

Reconstruction des représentations spontanées des élèves : la formation des ombres par des sources étendues

Christos Dédès* et Konstantinos Ravanis**

* Enseignement secondaire et Département des Sciences de l'Éducation,
Université de Patras, Grèce
dechri@sch.gr

** Département des Sciences de l'Éducation (Section Préscolaire),
Université de Patras, Grèce
ravanis@upatras.gr

Résumé

Menée en Grèce auprès d'élèves âgés de 12 à 16 ans, cette recherche a pour objet la reconstruction des représentations qu'ils se font de l'émission de la lumière et de la formation d'ombres à partir de sources lumineuses étendues. Elle a été réalisée en deux phases, chacune ayant des objectifs distincts. Dans la première, les circonstances étaient établies de manière telle que, dans le cadre de situations expérimentales précises, les prévisions des élèves étaient systématiquement démenties par les résultats, et ce dans le but de déstabiliser leurs représentations mentales alternatives. La deuxième phase était constituée d'une intervention didactique expérimentale basée sur le modèle de l'optique géométrique et dont les caractéristiques étaient issues de l'expérimentation historique de Kepler. On cherchait alors, par le biais des interactions didactiques, à amener les représentations initiales à une réorganisation et à leur reconstitution au niveau du modèle scientifique accepté. L'efficacité de cette intervention a été évaluée deux semaines plus tard par le biais de tâches reposant sur le même contenu cognitif mais d'un contenu empirique différent. Les résultats de la recherche ont montré que la majorité des sujets ont adopté le modèle de l'optique géométrique, c'est-à-dire qu'ils étaient en mesure de prévoir correctement et de justifier de façon consistante les résultats expérimentaux sur la base du principe de l'émission "non cohésive" (punctiform) de la lumière. Les implications éducatives et les perspectives de recherche sont ensuite discutées.

Mots clés

Didactique de la physique – Histoire des Sciences – Optique géométrique – Reconstruction des représentations des élèves

Abstract

This research, carried out in Greece on pupils aged 12-16, focuses on the transformation of their representations concerning light emission and image formation by extended light sources. The instructive process was carried out in two stages, each one having a different, distinct target set. During the first stage, the appropriate conflict conditions were created by contrasting the subjects' predictions with the results of experimental situations inspired by the History of Science, with a view to destabilizing the pupils' alternative representations. During the second stage, the experimental teaching intervention was carried out; it was based on the geometrical optics model and its parameters were derived from Kepler's relevant historic experiment. For the duration of this process and within the framework of didactical interactions, an effort was made to reorganize initial limited representations and restructure them at the level of the accepted scientific model. The effectiveness of the intervention was evaluated two weeks later, using experimental tasks which had the same cognitive yet different empirical content with respect to the tasks conducted during the intervention. The results of the study showed that the majority of the subjects accepted the model of geometrical optics, i.e. the pupils were able to correctly predict and adequately justify the experimental results based on the principle of punctiform light emission. Educational and research implications are discussed.

Key Words

Didactics of physics – Geometrical optics – History of Science – Restructuring of pupils' representations

Introduction

Dans la didactique des Sciences Physiques, les recherches sur les représentations des élèves concernant l'interprétation des effets de la lumière sont réalisées, souvent, dans le cadre de l'hypothèse d'une émission de la lumière à partir de sources ponctuelles. Cependant, dans les chapitres d'optique enseignés, il existe des phénomènes dont la compréhension exige l'utilisation de sources lumineuses ayant des dimensions mesurables (chambre obscure, formation d'ombres, instruments optiques, reflets dans des miroirs plats et concaves/convexes, reflets de lampes et de prismes). Dans le cadre de la présente étude, les résultats d'une série de recherches accréditent l'idée que les élèves approchent, et cela même après un enseignement scolaire, lesdits phénomènes par le biais de représentations qui, dans une large mesure, divergent des modèles interprétatifs des Sciences Physiques. A partir de l'étude de la bibliographie afférente (Fawaz & Viennot, 1986 ; Feher & Rice, 1988 ; Galili, 1996 ; Galili, Bendall & Goldberg, 1993 ; Goldberg & McDermott, 1987 ; Rice & Feher, 1987) ainsi que des résultats de notre étude préparatoire (pré recherche), nous avons pu constater que les schémas interprétatifs des élèves dépendent étroitement de la manière dont ils perçoivent l'émission de la lumière à partir de sources étendues. La codification de ces approches alternatives conduit à la distinction de trois catégories de représentations :

1. représentations d'une émission "holistique"¹ et de propagation de la lumière dans une direction privilégiée (la source émet comme un tout cohérent et les rayons lumineux transportent sa forme dans une direction horizontale) (Figure 1, a) ;
2. représentation d'une émission de type radial (la source, indépendamment de sa forme, rayonne dans l'environnement comme une surface sphérique imaginaire, à partir de chaque point de laquelle est émis un rayon lumineux perpendiculairement à sa surface) (Figure 1, b) ;
3. représentations d'une émission composite (émission simultanée des deux manières décrites plus haut avec prévalence du schéma holistique) (Figure 1, c).

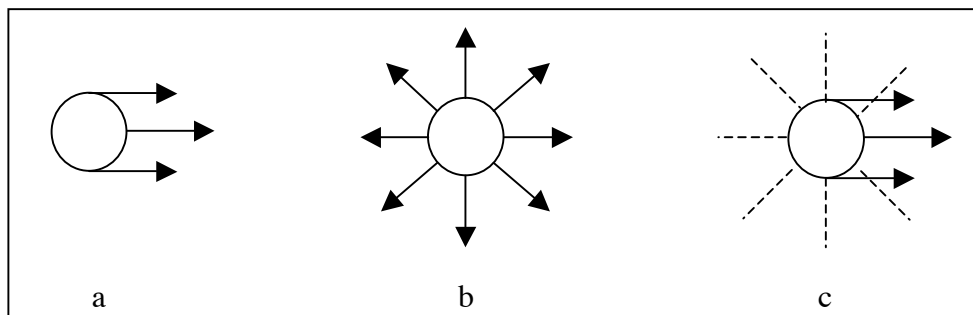


Figure 1. Représentation schématique des représentations alternatives des élèves

Dans la présente recherche, nous entreprenons de transformer les représentations des élèves liées à la formation d'ombres à partir de sources lumineuses étendues et cela en les faisant participer à des activités expérimentales ayant pour objectif de réorganiser leurs outils mentaux. Dans la théorie du constructivisme social, cette transformation exige et présuppose l'ébranlement de la structure cognitive existante, ce qui peut se faire dans le cadre d'une interaction sociale. Cette dernière n'est pas à prendre au sens d'une intervention générique de différentes influences de nature sociale, mais au sens d'une activité didactique organisée, dont les caractéristiques sont prédéterminées (Doise & Mugny, 1981 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Perret-Clermont, 1986). Dans leurs travaux, les représentants de ce courant analysent la dynamique sociale qui médiatise la relation de l'enfant avec l'objet de savoir et proposent la participation active de l'enseignant à la création de situations capables de provoquer la déstabilisation des schèmes de pensée du sujet, fonctionnant comme une source d'oppositions de nature sociale directement reliée à la dynamique interactive d'une situation expérimentale (Gilly & Roux, 1988 ; Ravanis, Koliopoulos & Hadzigeorgiou, 2004 ; Weil-Barais, 1994). En ce qui concerne la réorganisation des représentations des enfants, une problématique fertile s'est aussi développée ces dix dernières années où le rôle de médiateur de l'enseignant consiste d'une part à s'impliquer activement dans le diagnostic des contradictions des élèves et d'autre part à répondre à ces contradictions en présentant et en mettant en œuvre un modèle compréhensible, suscitant l'intérêt des enfants et les amenant à changer leurs idées contradictoires et à adopter les points de vue scientifiques (Roth, Anderson & Smith, 1987). Autrement dit, lorsqu'elle suit la phase de déstabilisation cognitive, l'implication des enfants à la mise en œuvre du modèle correct peut fonctionner de façon profitable à l'apprentissage, facilitant l'évolution des représentations et la systématisation logique des idées des élèves (Ravanis, 2005).

¹ Voir notamment Galili (1996).

La formation des ombres par des sources étendues

Dans des exercices d'optique de type exercices de calcul où il est demandé de prévoir la forme et de calculer les dimensions de l'ombre d'un objet opaque placé devant une source lumineuse ponctuelle, les problèmes sont relativement faciles à résoudre par l'application des principes fondamentaux de l'optique géométrique, c'est-à-dire le principe de la propagation rectiligne de la lumière : les droites (imaginaires) qui partent de la source et atteignent les limites de l'objet déterminent les formes stables de l'ombre portée ; quant à sa dimension, elle dépend de la distance entre l'objet et la surface sur laquelle l'ombre se projette. Mais dans le cas où la source a des dimensions quantifiables, le problème est compliqué par le fait que la forme de l'ombre ne reste pas stable. Alors qu'à une distance relativement petite l'ombre conserve la forme de l'obstacle opaque, à une grande distance, elle change et prend la forme de la source. Dans l'Histoire des Sciences, le problème² a occupé – sans succès – scientifiques et philosophes depuis l'Antiquité (Aristote, 1952) jusqu'au Moyen-âge tardif, suscitant de nombreuses approches interprétatives qui, dans bien des cas, dépassaient les dimensions du problème particulier et touchaient les axiomes et principes fondamentaux de l'optique (Lindberg, 1968). Au début du XVII^e siècle, adoptant le principe de l'émission non cohésive de la lumière d'Al Haytham (Alhazen) comme il l'avait énoncé dans son livre *On the shape of the eclipse* (*De la forme de l'éclipse*, cité par Straker, 1971, p. 555), Kepler (1604/2000, p. 56) réalise une représentation mécaniste du phénomène en trois dimensions et donne la solution définitive au "mystère". Il considérait la lumière comme un ensemble infini de points lumineux, chacun d'entre eux rayonnant de façon autonome dans toutes les directions, de la même manière et en ligne droite (Figure 2).

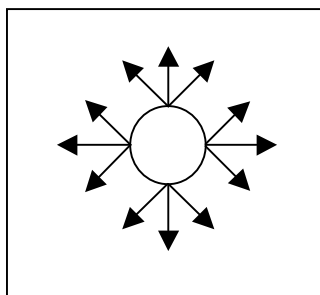


Figure 2. L'émission de la lumière selon le modèle de Kepler

D'après cette approche, chaque point lumineux va créer une ombre qui aura, du fait de la propagation rectiligne de la lumière, la forme de l'obstacle. Ainsi, si on fait l'hypothèse, dans une tentative d'illustration dynamique, qu'un point lumineux parcourt la circonférence de la source étendue de lumière, alors les ombres respectives se recouvrent en partie et se distribuent dans la périphérie d'une forme qui correspond à celle de la source lumineuse au niveau de la surface de projection (Figure 3).

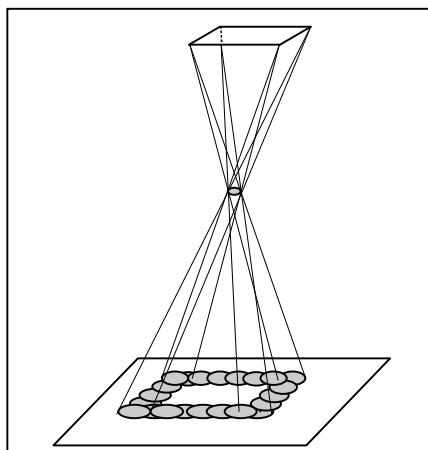


Figure 3. L'expérience de Kepler

² Pour être exact, la question s'est historiquement posée sous l'aspect de la formation des images projetées au travers de trous.

A mesure que se réduit la distance obstacle-écran, le degré de couverture des ombres est plus grand que le degré de diminution de leur dimension ; il en résulte que l'ombre d'ensemble s'identifie progressivement à la forme de l'obstacle. Au contraire, à mesure qu'augmente la distance obstacle-écran, le degré de dispersion des ombres est plus grand que le degré d'augmentation de leur taille (et donc de leur degré de couverture) ; il en résulte que l'ombre d'ensemble s'identifie progressivement à la forme de la source.

Methodologie

La collecte des données

48 élèves (24 filles et 24 garçons) répartis en trois groupes d'âge homogènes (12, 14 et 16 ans) et provenant de dix écoles différentes ont participé à la recherche. N'étaient pris que les enfants chez lesquels, au cours d'un entretien d'orientation, nous avons dépisté l'expression de représentations mentales alternatives. Les sujets âgés de 12 ans participaient au processus expérimental immédiatement après avoir suivi l'enseignement des chapitres relatifs à l'Optique dans leur école³. La recherche fut réalisée par le biais d'entretiens semi directifs qui contenaient des questions ouvertes adaptées au contenu empirique de situations expérimentales précises. Prévisions, descriptions et interprétations étaient exprimées oralement dans un premier temps, puis écrites sur des formulaires représentant le dispositif expérimental. Les entretiens étaient enregistrés pendant qu'était tenu un protocole des comportements non verbaux. L'analyse des données a été réalisée à partir des transcriptions, de l'étude des formulaires de représentations et des protocoles.

Le processus

Premier stade : la participation des élèves aux processus de conflit

Au cours de ce stade nous avons présenté aux enfants trois tâches choisies de manière à les conduire à une déstabilisation des représentations constituées. La succession des tâches était telle que les résultats de chacune donnaient au sujet la possibilité de reconnaître l'insuffisance de son schéma interprétatif précédent. Au cours du processus il était successivement demandé au sujet : les prévisions, les justifications de ces dernières, leur confirmation ou infirmation au moment de l'activation de la source et enfin de nouvelles justifications et une comparaison avec les prévisions de départ.

Tâche 1a

Le long d'une table étaient disposés dans l'ordre suivant : une source de lumière fluorescente d'un tuyau d'1 cm de section formant un carré de dimensions 10 x 10 cm, un obstacle rond d'un diamètre de 1cm disposé à la hauteur du centre du carré lumineux et un écran de projection (Figure 4).

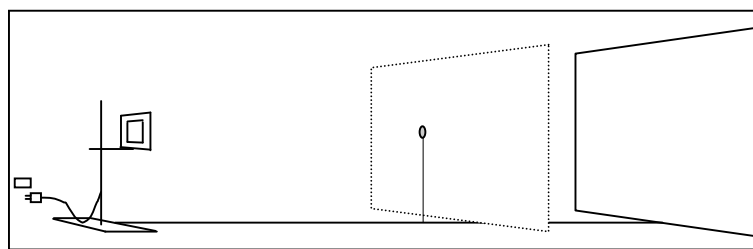


Figure 4. Représentation schématique de la disposition expérimentale des tâches 1a et 1b

Les distances source-obstacle et obstacle-écran étaient respectivement de 80 et 5 centimètres. La source lumineuse éteinte, on demandait au sujet de prévoir les résultats aussi bien sur l'écran qu'à la surface de l'obstacle, ainsi que de justifier ses prévisions et de tracer le trajet de la lumière sur le formulaire représentant le dispositif expérimental. Les sujets ayant adopté le modèle holistique de l'émission prévoyaient la formation d'un carré lumineux de mêmes dimensions que la source au milieu de l'écran, le reste de l'écran ainsi que la partie antérieure de l'obstacle demeurant sombre. Les sujets relevant de la deuxième catégorie de représentations (émission radiale de la lumière) prévoyaient correctement l'apparition d'une tache sombre au milieu de l'écran et un éclairage homogène de l'obstacle dans son ensemble. Enfin, les sujets de la catégorie des représentations

³ En Grèce, les thèmes relatifs à la nature et à la formation des ombres sont enseignés aux élèves âgés de 12 et 14 ans.

d'une émission composite prévoyaient l'apparition sur l'écran de la forme lumineuse carrée de la source avec une tâche sombre au centre et le reste de sa surface de même que l'obstacle plus faiblement éclairés. Par la suite, on activait la source lumineuse et sur l'écran apparaissait alors une tâche sombre de mêmes dimensions et à la même hauteur que l'obstacle, alors que le reste de l'écran ainsi que l'obstacle étaient éclairés de façon homogène. Rappelant la prévision donnée par l'enfant lui-même, on en demandait les explications et, dans le cas d'une infirmation, de nouvelles justifications. Pour une partie de l'échantillon, l'opposition entre prévisions et résultats signait le rejet des représentations de l'émission holistique et composite et amenait l'ensemble de l'échantillon (100%) à adopter le schéma de l'émission radiale qui, dans la tâche considérée, apparaissait parfaitement explicative.

Tâche 1b

La source lumineuse était désactivée et l'écran était éloigné à une distance de 30 cm de l'obstacle (Figure 4). Les réponses des sujets étaient à présent conformes au mode radial de l'émission, puisque tous les enfants prévoyaient la formation d'une tâche sombre au milieu de l'écran et un éclairage homogène de l'obstacle et du reste de l'écran. A l'activation de la source lumineuse apparaissait sur l'écran l'ombre de la forme carrée de la source. Le coup porté à la valeur interprétative du mode rayonnant de l'émission était rude, mais il ne se révéla pour autant pas capable d'amener les sujets à reconnaître le modèle correct. La majorité des enfants (58,7%) fut conduite à une impasse interprétative alors qu'un important pourcentage (41,3%), conservant les caractéristiques du mode radial de l'émission, interpréta la forme apparue non comme le résultat de l'insertion de l'obstacle opaque sur le trajet du faisceau lumineux, mais comme l'apparition de l'ombre de la source elle-même (Figure 5).

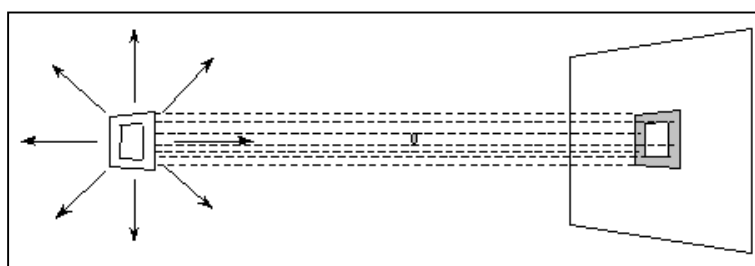


Figure 5. Représentations de l'ombre comme propriété de la source

Tâche 1c

La source lumineuse était à nouveau activée et sans que soient changées les distances relatives, un petit objet opaque était placé devant la face basse de la source carrée de façon que sa forme prenne celle d'un “_”. Dans la phase des prévisions on n'observa aucun changement puisque tous les enfants prévoyaient que se dessine la forme du “_” sur l'écran sans pour autant pouvoir la justifier de manière consistante. Par la suite, on activait à nouveau la source et apparaissait alors sur l'écran la forme sombre d'un “_” renversé. De cette façon les conditions de conflit arrivaient à leur apogée puisque l'interprétation des résultats allait désormais à l'encontre de tout schéma interprétatif précédemment exprimé, à l'exception du modèle de l'émission non cohésive. Un seul des sujets (Y.40) put reconnaître le modèle correct, alors que les autres enfants se déclarèrent incapables de toute interprétation, conduits ainsi à une situation de déstabilisation mentale.

Deuxième stade : l'intervention didactique

Pour réorganiser les représentations des élèves, on entreprit à ce stade l'évaluation didactique de l'expérience historique de Kepler (1604/2000), orientant progressivement les élèves vers un environnement interactif d'exécution participative de l'expérimentation. Dans cette intention, on avait construit un dispositif d'optique spécial, offrant la possibilité de “désarticuler” la source étendue de lumière en un certain nombre de sources “ponctuelles”. Ce dispositif consistait en huit minuscules ampoules halogènes de 1 x 1 cm (12 V, 20 W) équidistantes les unes des autres ainsi que des côtés d'un carré imaginaire de 10 x 10 cm de côté (Figure 6). Chaque lampe pouvait être allumée de façon autonome, grâce à une console indépendante, créant sur l'écran une ombre ayant chaque fois la forme de l'obstacle alors que la forme d'ensemble de l'ombre apparaissait chaque fois comme une composition des ombres partielles de chaque source “ponctuelle”.

Tâche 2a

Le dispositif était transformé : la source lumineuse fluorescente était remplacée par celle décrite plus haut, alors qu'on plaçait l'obstacle à 50 cm. L'écran demeurait derrière le diaphragme et à une distance de 80 cm de la source (Figure 6).

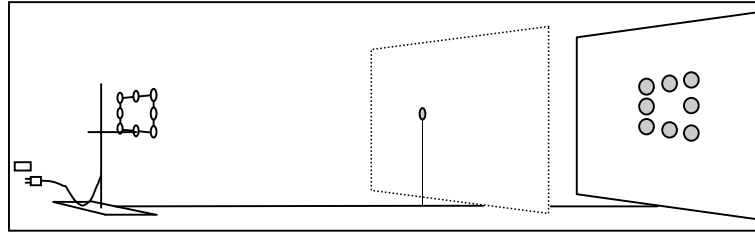


Figure 6. Représentation schématique du dispositif pour les tâches 2a et 2b

Le sujet désignait au hasard l'une des minuscules ampoules qu'on allait allumer et on lui demandait de prévoir le résultat. On activait ensuite la lampe en question et l'ombre se dessinait sur l'écran. Après avoir constaté la forme ronde de la tache sur l'écran, on soulignait sa ressemblance avec celle de l'obstacle et on confirmait la propagation rectiligne de la lumière. On allumait/éteignait alternativement ensuite les autres petites ampoules, suscitant chaque fois la confirmation/infirmation des prévisions. Puis les petites lampes étaient maintenues allumées les unes après les autres et se dessinait progressivement la forme carrée de l'ombre, résultant de l'addition des huit taches sombres ponctuelles. Enfin, on éteignait/allumait successivement l'ampoule centrale de la base du carré et l'ampoule centrale d'un des côtés, donnant ainsi la forme d'un “_” debout ou couché à la source lumineuse étendue. Cette transformation permettait aux enfants d'interpréter le renversement, sur le plan tant horizontal que vertical, de l'ombre sur l'écran qui n'entre dans les données d'observation que dans le cas d'une source lumineuse de forme asymétrique.

Tâche 2b

L'obstacle était maintenu à sa place et l'écran était rapproché à une distance de 5 cm. Suivant le même processus, les petites lampes restantes étaient successivement activées. La couverture presque parfaite des taches sombres rondes donnait comme résultat d'ensemble une ombre de forme cyclique de dimensions proches de celles de l'obstacle. Par la suite, on éloignait lentement et régulièrement l'écran de l'obstacle jusqu'à sa position première. Dans un climat de collaboration et de discussion, on constatait l'augmentation de la dispersion des taches rondes obscures et leur agrandissement, pendant qu'on soulignait la correspondance terme à terme entre chaque point de la source étendue et le résultat qu'elle provoque.

Résultats

Pour contrôler l'efficacité de l'intervention, nous avons utilisé des tâches qui présupposaient le même contenu cognitif mais revêtaient un contenu empirique différent de celui des stades précédents. La source carrée fluorescente a ainsi été remplacée par une autre en forme de croix et à la place de l'obstacle rond étaient posés d'autres de formes différentes (triangulaire et carrée). Le changement de la forme de la source permettait un contrôle plus sûr de l'assimilation des caractéristiques du modèle correct, puisque en post-contrôle les enfants étaient invités à appliquer les représentations construites dans des circonstances différentes de celles dans lesquelles elles avaient été acquises. Le dépistage des représentations formées *in fine* eut lieu 15 jours plus tard par le biais de nouveaux entretiens individuels dont la structure demeurait identique à celle des entretiens de la première phase. Dans le Tableau 1 sont présentées les représentations des sujets avant et après l'ensemble du processus en fonction de la catégorie d'âge.

Tableau 1. Fréquence des représentations des élèves concernant l'émission de la lumière à partir de sources étendues

Mode de diffusion de la lumière	12 ans ($\bar{n} = 16$)				14 ans ($\bar{n} = 16$)				16 ans ($\bar{n} = 14$)			
	Pré contrôle		Post-contrôle		Pré contrôle		Post-contrôle		Pré contrôle		Post-contrôle	
	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f
Non cohésif		0	3, 7, 10, 11, 13, 14	6		0	17, 19, 20, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	11		0	35, 38, 41, 43, 44, 45, 47, 48	8
Holistique	1, 2, 8	3		0	17, 18, 21, 32	4		0	38, 40, 42, 47	4		0
Radial	9, 12, 14, 15	4	1, 2, 5, 6, 8, 9, 15, 16	8	19, 20, 22, 25, 27, 28	6	21, 22, 25	3	35, 36, 43, 45, 46, 48	6	36, 40, 42	3
Composite	3, 4, 5, 7, 10, 13, 16	7		0	23, 24, 26, 29, 31	5	24	1	34, 39, 41, 44	4	39	1
Autre	6, 11	2	4, 12	2	30	1	18	1		0	34, 46	2

* Les sujets Y.33 et Y.37 (16 ans) n'ont pas participé au processus expérimental dans la mesure où ils avaient reconnu le modèle correct au cours de pré-contrôle. Le sujet Y.40 prévoyait des résultats conformes à la forme radiale de l'émission.

Les résultats du post-contrôle tels qu'ils sont rassemblés dans le Tableau 1 permettent de constater que la réorganisation des représentations conceptuelles a bien eu lieu dans 37,5% des cas dans le premier groupe d'âge, 68,8% dans le deuxième et 57,1% dans le troisième. De plus, un pourcentage notable de sujets (respectivement 50%, 18,7% et 21,5% dans les trois groupes d'âge) ont finalement conservé le schéma radial d'interprétation. Ce dernier peut être considéré comme étant le plus proche, d'un point de vue conceptuel, du modèle physique puisqu'il contient en germe l'idée de l'émission non cohésive. En effet, d'après ce schéma, chaque point de la source émet de façon autonome (quoique non isotrope) dans l'espace ; cette émission se propage dans toutes les directions sans dépendance privilégiée qui renverrait à des centrations intuitives. La constitution de représentations de ce type requiert par conséquent une décentration de l'optique subjective d'une émission privilégiée et renvoie à l'activation de processus mentaux logiques : cela indique un progrès sur le plan des représentations. Si on additionne les pourcentages partiels par catégorie d'âge, on constate des progrès d'ensemble de l'ordre respectivement de 87,5%, 87,5% et 78,6% par groupe d'âge.

Précisions et conclusions

On sait, grâce à la recherche en didactique des Sciences Physiques que, pour certains objets de savoir, les représentations alternatives des élèves présentent une résistance notable lors de la rencontre de ces derniers avec le savoir scientifique, tel que celui-ci est transmis en classe tout du moins. Dans le cas de la présente expérience, il est clair que les données perceptives ne contribuent pas à une reconnaissance immédiate du mécanisme de la formation de l'ombre de l'obstacle dans la mesure où le trajet de la lumière dans l'espace n'est pas perceptible par les sens. Cependant, la faiblesse des sujets de notre recherche à reconnaître les caractéristiques du modèle de l'optique géométrique et cela même après un enseignement scolaire des thèmes concernés, conduit à la conclusion facile de l'absence de référence détaillée au mécanisme de l'émission non cohésive durant la leçon, puisqu'il n'existe aucune référence explicite à ce modèle dans les programmes grecs tant dans le primaire (enfants de 12 ans) que dans le secondaire de premier degré (enfants de 14 ans). Ainsi la constitution des représentations des élèves continue-t-elle de s'appuyer sur des schémas d'émission dictés par la correspondance terme à terme des points de la source avec leur résultat lumineux au travers d'un seul et même rayon (et non au travers d'un faisceau). Même dans des conditions conflictuelles intenses (comme celle de la tâche 1b) le mode "radial" de l'émission n'est pas mis en doute dans la mesure où faire appel à la notion d'ombre de la source ne concerne pas le mode d'émission du rayonnement mais l'association source et ombre dans une relation particulière. Un tel type d'interprétation apparaît avec une fréquence stable dans les recherches de didactique de la Physique ayant un rapport avec la lumière. La ressemblance de forme entre l'ombre et l'obstacle, en particulier dans les cas où la source lumineuse se trouve à une grande distance de l'objet, associée à l'incapacité de reconnaissance de la lumière en tant qu'entité dans l'espace, induisent la pensée intuitive à comprendre

l'ombre comme une propriété des objets (Anderson & Smith 1983 ; Guesne 1984 ; Langley, Ronen & Eylon, 1997 ; Piaget & Inhelder, 1981 ; Ravanis, Charalampopoulou, Boilevin & Bagakis, 2005 ; Tiberghien, Delacote, Ghiglione & Matalon, 1980). Dans notre cas, l'exposition des sujets à un résultat lumineux inattendu (Tâche 1b) a perturbé la stabilité de leurs structures mentales et a réintroduit au premier plan un schéma interprétatif analogue, avec néanmoins le transfert de ladite propriété des corps de l'objet-obstacle à la source.

De plus, l'approche des manuels scolaires renforce les représentations alternatives des élèves : dans des problèmes de calcul concernant le repère des dessins des ombres, des projections ou des reflets, l'association de la source avec ses résultats se fait par la seule présence de quelques rayons "spéciaux". Il se peut que l'utilisation sélective des rayons nécessaires serve des raisons d'économie de dessin. Cependant au niveau de la formation des représentations, ces rayons "spéciaux" se montrent non seulement capables mais nécessaires à la détermination des résultats lumineux.

Par conséquent, dans le cas de l'enseignement de sujets relatifs à l'optique géométrique, le dépassement de cet obstacle acquiert une importance particulière, de même que la mise en valeur de la contribution de toute la quantité de lumière dans la formation des zones lumineuses – et donc aussi celle des ombres. Sur un plan pratique, l'application de la conception théorique de Kepler par des dispositifs expérimentaux expressément choisis pour soutenir l'enseignement théorique (c'est-à-dire la construction de sources lumineuses de manière à ce que soit possible leur décomposition en plusieurs éléments), offre de telles possibilités, comme le montrent les résultats de la présente étude, et peut constituer un matériel didactique utile car permettant d'atteindre plus efficacement les objectifs d'apprentissage.

Étendre l'expérimentation aux autres objets de savoir du programme et qui ont un lien avec l'émission de la lumière à partir d'une source étendue, présenterait un intérêt particulier dans la mesure où une telle tentative, outre la possibilité de faire des comparaisons, formerait une perspective générale permettant d'aborder ces thèmes de la même manière.

D'un point de vue didactique donc, il est nécessaire non seulement d'insister sur ce sujet dans le programme d'enseignement, mais aussi de mener auprès des enseignants une sensibilisation particulière sur la question de l'émission de la lumière à partir de sources étendues. La référence systématique et documentée au modèle de l'émission non cohésive au cours de l'enseignement est susceptible de créer les conditions nécessaires à la transformation des représentations des élèves et à l'approche du savoir désiré. Dans tous les cas bien sûr, l'orientation adéquate des élèves constitue la condition *sine qua non* à leur compréhension de quelque particularité ou modèle théorique que ce soit relatifs à la lumière. L'interaction entre l'objet et le sujet, lorsqu'elle se fait dans le cadre d'une intervention structurée, peut intervenir de façon décisive dans la décentration de la pensée de l'élève des modèles de représentations issus du vécu et sur la focalisation de ses raisonnements sur les caractéristiques du modèle scientifique.

Références bibliographiques

- Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1983). *Children's conceptions of light and color : understanding the concept of unseen rays*. East Lansing : Michigan State University.
- Aristote, (1952). *Problems* (traduction W.S. Hett). London : Heinemann.
- Doise, W. & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Interéditions.
- Fawaz, A. & Viennot, L. (1986). Image optique et vision : enquête en classe de premier au Liban. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 686, 1125-1146.
- Feher, E. & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images : children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 75(5), 637-649.
- Galili, I. (1996). Student's conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Galili, I., Bendall, S. & Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271-301.
- Gilly, M. & Roux, J.P. (1988). Social marking in ordering tasks : effects and action mechanisms. *European Journal of Social Psychology*, 18, 251-266.
- Goldberg, F.M. & McDermott, L.C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. In E.J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching*, Vol. IV (pp. 179-192). Paris : U.N.E.S.C.O.
- Kepler, J. (1604/2000). *Optics : Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy*. Santa Fe, NM : Green Lion Press.
- Langley, D., Ronen, M. & Eylon, B.S. (1997). Light propagation and visual patterns : preinstruction learners conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.

- Lindberg, D.C. (1968). The theory of pinhole images from antiquity to the thirteenth century. *Archive for History of Exact Sciences*, 5, 154-176.
- Perret-Clermont, A.N. (1986). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne, Switzerland : P. Lang.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1981). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Ravanis, K. (2005). Les Sciences Physiques à l'école maternelle : éléments théoriques d'un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et/ou les développements des activités didactiques. *International Review of Education*, 51(2-3), 201-218.
- Ravanis, K., Charalampopoulou, C., Boilevin, J.M. & Bagakis, G. (2005). La construction de la formation des ombres chez la pensée des enfants de 5-6 ans : procédures didactiques sociocognitives. *Spirale*, 36, 87-98.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D. & Hadzigeorgiou, Y. (2004). What factors does friction depend on ? A socio-cognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education*, 26(8), 997-1007.
- Rice, K. & Feher, E. (1987). Pinholes and images : children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Roth, K.T., Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1987). Curriculum materials, teacher talk and student learning : case studies in fifth-grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 527-548.
- Straker, S.M. (1971). *Kepler's Optics : a study in the development of seventeenth-century natural philosophy*. Ph. D. Thesis, Indiana University.
- Tiberghien, A., Delacote, G., Ghiglione, R. & Matalon, B. (1980). Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 50, 24-41.
- Weil-Barais, A. (1994). Heuristic value of the notion of Zone of Proximal Development in the study of child and adolescent construction of concept in Physics. *European Journal of Psychology of Education*, 9(4), 367-383.