy L	6	2	8	1	1	0	0
Julie	3	2	5	0	1	0	0
Julie L	6	5	11	0	1	1	1
Nicolas	4	3	7	3	1	0	1
Nicolas L	6	5	11	2	1	1	1
Sandrine	6	2	8	2	1	0	0
Sandrine L	6	5	11	1	1	1	1
Total époque 1	63	33	96	12	12	5	5
Total époque 2	71	53	124	8	12	10	9
Différence 2-1	8	20	28	-4	0	5	4
Maximum possible	72	60	132	120	12	12	12
% réussite 1	87,50	55,55	72,73	90,00	100,00	41,67	41,67
% réussite 2	98,61	88,33	93,94	93,33	100,00	83,33	75,00

NOM → résultat première époque

NOM + L → résultat deuxième époque avec lettres. Le chiffre indiqué désigne toujours le nombre de patrons désignés «vrais» par l'élève, y compris pour les colonnes «faux» et «équivalents».

Nous examinerons dans un premier temps ces résultats en répondant à une série de questions en utilisant un test de Student avec $R < 5 \%$.

Tableau 4 – Résultats

	Patrons G1	Patrons G2	Total sur 11	Faux	Équivalents	Escalier	Échelle
Question 1	0,8569	0,7867	0,8361	0,443	0,1661	0,3388	0,6742
Question 2	0,0538	1	0,2143	0,089	1	1	1
Question 3	0,0544	0,0027	0,0098	0,459	1	0,0538	0,0388
Question 4	0,4382	0,0076	0,0028	0,443	0,1661	0,3388	0,6742

Question 1 – Y a-t-il des différences significatives entre les productions des deux groupes à l'issue de la première période?

Question 2 – Y a-t-il une évolution significative entre la première et la deuxième période pour le groupe travaillant avec le cube?

Question 3 – Y a-t-il une évolution significative entre première et deuxième période pour le groupe travaillant avec le codage par lettres?

Question 4 – Y a-t-il une différence significative entre première et deuxième période entre les productions des deux groupes?

Pour Q1, les résultats indiquent que les deux groupes ont fourni des productions équivalentes à l'issue de la première période. Il est évident qu'il y a circularité entre composition des groupes et résultats en première période.

À Q2, on relève une absence d'évolution significative pour ce groupe entre la première et la deuxième période.

Les résultats obtenus à Q3 font voir une évolution positive des performances du groupe entre la première et la deuxième époque, évolution portant principalement sur les patrons G2. On observe que trois élèves n'ont pas amélioré leurs performances. Deux élèves (Élodie et Julie) les ont augmentées considérablement.

Selon les résultats de Q4, il y a une différence significative des performances concernant l'exécution globale de la consigne, avec une différence significative concernant les patrons G2.

4.3.3 *Commentaire des résultats*

À l'issue de la première période, les résultats des 24 élèves correspondent à nos attentes, si l'on se réfère aux enseignements tirés de la recherche exploratoire et à nos considérations théoriques. En effet, la réussite pour les patrons G1 (87 %) est bien supérieure à celle des patrons G2 (moyenne de 53 %).

Si l'on porte son attention sur le groupe ayant travaillé avec le cube, on observe un léger comblement du déficit en patrons de type «croix» (87 % puis 96 % de réussite) et surtout moins de faux patrons désignés comme vrais (-12), les autres résultats restant stables. La tendance est tout de même à une amélioration des performances, mais elle se situe, semble-t-il, dans la zone où l'on peut parler d'une prégnance du didactique antérieur (G1).

On ne peut pas pour autant parler d'immobilisme en ce qui concerne les patrons G2. En effet, si le total du groupe montre une stabilité, celle-ci est le résultat de quelques réajustements à la baisse et à la hausse qui se compensent (4 élèves restent stables; 4 augmentent; 4 diminuent).

Si l'on regarde maintenant le groupe qui a travaillé avec le codage symbolique, le déficit en patrons du type «croix» se comble un peu mieux (87 % puis 98 % de réussite). La grande différence se situe au niveau des patrons de type G2 où les performances augmentent considérablement (+33 %), même pour les patrons «rares» (échelle et escalier).

Par contre, la diminution de faux patrons est moins nette que pour l'autre groupe (-4).

Conclusion

Si à propos de ces expériences, les élèves ont travaillé dans un contrat expérimental, celui-ci ne s'est d'une part que très peu éloigné du contrat didactique usuel et, d'autre part, au bout de deux ans de travaux avec le chercheur praticien, le passage de l'un à l'autre était convenablement articulé. C'est tout d'abord en référence à ce cadre d'analyse que nous voudrions discuter nos résultats.

La mémoire didactique a joué un rôle important, car la différence s'est faite entre les groupes sur le non-enseigné (patrons G2). Les patrons les plus facilement reconnus dans les deux groupes sont bien ceux qui sont traditionnellement enseignés dès le CE2. Puis viennent ceux que l'on peut déduire de ces deux représentations emblématiques que sont la «croix» et le «T», c'est-à-dire avec quatre faces alignées.

Il convient donc de se départir d'une illusion, celle qui minimise le rôle du temps et de la mémoire dans les apprentissages : mémoires de l'élève, du maître et «mémoire du système» (Brousseau et Centeno, 1991).

Nous pourrions nuancer nos résultats en remarquant que cette différence sur les patrons G2 entre la première et la deuxième époque, pour le groupe qui a travaillé avec le codage, est due en grande partie à trois élèves. Une étude plus clinique avec certains élèves aurait en effet permis de clarifier, pour le chercheur, leur perception de l'aide effective que le codage leur a apportée. Néanmoins, on remarque que seulement trois élèves n'améliorent pas leurs performances pour ce type de patrons entre les deux époques, ce qui nous conforte sur l'efficacité globale de l'utilisation d'un tel codage dans une classe.

Ces codages aident visiblement les élèves à avancer dans la tâche en facilitant leur prise de décisions d'une part et en autorisant une régulation classique par retour correctif sur des productions antérieures d'autre part. Ils aident également un type de régulation «proactive à effectuer la fois suivante, en amont de l'action» (Bonniol, 1989, 6).

On a mis d'autre part en évidence une efficacité plus grande de ces outils symboliques par rapport à l'utilisation d'un matériel concret adapté.

Si le contrat didactique tisse un réseau de mailles qui enferment pour une grande part les élèves dans des comportements et dans un rapport au savoir déterminé et, de ce fait, en grande partie prévisible, on a vu lors de notre recherche exploratoire émerger des déviances originales et discrètes qui manifestent, au niveau de la tâche même, ce que Mercier (1992) a nommé plus généralement dans le contrat «apprentissage invisibles», qui concernent des objets qui entremêlent inextricablement savoir et attitudes face au savoir.

En effet, certains élèves ont inventé un code en écrivant furtivement des lettres sur les premiers cubes en plastique que nous leur avons confiés. Ceci

ne faisait pas partie de la consigne et c'est finalement presque les élèves eux-mêmes qui nous ont donné l'idée d'abandonner un codage iconique (que Cécile avait inventé) au profit d'un codage symbolique, pour eux tout aussi utile, mais, pour nous, théoriquement plus puissant.

Regardons maintenant l'ensemble de ces travaux en référence à l'articulation «objet à agir-objet à penser». On a pu montrer qu'une situation didactique centrée sur «l'objet à agir», soit dans le cadre d'une démarche de découverte (recherche exploratoire) soit dans le cadre d'une recherche d'aide à la décision (expérimentation), tend à refermer le système sujet-tâche par une focalisation sur l'objet entraînant ce que Caron-Pargue (1981) a dénoncé comme «une entrave à la mobilité des représentations» (p. 22).

Cette mobilité des représentations, Chatillon (1988), dans un cadre néopiagétien ou postpiagétien, en précise l'importance en ce qui concerne la capacité des individus à différer un acte complexe.

Dans le contexte didactique, différer peut être interprété comme un transfert dans le temps, une manière d'avoir, dans ses bagages d'élève qui avance dans le savoir, autre chose que des faits bruts, à apprendre et à restituer.

Enseigner les patrons du cube, c'est une nécessité institutionnelle à laquelle il est hors de question de se soustraire, mais il faudra savoir qu'il s'agira de bien autre chose si l'on se mêle d'y associer l'utilisation d'un codage symbolique comme outil de régulation.

Il s'agira alors d'une mise à distance de l'objet, par une procédure de symbolisation de ses propriétés, permettant de travailler à l'avènement «d'objets à penser» pouvant prétendre au statut de «connaissance générale».

Élever au statut de schème⁶ le processus qui consiste à construire cette représentation différenciée de l'objet «évocable en son absence, de l'événement et en dehors du contexte situationnel dans lequel il est habituellement perceptible» (Chatillon, 1988, 229) peut se traduire en gestes professionnels en classe et ils ne sont pas difficiles à imaginer.

6 Nous pensons ici à Piaget (1974) pour qui un schème connu de l'individu est par définition antérieur et assure trois fonctions : organisateur de la conduite, reconnaissance des données pour réaliser la tâche, et surtout formateur de schèmes nouveaux.

Un premier d'entre eux serait de poser et reposer inlassablement cette question : Comment as-tu fait pour? La faire suivre de l'injonction : «Explique à tes camarades comment tu as fait pour», puis «Entre toutes ces manières de faire, y en a-t-il une qui est plus efficace?» Et enfin : «Cette manière de faire de Untel, c'est bien une manière très efficace, essayons-la sur cet autre exercice». Et peut-être seulement après : «J'ai moi aussi une manière de faire à vous proposer, comparons-la avec celle de Untel».

Un deuxième geste serait de faire porter l'évaluation *aussi* sur les manières de faire, donc de ne pas dévaloriser ce que Bonniol (1989) a appelé «les boucles créatrices de sens», c'est-à-dire l'ensemble des procédures réversibles informationnelles qui ouvrent l'action sur une modification du projet initial. Le maître devrait pouvoir mener la découverte de l'objet et enseigner conjointement la méthode de découverte de l'objet.

Le système élève-tâche en contexte scolaire a besoin d'objets pour sa régulation. Ses objets lui sont parfois offerts dans le contrat didactique canonique, mais souvent sans mode d'emploi.

Les élèves s'en inventent lorsqu'ils sont absents, de manière quasi clandestine. Saisir ces objets de régulation lorsqu'ils émergent, les faire éprouver, en comparer la puissance, étudier leur généralisabilité, les institutionnaliser enfin, autant de pratiques dans une classe qui enrichiraient le rapport des élèves aux objets de savoir.

Références

- ACKERMANN-VALLADO, E. (1981).
Statuts fonctionnels de la représentation dans les conduites finalisées chez l'enfant. Thèse de doctorat, Université de Genève, Genève.
- BONNIOL, J.J. (1989).
Sur les régulations du fonctionnement cognitif de l'élève : contribution à une théorie de l'évaluation formative. Communication au Conseil de l'Europe, Liège, septembre, disponible à Aix-en-Provence, CIRADE.
- BROUSSEAU, G. ET CENTENO, J. (1991).
Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 11(2-3), 167-210.

- BRUNER, J.S. (1966).
On cognitive growth. In R.R. Olver et P.M. Greenfields (éd.), *Studies in cognitive growth* (p. 1-67). New York [NY] : John Wiley and Sons.
- CARON-PARGUE, J. (1980).
Qu'est-ce qu'un cube? Propriétés, relations et mobilités des représentations. *Revue française de pédagogie*, 53, 19-23.
- CARON-PARGUE, J. (1981).
Étude de cheminement sur le cube : mobilité et déploiement des représentations. *Archives de psychologie*, 49, 1-24.
- CARON-PARGUE, J. (1981).
Quelques aspects de la manipulation : manipulation matérielle et manipulation symbolique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 2(1), 7-35.
- CHATILLON, J.F. (1988).
La régulation des actes complexes. Thèse de doctorat, Aix-Marseille.
- CHEVALLARD, Y. (1988).
Notes sur la question de l'échec scolaire. Marseille : IREM.
- DOISE, W. ET MUGNY, G. (1981).
Le développement social de l'intelligence. Paris : Interédition.
- FORMAN, E. ET CAZDEN, C. (1985).
Exploring Vygotskian perspectives in education : The cognitive value of peer interaction. In J. Wertsch (éd.), *Culture, communication and cognition : Vygotskian perspectives* (p. 323-347). New York [NY] : Cambridge University Press.
- JONNAERT, P., LAUWAERS, A. ET PESENTI, M. (1990).
Capacités, compétences, situations et fonctionnement cognitif. Louvain-la-Neuve : Publication du laboratoire de pédagogie expérimentale, UCL.
- MERCIER, A. (1992).
L'élève et les contraintes temporelles de l'enseignement, un cas en calcul algébrique. Thèse de didactique des mathématiques, Université de Bordeaux, Bordeaux.
- NEWELL, A. ET SIMON, H-A. (1972).
Human problem solving. Englewood Cliffs [NJ] : Prentice Hall.
- PIAGET, J. (1974).
Réussir et comprendre. Paris : Presses universitaires de France.
- RAVESTEIN, J. (1991).
Évaluation-régulation-organisation. Une étude systémique à l'école élémentaire. Aix-en-Provence : CIRADE.
- RAVESTEIN, J. (1994).
Autonomie et régulation dans un système didactique. Contribution à l'étude de la complexité du rapport au savoir des élèves à l'école élémentaire. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille I, Aix-Marseille.
- RAVESTEIN J. ET SENSEVY, G. (1990).
Effets d'un dispositif d'évaluation-régulation en mathématique à l'école élémentaire. Aix-en-Provence : CIRADE.

SAADA-ROBERT, M. (1992).

La construction microgénétique d'un schème élémentaire. In B. Inhelder et G. Cellierier (éd.), *Le cheminement des découvertes de l'enfant* (82-112). Paris : Delachaux et Niestlé.

SCHUBAUER-LEONI, M.L. (1988).

Le contrat didactique : une construction théorique et une connaissance pratique. *Interactions didactiques*, 9, 67-79.

TOURNIAIRE, F. ET PULOS, S. (1985).

Proportional reasoning : A review of the literature. *Educational Studies in Mathematics*, 16, 181-204.

Abstract – The cube can be developed in a finite number of ways (11). These “patterns” are taught in French elementary schools. The present article describes a series of experiments conducted in classrooms. The results show that pupils “invent” coding systems for building patterns and testing their correctness, and that the use of a symbolic code (letters) on the faces of the cube significantly improves pupils’ performance when they have to distinguish “right” from “wrong” patterns. The improvement is even greater when appropriate teaching materials (small wooden cubes) are used. Use of a symbolic code as an aid to decision-making would appear to be an effective component of the regulatory processes the pupils implement in problem solving.

Resumen – Existe un número límite de desarrollos diferentes del cubo (11). Esto «patrones» son objeto de una enseñanza en la escuela elemental francesa. Este texto describe una serie de experimentaciones hechas en clases, cuyos resultados muestran, por una parte, que los alumnos «inventan» sistemas de codificación para construir patrones y verificar su exactitud, por otra parte que la utilización de una codificación simbólica (letras) de las caras del cubo aumenta significativamente los rendimientos de los alumnos cuando tienen que diferenciar entre los «verdaderos» y los «falsos» patrones; más aun con el uso de material didáctico apropiado (cubitos de madera). El uso de una codificación simbólica como ayuda en la decisión, aparece como un componente eficaz de los procedimientos de regulación que los alumnos ponen en práctica para resolver problemas.

Zusammenfassung – Ein Kubus kann in einer bestimmten Anzahl von Schemen auf eine Ebene projiziert werden. Die Erlernung dieser “Schemen” gehört in Frankreich zum Programm der Grundschule. Der vorliegende Beitrag beschreibt eine Reihe von in Schulklassen geführten Experimenten, deren Ergebnisse zeigen, einerseits, daß die Schüler Symbolsysteme “erfinden”, um solche Schemen zu konstruieren und deren Richtigkeit zu überprüfen, und andererseits, daß die symbolische Bezeichnung (durch Buchstaben) der Seiten des Kubus die Leistung der Schüler beim Unterscheiden zwischen “richtigen” und “falschen” Schemen erhöht, und zwar mehr noch als die Benutzung von entsprechendem Lehrmaterial (kleine Holzwürfel). Symbolisches Bezeichnen fördert den Prozeß des Entscheidens und erweist sich somit als wirksamer Bestandteil der Verfahren, die die Schüler beim Lösen von Problemen anwenden.