

Développement cognitif et apprentissages scolaires : l'exemple de l'acquisition du concept d'angle

*René Baldy, Claude Devichi,
Florence Aubert,
Valérie Munier, Hélène Merle,
Jean-Michel Dusseau, Jean-François Favrat*

Ce travail présente quelques modèles du développement cognitif. Il rappelle ensuite certains aspects de l'approche piagétienne ainsi que les travaux anglo-saxons et français sur l'acquisition du concept d'angle. Ces travaux montrent que le concept d'angle se construit sur un temps long et mettent en lumière plusieurs obstacles, notamment le fait que la valeur de l'angle ne dépend pas de la longueur de ses côtés). Nous proposons quelques observations de notre groupe de recherche relatives au développement du concept d'angle et à l'évaluation de deux séquences d'enseignement à partir de la situation de l'angle de vision. Ces résultats mettent en lumière les difficultés des élèves pour acquérir les propriétés pertinentes du concept d'angle. Leur discussion nous amène à nous interroger sur l'articulation entre espace sensible et concepts géométriques, sur le statut de l'angle droit et sur le rôle de la verbalisation.

Descripteurs (TEE) : apprentissage, développement cognitif, formation de concept, géométrie, perception de l'espace, rythme d'apprentissage, temps d'acquisition, verbalisation.

INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrat de recherche interdisciplinaire *École et sciences cognitives* et porte sur « La dynamique des apprentissages : des fonctions cognitives à l'élaboration des connaissances » (1). Il traite en particulier de l'acquisition du concept d'angle par les enfants du cycle 3 de l'école élémentaire dans une perspective qui tente

d'intégrer les approches didactique et psychologique sans que l'une des disciplines ne soit au service de l'autre. De nombreux auteurs (Balacheff, 1988 ; Berdonneau, 1981 ; Berthelot & Salin, 1994 ; Mitchelmore & White, 1998) soulignent que le concept mathématique d'angle est plus abstrait qu'on ne le pense habituellement. L'objet scolaire angle, différent de l'objet mathématique, donne souvent lieu à des conceptions erronées qui résistent à

(1) Ce contrat a pour titre *Des phénomènes physiques à la construction de connaissances géométriques : approche didactico-psychologique*. Il est dirigé par René Baldy et Jean-Michel Dusseau.

l'enseignement. L'une de ces conceptions consiste à négliger l'écartement pour considérer que la longueur des côtés est la grandeur pertinente de l'angle. C'est à ce type de problèmes pédagogiques que notre travail tente d'apporter des solutions. Nous présentons brièvement les cadres théoriques auxquels il est possible de se référer. Nous rappelons quelques concepts généraux de la théorie piagétienne et les idées principales qui structurent les travaux de Piaget et de ses collaborateurs sur l'espace. Puis nous résumons les résultats principaux des travaux anglo-saxons et français sur cette question. Enfin, nous présentons les premières analyses du travail mené par notre groupe sur le développement du concept d'angle et sur l'évaluation de séquences d'enseignement.

QUELQUES MODÈLES THÉORIQUES DU DÉVELOPPEMENT COGNITIF

Comme le note Bideaud (1999), nous disposons actuellement d'une dizaine de théories du développement proposant des descriptions plus ou moins hétérogènes. Certaines, a-développementales, considèrent que le fonctionnement de modules, pré-programmés et soumis à maturation, est déclenché par l'environnement, d'autres s'inscrivent assez largement dans une épistémologie constructiviste. Cependant, contrairement au modèle piagétien du sujet épistémique qui « gelait » les différences intra- et inter-individuelles pour privilégier la cohérence structurelle de la pensée de l'enfant, les modèles actuels du développement insistent sur la variabilité et la pluralité des modes de pensée et d'agir et sur la récursivité des processus en jeu. Dans une approche néodarwinienne, Siegler (2000) suggère qu'à tout moment du développement, le sujet dispose de plusieurs modes de pensée ou d'action en compétition, les plus efficaces étant plus souvent utilisés que les autres et donc sélectionnés. Pour Karmiloff-Smith (1992), le développement relève d'un double processus de modularisation et de re-description des représentations. Le premier caractérise l'automatisation des conduites alors que le second opère une série d'abstractions sur des représentations jusque-là encapsulées dans les procédures, ce qui rend la conduite plus flexible. Ce processus d'abstraction est proche de celui défini par Piaget (1974 & 1975) et sur lequel s'appuient Mitchelmore et White (cf. ci-dessous). On retrouve ces deux types de processus dans le modèle proposé par Mounoud (1993) qui postule que les connaissances sont construites en interaction avec les environnements du sujet et s'organisent dans deux

systèmes qui entretiennent des rapports changeants : des connaissances directes, constituées, sont encapsulées dans des procédures automatiques et des connaissances réflexives en élaboration, basées sur de nouvelles capacités de codage représentationnel plus abstrait, aboutissent à de nouveaux points de vue (Mounoud, 2000), entraînent des désadaptations transitoires et contraignent le système à expérimenter de nouvelles procédures. Ainsi, la dynamique du développement n'est pas dans l'action comme le soutenait Piaget, mais dans le processus récursif qui modifie les rapports entre deux systèmes de connaissances simultanément actifs. On trouve des conceptions voisines chez Lautrey (1990) lorsqu'il situe la source du développement dans l'articulation entre deux modes de représentation et de traitement : le codage analogique largement implicite (traitement holistique) et le codage propositionnel explicitable (traitement analytique). L'existence de plusieurs systèmes de connaissances ou de plusieurs modes de pensée et d'action soulève la question de la fonctionnalité et du caractère situé ou contextualisé des connaissances. Il est clair que la rationalité de l'organisation des connaissances acquises par un individu est celle de leur utilité écologique et non la logique sémantique des connaissances générales telles qu'elles figurent dans les encyclopédies. Les connaissances enseignées à l'école sont à l'interface : elles résultent d'une transposition des connaissances générales (le savoir savant) qui s'efforce de les rendre compatibles avec l'organisation fonctionnelle des connaissances antérieures de l'élève. En effet, dans les mémoires du sujet individuel, les connaissances s'organisent en « contextes fonctionnels (les points de vue) » (Bastien, 1997, p. 35 ; voir également dans ce numéro) selon les tâches dans lesquelles elles ont été acquises et qu'elles doivent permettre de traiter. Elles sont donc contextualisées au sens où le contexte est un élément constitutif de leur organisation. Plus généralement, les contenus de connaissances fonctionnellement organisés pénètrent la cognition si bien que l'on ne peut pas parler de raisonnement indépendant de la spécificité des contenus traités. Les modèles développementaux présentés suggèrent que les connaissances implicites et dépendantes du contexte fonctionnel de leur acquisition sont re-décrites dans un format plus abstrait qui les rend accessibles aux processus cognitifs centraux et par là, généralisables à d'autres contextes. Qu'en est-il du concept d'angle ? Comment est-il abstrait du réel ? Les travaux anglo-saxons ou français qui traitent de ces questions se réfèrent explicitement à l'approche piagétienne de la représentation de l'espace. Les premiers insistent sur l'abstraction des propriétés

de l'angle à partir des connaissances informelles de l'enfant sur les situations physiques, les seconds privilégient le rapport à construire entre les connaissances spatiales acquises par l'enfant et les notions géométriques qui lui sont enseignées. Avant d'aborder ces travaux, nous résumons donc dans la partie suivante les idées principales qui sous-tendent les analyses piagétienne sur l'espace.

REPRÉSENTATION, ESPACE ET CONCEPT D'ANGLE

Si les observations piagétienne sur les compétences perceptives du nourrisson ont été remises en cause depuis longtemps (Lécuyer, 1989), celles sur la représentation de l'espace chez l'enfant ont globalement été validées dans des travaux déjà anciens (Laurendeau & Pinard, 1968). Dans cette approche, la représentation ne prolonge pas la perception mais l'activité perceptive elle-même c'est-à-dire les anticipations, comparaisons et coordinations qui accompagnent la perception (cf. la distinction entre les aspects figuratifs et opératifs de la pensée). Ainsi, la représentation mentale d'une forme telle qu'un angle s'effectue à partir des qualités inhérentes à la forme elle-même et des actions que le sujet y applique. C'est la coordination des actions qui confère à l'angle son caractère géométrique et non pas seulement physique. Se représenter la forme c'est donc imiter son exploration (par exemple, l'angle résulte de la coordination de deux mouvements rectilignes qui convergent vers un même point ou qui, partant de ce point, en divergent).

Quelle est la place du concept d'angle dans le développement de la représentation de l'espace ? La construction de l'espace s'effectue sur deux plans distincts : celui de la perception et de l'action et celui de la représentation. À partir de deux ans, tout ce qui a été acquis sur le plan de la perception et de l'action est reconstruit sur le plan de la représentation. Cependant, le développement perceptivo-moteur ne s'arrête pas à deux ans, si bien que la représentation ne remplace pas la perception mais la double. On retrouve ici la possibilité d'un double codage, perceptif et représentationnel et d'une interaction (cf. Baldy, Devichi & Chatillon, 2004) entre des stratégies qui relèvent de la perception de l'espace et d'autres qui relèvent de sa représentation, sans qu'il soit toujours facile de distinguer entre les deux. L'approche piagétienne classique décrit les rapports spatiaux à partir des géométries topologique, projective et euclidienne. S'intéresser à la construction de l'espace, c'est s'intéresser aux rapports géométriques que le sujet est capable de prendre en compte. La construc-

tion des rapports topologiques précède l'organisation simultanément euclidienne et projective de l'espace. L'espace topologique est un espace qualitatif qui repose sur la distinction de couples tels que dedans/dehors, près/loin, ouvert/fermé, etc. et qui ne s'appuie sur aucune localisation repérée ni sur aucune forme conservée. L'espace projectif et l'espace euclidien impliquent une coordination d'ensemble reliant les éléments les uns aux autres soit dans un système de mises en relations de points de vue (espace projectif) soit dans un système de coordonnées (espace euclidien). Les travaux piagétiens (Piaget & Inhelder, 1947 ; Piaget, Inhelder & Szeminska, 1948) montrent que le passage des rapports topologiques aux rapports euclidiens débute vers quatre ans par un premier niveau d'abstraction de l'angle qui permet à l'enfant de distinguer consciemment les formes curvilignes des formes rectilignes. Les auteurs notent que « ce n'est pas la droite comme telle, qui est opposée par l'enfant aux formes curvilignes, mais le complexe de droites qu'est l'angle » (Piaget & Inhelder, 1947, p. 44). Cette abstraction s'achève vers douze ans avec la mesure de l'écartement. Les travaux des didacticiens montrent que les acquisitions scolaires relatives à l'angle accompagnent cette longue élaboration psychologique de l'espace. Dans la partie suivante, nous abordons l'apprentissage du concept d'angle en considérant les travaux anglo-saxons et français.

L'APPRENTISSAGE DU CONCEPT D'ANGLE

On distinguera les travaux anglo-saxons et les travaux français car si tous trouvent leur origine dans les conceptions piagétienne les premiers insistent sur le processus d'abstraction de similitudes de plus en plus profondes entre différentes « situations angulaires » telles que celles présentées dans la figure 1 alors que les seconds se centrent plus spécifiquement sur l'établissement de rapports entre les connaissances spatiales et les connaissances géométriques. Cette distinction s'impose d'autant plus que dans la littérature ces approches apparaissent comme relativement indépendantes.

Les travaux anglo-saxons

Conformément à l'approche piagétienne et à la théorie de van Hiele (1986), Mitchelmore et White (1995, 1998 & 2000) et White et Mitchelmore (2003) proposent une théorie de l'apprentissage par abstraction et généralisation inspirée directement des travaux de Piaget

sur ces questions. Mitchelmore (1997) définit trois niveaux d'acquisition du concept d'angle : situé, contextualisé et abstrait. Le niveau situé résulte des connaissances « informelles » acquises durant la petite enfance grâce au rapprochement de situations présentant des similarités de surface. Ce sont des connaissances « situées », c'est-à-dire spécifiques à une situation (Mitchelmore, 1997, p. 1). Au niveau contextualisé, atteint à la fin de la scolarité primaire, les enfants reconnaissent des similarités plus profondes entre différentes situations physiques susceptibles d'être représentées par une figure géométrique commune et commencent à former des contextes différents (rotation, inclinaison, etc.) exigeant des figures différentes. Au niveau abstrait, acquis au cours des études secondaires, l'enfant réalise que si les contextes sont différents, ils ont aussi quelque chose en commun et que cet aspect commun est le concept d'angle. Toutefois, l'auteur observe que les contextes sont abordés de façon si spécifique et que leurs différences sont psychologiquement si prégnantes que « l'on peut se demander si l'émergence d'un concept

général est possible » (Mitchelmore, 1997, p. 16). Les auteurs proposent des séquences comportant trois étapes basées sur cette analyse. Dans l'étape de la familiarité, les élèves explorent des situations séparément : porte, ciseaux, etc. Dans l'étape de la similarité, ils procèdent à des comparaisons d'angles et « découvrent » que la longueur des côtés n'est pas pertinente. L'étape de la réification s'appuie sur le dessin de l'angle, les propriétés des différents types d'angles et la verbalisation d'une définition. Elle correspond à l'abstraction du concept. D'un point de vue pratique, les auteurs encouragent les enseignants à proposer des situations dans lesquelles un ou deux côtés de l'angle doivent être construits (rotation d'un objet autour d'un axe) et d'étendre le nombre de contextes englobés par le concept. Mitchelmore et White (1998) proposent une classification des situations d'angles basée sur des similarités de surface accessibles aux enfants qui comprend sept classes divisées en deux (cf. figure 1). L'évaluation de l'efficacité des séquences (quinze leçons) basées sur ces principes avec des élèves de grades 3 et 4 (CE2 et CM1) montre que le

1 - Rotation réelle ou imaginaire autour d'un axe fixe	a. non limitée : rotation du corps b. limitée : bouton de porte
2 - Rencontre : objet comportant deux éléments linéaires distincts	a. incidence : lame de canif b. croisement : ciseaux
3 - Inclinaison : déviation par rapport à l'horizontale ou la verticale	a. ligne : poteaux sur la montagne b. plan : pente du toit
4 - Coin : partie d'un objet rigide formant un angle avec deux côtés visibles	a. deux plans : qui forment un angle comme les murs et le sol b. deux arêtes : qui forment un angle plan comme le coin de la table
5 - Courbure : deux ou plusieurs segments linéaires	a. objets : tournant de la route b. trajets : déplacement d'un objet
6 - Direction : déviation d'une ligne par rapport à une ligne fixe imaginaire	a. objet : aiguille de la boussole b. trajet : mouvement d'un bateau
7 - Ouverture : région de l'espace délimitée par deux rayons partant du même point	a. solide : éventail b. fluide : cône lumineux de la lampe

Figure 1. – Les sept classes de situations de Mitchelmore et White (1998)

concept construit par les enfants n'est pas encore général et que lorsqu'ils reconnaissent un angle dans deux contextes cela ne garantit pas qu'ils mobilisent le même concept. Les auteurs considèrent même que les progrès enregistrés sont probablement liés à l'expérience quotidienne et non à l'enseignement.

Comme le montrent ces situations, le concept d'angle peut être modélisé de façon dynamique et/ou statique. Wilson et Adams (1992) considèrent qu'une présentation dynamique impliquant une rotation est bien adaptée à la compréhension des élèves de l'école élémentaire car elle ancre le concept dans l'expérience concrète et corporelle de l'enfant. De plus, la rotation peut être un bon moyen pour introduire la mesure : « plus ça tourne, plus l'angle est grand ». Cependant, l'expression « angle de rotation » suppose que l'élève conceptualise la rotation en terme d'angle. Or, Mitchelmore (1997 & 1998) considère que les enfants ne relient pas rotation et angle. On peut souligner que cette observation est compatible avec les résultats de Piaget et Inhelder (1963 & 1966) sur le développement de l'image mentale cinétique, de Marmor (1975) sur le développement des rotations mentales et avec le rapprochement de ces deux séries de recherches établi par Lautrey et Chartier (1987) à partir de l'articulation entre le codage analogique de la rotation et le codage propositionnel de l'image mentale cinétique (cf. Lautrey, 1990). Si l'on opte pour une présentation dynamique du concept d'angle, il est donc nécessaire d'insister sur la reconceptualisation de la rotation comme le déplacement d'un rayon qui passe d'une position à une autre, ce qui forme l'angle.

De plus, le concept d'angle possède un exemplaire prototypique (l'angle droit) à l'origine d'obstacles (cf. Hershkowitz, 1990 ; Satlow & Newcombe, 1998). On sait que vers cinq ans, les enfants ont acquis l'intuition de l'angle droit et du parallélisme et ont tendance à produire des angles droits dans de nombreuses situations : les bras du bonhomme sont perpendiculaires à l'axe du corps, la cheminée est perpendiculaire à la pente du toit (Baldy, 2002), le niveau de l'eau est perpendiculaire au côté de la bouteille inclinée et les arbres perpendiculaires à la pente de la montagne (Baldy, Devichi & Chatillon, 2004 ; Piaget & Inhelder, 1947). Toutefois certains enfants croient que les angles droits ne sont pas des angles alors que d'autres croient que seuls les angles droits sont des angles.

Les travaux français

Les recommandations officielles du ministère de l'Éducation nationale (France, 2002) indiquent qu'au

cycle 3 (CE2, CM1 et CM2) l'objectif des enseignements est de permettre aux élèves de se familiariser avec les objets du plan et de l'espace et de favoriser la mise en place d'images mentales pour les principaux concepts rencontrés. L'enseignement de la géométrie recouvre des connaissances spatiales et géométriques et ne vise pas des connaissances formelles mais fonctionnelles. Dans le domaine des angles, les instructions officielles indiquent que les élèves du cycle 3 doivent comparer des angles, reproduire un angle et tracer un angle droit, ainsi qu'un angle égal à la moitié, le quart ou le tiers d'un angle droit. La mesure de l'angle ne relève pas de l'école élémentaire.

Chevallard et Julien (1991, p. 52) notent que « la géométrie part du monde sensible pour le constituer en monde géométrique ». Cependant, Berthelot et Salin (1994), en se référant eux aussi aux travaux de Piaget sur l'espace, remarquent que, malgré les recommandations officielles, « une des caractéristiques de l'enseignement de la géométrie à l'école élémentaire est de sous-estimer la difficulté d'acquisition des connaissances spatiales proprement dites et de laisser à l'élève la charge d'établir des rapports adéquats entre l'espace sensible et les concepts géométriques qui lui sont enseignés et qui sont censés lui donner prise sur ce domaine de réalité » (p. 69). D'après Gobert (2001, p. 6) c'est une géométrie définie comme « un modèle de l'espace » différenciant et coordonnant l'espace sensible et l'espace géométrique qui est préconisée. Comme le souligne cet auteur l'établissement des rapports entre « l'expérimentation spatiale » et le savoir géométrique enseigné ne doit pas rester exclusivement à la charge de l'élève (*ibid.*, p. 24). Les auteurs français (Balacheff, 1988 ; Berthelot & Salin, 1994 ; Munier & Merle, 2003), comme leurs collègues anglo-saxons, soulignent que *les élèves considèrent que deux angles qui diffèrent par la seule longueur des côtés sont différents*. Cette conception résiste à l'enseignement et les programmes officiels de l'Éducation nationale font de son dépassement un objectif pédagogique. Munier et Merle (2004) supposent que l'introduction du concept d'angle à partir de situations issues des sciences physiques, dans l'espace sensible, pourrait faciliter son abstraction. Les séquences proposées par ces auteurs présentent l'angle dans différentes situations physiques comme le repérage d'un azimut sur une boussole (Munier & Merle, 2004), l'évaluation de la hauteur du soleil (Munier & Merle, 2003), la détermination d'un angle de vision (Munier & Merle, 2003) et la réflexion de la lumière sur un miroir (Munier, 2001). La résolution des problèmes soulevés doit focaliser

l'attention des élèves sur l'ouverture de l'angle et invalider le rôle de la longueur des côtés. L'établissement des rapports entre l'espace sensible et les concepts géométriques passe en outre par une réflexion sur des figures tracées dans l'espace graphique. Charalambos (1997) souligne que ces figures jouent un rôle important dans l'enseignement de la géométrie. Elles possèdent certaines propriétés d'un concept (idéauté, abstraction, perfection, universalité) et d'autres propriétés figuratives (au sens piagétien du terme) que ne possèdent pas les concepts. Fischbein (1993, p. 143) les qualifie de « concepts figuraux », Gobert (2001, p. 5) parle d'« images de géométrie » et Chevallard et Julien (1991, p. 61) de « modélisation graphique ». On peut même considérer que l'enseignement de la géométrie coordonne trois espaces : l'espace des lieux et des objets, l'espace graphique et ses figures et l'espace conceptuel. De plus l'enseignement de la géométrie, visant surtout des connaissances fonctionnelles, s'appuie très peu sur le langage. Pourtant, Mitchelmore (1997) précise que la réification du concept doit s'ancrer dans une définition verbale. Or, beaucoup d'auteurs ont noté que les élèves possèdent un vocabulaire limité pour parler des angles et que peu d'enfants mentionnent explicitement le mot angle dans leurs commentaires des situations. Pas de mot, pas de concept ?

L'ensemble de ces travaux montre que le concept d'angle se construit sur un temps long et met en lumière plusieurs obstacles : dépasser la conception holistique de l'angle et considérer son ouverture indépendamment de la longueur des côtés, construire la catégorie et donner un statut à l'angle droit, établir des rapports entre l'espace sensible et l'espace géométrique, rapprocher rotation et angle, acquérir le vocabulaire adéquat, etc. Dans la partie suivante nous présentons deux études exploratoires complémentaires. L'objectif de la première est de décrire les grandes lignes de l'évolution du concept d'angle entre cinq et dix ans. La seconde évalue l'efficacité de deux séquences d'enseignement, appelées « statique » et « dynamique », à partir de l'angle de vision, en CE2 et CM1.

OBSERVATIONS SUR LE DÉVELOPPEMENT ET L'APPRENTISSAGE DU CONCEPT D'ANGLE

Étude n° 1 : évolution du concept d'angle au cours du développement

Participants : cent vingt enfants répartis équitablement en six groupes scolarisés respectivement en

Grande section de maternelle, CP, CE1, CE2, CM1 et CM2, participant à l'expérience. Les effectifs de filles et de garçons sont équilibrés. Chaque enfant est interrogé individuellement.

Tâches : nous présentons les réponses à trois questions choisies volontairement pour leur caractère « basique » :

- (1) donner une définition : « qu'est-ce qu'un angle ? » ;
- (2) dessiner un angle : « dessine un angle » ;
- (3) identifier des angles dans un dessin (cf. figure 2) : « colorie les angles que tu vois dans ce dessin ».

La première question évalue le codage verbal sur lequel s'appuie la réification du concept (cf. Mitchelmore, 1997), la deuxième est une tâche de production mobilisant l'une des premières connaissances procédurales acquises par l'enfant dans ce domaine et la troisième est une tâche d'identification perceptive. D'autres aspects ont été évalués (droite de visée, variation de la « grandeur » d'un angle, classification d'angles, identification d'angles dans une figure fermée) et sont actuellement en cours d'analyse.

Les résultats montrent que les élèves ont des difficultés pour définir verbalement ce qu'est un angle. Si, en CM2, un enfant sur trois définit l'angle comme deux droites qui se croisent, aucun ne fait référence à l'écartement entre ces deux droites. La présence de gestes suggère que les enfants ont une idée globale (codage analogique) de ce qu'est un angle, « c'est comme ça », mais ne savent pas l'exprimer verbalement. Comme c'est souvent le cas dans la description verbale de l'espace (Raibaud & Baldy, 2002), le mime est probablement un substitut de la verbalisation. À partir du CE2, les définitions font référence à un objet physique comme le coin de la table. On note que la référence verbale à l'angle droit émerge dès le CE1 mais n'est jamais majoritaire (avec N=20, le seuil à .05 est $x=14$).

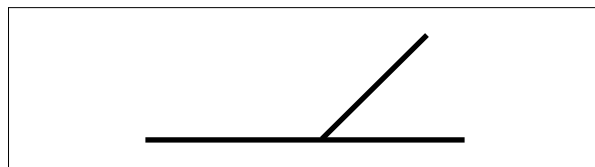


Figure 2. – Extraite de Piaget, Inhelder & Szeminska, 1948

Résultats : ils sont résumés dans le tableau I.

Tableau I. – Réponses des sujets aux questions « qu'est-ce qu'un angle ? », « dessine un angle » et « colorie les angles », (N=20 par niveau scolaire)

	GS	CP	CE1	CE2	CM1	CM2
Qu'est-ce qu'un angle ?						
Ne sait pas	19	19	12	3	2	1
Gestes uniquement (1)	0	1	1	3	5	1
Référence physique	0	0	2	12	8	5
Référence à une fig. géo.	1	0	1	0	0	4
Référence à l'angle droit	0	0	4	1	4	3
Droites qui se croisent	0	0	0	1	1	6
Dessine un angle						
Ne sait pas	19	16	12	1	0	0
Trait, figure, symbole	1	3	4	10	8	2
Angle droit	0	1	2	3	10	11
Angle aigu	0	0	2	5	2	7
Angle obtus	0	0	0	1	0	0
Identification des angles						
Aigu	2	0	5	5	7	14
Obtus	0	0	0	0	3	9

(1) Beaucoup d'enfants accompagnent leur verbalisation de gestes mimant la forme de l'angle. Dans cette rubrique ne sont comptabilisées que les réponses par gestes qui ne sont pas accompagnées d'une verbalisation.

Le nombre d'enfants qui dessinent un angle (droit, aigu ou obtus) augmente régulièrement avec l'âge pour atteindre un enfant sur deux au CE2. Ces résultats suggèrent que jusqu'à cet âge, les enfants n'ont pas une représentation claire de ce qu'est un angle et ne connaissent pas le sens précis de ce mot. Les autres enfants ont tendance à assimiler « angle » et « trait », à insérer l'angle dans une figure ou à marquer un symbole dans un coin de la feuille. Dès le CM1, le dessin de l'angle droit devient dominant suivi de l'angle aigu. Bien que cela ne figure pas dans le tableau I, on peut préciser que jusqu'au CM2 très peu d'enfants sont capables de faire varier la grandeur de l'angle pour répondre à la question « dessine un angle plus petit (ou plus grand) que celui que tu viens de faire ».

Dès le CE2, l'angle aigu de la figure a tendance à être plus souvent identifié que l'angle obtus. Cependant, il faut attendre le CM2 pour qu'une majorité d'enfants identifie cet angle aigu dans la figure, l'angle obtus ne l'étant que par un sujet sur deux. Généralement l'angle obtus est identifié par les enfants qui identifient aussi l'angle aigu. Ce dernier correspond mieux au prototype de l'angle des enfants (l'angle dessiné est plus souvent aigu qu'obtus) et, dans la figure, il est dans une configuration favorable à son identification (ouverture vers la

droite). Un contrôle expérimental avec une figure dont les deux angles seraient inversés permettrait de dissocier l'effet de ces deux facteurs.

Étude n° 2 : évaluation de deux séquences d'enseignement, statique et dynamique, à partir de la situation de l'angle de vision

Participants : soixante-douze élèves scolarisés dans deux classes de CE2 et deux classes de CM1 ont bénéficié des séquences. Les écoles concernées sont des écoles publiques de Montpellier.

Procédure : à chaque niveau une classe bénéficie d'une séquence « dynamique », une autre d'une séquence « statique ». Il s'agit de séquences d'enseignement élaborées par les didacticiens (co-auteurs de cet article) et menées par les professeurs des écoles des classes concernées. Toutefois, le didacticien concepteur des séquences était présent à toutes les sessions de toutes les classes, en suivant le déroulement et pouvait intervenir auprès de l'enseignant à celui-ci s'éloignait du plan prévu. Ce dispositif, de fait, réduisait l'« effet maître » (Mingat, 1991).

Les séquences s'inspirent des travaux de Munier et Merle (2003) qui introduisent le concept d'angle dans l'espace réel à partir du contexte de l'angle de vision

d'un observateur placé devant un écran. Les séquences décrites dans l'annexe n° 1 se déroulent sur quatre séances d'une heure environ. La première, qualifiée de statique, présente un angle de vision fixe (une position de l'observateur et de l'écran) alors que la deuxième, qualifiée de dynamique, fait varier l'ouverture de l'angle (plusieurs positions de l'observateur). Conformément à l'obstacle repéré dans la littérature, la situation a été choisie pour invalider le rôle de la longueur des côtés dans l'évaluation de la taille de l'angle.

Les connaissances de chaque élève sont évaluées au cours de deux bilans individuels : bilan initial (avant la séquence), bilan différé (deux semaines après). Nous présentons les performances des élèves aux mêmes questions que celles posées dans l'expérience précédente. Nous avons pris la précaution expérimentale d'ajouter une classe « contrôle » par niveau. Malheureusement, les enseignants de ces classes ont effectué un apprentissage « approfondi » du concept d'angle, annulant ainsi la place de leur classe dans notre protocole.

Résultats : ils sont résumés dans le tableau II.

On n'observe pas de différences significatives entre les performances des élèves ayant suivi la séquence « statique » et ceux ayant suivi la séquence « dynamique ». Nous comparons donc les performances

des élèves de CE2 et de CM1 en confondant les deux modes d'enseignement. Dans la tâche de définition, les répartitions des élèves dans les différentes catégories de réponses au bilan initial ne sont pas équivalentes au CE2 et au CM1. Cependant, les progrès entre le bilan initial et le bilan différé sont significatifs au CE2 (χ^2 McN = 2,3 ; s. à .05) mais pas en CM1 (χ^2 McN = 0.25 ; ns) bien que la définition « minimale » assimilable à deux droites qui se croisent ne soit jamais majoritaire dans les groupes (avec N=18, le seuil à .05 est x=13).

Dans la tâche de dessin, au bilan initial, la quasi totalité des élèves de CE2 et de CM1 dessinant un angle dessine un angle droit. Lors du bilan final on observe que le nombre d'élèves capables de dessiner un angle est tendanciellement (χ^2 1ddl=3,48 ; ns) plus important en CM1 qu'en CE2. Ces quelques progrès s'accompagnent d'une plus grande variété des productions.

Dans la tâche d'identification, on observe des progrès plus importants pour les élèves de CM1 que pour ceux de CE2, notamment pour l'angle obtus. Bien que cela ne figure pas dans le tableau, on note qu'après les séquences, très peu d'élèves sont capables de dessiner un angle plus grand et un angle plus petit que celui qu'ils viennent de dessiner. Pourtant, la séquence « dynamique » insiste sur l'ouver-

Tableau II. – Réponses des sujets aux questions « qu'est-ce qu'un angle ? », « dessine un angle » et « colorie les angles », aux bilans initial et différé (N=18 par niveau et par séquence)

	CE2				CM1			
	Statique		Dynamique		Statique		Dynamique	
	Initial	Différé	Initial	Différé	Initial	Différé	Initial	Différé
Qu'est-ce qu'un angle ?								
Ne sait pas	2	1	9	5	2	1	4	4
Gestes uniquement (1)	4	2	4	4	0	1	0	2
Référence physique	10	4	1	6	2	3	5	5
Référence à une fig. géo.	2	5	1	2	8	5	1	3
Référence à l'angle droit	0	0	2	1	2	0	3	1
Droites qui se croisent	0	6	1	0	4	8	5	3
Dessine un angle								
Ne sait pas	1	0	4	0	0	0	2	0
Trait, figure, symbole	6	7	7	9	12	4	7	4
Angle droit	10	7	7	4	5	11	6	6
Angle aigu	1	2	0	4	1	2	3	8
Angle obtus	0	2	0	1	0	1	0	0
Identification des angles								
Aigu	7	11	10	4	7	10	9	12
Obtus	2	7	2	1	4	8	4	9

ture de l'angle quand on se rapproche de l'écran indépendamment de la longueur des cordes matérialisant les côtés et cette propriété fait l'objet d'un travail de modélisation en classe.

DISCUSSION

Les observations de l'approche développementale confirment que le concept d'angle se construit sur un temps long et sont en accord avec ceux de l'évaluation des séquences qui met en lumière les difficultés des élèves pour acquérir les propriétés pertinentes du concept d'angle.

Les résultats de l'étude n° 1 montrent que jusqu'au CE1 les élèves ne savent pas ce qu'est un angle. On peut penser avec Owens (1996) qu'ils ne connaissent pas le mot ou que ce dernier n'est pas associé à l'idée qu'ils se font de l'angle matériel. Dès le CE2, la définition est donnée le plus souvent en référence au « coin » d'un objet physique et le dessin de l'angle n'est pas détaché de celui d'une figure géométrique ou des bords de la feuille. L'angle droit comme référent de la catégorie des angles émerge en CM1. Quand il n'est pas droit, l'angle est aigu. Même dans une tâche d'identification dans un dessin, jusqu'en CM2, un angle obtus n'est pas reconnu comme un angle.

L'étude n° 2 confirme que, jusqu'en CM2, les élèves ont des difficultés pour verbaliser les propriétés d'un angle, pour dessiner un angle et pour identifier des angles dans une figure ouverte.

Grâce à son expérience dans l'espace physique, l'enfant acquiert assez tôt des connaissances informelles sur l'angle à partir desquelles il élabore une notion intuitive autorisant un traitement holistique (Lautrey, 1990) des situations pratiques qu'il rencontre. Mais l'élaboration conceptuelle est longue et difficile et semble résister aux efforts pédagogiques des enseignants de l'école élémentaire. Nos observations confirment que pendant longtemps les aspects physiques du coin « adhérent » au concept (cf. Mitchelmore). Tout se passe comme si le traitement visuel des figures, difficile à inhiber, entravait l'application du processus de réflexion (Mounoud, 1993), de re-description des représentations (Karmiloff-Smith, 1992) ou de recodage propositionnel (Lautrey, 1990). Une solution pédagogique pourrait consister à débiter plus tôt l'enseignement du concept d'angle pour « accompagner » le déve-

loppement de la représentation de l'espace et installer progressivement dans l'esprit des enfants une conception plus analytique des propriétés de ce concept. Les analyses de Piaget et Inhelder (1947) et de Piaget, Inhelder et Szeminska (1948) suggèrent que l'âge d'entrée au CP est compatible avec une approche raisonnée de cette notion. Ainsi, après les exercices perceptifs et moteurs de l'école maternelle et les connaissances informelles au sens de Mitchelmore acquises dans l'expérience personnelle, une première approche géométrique pourrait être proposée dès le CP. Des exercices inspirés des situations proposées par Mitchelmore (découverte de similitudes de plus en plus profondes entre des situations et des contextes) nous semblent particulièrement adaptées.

La faible efficacité des séquences et notamment de la séquence « dynamique » peut renforcer le point de vue de Mitchelmore (1997) selon lequel les enfants ne lient pas rotation et angle. Dans les séquences, la place de l'observateur n'est peut-être pas conceptualisée comme le sommet d'un angle et l'axe de rotation des limites du regard (tangentielle à l'écran) et que ces limites, bien que matérialisées par des cordes dans l'espace physique, ne sont peut-être pas clairement assimilées aux côtés d'un angle géométrique. Ces observations rejoignent le problème de l'établissement par l'élève « des rapports adéquats entre l'espace sensible et les concepts géométriques qui lui sont enseignés » (Berthelot & Salin, 1994, p. 69). Nos résultats montrent que la modélisation proposée n'induit pas une conception analytique et raisonnée des propriétés de l'angle. D'une façon plus générale, ces résultats nous interrogent sur la façon dont les élèves passent de l'espace sensible (angle de vision dans la cour de récréation) à la figure géométrique dans l'espace graphique et de ces deux réalités au concept. La figuration graphique de l'angle, en tant qu'entité objective nécessaire à la compréhension du concept, joue un rôle important dans l'enseignement de la géométrie. Mais, pour l'élève, ces figures ne sont pas toujours reliées à l'espace sensible et au concept et peuvent rester des objets graphiques dotés d'une existence propre.

Le statut particulier de l'angle droit confirmé par nos observations s'inscrit dans cette analyse. Dans notre espace sensible beaucoup de coins forment des angles droits, cet angle (notamment quand les côtés se superposent aux directions verticale et horizontale) constitue une « bonne forme » perceptive qui tend à s'imposer et enfin, les élèves manipulent des angles droits dans les activités scolaires depuis le

CE1. Il semble nécessaire de concevoir des activités pédagogiques susceptibles de permettre aux enfants de concevoir cet angle comme un exemplaire spécifique de la catégorie des angles puis comme un référent pour comprendre qu'un angle peut être plus petit (aigu) et surtout plus grand (obtus) qu'un angle droit. En d'autres termes, l'angle droit pourrait servir de point d'ancrage aux processus de re-description des représentations dans un format plus abstrait.

Nos résultats nous conduisent aussi à nous interroger sur le rôle du langage dans la conceptualisation d'une notion. Ils montrent que les élèves dessinent et reconnaissent mieux des angles que ce qu'ils en verbalisent les propriétés. Cet aspect des performances peut être relié aux recommandations officielles qui précisent que l'enseignement ne doit pas viser des connaissances formelles mais fonctionnelles. Mais ces dernières peuvent-elles être acquises sans un effort de formalisation ? S'il faut effectivement partir des connaissances informelles et implicites des élèves, les analyses psychologiques relatives aux formats représentationnels (Paivio, 1982), aux processus de conceptualisation (Karmiloff-Smith, 1992) ou à l'articulation entre les connaissances déclaratives et procédurales (George, 1988) suggèrent qu'un effort d'explicitation verbale des propriétés et des relations en jeu pourrait favoriser la construction mentale du concept. Il s'agit d'encourager les enfants à expliciter leurs observations pour construire verbalement le concept qui les englobe. L'acquisition d'un vocabulaire précis (sommet, écartement, etc.), l'éclaircissement de certains termes (« grand » caractérise-t-il l'écartement, la taille de la figure ou celle des côtés ?) et la mise au point en commun d'une définition de l'angle pourrait participer à la conceptualisation. Les progrès significatifs des élèves de CE2 dans la définition sont encourageants et renforcent l'idée selon laquelle l'effort d'explicitation verbale ne doit pas clore le processus mais l'accompagner étape par

étape. Il est en effet difficile de concevoir une notion dont la complexité dépasse celle du langage dont on dispose pour la formuler.

L'étude n° 2 comporte un certain nombre de problèmes méthodologiques (résultats des groupes contrôles non exploitables, effet maître réduit partiellement, hétérogénéité des performances qui rend difficile les comparaisons en terme de tendance centrale), problèmes inhérents à la conciliation des approches méthodologiques de la didactique (travail sur le terrain, prise en compte du groupe-classe) et des exigences de l'expérimentation en vigueur en psychologie cognitive. Cependant, il semble vain d'« exporter » des modèles d'une discipline, la psychologie cognitive, en ignorant les contraintes de la discipline « d'accueil », ici l'approche didactique.

René Baldy
rene.baldy@univ-montp3.fr

Claude Devichi
claud.devichi@univ-montp3.fr

Florence Aubert
florence.aubert@univ-montp3.fr
Développement cognitif normal et troublé
Université Paul Valéry-Montpellier III

Valérie Munier
valerie.munier@montpellier.iufm.fr

Hélène Merle
helene.merle@montpellier.iufm.fr

Jean-Michel Dussereau
jean-michel.dussereau@montpellier.iufm.fr

Jean-François Favrat
favrat.jf@wanadoo.fr
Laboratoire interdisciplinaire de recherche
en didactique, éducation et formation (LIRDEF)
IUFM de Montpellier

BIBLIOGRAPHIE

BALACHEFF N. (1988). *Une étude des processus de preuve en mathématique chez les élèves de collège*. Thèse de doctorat d'État : université Joseph Fourier-Grenoble I.

BALDY R. (2002). *Dessine-moi un bonhomme : dessins d'enfants et développement cognitif*. Paris : In Press.

BALDY R. ; DEVICHI C. & CHATILLON J. -F. (2004). « Developmental effects in 2D versus 3D versions in verticality

and horizontality tasks ». *Swiss Journal of Psychology*, vol. 63, n° 2, p. 75-83.

BERDONNEAU C. (1981). *Quelques remarques sur l'introduction de la géométrie démontrée à travers les manuels en usage dans l'enseignement post-élémentaire en France au vingtième siècle*. Paris : université Paris 7.

- BERTHELOT R. & SALIN M. -H. (1994). « Un processus d'enseignement des angles au cycle 3 ». *Grand N*, n° 56, p. 69-116.
- BIDEAUD J. (1999). « Psychologie du développement : les avatars du constructivisme ». *Psychologie française*, vol. 44, n° 3, p. 205-220.
- CHARALAMBOS L. (1997). « A few remarks regarding the teaching of geometry, through a theoretical analysis of the geometrical figure ». *Nonlinear Analysis, Theory, Methods & Applications*, vol. 30, n° 4, p. 2087-2095.
- CHEVALLARD Y. & JULIEN M. (1991). « Autour de l'enseignement de la géométrie au collège », *Petit x*, n° 27, p. 41-76.
- DEVICHI C. ; CHATILLON J.-F. & BALDY R. (1997). « Image globale du résultat et difficulté à sérier les longueurs chez des enfants de 6 à 12 ans ». *L'Année psychologique*, vol. 97, n° 4, p. 585-610.
- FISCHBEIN E. (1993). « The theory of figural concepts ». *Educational Studies in Mathematics*, vol. 24, n° 2, p. 139-162.
- FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE : DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2002). *Mathématiques : cycle des apprentissages fondamentaux, cycle 2 : applicable à la rentrée 2002*. Paris : CNDP.
- FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE : DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2002). *Mathématiques : cycle des approfondissements, cycle 3 : applicable à la rentrée 2002*. Paris : CNDP.
- FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE : DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE (2005). *Mathématiques : école primaire : applicable à la rentrée 2003*. Paris : SCÉREN-CNDP.
- GEORGE C. (1988). « Interactions entre connaissances déclaratives et connaissances procédurales ». In P. Perruchet (éd.), *Les automatismes cognitifs*. Bruxelles : Mardaga, p. 103-137.
- GOBERT S. (2001). *Questions de didactique liées aux rapports entre la géométrie et l'espace sensible, dans le cadre de l'enseignement à l'école élémentaire*. Thèse de doctorat : didactique des mathématiques, université Paris 7-Denis Diderot.
- HERSHKOWITZ R. (1990). « Psychological aspects of learning geometry ». In J. Kilpatrick & P. Nesher (éd.), *Mathematics and cognition : a research synthesis by the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. New-York : Cambridge University Press, p. 70-95.
- KARMILOFF-SMITH A. (1992). *Beyond modularity : A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge [Mass.] : MIT Press.
- LAURENDEAU M. & PINARD A. (1968). *Les premières notions spatiales de l'enfant : examen des hypothèses de Jean Piaget*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- LAUTREY J. (1990). « Unicité ou pluralité dans le développement cognitif : les relations entre image mentale, action et perception ». In G. Netchine-Grynberg (éd.), *Développement et fonctionnement cognitifs chez l'enfant : des modèles généraux aux modèles locaux*. Paris : PUF, p. 71-89.
- LAUTREY J. & CHARTIER D. (1987). « Images mentales de transformation et opérations cognitives, une revue critique des études développementales ». *L'Année psychologique*, vol. 87, n° 4, p. 581-602.
- LÉCUYER R. (1989). *Bébés astronomes, bébés psychologues : l'intelligence de la première année*. Bruxelles : Mardaga.
- MARMOR G. S. (1975). « Development of kinetic images : when does the child first represent movement in mental images ? » *Cognitive Psychology*, vol. 7, n° 4, p. 548-559.
- MERLE H. & MUNIER V. (2003). « Comment conceptualiser la hauteur du soleil en tant qu'angle au cycle 3 ? » *Aster : recherches en didactique des sciences expérimentales*, n° 36, p. 39-68.
- MINGAT J. (1991). « Expliquer la variété des acquisitions au cours préparatoire : les rôles de l'enfant, la famille et l'école ». *Revue française de pédagogie*, n° 95, p. 47-63.
- MITCHELMORE M. (1997). « Children's informal knowledge of physical angle situations ». *Learning and Instruction*, vol. 7, n° 1, p. 1-19.
- MITCHELMORE M. (1998). « Young students' concepts of turning and angle ». *Cognition and Instruction*, vol. 16, n° 3, p. 265-284.
- MITCHELMORE M. & WHITE P. (1995). « Abstraction in mathematics : Conflict, resolution and application ». *Mathematics Education Research Journal*, vol. 7, n° 1, p. 50-68.
- MITCHELMORE M. & WHITE P. (1998). « Development of Angle Concepts : A Framework for Research. *Mathematics Education Research Journal*, vol. 10, n° 3, p. 4-27.
- MITCHELMORE M. & WHITE P. (2000). « Development of angle concepts by progressive abstraction and generalisation ». *Educational Studies in Mathematics*, vol. 41, n° 3, p. 209-238.
- MITCHELMORE M. & WHITE P. (2000). « Teaching for abstraction : Reconstructing constructivism ». In J. Bana & A. Chapman (éd.), *Mathematics Education Beyond 2000. Proceedings of the 23rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Fremantle*. Sydney : Merga, p. 432-439.
- MOUNOUD P. (1993). « The emergence of new skills : dialectic relations between knowledge systems ». In G. J. P. Savelsbergh (éd.), *The development of coordination in infancy*. Amsterdam [New Hampshire] : Elsevier, p. 13-46.
- MOUNOUD P. (2000). « Le développement cognitif selon Piaget : structures et points de vue ». In O. Houdé & C. Meljac (éd.), *L'esprit piagétien*. Paris : PUF, p. 191-211.
- MUNIER V. (2001). *La construction du concept d'angle à l'école élémentaire : une approche interdisciplinaire mathématiques-physique*. Mémoire de DEA : Construction des savoirs scientifiques, université Montpellier II.
- MUNIER V. & MERLE H. (2003). « Une approche expérimentale du concept d'angle à l'école élémentaire à travers la notion de champ visuel ». Communication au *Colloque international sur l'enseignement des sciences : expérimentation et construction des concepts*. Charleville-Mézières, mai 2003.

- MUNIER V. & MERLE H. (2004). « De l'utilisation d'un instrument à la maîtrise des concepts en jeu : l'exemple de la boussole à l'école élémentaire » In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (éd.), *Actes des XXV^e Journées internationales d'études scientifiques*, (Chamonix, 30 novembre-4 décembre 2003). Paris : A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg, p. 449-454.
- OWENS K. (1996). « Recent research and a critique of theories of early geometry learning : the case of the angle concept ». *Nordic Studies in Mathematics Education*, vol. 4, n° 2/3, p. 85-104.
- PAÍVIO A. (1982). *Mental representations : a dual coding approach*. New York : Oxford University Press.
- PIAGET J. (1974). *La prise de conscience*. Paris : PUF.
- PIAGET J. (1975). *Réussir et comprendre*. Paris : PUF.
- PIAGET J. & INHELDER B. (1947). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : PUF.
- PIAGET J. & INHELDER B. (1959). *La genèse des structures logiques élémentaires*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- PIAGET J. & INHELDER B. (1963). « Les images mentales ». In P. Oléron, J. Piaget, B. Inhelder et P. Gréco (éd.), *Traité de psychologie expérimentale : t. 7 : l'intelligence*. Paris : PUF, p. 117-166.
- PIAGET J. & INHELDER B. (1966). *L'image mentale chez l'enfant*. Paris : PUF.
- PIAGET J. ; INHELDER B. & SZEMINSKA A. (1948). *La géométrie spontanée de l'enfant*. Paris : PUF.
- RAIBAUD J. & BALDY R. (2002). *Approche développementale de la description d'une figure géométrique complexe*. Communication affichée au colloque de la Société française de psychologie ; Paris, septembre 2002.
- SATLOW E. & NEWCOMBE N. (1998). « When is a triangle not a triangle ? Young children's developing concept of geometric shape ». *Cognitive Development*, vol. 13, n° 4, p. 547-559.
- SIEGLER R. S. (2000). *Intelligence et développement de l'enfant : variations, évolution, modalités*. Bruxelles : De Boeck.
- VAN HIELE P. M. (1986). *Structure and Insight. A theory of mathematics education*. New York : Academic Press.
- WHITE P. & MITCHELMORE M. (2003). « Teaching angles by abstraction from physical activities with concrete materials ». In N. Pateman, B. Dougherty & J. Zilliox (éd.), *Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 4, p. 403-410. Hawaï Honolulu.
- WILSON P. S. & ADAMS V. M. (1992). « A dynamic way to teach angle and angle measure. *Arithmetic Teacher*, vol. 39, n° 5, p. 6-13.

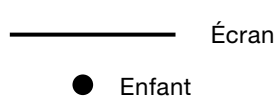
ANNEXE : PRÉSENTATION DES SÉQUENCES D'ENSEIGNEMENT « STATIQUE » ET « DYNAMIQUE »

La première séance, commune aux deux séquences, introduit un problème de champ visuel (cf. figure 1) : « que voit-on quand on est derrière un obstacle ? ». Les élèves imaginent le champ de vision d'un observateur placé derrière un écran (cf. figure 2) et discutent leurs hypothèses.

	Exercice	Réponse correcte	Bande	Oblique incorrecte
	Un enfant est derrière un écran, colorie la zone qu'il ne peut pas voir.			

Figure 1. – Où est le danger ?

Figure 2. – Exercice proposé aux élèves et types de réponse.



Pour la deuxième séance on place dans la cour un écran et une chaise sur laquelle s'assoient à tour de rôle des élèves-observateurs. Les autres élèves se positionnent derrière l'écran et s'écartent jusqu'à la limite de la zone visible où ils posent une quille dont ils vérifient ensuite l'alignement avec des cordes.

Séquence statique : la maîtresse demande, pour une position de l'observateur et de l'écran, si les élèves auraient pu se placer plus loin de l'écran, et où. On refait deux fois l'expérience avec des cordes plus longues de couleurs différentes, en laissant les premières en place. Cette séquence d'enseignement est qualifiée de « statique » car l'ouverture de l'angle de vision reste fixe. L'enseignant centre l'attention des élèves sur le caractère variable de la longueur des cordes pour une ouverture de l'angle fixe.

Séquence dynamique : dans cette séquence la maîtresse modifie de plus la position de l'observateur, plus près et plus loin de l'écran. Chaque observation est réalisée avec de nouvelles cordes qui matérialisent les côtés de l'angle, en laissant les autres en place. Les élèves miment avec les bras ce qui se passe. Cette séquence est qualifiée de « dynamique » car le déplacement de l'observateur entraîne une variation de l'ouverture de l'angle de vision.

<p>Au retour en classe les élèves reprennent l'exercice de la première séance avec des cadres de tailles différentes pour modéliser leurs expériences.</p> <p>Par exemple, pour la séquence dynamique : colorie sur ces quatre schémas la zone cachée.</p>			

Lors de la troisième séance, la maîtresse affiche des agrandissements de ces schémas. Après une longue phase de discussion sur la comparaison des zones cachées, elle demande par quoi elles sont délimitées. Les élèves parlent de « triangles », ou de « V », la maîtresse leur dit qu'on appelle cela un angle.

La quatrième séance, commune aux deux séquences, est une leçon de mathématiques avec utilisation de techniques de reproduction et de comparaison des angles, introduction du vocabulaire et exercices d'application.