

ENSEIGNER LA GEOMETRIE A L'AIDE DE SCHEMAS-CONCEPTS

Helen MANSFIELD,
Curtin University of Technology
Australie Occidentale
John HAPPS,
Murdoch University
Australie Occidentale

Cet article propose un type d'activité adaptable à des élèves de niveaux divers, ayant pour objectif de les amener à expliciter les liens qu'ils établissent entre différents concepts ou propriétés mathématiques.

Un "schéma-concept" consiste en un diagramme formé de boîtes reliées éventuellement par des lignes fléchées. Les boîtes contiennent des concepts, des notions ou des propriétés et une ligne relie entre eux deux concepts considérés comme connexes. Chaque connexion est explicitée sous forme d'un énoncé descriptif porté le long de la ligne tracée.

Les schémas-concepts représentent pour l'enseignant un moyen simple et efficace de suivre l'évolution chez les élèves de la compréhension d'un concept. Dans cet article, notre discussion portera sur les façons dont l'enseignant peut utiliser cette méthode d'apprentissage - plutôt distrayante - dans le but de perfectionner la compréhension des concepts de géométrie et de mesurer les apprentissages de l'élève.

Dans un schéma-concept, les concepts peuvent être présentés de façon hiérarchique, ceux les plus importants figurant au-dessus des autres concepts qui leur sont rattachés, au niveau supérieur du graphique. Cependant, des schémas-concepts révélant une bonne compréhension d'un sujet particulier ne seront pas nécessairement présentés avec un ordre hiérarchique, bien qu'ils puissent englober tous les concepts-clés et les énoncés descriptifs requis. Ces derniers peuvent, à eux seuls, révéler le type de relation à percevoir entre les concepts.

La figure 1 est un **exemple de schéma-concept proposé par des enseignants, sur les quadrilatères**¹. Les concepts et les énoncés descriptifs qui les associent illustrent une certaine compréhension des quadrilatères. Dans le cadre d'un ensemble de séquences sur une notion donnée, on pourra demander aux élèves

¹ Nous avons choisi de reproduire les productions des enseignants et des élèves telles qu'elles ont été fournies. Une traduction en français est proposée en fin d'article pour tous les mots ou expressions utilisés dans ces schémas.

de dessiner leur propre schéma. Ceux-ci pourront ensuite être comparés entre eux et discutés en commun, tant au sujet des concepts choisis que sur la pertinence des liaisons décrites. Ce débat peut aboutir à des modifications des schémas-concepts proposés par les élèves.

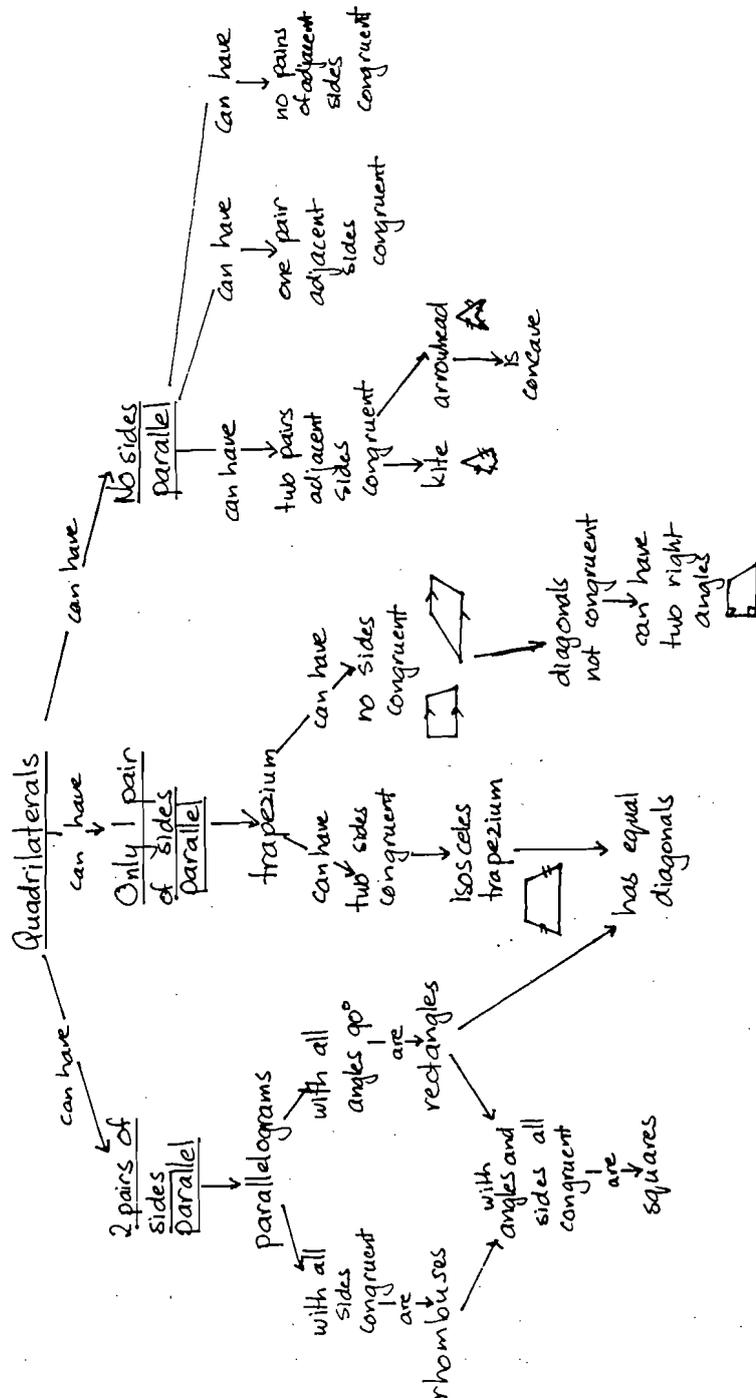


Figure 1 Exemple de schéma-concept fourni par des enseignants sur les quadrilatères

L'enseignant peut aussi donner l'occasion à l'élève de montrer son schéma à la classe et de justifier pourquoi il a relié certains concepts à d'autres. Ceci est un moyen de repérer des difficultés spécifiques rencontrées par sa classe. Dans ce sens, la

connaissance par l'enseignant des schémas-concepts émanant des élèves lui permettront de faire des choix raisonnés pour la poursuite des séquences sur la notion, en prenant en compte les difficultés que les schémas ont permis d'identifier.

1. Les schémas-concepts comme activité d'apprentissage

Nous avons utilisé la réalisation de schémas-concepts pour l'enseignement de concepts se rapportant aux polyèdres chez des étudiants de 18 ans. Nous avons constaté que ce type d'activité stimule le débat et est susceptible de déclencher des apprentissages repérables. Les discussions sur les schémas proposés ont permis à ces étudiants d'exprimer leurs idées, d'apprécier les idées des autres et, le cas échéant, de modifier leurs propres opinions.

Le problème consistait à expliciter les notions principales associées aux polyèdres et leur classement en plusieurs catégories. Les étudiants devaient travailler en groupes pour parvenir à un accord sur les concepts énumérés et les relations qui caractérisaient les concepts de chaque catégorie. Ils devaient ensuite tracer des flèches entre les concepts et écrire des énoncés descriptifs pour chacune d'elles. Enfin, il leur a été demandé de comparer les schémas-concepts entre eux et de débattre ensemble pour rendre compte des différences existant entre les différents schémas-concepts élaborés.

Les figures 2 et 3 illustrent deux exemples de schémas-concepts sur les polyèdres conçus par deux groupes différents.

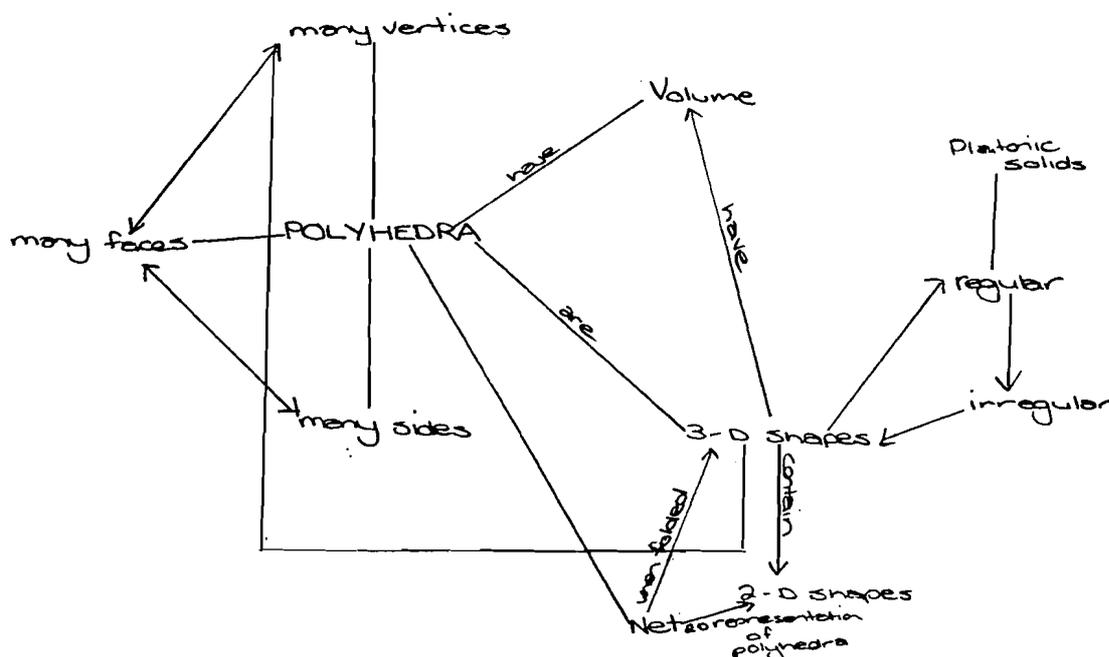


Figure 2 Schéma-concept des élèves du premier groupe sur les polyèdres

La figure 2 montre que les étudiants de ce groupe étaient capables d'associer certains concepts sur les polyèdres de manière structurée et que les concepts considérés par eux comme importants sont le volume des figures à trois dimensions, les éléments relatifs à leurs aires et les caractéristiques des développements² à partir desquels les polyèdres peuvent être construits. Ce schéma montre la prise en compte du caractère régulier ou irrégulier de ces formes à trois dimensions. On constate que les liens sont peu ou pas explicités (il n'y a pas d'information sur leur signification) alors que la direction des flèches d'un concept à l'autre suggère pourtant l'éventualité d'une compréhension vague des relations entre les concepts.

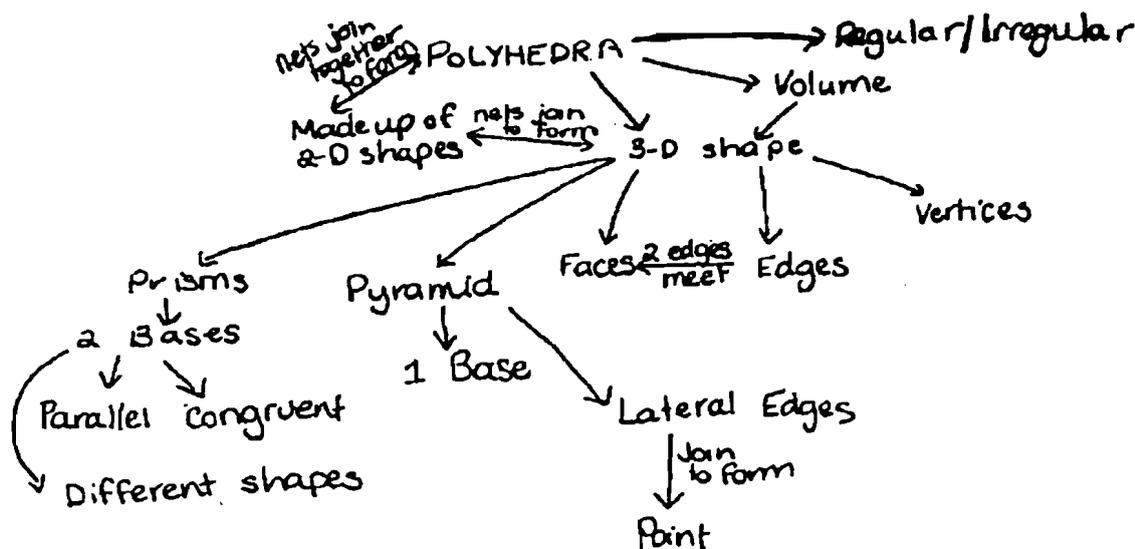


Figure 3 Schéma-concept des élèves du second groupe sur les polyèdres

La figure 3 montre que les étudiants de ce groupe étaient en mesure de relier des concepts relatifs aux particularités de l'aire des polyèdres, à leurs développements et à l'existence de formes régulières et irrégulières. De même, ce groupe a vu qu'il y a des relations entre les caractéristiques des prismes et celles des pyramides, considérés comme des exemples de formes tridimensionnelles. Par contre, ces étudiants n'ont pas été en mesure de relier ces cas particuliers de formes 3-D avec la notion de régularité.

Une fois ces schémas terminés et échangés, les étudiants ont débattu sur les différences qui s'y manifestaient et en tirèrent la conclusion qu'ils n'avaient pas vraiment compris les notions de régulier/irrégulier appliquées aux polyèdres. Nous avons donc proposé aux étudiants d'explorer davantage ces notions, mais aussi de considérer leurs schémas sous l'angle du nombre de concepts utilisés et de liaisons établies. Les étudiants ont ensuite dessiné de nouveaux diagrammes en résumant les concepts qu'ils associaient aux polyèdres, tandis qu'ils rédigeaient les énoncés descriptifs appropriés pour rejoindre entre eux ces mêmes concepts.

Nous avons constaté que cette activité a permis aux étudiants d'exprimer clairement leurs vues initiales sur les polyèdres et de les modifier grâce aux discussions en groupe et à l'apport d'informations complémentaires données par l'enseignant au fur et à mesure qu'il prenait conscience des difficultés. Les étudiants

² le *développement* est un type de représentation plane d'un objet de l'espace correspondant à une maquette que l'on peut découper pour reconstruire l'objet en trois dimensions.

ont été ainsi placés dans une situation où ils pouvaient élaborer et modifier eux-mêmes leur conception des polyèdres. Nous faisons l'hypothèse que la compréhension des polyèdres acquise par cette méthode est plus significative et plus durable.

2. Les schémas-concepts comme moyen d'évaluation de la compréhension des élèves

Dans une étude menée sur une grande échelle auprès de lycéens de douze ans, en Australie Occidentale, sur leurs représentations des *lignes parallèles*, nous avons utilisé les schémas-concepts pour obtenir des informations sur la compréhension individuelle des élèves sur cette notion. Avant la séquence, nous leur avons demandé de concevoir des schémas-concepts sur ce thème. Puis, après un programme d'enseignement de quatre sessions au cours desquelles de nouvelles stratégies étaient mises à l'essai, les élèves ont dû construire un nouveau schéma.

L'introduction aux schémas-concepts s'est faite, au départ, en montrant un exemple de schéma-concept "générique" - c'est-à-dire comprenant des concepts-clés et des liaisons-types - relatif à un autre thème mathématique. Nous avons ensuite demandé aux élèves de bâtir un schéma à partir de onze propriétés ou notions concernant les parallèles, dont voici la liste : lignes parallèles, coplanaire, vertical, longueur égale, droit, intersecter, oblique, même direction, courbe, équidistant et côte à côte. Les étudiants devaient relier ces notions entre elles par des énoncés descriptifs et, s'ils le désiraient, ajouter d'autres notions au sujet des parallèles.

Les schémas-concepts fournis par les élèves ont permis de repérer facilement les idées incorrectes des lycéens, tout en nous permettant de reconnaître aussi leurs lacunes. L'omission d'une seule des onze notions pouvait suggérer qu'ils ne comprenaient pas ou n'étaient pas familier avec son appellation, ou encore qu'ils n'étaient pas en mesure de relier cette notion avec les autres énumérées dans la liste.

Les figures 4 et 5 représentent les deux schémas-concepts conçus par une élève, Jillian, l'un avant la série de quatre leçons de base sur les parallèles, l'autre après.

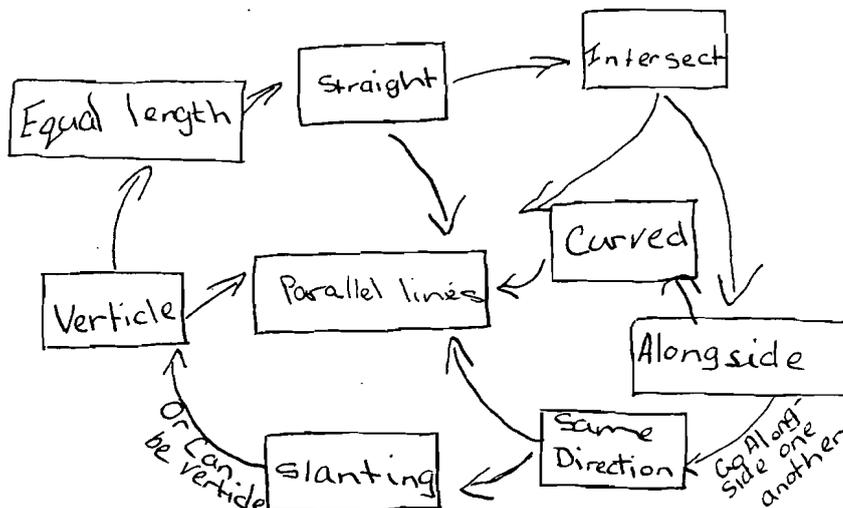


Figure 4 Le schéma-concept pré-test de Jillian sur les parallèles

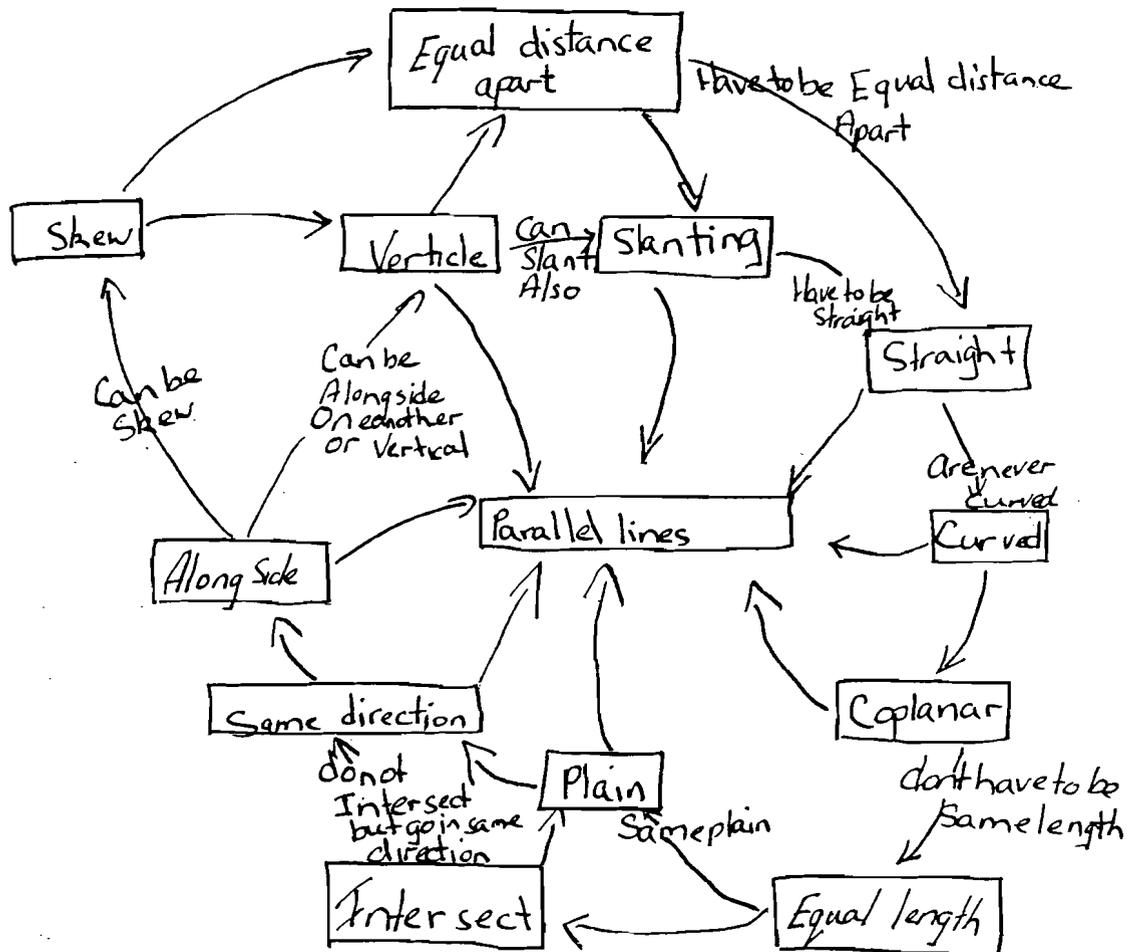


Figure 5 Le schéma-concept post-test de Jillian sur les parallèles

Dans le pré-test, Jillian a utilisé les huit concepts ou notions suivants : *longueur égale, droit, intersecter, courbe, côte à côte, même direction, oblique* et *vertical*. Elle a placé le concept *lignes parallèles* au centre de son schéma et les autres autour. Elle a fourni deux énoncés descriptifs qui indiquaient que des parallèles peuvent «aller l'une à côté de l'autre» et qu'elles «peuvent être verticales».

Dans le post-test, Jillian a utilisé les douze concepts ou notions suivants : *de biais, vertical, oblique, droit, distance égale, courbe, côte à côte, même direction, plan, coplanaire, longueur égale* et *intersecter*. Là encore, elle a placé le concept de *lignes parallèles* au centre de son diagramme. Alors qu'elle n'avait donné que deux descriptions dans le premier schéma, elle en a formulé neuf dans le deuxième. Elle a reconnu que des parallèles peuvent être équidistantes, obliques, droites, verticales et de biais, qu'elles n'ont pas à avoir la même longueur, qu'elles ne peuvent se couper mais qu'elles doivent être dans un même plan.

Il est clair que Jillian montre un apprentissage concernant le concept de lignes parallèles. Elle a été capable, dans la post-test, d'intégrer plus de notions dans son schéma et aussi de fournir plus de descriptions qui manifestaient toutes sa compréhension des concepts et de leurs relations. Le schéma-concept postest de Jillian sur les parallèles est beaucoup plus riche que le premier et, si on lui avait donné la

possibilité de comparer son schéma avec celui de ses camarades ou de l'enseignant, on aurait pu lui faire rajouter des descriptions au sujet des notions telles que *coplanaire* et *en biais*. Cependant, bien que Jillian ait utilisé tous les concepts fournis, plus un concept supplémentaire, il n'est pas sûr qu'elle ait totalement assimilé les liens entre les concepts ou le sens de chaque concept.

Nous allons étudier maintenant un autre exemple, celui d'Anita. Les schémas-concepts pré-test et post-test d'Anita sont reproduits dans les figures 6 et 7 ci-après.

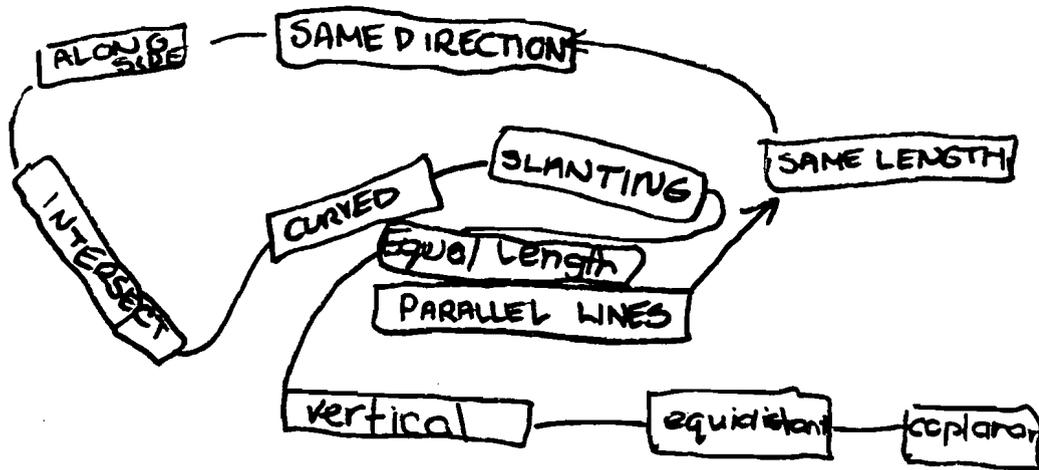


Figure 6 Le schéma-concept pré-test d'Anita sur les parallèles

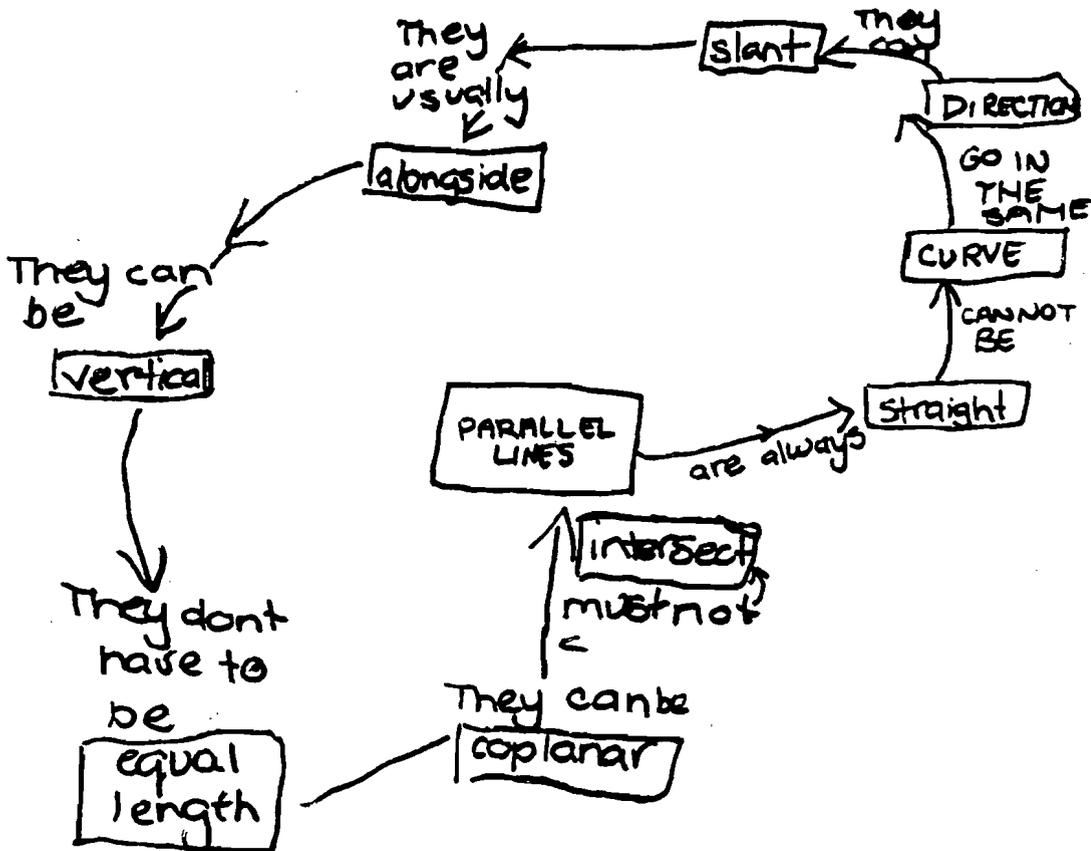


Figure 7 Le schéma-concept post-test d'Anita sur les parallèles

Dans son premier schéma-concept, Anita a associé les onze concepts fournis mais n'a donné aucun énoncé descriptif des connexions entre eux. Bien qu'elle ait effectivement relié les concepts par des traits, rien n'indiquait pourquoi une notion telle que *vertical* était placée entre celles d'*équidistant* et de *longueur égale*. Il est clair que certaines liaisons de son schéma avaient été faites au hasard. Deux lignes seulement comportaient une flèche, ce qui empêchait de repérer de quelle manière Anita considérait les connexions entre les concepts.

Son deuxième schéma englobait dix concepts, le seul omis par l'élève étant celui d'*équidistant*. Elle a relié ceux-ci au moyen de neuf descriptions, attestant de la connaissance que les lignes parallèles vont dans la même direction, ne peuvent être courbes, peuvent être obliques, verticales, coplanaires, ne doivent pas s'intersecter et qu'elles n'ont pas à être de longueur égale.

En comparant ces deux diagrammes, il est évident que la compréhension d'Anita en ce qui concerne les concepts pertinents et leurs relations s'est grandement développée.

Dans une telle séquence d'enseignement, il pourrait être intéressant de demander à Jillian et à Anita d'expliquer à leur groupe la nature des divergences entre leur premier schéma et leur dernier. Ce faisant, elles seraient encouragées à mieux expliquer les connexions entre concepts tout en révélant les notions dont elles n'étaient toujours pas sûres. L'enseignant pourrait suggérer à d'autres élèves de leurs groupes respectifs d'aider Jillian et Anita à remplir les énoncés entre les concepts et à avancer leurs propres explications en ce qui concerne les concepts peu clairs.

La construction de schémas-concepts offrent donc aussi à l'enseignant la possibilité de quantifier les réponses des élèves afin d'évaluer l'apprentissage. Peut-être que la chance donnée aux élèves de réfléchir sur les relations entre des concepts est d'importance majeure, parce qu'elle oblige à l'explicitation de ces relations. On peut organiser soit un travail individuel, soit un travail en groupe dans lequel chaque élève doit expliquer son schéma-concept aux autres. De plus, les concepts non appris ressortent clairement aussi bien aux yeux du professeur qu'aux yeux de la classe de sorte que l'enseignement peut se centrer sur l'amélioration des schémas puisqu'ils vont refléter à leur tour une meilleure compréhension.

3. Intégrer les schémas-concepts dans un programme d'enseignement

Ces schémas peuvent servir à l'enseignant comme aide à l'apprentissage de la plupart des sujets de géométrie. Il lui faut identifier le thème à enseigner et faire la liste des concepts-clés dont les élèves ont besoin au fur et à mesure des séquences d'enseignement. Cela fait, l'enseignant peut inscrire une série d'énoncés descriptifs brefs qui mettent en relief la façon dont les concepts sont associés. A partir de là, il est possible de dessiner un schéma-concept «modèle» pour le thème en question et il peut s'avérer utile, par exemple, de confronter les concepts et les propositions pris en compte avec ceux du schéma-concept d'un autre enseignant.

La classe peut concevoir les schémas-concepts de départ en employant les concepts fournis. Comme nous l'avons dit ci-dessus, on peut le faire individuellement ou en groupes. Les élèves discuteront ensuite des différents schémas pour comprendre pourquoi certains concepts et certaines descriptions figurent et d'autres pas, faute d'avoir été bien assimilés. Au fur et à mesure du déroulement des cours, les stratégies seront infléchies pour accroître ou modifier les connaissances déjà acquises. A différentes étapes du programme d'instruction, on donnera à la classe l'occasion de réfléchir sur des schémas-concepts, voire les modifier.

Vers la fin des sessions d'enseignement, l'enseignant pourra montrer aux élèves son propre schéma incluant les concepts et connexions traités jusque-là. Les élèves pourront alors le comparer avec leur propre diagramme et identifier les concepts et rapports qu'ils ne conçoivent pas de la même manière que l'enseignant. Cela peut aider ce dernier à décider quelles activités supplémentaires mettre en œuvre dans la classe. Vers la fin du programme d'enseignement, les étudiants devraient en être venus à apprécier les similarités et différences entre leur schéma-concept et le schéma «modèle» préparé par l'enseignant. De cette manière, on peut progressivement aboutir à la compréhension des raisons pour lesquelles le schéma du professeur a un certain format et pas un autre.

Nous avons constaté que, pour que les élèves arrivent à un schéma-concept final satisfaisant, il est important d'utiliser des moyens comme les discussions de groupe, l'énonciation de points de vue non orthodoxes et l'acceptation éventuelle d'autres points de vue, y compris, mais pas exclusivement ceux de l'enseignant. Ce qui importe le plus, c'est que les élèves soient impliqués dans une série de démarches qui les encouragent à constamment réfléchir sur leur propre apprentissage et à modifier leur façon de penser au fur et à mesure de l'enseignement. La mise en schéma de concepts offre à l'élève une approche dynamique, interactive et constructive qui a toutes les chances de l'intéresser et de promouvoir des changements conceptuels durables.

Il nous reste à préciser que les schémas-concepts sont des **outils** - d'apprentissage pour l'élève et d'enseignement pour l'enseignant. Il faut se garder qu'ils deviennent eux-mêmes des objets d'enseignement ou uniquement des outils d'évaluation : c'est le travail d'élaboration de ces schémas qui est important pour l'apprentissage et non le résultat final.

Traduction de certains mots ou expressions employés dans les schémas

rhombus(es)	losange(s)
pair of sides parallel	paire de côtés parallèles
kite	cerf-volant
arrowhead	pointe (de flèche)
vertice ans edge	sommet et arrête
3-D shapes	figures en 3 dimensions
net	développement (type de représentation plane)
equal length	longueur égale
curved and straight	courbe et droit (par opposition à courbe)
slanting	direction, inclinaison
skew	oblique
plain	erreur d'orthographe pour "plane" : plan