

Géométrie et gestion par l'élève de son espace de travail

Richard Pallascio, Richard Allaire and Dominique Derome

Volume 22, Number 2, 1996

Les apprentissages mathématiques en situation

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/031888ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/031888ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)

1705-0065 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Pallascio, R., Allaire, R. & Derome, D. (1996). Géométrie et gestion par l'élève de son espace de travail. *Revue des sciences de l'éducation*, 22(2), 443–460.
<https://doi.org/10.7202/031888ar>

Article abstract

This article reports on a collaboration research project developed with a CIRADE-associated school involved in project teaching. The objectives of this research included the development of tools for exploring and communicating to help the student deal with his work environment, the management of space in his learning, and the evaluation of his spatial needs. The authors' observations provided data to analyse the development of cognitive operations and of geometric abilities for students aged 5 to 12 who are in the process of conceptualizing and managing their work space.

Géométrie et gestion par l'élève de son espace de travail

Richard Pallascio
Professeur et chercheur

CIRADE et Dép. de mathématiques
Université du Québec à Montréal

Richard Allaire
Professeur et chercheur

Dép. de mathématiques
Université du Québec à Montréal

Dominique Derome
Étudiante au doctorat

Centre d'études sur le bâtiment
Université Concordia

Résumé – Cet article traite d'une recherche collaborative réalisée avec une école-recherche associée au CIRADE et pratiquant une pédagogie du projet. Cette recherche avait pour objectifs de développer des outils d'exploration et de communication afin que l'élève puisse composer avec son environnement de travail, intégrer la gestion de l'espace dans ses apprentissages, évaluer ses besoins spatiaux. Les observations des chercheurs permettent d'analyser le développement des opérations intellectuelles et des compétences géométriques d'élèves de 5 à 12 ans en situation de concevoir et de gérer leur propre espace de travail.

Introduction

Le Centre interdisciplinaire de recherche sur l'apprentissage et le développement en éducation (CIRADE) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) soutient, depuis quelques années, des recherches en collaboration avec deux écoles primaires. Des équipes de recherches réunissant des enseignantes du primaire, des professeurs-chercheurs du CIRADE ainsi que des collaboratrices et des collaborateurs ont développé des problématiques de recherche-action; elles travaillent en concertation dans le but de rendre davantage crédibles les résultats des recherches menées dans les écoles et de participer ainsi au perfectionnement continu du personnel enseignant.

Dans le contexte d'une de ces écoles qui appliquent une pédagogie du projet, les élèves doivent aménager leur espace de travail selon leurs différents projets. Dans un tel environnement, comment amener les enfants à gérer cet espace par eux-mêmes? Dans cet espace, quels outils de conception et de communication sont à leur portée?

Quels concepts géométriques sont concernés? Une expérimentation dans une école de ce type, appelée école alternative pédagogique², permet de trouver des éléments de réponse.

La gestion de l'espace

Il y a un vide actuellement dans la prise en charge par l'élève de la gestion de son espace de vie et de travail. Partant des objectifs de certains programmes, par exemple en mathématiques (activités géométriques et représentations à l'échelle), en arts plastiques (perception de l'espace à 3D) ou en sciences de la nature (construction de plans et de maquettes), notre projet visait à une contribution originale au développement de l'autonomie de l'élève.

Dans le contexte d'une pédagogie du projet¹ (Pallascio, 1992), nous avons cherché à développer des outils d'exploration et de communication afin que l'élève puisse composer avec son environnement de travail, intégrer cette gestion de l'espace dans ses apprentissages et évaluer ses besoins spatiaux.

La pédagogie du projet prône l'activité de l'élève, parfois seul, parfois en petite équipe, parfois en groupe (toute la classe). Or, la planification des locaux et de leur ameublement a été réalisée en vue de disposer des tables individuelles alignées en rangée, très différente de celle exigée pour une classe-atelier. Dans une classe régulière, toute l'information vient pratiquement de l'enseignante, ce qui n'est pas le cas dans une pédagogie par projet où l'information peut venir des pairs et de diverses sources: documentation écrite, audiovisuelle, etc.

Le travail des élèves, à cause des différentes phases de leur projet collectif et de leurs projets individuels, exige un environnement souple et modulaire. Il nous a semblé souhaitable que les élèves eux-mêmes participent à l'aménagement de leur environnement de travail et intègrent cette dimension dans leurs apprentissages.

Les objectifs généraux du projet étaient: 1) d'intégrer la compréhension par l'élève de la condition humaine «spatiale» où les structures sociales sont soutenues par des spatialités appropriées, 2) d'intégrer la gestion de l'espace dans les apprentissages de l'élève inscrit dans une pédagogie du projet et 3) d'évaluer, avec le concours de tous les participants, les besoins spatiaux de la classe en fonction d'une pédagogie du projet.

Plus spécifiquement, nous voulions sensibiliser l'élève à son environnement bâti par l'intermédiaire d'exercices qui lui donnaient des outils géométriques (topologiques, projectifs, affines et métriques) pour parler des éléments de proxémie (espace personnel, territoire, ergonomie, repères, etc.); une fois cette sensibilité nommée, il était alors possible pour l'enfant d'explorer et de découvrir les possibilités d'aménagement de son espace de travail, de son espace de jeux, de son espace de rencontre, et de celui de l'école (classes, corridor, cour de récréation, etc.).

Pour atteindre ces objectifs, nous avons cherché: 1) à développer des outils de communication de l'espace adaptés à des enfants du primaire, possiblement différents pour des prélecteurs, 2) à développer des méthodes d'exploration (modèle réduit, certaines techniques de créativité), 3) à initier l'élève à la transmission de ses explorations à l'aide d'outils de communication de l'espace (maquette, dessin à l'échelle, etc.) et 4) à partir des explorations des élèves et avec leur aide, à en induire les attributs de l'espace recherché.

La séquence d'activités

L'objectif de la première rencontre, l'initiation I, était de faire percevoir aux enfants les espaces qui les environnent et de leur faire déterminer quelques éléments qui les établissent. L'objectif de la deuxième rencontre, l'initiation II, était d'introduire le vocabulaire désignant les propriétés topologiques de l'espace et de représenter ces propriétés en deux dimensions, à l'aide d'indices de perspective. L'objectif de la troisième rencontre, la programmation, était de sensibiliser les élèves à la notion de programmation spatiale, en cherchant à définir les besoins à combler pour le bon fonctionnement d'une activité, autrement dit à définir et à documenter une activité.

La démarche de création spatiale doit être basée sur une intention et une façon de définir cette intention est l'analogie. L'objectif de la quatrième rencontre, l'analogie, était donc d'initier à l'idéation par l'analogie, en réalisant des analogies verbales, en s'en servant comme stimulant pour l'idéation et en introduisant la notion de concept. L'objectif de la cinquième rencontre, l'idéation, était de développer un concept de module, en choisissant des activités devant se dérouler dans un module de travail, en tenant compte des besoins spatiaux respectifs de ces activités. L'objectif de la dernière rencontre, la synthèse et la communication, était de combiner les notions de concepts et de besoins spatiaux dans un même *design*, en cherchant à établir les différences entre concept, *design*, besoins spatiaux et intégration.

Résultats et analyses

L'aménagement de l'espace est une activité complexe qui fait appel à la fois à des savoirs géométriques et à des compétences spatiales, lesquelles sont chargées affectivement d'une intention de communication. Quinze élèves de maternelle (5 ans), dix élèves de première et de deuxième années (6-8 ans), quinze élèves de troisième et de quatrième années (8-10 ans) et cinq élèves de cinquième et de sixième années (10-12 ans) ont participé à l'expérimentation. Celle-ci était composée de deux cycles de conception de l'espace: le premier avait pour objet le coin de travail des enfants et le second était concentré sur l'aménagement du gymnase dans le but d'accueillir le projet collectif de fin d'année. Tout au long des activités, plusieurs notions et outils ont été présentés aux enfants en fonction des besoins. Les analyses qui suivent concernent le premier de ces cycles de conception de l'espace.

L'analyse de la séquence en fonction d'opérations intellectuelles

Il est pertinent d'examiner l'évolution des élèves tout au long de la séquence d'activités (voir tableau 1), en fonction des opérations intellectuelles mises en jeu (Pallascio, Allaire et Mongeau, 1992) et qui vont resurgir de façon quasiment cyclique. Ces opérations intellectuelles sont respectivement la classification qui consiste à grouper des structures spatiales selon un choix de propriétés ou de paramètres géométriques communs, la structuration qui consiste à identifier les propriétés et la combinatoire géométriques d'une structure, la transposition qui consiste à établir les correspondances, les équivalences, et à effectuer le passage entre les différents modes de représentation et de niveaux géométriques, la détermination qui consiste à délimiter les éléments ou les paramètres définis par des contraintes géométriques sur une structure spatiale, et la généralisation qui consiste à produire ou à modifier une structure spatiale de façon à ce qu'elle réponde à certains critères géométriques prédéterminés.

— Première rencontre: l'initiation I

Une première rencontre a consisté à faire définir par les élèves la notion d'espace, tout en leur donnant un vocabulaire de base (par exemple, espace ouvert, espace fermé, proche, loin, etc.) et des notions de proxémique. Une première activité portait sur les relations du corps à l'espace et sur la notion de proxémique (opération de structuration), par l'exploration des besoins de distance entre deux ou plusieurs personnes, selon les circonstances, et des besoins d'espace pour la tenue de diverses activités. Pour se sentir à l'aise dans différentes mises en situation (écouter quelqu'un, jouer au ballon, etc.), les besoins en espace sont-ils toujours les mêmes? Ainsi, les enfants prenaient conscience qu'une distance minimale, l'espace privé autour de soi, doit être respectée; ils apprenaient à explorer les besoins en espace selon la nature de l'activité et se sensibilisaient au déploiement de leur corps et de celui des autres dans l'espace.

Tableau 1
La séquence en fonction de cinq opérations intellectuelles

	Initiation 1	Initiation 2	Programmation	Analogie	Idéation	Synthèse
Classification	types de limites	indices de perspective	vues en coupe, en élévation et en plan	espace ouvert versus clos	application en fonction des activités	applications: 1:10 ou 1:20
Structuration	proxémique	notion d'échelle	échelles 1:10 ou 1:20	intention structurée	concept de module	module unifié
Transposition	vocabulaire décrivant les types d'espaces		3D → 2D avec figurines	transfert analogique 2D → 3D	travail en élévation	passage à la réalité
Détermination	(absent)	dessin avec un effet de profondeur	contraintes spatiales	2D versus 3D à l'échelle	intégration des besoins	élimination, enrichissement
Généralisation	(absent)	(absent)	programmation spatiale	2D ↔ 3D	permutations sur une même approche	solution complète

Une deuxième activité consistait à jouer avec les éléments qui établissent l'espace, à savoir des plans et des objets. En partant de la position des enfants, collés les uns sur les autres, l'intervenante leur avait demandé: «Sommes-nous bien ou non? Est-il possible de marcher? Pouvons-nous bouger les mains? Pourquoi? De quelle place avons-nous besoin?» Certains enfants ont répondu qu'ils avaient besoin de plus d'espace! «Qu'est-ce que l'espace?» Spontanément, les enfants ont indiqué avec leurs bras les espaces entre eux. Un exercice consistait à placer deux élèves face à face, à une certaine distance. Ils se rapprochaient l'un de l'autre et l'un devait dire à l'autre à quel moment il était suffisamment près et à quel moment il devait s'arrêter. Quelle est la distance minimale à respecter? Comment déterminer l'espace privé autour de soi? Cela dépend-il de la personnalité de chacun? De la culture? Par exemple, selon les enfants, les Japonais seraient davantage habitués à se serrer les uns contre les autres!

Ces activités nous permettaient d'introduire un certain vocabulaire (opération de transposition), en parlant d'espaces clos, semi-ouverts, divisés en deux ou même fermés à l'aide d'un drap recouvrant quelques chaises, les enfants se retrouvant sous le drap! C'est la même chose pour la notion de limite qui peut être physique, visuelle ou encore virtuelle (opération de classification), désignant ainsi un espace où l'illusion d'une limite est créée. Ce travail avec des objets et des meubles permettait aux enfants de s'apercevoir qu'il y a toujours deux côtés à une limite (l'intérieur et l'extérieur). Par rapport à l'enfant, la limite peut être une limite au-dessus, en-dessous, à côté, etc. Les enfants ont ainsi eu la possibilité de discuter de la notion de limite (Est-elle pleine, partielle ou «à trous», suggérée ou non par quelques éléments?) et d'examiner les conséquences en termes d'espaces fortement ou faiblement reliés. À ce stade, les opérations de détermination et de génération ne se sont pas encore manifestées.

— Deuxième rencontre: l'initiation II

À partir de deux maquettes, réalisées à l'avance, chacune avec une configuration différente, les élèves plus jeunes étaient invités à commenter les espaces en relation avec des figurines de différentes tailles. Le but de l'activité consistait à découvrir le sens (opération de transposition) des termes ou notions ouvert/fermé, proche/éloigné, parcours, limites au-dessus contre en dessous, à côté, limites pleines, ajourées, virtuelles, etc. À l'aide de maquettes et de figurines, il est possible d'introduire la notion d'échelle (opération de structuration), de caractériser qualitativement les espaces (fortement ouverts, interreliés, fermés complètement, etc.), de comparer les besoins de personnages de différentes grandeurs, de relier une limite visuelle à une limite physique par le truchement d'une fenêtre, etc. Une petite figurine ne «voit» pas par-dessus les cloisons, les espaces sont compartimentés; une figurine plus grande est à l'étroit, elle ne peut même pas passer par les ouvertures, etc. Les plus grands (9-12 ans) avaient à produire des maquettes qu'ils présentaient eux-mêmes: espaces fermés, ouverts, interreliés (nœuds), les types de limite (pleine, ajourée, virtuelle), etc.

Une autre activité consistait à découvrir des indices de perspective (opération de classification) qui donnent des moyens de représenter l'espace 3D en 2D. On peut se rapporter ici aux indices de Gibson (Hall, 1964, p. 191-195), principalement ceux concernant la taille, la hauteur dans la page et le chevauchement (annexe 1). Les enfants avaient découpé plusieurs figures polygonales ou circulaires, de tailles différentes, dans un carton; ils devaient les positionner sur une page pour donner un effet «plus loin contre plus près». Les élèves plus âgés étaient parvenus rapidement, par eux-mêmes, à utiliser les indices (opération de détermination) afin de donner un effet de profondeur à leurs dessins, alors que les plus jeunes tentaient plutôt de placer les objets côte à côte. Invités à regarder par la fenêtre et à remarquer le positionnement des voitures et des poteaux de téléphone, ils se sont rendu compte que plus l'objet était loin, plus il apparaissait petit et plus il s'approchait de l'horizon.

Au départ, peu d'élèves avaient l'idée de la perspective, c'est-à-dire là où l'objet le plus petit se retrouve le plus loin. De façon naturelle, ils plaçaient les objets du plus grand au plus petit, côte à côte et vice-versa. Après avoir examiné, par la fenêtre, les voitures stationnées dans la rue, les élèves réalisaient finalement une disposition plus adéquate. Certains enfants n'avaient aucune gestion de l'espace (les objets étaient alignés ou sans ordre et sans aucune proportion relative), alors que d'autres les situaient spontanément en élévation, en plan et parfois même en perspective.

À la fin, une dernière activité a été réalisée avec les plus grands, celle de faire un dessin à l'aveugle, c'est-à-dire sans regarder leur feuille. La tâche était de dessiner le contour de l'intervenante placée devant les enfants, une fois de face et une fois de profil. Les élèves étaient surpris de constater les disproportions de leurs dessins. Sauf exception, l'opération de génération n'était pas encore apparue.

— Troisième rencontre: la programmation

À partir d'une liste d'activités réalisées à l'école et identifiées par les enfants, inscrites au tableau à l'aide d'une méthode de foisonnement – elles ne sont pas les mêmes d'un âge à l'autre: dessiner, marcher, lire, jouer avec les blocs, etc. (pour les petits), travailler à un projet, calculer, mesurer, etc. (pour les moyens), résoudre des problèmes, planifier, écrire nos idées, jouer aux échecs, etc. (pour les grands)–, il fallait les regrouper par affectation spatiale (opération de détermination): à l'intérieur de la classe, à l'intérieur de l'école, mais aussi à l'extérieur de la classe et à l'extérieur de l'école, etc.

Les enfants devaient documenter trois des activités mentionnées précédemment (opération de génération). On mettait à leur disposition une fiche d'activité type qui incluait une illustration des besoins spatiaux, visuels, sonores, tactiles ainsi que des besoins en équipement et en entreposage. À l'aide d'une figurine en papier, découpée avec minutie, correspondant (opération de transposition) à la taille moyenne des enfants de chaque groupe d'âge (6, 8 et 10 ans), les élèves dessinaient, sur une

grande feuille, la scène d'une des activités énumérées par eux et écrites au tableau par l'intervenante. Après avoir plié la figurine dans une certaine position (par exemple, assis), les enfants étaient invités à tracer des lignes droites réunissant des parties du corps et à les enrober de petites bulles elliptiques schématisées par la suite.

Sauf pour les petits, pour qui les proportions seront plus approximatives, les élèves devaient mesurer les autres éléments du dessin (table, chaise, porte, etc.) à l'aide d'un instrument et les réduire selon l'échelle 1:10 ou 1:20 dépendant de l'activité (opération de structuration), et indiquer leurs mesures sur leur dessin. Avec les grands, nous avons introduit les distinctions entre les vues en élévation, les vues en plan et les vues en coupe (opération de classification). Les enfants ont compris très rapidement le principe d'un dessin à l'échelle et choisissaient souvent naturellement les vues en élévation pour documenter leur activité.

— Quatrième rencontre: l'analogie

Collectivement, et par foisonnement, l'activité consistait à appliquer l'analogie à la notion de module (par exemple, cocon, piédestal, laboratoire, bibliothèque, refuge, désert, nuage, fourmillière, etc.). Ensuite, individuellement, l'enfant devait choisir un concept, c'est-à-dire une application de l'analogie au module, et développer celui-ci (opération de génération) par l'intermédiaire d'une maquette ou d'un dessin (1:10).

En premier lieu, les enfants devaient choisir et nommer un endroit où ils sont bien et le dessiner comme si c'était leur coin de travail (par exemple, leur lit, la lune, un nuage, etc.). L'analogie était présentée comme un moyen pour explorer des idées (opération de transposition). Quelles sont les qualités recherchées (opération de structuration) pour un coin de travail: propre, décoré, confortable, ordonné, etc. (pour les petits et les moyens), spacieux, pratique, calme, fermé, lumineux, insonorisé, meublé, personnalisé, etc. (pour les grands)? Quels sont les endroits confortables: lit, ski, divan, neige, piscine, etc. (pour les petits), avion, limousine, plage, bain, etc. (pour les moyens et les grands)? Les espaces sont-ils ouverts ou clos (opération de classification)? Si on était petit, tout petit: le ventre de notre mère, sur le dos du chien, dans un sac à main, couché sur de l'ouate, etc. Avec les grands, il fut même question de la «distance» entre les mots (par exemple, la distance entre cabane et coin de travail est plus petite qu'entre nuage et coin de travail!). Chaque enfant choisissait une analogie et la développait en module sous la forme de dessins, puis de maquettes à l'échelle 1:10 (opération de détermination). Pour faciliter le travail à l'échelle, des figurines d'enfants de 6, 8 ou 10 ans, à l'échelle 1:10, étaient de nouveau fournies.

— Cinquième rencontre: l'idéation

Le développement d'un concept de module (opération de structuration) qui intègre tous les besoins spatiaux des différentes activités (opération de détermination)

devait compléter l'étape précédente. Il s'agissait ici d'un travail plus linéaire que la démarche analogique, permettant, entre autres, de travailler différentes permutations par une même approche (opération de génération). Les enfants avaient bien intégré la notion d'échelle.

Ils étaient invités à dessiner, sur une grande feuille, le coin de travail idéal à leurs yeux et à y inclure tout ce dont ils pouvaient avoir besoin. Ils procédaient généralement avec une grande précision, surtout les plus grands. La règle était utilisée de façon spontanée. Mais plusieurs d'entre eux ont eu besoin de suggestions pour sortir des vues stéréotypées, en leur faisant penser à des fenêtres, à des escaliers, à des tables non rectangulaires, etc. (opération de classification).

Avec les enfants d'âge moyen, des difficultés sont apparues lorsqu'il s'agissait de refaire un dessin réalisé à l'aide d'une vue en élévation (opération de transposition), avec cette fois une vue en plan. Avec les plus grands, l'aspect fonctionnel du module était examiné en détail avec l'intervenante, de même que son originalité, la précision du dessin à l'échelle et l'ajustement des dessins selon les vues en élévation et en plan. Les premiers dessins étaient souvent réalisés en silence, sans que nous le demandions aux enfants, ce qui traduit bien le fait qu'il ne s'agissait pas uniquement d'un dessin à réaliser, mais surtout d'une recherche d'idées.

— Sixième rencontre: la synthèse et la communication

Pour compléter ce cycle de conception de l'espace, les enfants pouvaient rassembler leurs meilleures idées en un seul concept de module (opération de structuration). Ce processus d'élimination et d'enrichissement (opération de détermination) a permis aux élèves de tendre vers des solutions plus complètes (opération de génération). Intégrant le concept analogique et les besoins spatiaux (opération de transposition), les maquettes synthèse à l'échelle (opération de classification) furent étonnantes de simplicité.

L'analyse géométrique

L'ordre que l'on retrouve dans l'intégration des propriétés géométriques d'un point de vue génétique correspond aux étapes identifiées par Piaget qui avait démontré le parallélisme de cet ordre avec celui de leur construction axiomatique et, par le fait même, l'inversion de cet ordre avec leur développement historique (Pallascio, Talbot, Allaire et Mongeau, 1990). «Les rapports topologiques d'abord, puis les relations projectives et euclidiennes, supposent un nombre croissant de coordinations toujours plus complexes entre les actions elles-mêmes [...]» (Piaget et Inhelder, 1948, p. 538).

Dans le cadre de ce projet, nous observons effectivement cette similitude dans le développement de notions géométriques³ et de leurs représentations, au moyen d'un ensemble d'activités reliées à la gestion de l'espace. Le tableau 2 décrit l'évolution des concepts en fonction des géométries correspondantes. Les activités d'initiation ont donné lieu à l'apprentissage d'un vocabulaire d'abord topologique et ensuite à l'expression de la perspective à l'occasion de dessins selon les indices de Gibson (Hall, 1964), comme la position dans la page, le gradient des tailles, la discontinuité des contours et la perspective linéaire. Les rencontres suivantes ont été caractérisées par l'apprentissage des règles de transposition du croquis à la construction de maquettes en appliquant les propriétés de proximité, de profondeur, de proportion et d'échelle.

C'est à partir d'expériences avec leur corps que les élèves ont abordé la notion de proxémique. L'étude d'une maquette apportée par l'intervenante ou construite par l'élève, dépendant de son âge, a permis, dans un deuxième temps, l'intériorisation des concepts de voisinage, de limites, d'espaces fermés ou ouverts, etc. La maquette, vue en plan (voir la figure 1), est typique de celles utilisées lors de ces activités d'initiation. On y retrouve des limites physique et virtuelle et un espace semi-ouvert. À l'aide de différentes positions prises par une figurine tridimensionnelle dans cet espace, les élèves devaient identifier les caractéristiques topologiques de cette position (proximité, types de limite et d'espace). Ces notions se sont intégrées facilement, pour les élèves de tout âge, parce que les activités proposées leur permettaient d'explorer, de construire et de communiquer leurs idées.

Tableau 2
La séquence en fonction de quatre types de géométrie

	Initiation 1	Initiation 2	Programmation	Analogie	Idéation	Synthèse
Concepts dominants	proxémique	perspective	vues et échelle (3D → 2D)	de la géométrie vers l'espace: 2D → 3D (conception et réalisation de maquettes)		
Topologie	espace: ouvert, fermé, faiblement relié, fortement relié limite: physique, virtuelle, etc.			type d'espace: ouvert (petits), semi-ouvert (moyens), clos (grands)		
Géométrie projective	(absent)	indices de perspective (profondeur)	vues en élévation et en plan	dessins en perspective: vues en élévation, en plan et en coupe		
Géométrie affine	(absent)	(absent)	parallélisme préservé: 3D → 2D	parallélisme préservé: 2D → 3D	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Géométrie métrique	(absent)	notion de proportion à partir d'un modèle à dessiner (grands)	dessin à l'échelle 1:10, rapport des grandeurs, proportions, techniques 3D	maquette 3D à l'échelle à partir du dessin analogique	dessin à l'échelle et construction d'une maquette représentant le coin de travail idéal	

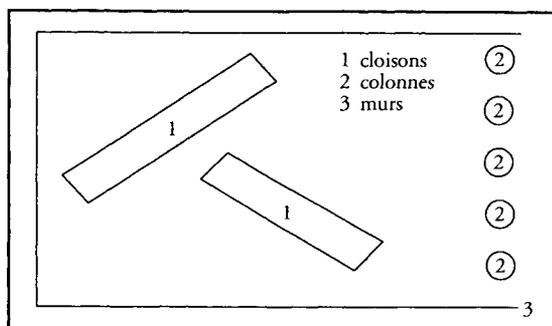


Figure 1 – Vue en plan d'une maquette de démonstration

Les premières activités qui permettaient d'utiliser la perspective ont consisté à coller une série de figures homothétiques permettant de produire un effet de profondeur, à l'aide d'indices de Gibson (Hall, 1964). La figure 2, créée par un élève du premier cycle, illustre cet effet.



Figure 2 – Effet de profondeur à l'aide de figures homothétiques

Cette activité fort prisée a eu des effets récurrents vérifiés par l'utilisation spontanée de ces indices dans des activités ultérieures (voir les figures 3a et 3b). Il faut noter que les dessins des élèves relèvent davantage du croquis que de l'épure.

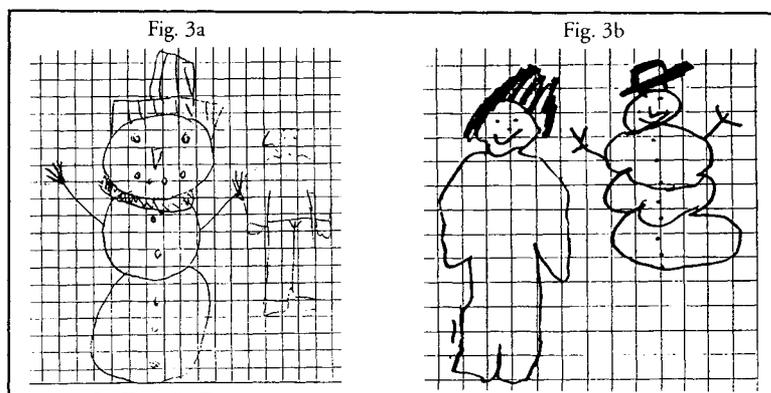


Figure 3 – Effet de profondeur obtenu par un gradient des tailles

À l'étape de la programmation spatiale d'activités scolaires, les élèves étaient amenés, à partir d'un foisonnement d'idées, à faire le choix de l'une d'elles: les plus jeunes dessinaient directement, alors que les plus âgés devaient mettre par écrit leurs idées, avant de les représenter par un dessin. Les enfants devaient tenir compte des effets de perspective à l'aide de l'utilisation de différentes vues et en jouant avec les proportions. Des figurines de papier à l'échelle selon chaque groupe d'âge, découpées et pliées, par exemple en position assise, aidaient les élèves à équilibrer la proportionnalité de leurs dessins.

Nous retrouvons principalement des vues en élévation (de côté ou de face), c'est-à-dire des projections orthogonales, comme type de projection le plus fréquemment utilisé dans les manuels scolaires (voir les figures 4a à 4d): respect des proportions entre la chaise et le personnage (première année: figure 4a); proportion respectée dans la grandeur du personnage et du chevalet et effet de perspective avec le cadre (troisième année: figure 4b); utilisation de deux vues (élévation et plan) dans le même dessin (troisième année: figure 4c); vue en élévation, respect des proportions et dessin à l'échelle (troisième année: figure 4d).

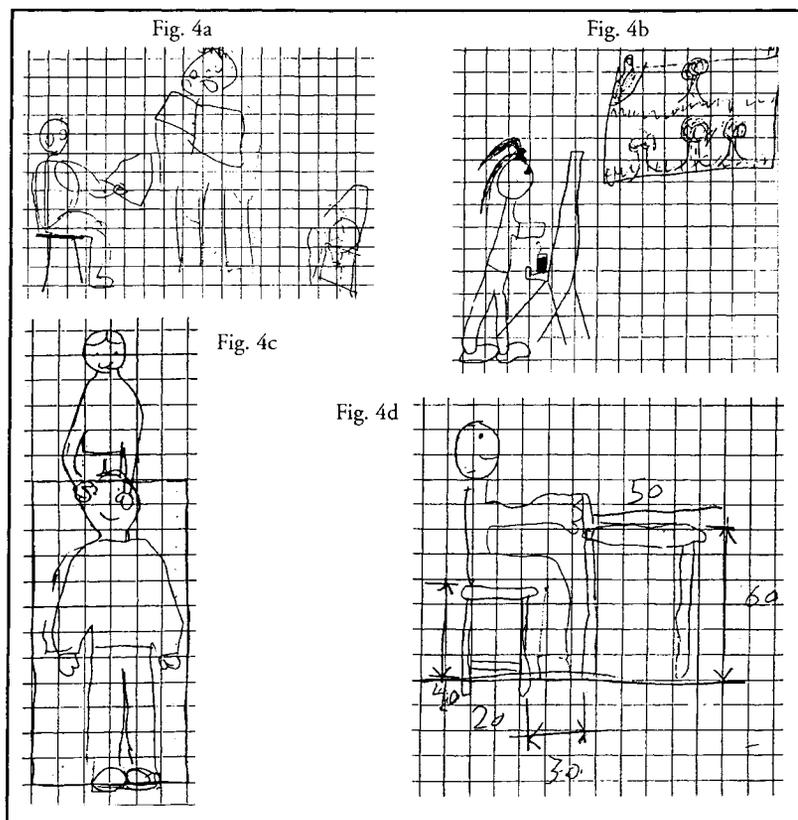


Figure 4 – Différentes vues en élévation (1^{re} et 3^e année)

En revanche, d'autres élèves ont éprouvé des difficultés graphiques pour illustrer leur activité (voir les figures 5a et 5b). Dans la figure 5a, on ne reconnaît pas de perspective, mais plutôt une relation de voisinage entre les objets et un développement plan (première année). Dans la figure 5b, aucun sens des proportions ou de perspective n'est manifesté, on y reconnaît plutôt une représentation topologique de la situation (deuxième année).

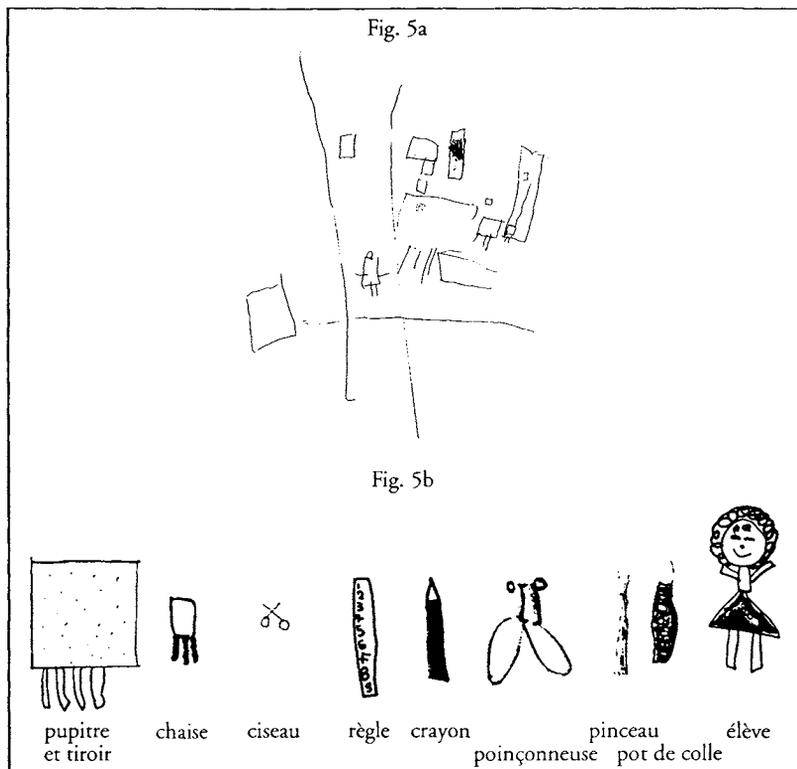


Figure 5 – Expressions du primat topologique (1^{re} et 2^e année)

Pour réaliser les étapes reliées à l'exploitation de l'analogie, de l'idéation et de la synthèse, les élèves étaient amenés à suivre la triade: idée → dessin → maquette. Les travaux devaient refléter les acquis géométriques et les techniques de construction apprises durant les ateliers précédents, afin de réaliser un coin de travail idéal qui correspondrait à des critères (proximité, bien-être, etc.) préalablement déterminés. Les commentaires émis par les élèves de deux des groupes (5-6 et 8-11 ans) sur leur travail de synthèse font ressortir quelques aspects géométriques qui les ont marqués. Le tableau 3 illustre certains produits issus des ateliers sur l'analogie, sur l'idéation et la synthèse pour le groupe des 5-6 ans, comme esquissés en cours d'activité.

Le dessin de l'élève W, appelé bibliothèque, présente une tentative de perspective par les positions respectives de la table, des pattes de la table, de la chaise et de

l'élève. Les proportions sont relativement bien respectées. Dans la maquette correspondante, on retrouve un espace ouvert ayant deux limites, un mur et un plancher, une table qui n'a pas de correspondance directe avec le dessin et la conservation des proportions entre la table, le mur et le personnage. Nous sommes donc en présence d'éléments de proxémique (chaise, table, élève, crayons), de «perspective» (table, pattes, sac) et de métrique (proportions).

L'élève X, avec son analogie portant sur le lit, a perçu différemment la situation. Nous observons plutôt un développement-plan de la représentation de son analogie. Les proportions sont relativement correctes. La maquette illustrant la place de travail est surélevée, mais faute de perspective évidente, le dessin ne nous permet pas de saisir cette idée. Le parallélisme de l'échelle et des tiroirs interdit l'effet de profondeur. Enfin la représentation tridimensionnelle est originale et reflète fidèlement l'analogie.

Pour le groupe des plus grands, l'étude des travaux d'idéation et de synthèse (voir les figures 6a, 6b et 6c) révèle l'appropriation par leurs auteurs de l'ensemble des concepts topologique, projectif et métrique nécessaires à une gestion de leur espace dans la création d'un coin de travail idéal. D'un point de vue topologique, la proxémique se manifeste par la construction d'un espace clos ou semi-ouvert, contrairement à celle des élèves plus jeunes qui favorisaient des espaces ouverts.

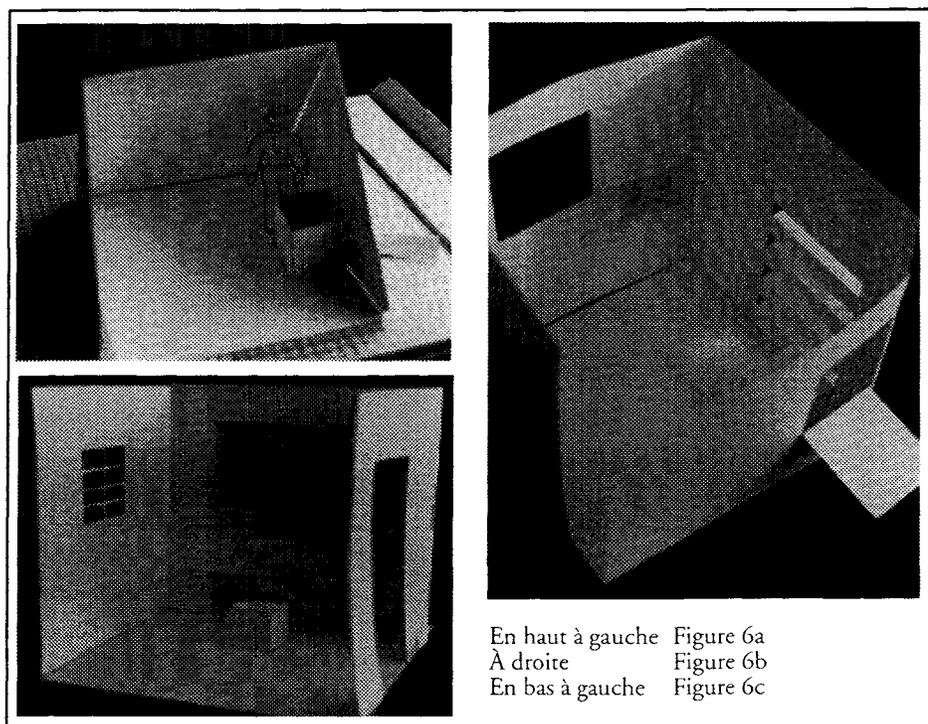
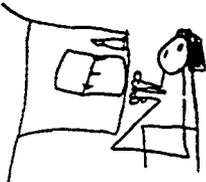
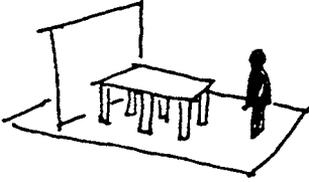
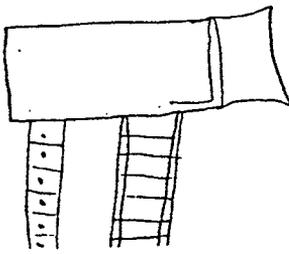
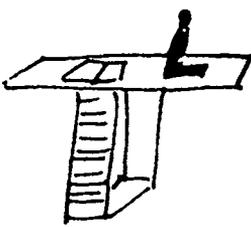
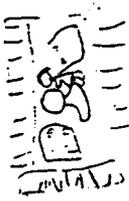
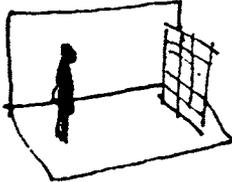
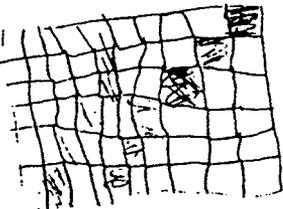


Figure 6 – Espaces clos ou semi-ouverts (5^e et 6^e année)

Tableau 3
Choix analogiques, dessins et croquis de maquettes

É l è v e W	 <p>bibliothèque</p>	 <p>mur et table</p>
É l è v e X	 <p>lit</p>	 <p>échelle et plate-forme</p>
É l è v e Y	 <p>bibliothèque</p>	 <p>mur et étagère</p>
É l è v e Z	 <p>plancher</p>	

Il faut souligner que la disposition physique des espaces de travail dans l'école est en corrélation avec cet aspect de la création des maquettes. C'est dans la transposition des données du croquis à la maquette que nous observons la présence d'éléments projectif, affine et métrique: projectif par la vue en élévation, largement favorisée, affine par le parallélisme exprimé sur le croquis et conservé sur la maquette et enfin métrique, par la mesure réduite selon l'échelle proposée et par la disposition des éléments qui composent la maquette tout en observant les règles de la proxémique.

Conclusion

Depuis les travaux de Piaget et de son équipe en épistémologie génétique, nous connaissons les cheminements des enfants dans l'appropriation des propriétés géométriques de l'espace (du topologique vers le métrique). Ce qui fait défaut, ce sont les outils didactiques permettant à l'enfant de participer activement à cette appropriation et de construire ses perceptions et ses représentations.

Ce dont l'élève a besoin, c'est de mieux se comprendre et de mieux comprendre son environnement. La pédagogie du projet, basée sur un apprentissage par l'action, favorise l'organisation de son expérience intuitive et l'explicitation de son environnement personnel et immédiat. Une notion qui intéresse véritablement les enfants ne pousse pas instantanément. Elle se dégage petit à petit à condition qu'une démarche active sur des objets ait lieu (appelons cela du tâtonnement expérimental ou de l'exploration); il faut surtout que les enfants aient l'occasion de parler de leurs conceptions (Pallascio, 1993).

Les concepts topologiques sont à la portée de tous les élèves de l'ordre primaire. Ceux et celles qui ont vécu ce projet sont à même de comprendre et d'utiliser ces concepts de proxémique. Lors de l'activité de synthèse, le vocabulaire faisait partie du langage courant des élèves pour parler de limites physique ou virtuelle, d'espace ouvert, faiblement ou fortement relié... Ils pouvaient même le justifier par des explications verbales, à l'aide de leur maquette.

D'un point de vue projectif, les dessins des élèves du deuxième cycle (8-11 ans) possédaient des caractéristiques projectives, certes naïves, mais conformes au processus de base du dessin en perspective. Les vues en élévation et quelques-unes en plan sont le reflet de l'apprentissage vécu lors de ce projet. Les manuels scolaires projetant presque uniquement des dessins en perspective cavalière (projection affine qui conserve le parallélisme), l'école ignore généralement les autres types de projection.

L'expérience de la mesure dans ce projet a permis d'observer que c'est à partir de la troisième année que la plupart des élèves acquièrent le sens de la représentation d'un dessin à l'échelle, en conformité avec les données piagétienues en ce qui a trait à l'appropriation de la conservation de la mesure. Le dessin à l'échelle et la transpo-

sition sur une maquette, elle-même à l'échelle par rapport à la réalité, semblent confirmer, comme le montrent les figures 6a à 6c, les compétences acquises par les élèves dans la gestion de leur espace.

NOTES

1. Cette recherche-développement a été financée par le ministère de l'Éducation du Québec et la Commission scolaire Jacques-Cartier.
2. Nos remerciements vont aux enseignantes qui ont accepté volontiers de participer à ce projet: Gaétane Arsenaux, Paulette Coulombe, Johanne Heynemand et Josée Prévost de l'école Les Petits Castors de la Commission scolaire Jacques-Cartier située à Longueuil.
3. «Les niveaux géométriques sont les niveaux topologique, projectif, affine et métrique. Le niveau topologique correspond principalement à l'étude des propriétés d'adjacence et de connexité des structures spatiales, propriétés qui sont conservées à la suite d'une ou de plusieurs déformations continues, telles que l'étirement, le rétrécissement, le pliage ou la torsion. Le niveau projectif correspond principalement à l'étude des propriétés d'incidence et de platitude, qui sont conservées à la suite d'une projection centrale. Le niveau affine correspond principalement à l'étude des propriétés de parallélisme et de convexité, qui sont conservées à la suite d'une projection parallèle. Enfin, le niveau métrique correspond principalement à l'étude des propriétés de distance et d'angulation.» (Pallascio *et al.*, 1990, p. 81).

Abstract – This article reports on a collaboration research project developed with a CIRADE-associated school involved in project teaching. The objectives of this research included the development of tools for exploring and communicating to help the student deal with his work environment, the management of space in his learning, and the evaluation of his spatial needs. The authors' observations provided data to analyse the development of cognitive operations and of geometric abilities for students aged 5 to 12 who are in the process of conceptualizing and managing their work space.

Resumen – Este artículo presenta una investigación realizada con la colaboración de una escuela asociada al CIRADE donde se practica una pedagogía de proyectos. La investigación tiene por objetivos desarrollar herramientas de exploración y comunicación con la finalidad de que los alumnos puedan crear dentro de su ambiente de trabajo, integrar esta administración del espacio a sus aprendizajes y evaluar sus necesidades espaciales. Las observaciones de los investigadores permitieron analizar el desarrollo de las operaciones intelectuales y las competencias geométricas de alumnos de 5 a 12 años en situaciones de concepción y gestión de su propio espacio de trabajo.

Zusammenfassung – Dieser Artikel handelt von einem Forschungsprojekt, das in Zusammenarbeit mit einer Grundschule unternommen wurde, die mit dem CIRADE in Verbindung steht und in der eine projektausgerichtete Pädagogik betrieben wird. Mit dieser Forschung wurde versucht, Experimentier- und Kommunikationsmittel zu entwickeln, um dem Schüler zu helfen, sich in seiner Arbeitsumgebung zurechtzufinden, diese Raumgestaltung in den Lernprozess zu integrieren und seine räumlichen Bedürfnisse abzuschätzen. Die angestellten

Beobachtungen führen zur Analyse der Entwicklung der intellektuellen Verfahren und der geometrischen Kompetenz von fünf- bis zwölfjährigen Schülern, denen erlaubt wurde, ihren eigenen Arbeitsraum zu gestalten und zu verwalten.

RÉFÉRENCES

- Hall, E. (1964). *The hidden dimension*. New York, NY: Doubleday Audio Books. Adapté par J. H. Derome, *Notes de cours: Méthodologie*. Montréal: École d'architecture, Université de Montréal.
- Pallascio, R., Talbot, L., Allaire, R. et Mongeau, P. (1990). L'incidence de l'environnement sur la perception et la représentation d'objets géométriques. *Revue des sciences de l'éducation*, XVI(1), 77-90.
- Pallascio, R., Allaire, R. et Mongeau, P. (1992). Spatial representation and the teaching of geometry. *Structural Topology*, 19, 71-82.
- Pallascio, R. (1992). *Mathématiques instrumentales et projets d'enfants*. Mont-Royal: Éditions Modulo.
- Pallascio, R. (1993). Apprentissage et gestion de l'espace dans une pédagogie du projet à l'école primaire. *Cahiers de l'IUFM de Lyon n° 7*. Conférence donnée à l'Institut universitaire de formation des maîtres de Lyon, 22 mars 1993.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: Presses universitaires de France.

Annexe