
EXPLIQUER LES PHASES DE LA LUNE

Daniel LACROIX
Professeur de sciences physiques
IUFM de Grenoble

I - PRESENTATION DU SUJET

Nous nous proposons, dans cet article, d'analyser les explications élaborées par les élèves pour interpréter les changements de forme et de position de la lune.

On ne peut donner une explication pertinente que d'un phénomène que l'on côtoie, que de faits expérimentaux ou d'observation que l'on connaît. L'explication est d'abord une mise en ordre chronologique et logique des faits observés et mémorisés. On utilise aussi des connaissances antérieures, étrangères au phénomène à étudier, pour établir des relations entre les faits observés : c'est le cas, par exemple, lorsqu'on utilise une comparaison ou une analogie pour interpréter un phénomène observé. Nous venons de citer trois ingrédients essentiels qui sont à la base de la construction de toute explication chez les jeunes enfants, à savoir : les faits liés à la situation, des connaissances étrangères à cette situation et des relations logiques qui sont considérées comme explicatives par ceux qui les utilisent.

Ce cadre théorique est utilisé par de nombreux auteurs pour rendre compte de la genèse d'explications. Par exemple, Vosniadou et Brewer (1994) ont pu rendre compte des explications données par les élèves dans un domaine proche de celui que nous allons aborder, l'alternance jour et nuit. Les connaissances particulières à expliquer semblent se résumer à une relation causale : « c'est l'apparition du soleil et la disparition de la lune qui provoque l'apparition du jour, c'est l'apparition de la lune et la disparition du soleil qui provoque l'apparition de la nuit ». Les connaissances générales sont dans ce cas relatives aux conditions de vision : un objet est visible s'il n'est pas trop éloigné de l'observateur ou s'il n'y a pas de corps opaque entre ce dernier et l'objet. Aussi, certaines explications fournies peuvent se résumer ainsi : « la nuit apparaît car le soleil n'est plus visible lorsqu'il se cache derrière les montagnes ».

Si de nombreux chercheurs semblent d'accord pour affirmer que ces trois composantes sont nécessaires à l'élaboration de l'explication de l'élève, si de nombreux travaux ont permis d'étudier les structures logiques qui permettent à des élèves de « Grand N », n° 62, pp. 69 à 84, 1997-1998

construire une explication, peu de travaux ont eu pour objet de caractériser la nature des connaissances, externes à la situation, mobilisées par les jeunes enfants. C'est de cet aspect que nous allons traiter dans cet article.

Au cours d'une étude antérieure concernant l'ombre et les espaces lumineux, nous avons précisé la nature des connaissances sélectionnées pour rendre compte des explications données par les élèves. Nous avons identifié deux types de connaissances : des connaissances que l'élève cherche à expliquer et des connaissances qui, d'après lui, n'ont pas à être l'objet d'explication. Cette dernière catégorie se divise elle-même en deux :

- des connaissances générales qui servent à construire l'explication de nombreux phénomènes : nous les nommons phénomènes primitifs ;
- des connaissances particulières à la situation étudiée dont l'utilisation est éventuellement circonscrite à quelques champs mais que l'élève ne cherche pas à expliquer.

Nous souhaitons montrer que l'ensemble de ces principes permettent d'analyser les explications des élèves concernant les phases de la lune (au Cours Moyen).

Nous présenterons d'abord plus précisément certains de ces principes. Puis nous décrirons des explications d'élèves concernant ce phénomène, soit qu'elles proviennent de travaux de Piaget, soit que nous les ayons recueillies nous-mêmes. Enfin, nous analyserons ces explications à la lumière de ces principes.

A - LES PHENOMENES PRIMITIFS

Intéressons nous plus précisément à la sélection des faits extraits de la situation étudiée et aux phénomènes primitifs.

1 - Définition d'un phénomène primitif

Les phénomènes primitifs (Lacroix, 1996) se définissent par quatre caractéristiques :

- Ce sont des connaissances très générales relatives à des phénomènes de la vie courante. La vision des objets en est un exemple.
- Les élèves connaissent certaines conditions dans lesquelles il faut se placer pour que ces phénomènes se produisent et soient observables.
- L'élève considère qu'il n'est pas pertinent de les expliquer. Lors de toute demande d'explication, l'élève se limite à décrire certaines conditions dans lesquelles il faut se placer pour que le phénomène se produise.
- Ces phénomènes sont utilisés pour expliquer d'autres phénomènes.

2 - Trois types de phénomènes primitifs

De leur expérience sensori-motrice du monde, nous supposons que les enfants dégagent :

- certaines conditions nécessaires pour que leur action médiate ou immédiate sur le milieu environnant soit efficace,
- les réactions les plus fréquentes des objets présents dans ce milieu,
- les conditions dans lesquelles il faut se placer pour contrôler cette action et son efficacité : conditions de vision, par exemple. Les élèves savent qu'ils ne pourront voir un objet que si celui-ci est en face d'eux, pas trop éloigné, dans un espace éclairé, s'il n'y a pas d'objet opaque entre eux et cet objet.

Cette analyse permet de postuler l'existence de trois types de phénomènes primitifs :

- les conditions de vision,
- les conditions d'action sur les objets,
- les propriétés générales des objets.

Précisons ces deux derniers types.

3 - Les propriétés générales des objets

Pour dégager les propriétés générales que les élèves pourraient prêter aux objets nous nous référons à la définition de la matière qui s'est élaborée aux 17 et 18ème siècles. Nous retenons les deux éléments suivants :

- En l'absence de toute action qui s'exerce sur lui, un objet conserve sa forme et son aspect.
- Un objet est inerte : il faut agir sur lui pour le mettre en mouvement. De même, s'il est en mouvement, il faut agir sur lui pour modifier son mouvement ou l'arrêter.

4 - Les conditions d'action sur les objets

Pour définir les caractéristiques probables des actions générales entre objets, nous ferons référence à Aristote et Piaget. Aristote s'intéresse à ce qui engendre le mouvement ou le repos : la « cause efficiente ». Cette cause a les caractéristiques essentielles des forces de contact :

- Elle s'exerce toujours au contact de deux objets. Elle produit un effet à l'endroit où elle s'exerce. Toute transmission d'action implique un contact.
- L'effet est perceptible tant que cette force s'exerce.

Dans le passé, l'obligation d'un contact entre l'agent et le patient a souvent été prise en compte. Dans le cas d'action à distance, elle a conduit les scientifiques ou les philosophes à évoquer la présence d'un intermédiaire invisible, matériel, en mouvement ou au repos, entre les corps en interaction. Trois catégories d'intermédiaires ont été imaginés ; nous nous intéresserons uniquement à ceux qui se déplacent dans un espace vide entre l'agent et le patient. Ces deux notions de mouvement et de vide entraînent les notions de source, d'émission de particules, de choc et d'impulsion. Ces notions ont été abondamment utilisées par les philosophes matérialistes de l'école atomiste (Epicure, Lucrèce, ...). D'après les travaux d'épistémologie (Piaget), les élèves utilisent ces notions dans des domaines aussi différents que la mécanique, la propagation de la chaleur, l'optique, le magnétisme, ...

B - LES FAITS RETENUS

Nous nous intéressons à la sélection des connaissances, relatives à la situation, que l'élève cherche à expliquer. Un petit nombre de composants sont retenues pour décrire une situation, qu'elle soit ou non de la vie courante. S'il y en a deux, tout se passe comme s'ils formaient un couple antagoniste : les propriétés attribuées à l'un des composants dépendent du deuxième composant de ce couple. Les similitudes et les différences existant entre ces composants sont retenues en priorité pour caractériser chaque composant du couple. Ce ne sont donc pas nécessairement les propriétés de ce composant liées à la situation que l'enfant retient. Dans ce jeu de différences et de similitudes, aucune propriété quantitative n'est signalée. Ce sont ces similitudes et ces différences que l'élève cherche à interpréter.

Pour décrire les situations plus complexes, l'élève peut sélectionner plusieurs couples et chercher à interpréter leurs similitudes et leurs différences.

Cette sélection de l'information sera appelée mythique, car elle conduit à sélectionner des informations de même type que celles qui sont prises en compte par les peuples dits primitifs pour construire les mythes (Lévi-Strauss 1985).

C - RETOUR SUR LE PROBLEME INITIAL

A la lumière de ces principes, il est possible de préciser le problème initial. Nous souhaitons montrer, non seulement :

- comment ces principes permettent d'analyser toutes les représentations des élèves,
- mais encore
- que les phénomènes primitifs sont utilisés par les élèves pour construire leur explication des phases de la lune
- que les conditions de vision jouent un rôle important, pour de nombreux élèves, dans la genèse de leurs explications des phases de la lune.

II - EXPLICATIONS DE LA VISION DE LA LUNE

On peut penser que l'explication des phases de la lune dépend de l'interprétation que les élèves donnent de la vision des objets familiers.

Ce problème a été abordé, il y a une dizaine d'années, par Guesne (1984) pour des élèves de 13 à 16 ans. D'après ce travail, il apparaît que des explications sont proposées par ces élèves et qu'elles sont de quatre types. Un type de réponses, majoritaires, insiste sur la présence, en face de l'oeil, de l'objet immergé dans un bain de lumière. De fait, ces élèves décrivent des conditions nécessaires à la vision des objets : la présence de l'objet dans un espace lumineux et sa position face à l'observateur. Ces élèves connaissent des conditions, nécessaires à la vision des objets. Ils n'éprouvent pas le besoin d'expliquer pourquoi l'objet est visible. La vision reste un phénomène primitif pour une majorité d'élèves de 13 à 16 ans.

A l'aide de la question « Pourquoi vois-tu la lune ? » nous cherchons à savoir :

- quelles connaissances des conditions de vision ont les élèves de l'école élémentaire,
- quel type d'explication de la vision des objets ils cherchent à construire.

Au chapitre suivant, nous chercherons à savoir si ces mêmes élèves utilisent leurs connaissances de la vision pour construire une explication d'un autre phénomène, les phases de la lune. Cela semble probable, car ces connaissances servent à expliquer l'alternance jour et nuit (Vosniadou).

A - PROTOCOLE EXPERIMENTAL ET TYPES DE REponses

Nous avons posé la question « Pourquoi vois-tu la lune ? » à la totalité des enfants d'un même groupe scolaire de huit classes et nous avons recueilli leurs explications. Les élèves construisent leur réponse en s'aidant d'un texte et d'un schéma.

Voici les explications d'une classe de CM1.

- 1 - « *On voit la lune parce que la terre tourne sur elle-même* »
- 2 - « *On voit la lune parce qu'elle est près de la terre* »
- 3 - « *On voit la lune parce que c'est le soleil qui l'éclaire* »
- 4 - (pas de réponse)
- 5 - « *Parce que le jour il fait beau alors le soir elle y est* »
- 6 - « *Le soleil envoie de la lumière et allume la lune* »
- 7 - « *Parce que la lune est en face de nous* »
- 8 - « *Je la vois parce que je regarde dans le ciel et qu'elle tourne tout près de moi* »
- 9 - « *Je vois la lune grâce à mes jumelles et aussi à mes yeux. L'image de la lune vient dans mes jumelles et je peux la voir* »
- 10 - « *On la voit parce qu'elle bouge* »
- 11 - « *Je vois la lune parce qu'elle est près de la terre et quand il n'y a pas de nuages* »
- 12 - « *Je vois la lune parce qu'il fait nuit* »
- 13 - « *Je vois la lune car elle est un satellite de la terre et que c'est une planète proche de la terre* »
- 14 - « *De la maison je vois la lune parce que le soleil envoie des rayons à la lune et la lune les renvoie à la terre* »
- 15 - « *La lune est un satellite de la terre, je la vois parce qu'elle est la plus proche* »
- 16 - « *On peut regarder la lune parce qu'il fait très sombre et qu'il y a de la lumière (sur la lune)* »
- 17 - « *On voit la lune la nuit car la terre met 24 heures pour tourner sur elle même* »

B - PREMIERE ANALYSE : TYPES DE REPONSES

Deux types de réponses sont identifiables.

1 - La plupart des réponses (80 %) explicitent des conditions de vision :

- proximité de l'objet vu de l'observateur: « On voit la lune parce qu'elle est près de l'observateur ». (2)

- absence d'obstacle (nuage ou la terre) entre l'élève et l'objet vu : « Parce que le jour il fait beau alors le soir elle y est ».

Autre exemple : l'enfant prend en compte, là encore, cette condition de vision pour construire son explication : la présence de la terre, corps opaque en mouvement et de ce fait présent temporairement entre l'objet et l'observateur, entraîne la vision cyclique de la lune et du soleil. « On voit la lune (la nuit) car la terre met 24 heures pour tourner sur elle-même ». (17)(5)

- présence d'organe ou d'instrument : « Je vois la lune grâce à mes jumelles et aussi à mes yeux ». (8)

- présence de la lune dans un espace éclairé : « On voit la lune parce que c'est le soleil qui l'éclaire ». (3)

- présence possible de l'objet à voir dans le champ de vision de l'observateur : « On voit la lune parce qu'elle bouge (10), parce que la lune est en face de nous ». (7)

2 - Quelques réponses, moins de 20%, évoquent la présence d'un intermédiaire : lumière ou image, dont le trajet représenté sur certains dessins par une flèche, un trait plus ou moins long, relie l'objet vu à l'observateur. Cette flèche indique aussi la direction oeil-objet.

Ainsi, le rôle de la lumière dans le phénomène de vision est très différent pour le jeune élève et pour l'expert. Nous pouvons reprendre à notre compte la remarque de Viennot (1996) : les jeunes élèves identifient plus volontiers la lumière avec sa source, avec les plages éclairées qu'ils observent, ou encore avec un bain de lumière qu'avec une entité qui véhicule l'information jusqu'à l'oeil. Il existe cependant une exception qui apparaît habituellement lorsque l'élève assimile l'objet vu à un miroir : « De la maison je vois la lune, parce que le soleil envoie des rayons à la lune et la lune les renvoie à la terre ». (14)

III - INTERPRETATION

Nous chercherons à interpréter les réponses des élèves à partir du cadre explicatif défini précédemment, c'est à dire à partir des phénomènes primitifs, de la sélection mythique dans les propriétés observables, de causalité finale et efficiente.

A - LA VISION, PHENOMENE PRIMITIF

80% des explications recueillies ne sont que des descriptions des conditions de vision. Ainsi, pour ces élèves, le phénomène de vision posséderait deux caractères des phénomènes primitifs :

- les conditions de vision peuvent être explicitées,
- le phénomène n'a pas à être expliqué, même lorsqu'il est demandé aux élèves de le faire.

B - LA SELECTION MYTHIQUE

Que la vision soit ou ne soit pas un phénomène primitif, tout se passe comme si les propriétés semblaient avoir été sélectionnées à l'aide du principe explicité antérieurement :

- sélection d'un couple,
- recherche des similitudes et des différences au sein du couple,
- intermédiaire entretenant les relations entre les deux composants séparés.

Le couple observateur-objet est désigné dans la question soumise à la réflexion des élèves.

Lorsque le phénomène est primitif, les explications des élèves décrivent les conditions de vision ou leur négation. Elles décrivent les propositions relatives de l'observateur et de l'objet à voir en termes de proximité et d'éloignement : l'objet est placé devant, derrière, à droite, à gauche. Ces positions constituent, lorsque le phénomène est primitif, un jeu de relations similitudes et différences dans lequel ces deux composants sont engagés.

Tous les élèves s'intéressent à un intermédiaire : l'objet opaque qui, dans cette situation interrompt les relations directes qu'entretiennent les composants du couple.

Pour 20% des élèves restants, un autre intermédiaire permet aux deux composants séparés d'entretenir des relations. Il est désigné sous des noms différents suivant son sens de déplacement, il est lumière ou image entre l'objet vu et la source, la flèche matérialise le trajet effectué par le messenger pour se rendre de l'objet à l'observateur.

Ce messenger, parfois traduit sur le dessin à l'aide d'un trait ou d'une flèche, exprime les relations privilégiées qu'entretiennent l'objet et l'observateur. La flèche souligne par son côté éventuellement dissymétrique, leur différence. L'évocation de cet intermédiaire laisse penser que les deux composants, qui peuvent échanger par un intermédiaire commun, pourraient être de nature commune. Le principe de sélection serait aussi à l'origine des explications fournies par ces élèves.

C - LES CAUSALITES

Il est tentant de voir dans la flèche présente sous certains dessins l'amorce d'une relation causale. La flèche peut traduire le côté volontariste de la vision ou de l'éclaircissement (la causalité finale). Cette flèche pourrait faire penser aux rayons visuels d'Euclide, aux rayons optiques de Képler, mais la présence d'un seul de ces rayons n'est pas suffisante pour imaginer un processus qui permettrait de déterminer et d'expliquer les caractéristiques de l'objet vu. Il s'agit d'une ébauche de causalité efficiente.

Cette flèche ordonne des événements (émission, déplacement, réception), elle établit un lien chronologique entre ces événements : c'est la trace d'un raisonnement séquentiel. Elle suppose qu'il y a un intermédiaire qui entre en contact avec les deux

corps éloignés qui interagissent. Cette explication est construite par référence aux conditions d'action d'un sujet sur un objet, phénomène primitif que l'on nomme habituellement causalité efficiente.

IV - LES PHASES DE LA LUNE

C'est un phénomène complexe. Piaget (1947) en a recueilli des explications d'élèves et a proposé des catégories de réponses. Nous les présentons en dégagant les principes sur lesquels, d'après nous, elles reposent.

Nous vérifierons si les élèves de CM1 proposent ces catégories d'explications lorsqu'on leur demande d'expliquer les formes successives que prend la lune.

A - LES CATEGORIES D'EXPLICATIONS

1 - Les conditions de vision des objets déterminent les caractéristiques du premier type d'explications décrit ci-dessous.

Ces conditions impliquent :

- le choix d'un couple observateur/lune et d'un autre composant, un objet opaque : terre ou nuage, qui interrompt les relations au sein du couple
- la prise en compte de leur position relative
- la présence éventuelle d'un objet opaque situé entre l'observateur et la lune qui joue le rôle d'un intermédiaire qui coupe tout contact dans le couple objet-observateur

Dans cette hypothèse, la lune est visible car elle est située dans un espace rempli en permanence de lumière. Si une partie de la lune n'est pas visible par l'observateur, c'est qu'une des conditions de visibilité n'est pas satisfaite : par exemple un objet la cache, ce peut être la terre, les nuages ...

Les phases de la lune peuvent être déterminées par la position de la lune dans le ciel ou l'état du ciel. L'évolution de la lune peut avoir une origine météorologique.

Il est possible aussi de supposer que la lune tourne sur elle-même et ne présente pas toujours la même face à l'observateur. La forme vue est encore liée à des conditions de vision, l'observateur implicite ou explicite voit seulement ce qui est dans son champ de vision, ce qui est en face de lui.

2 - Un deuxième type d'explication, fait intervenir un nouveau phénomène : l'ombre. En fait l'explication est de même nature que la précédente si l'on considère que l'objet à voir est caché par une ombre réifiée. La lune porte l'ombre d'un objet : nuage ou terre par exemple, cette ombre empêche la lumière de pénétrer sur l'espace qu'elle occupe. La vision de la totalité de la lune est impossible puisque la lumière en a été chassée par l'ombre. La forme de la partie éclairée évolue au gré du déplacement relatif de cette ombre et de la lune. On retrouve le couple de composants présents dans toute situation de visibilité : un objet situé dans un espace éclairé, un observateur, un objet opaque, l'ombre. La partie éclairée de la lune est visible dans les conditions habituelles de visibilité si l'objet opaque n'occulte pas en totalité l'objet à voir.

3 - Un troisième type d'explication semble de nature très différente des précédents.

Divers couples sont pris en compte : soleil-lune, lune-observateur. **Un intermédiaire en mouvement** se déplace du soleil à la lune, de la terre à la lune, de la lune à la terre. Cet intermédiaire peut prendre des noms divers : lumière, image, regard, selon la nature du couple considéré. Par exemple, un intermédiaire unique : un flux de lumière émis par le soleil en direction de la lune (premier couple) est renvoyé par celle-ci en direction de l'observateur (deuxième couple). Il y a un effet parce qu'une quantité (la lumière) entre en contact avec un objet, un être vivant. Cette explication est construite en référence avec les règles habituelles régissant les actions entre objets : un ballon rebondit au contact d'un mur par exemple. Ces règles constituent un phénomène primitif. Elles n'expliquent pas pourquoi la forme de la partie vue change. C'est probablement que le miroir-lune a un aspect qui change suivant l'angle sous lequel on le voit.

4 - Le couple dissymétrique du type observateur-objet se retrouve dans les explications artificialistes recueillies auprès des élèves. Les transformations d'un objet, la lune, sont interprétées par l'intervention d'un être transcendant ou sont justifiées parce que l'autre composant du couple, l'observateur, lui aussi change. Le couple lune-observateur est tellement soudé que la lune possède les propriétés de l'observateur. Elle « participe », dit Piaget, des propriétés de l'observateur.

B - LES EXPLICATIONS PROPOSEES PAR LES ELEVES AVANT ENSEIGNEMENT

On pose à des élèves de CM la question : « Pourquoi la lune change-t-elle de forme ? ». Ils répondent par écrit, de manière individuelle à l'aide d'un texte court et d'un schéma. Voici tout d'abord les textes de chacun des 17 élèves de cette classe.

- 1 - *« Elle change de forme parce que notre lune commence »*
- 2 - *« Elle change de forme parce qu'il faut bien qu'elle devienne pleine »*
- 3 - *« Ca dépend comment le soleil l'éclaire »*
- 4 - *« La lune envoie de la lumière à la terre et après on peut la voir »*
- 5 - *« Elle change de forme parce que c'est la terre ... »*
- 6 - *« La lune tourne autour de la terre et le soleil envoie de la lumière et c'est pour ça qu'on peut la voir »*
- 7 - *« La lune change de forme parce qu'il commence à faire de plus en plus nuit »*
- 8 - *« Elle change de forme parce que des fois on la voit pas, alors elle apparaît et change de forme »*
- 9 - *« Les rayons font diminuer la lune. Grâce aux rayons du soleil la lune change de forme »*
- 10 - *« On la voit (changer de forme) parce qu'elle bouge, parce qu'elle tourne »*
- 11 - *« Les nuages cachent la lune en avançant. Au fur et à mesure que la terre tourne, on voit la lune en quart, en... Ensuite on ne la voit plus car la terre lui tourne le dos »*
- 12 - *« Elle change de forme parce que la terre tourne »*
- 13 - *« La terre en tournant fait disparaître la lune derrière les nuages »*

14 - « La lune change de forme parce qu'elle change de côté (de la terre) »

15 - « La lune tourne autour de la terre. Elle change de forme parce que la terre la cache »

16 - « elle change de forme parce que la terre cache une partie de la lune »

17 - « Les nuages cachent la lune. »

C - LES DESSINS REALISES AVANT ENSEIGNEMENT

Les dessins des élèves, exécutés dans le but d'interpréter le phénomène du changement de forme, peuvent être classés dans l'une ou l'autre des catégories décrites au paragraphe précédent. Lors de l'exécution de ces dessins on a entendu un élève qui supposait qu'une partie seulement de la lune était éclairée et qu'il ne pouvait pas la voir en entier lorsque la partie éclairée n'était pas placée en face de lui. Cette interprétation s'appuie encore sur une condition de visibilité non satisfaite.

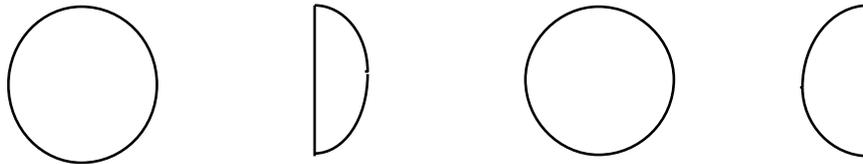


Figure 1 - L'objet lune présente l'une puis l'autre de ses faces à l'observateur.

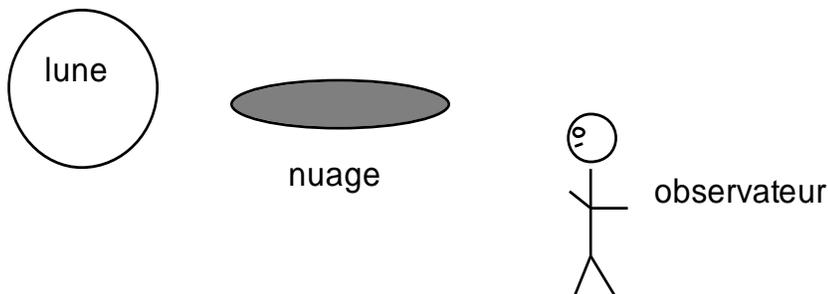


Figure 2 - Un nuage masque une partie de la lune. L'interprétation prend en compte une condition de visibilité des objets.

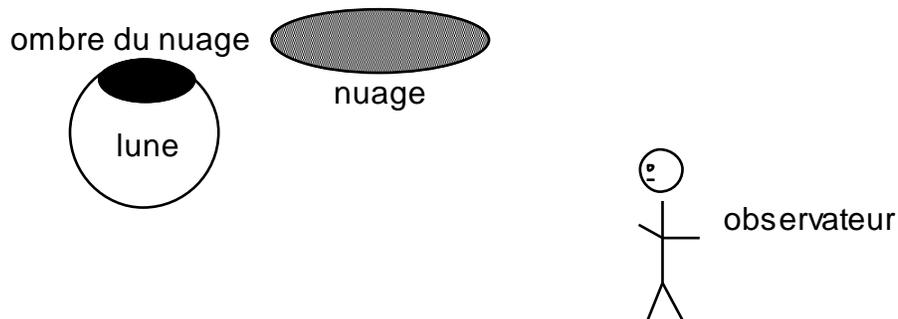


Figure 3 - La lune porte l'ombre d'un nuage. Le phénomène appartient au domaine des ombres.

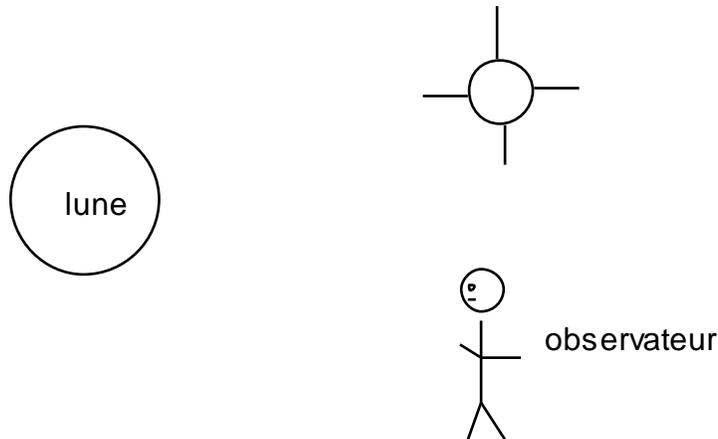


Figure 4 - La lune est un miroir. L'interprétation est donnée dans le domaine de l'éclairage d'une surface.

D - INTERPRETATION

Ces réponses illustrent les catégories analysées antérieurement. Nous allons revenir sur chacune d'elles.

1 - Pour interpréter l'évolution de la forme de la lune, la majorité (70%) des élèves font référence à l'une des conditions de vision : l'évolution de leur position relative, consécutive au mouvement de rotation de la lune autour de la terre, de la terre sur elle-même, permet d'illustrer chacune d'elles :

- vision de la partie de la lune non occultée par un corps opaque situé entre l'observateur et l'objet à voir (terre et nuage), (13)(15)(16)
- vision des seuls objets éclairés, (3)(4)
- vision des seuls objets situés en face de l'observateur, (11)(14)
- vision sous différents angles de la lune, du fait de sa rotation sur elle même. (10)

2 - La projection sur la surface de la lune de l'ombre d'un objet opaque n'est pas évoquée dans cette classe, elle l'est habituellement. Pourquoi ce type de réponse n'apparaît-il pas ici ?

3 - Des explications sont construites à partir du mouvement de la lumière ou d'une image.

4 - On n'a pas rencontré l'artificialisme décrit par Piaget. Il n'est fait référence à aucun être transcendant, aucun héros ou surhomme, pour expliquer le phénomène. Par contre, un finalisme sans âme et sans moteur apparaît dans les deux premières réponses

(1)(2). On peut interpréter encore plus précisément ces réponses en faisant référence à un couple lune-observateur. Les propriétés de l'observateur sont connues, elles sont attribuées à la lune. La lune « participe » aux propriétés de l'observateur (Piaget). L'observateur grandit et la lune aussi. La fin de l'explication va de soi : il y a croissance donc changement de forme.

5 - Pour être complet, il convient d'éclaircir les explications (7) et (9) :

(7) - « *La lune change de forme parce qu'il commence à faire de plus en plus nuit* »

(9) - « *Les rayons font diminuer la lune. Grâce aux rayons du soleil la lune change de forme.* »

Ces deux explications apparaissent complémentaires. L'une met en relation la diminution des dimensions de la lune avec l'apparition du soleil, l'autre sa croissance avec l'apparition de la nuit et implicitement avec la disparition du soleil.

Le couple retenu pour construire ces explications est le couple lune-soleil. Les deux astres peuvent jouer dans cette situation les mêmes rôles, symétrique et opposé, que dans l'alternance jour-nuit (Vosniadou, 1994) ; ce que certains enfants traduisent sur leur dessin en plaçant le soleil et la lune de manière symétrique par rapport à la terre. Par exemple, pour un observateur lié à la terre en mouvement, l'apparition du soleil entraîne l'éloignement de la lune, la décroissance de ses dimensions, sa disparition à terme. La situation s'inverse à la tombée de la nuit. C'est encore une des conditions de visibilité qui est évoquée : l'objet apparaît de plus en plus petit au fur et à mesure qu'il s'éloigne de l'observateur. Les couples observateur-lune et observateur-soleil sont pris en compte, de fait, et le phénomène primitif qui sert de référence est encore la vision des objets.

V - CONSTRUCTION DES EXPLICATIONS

Ces explications sont construites en faisant référence aux principes évoqués ci-dessus :

- connaissances de l'élève concernant le phénomène à interpréter, les phases de la lune : formes changeantes de la partie visible de la lune, retour cyclique

- choix de couples de composants : lune-soleil, observateur-lune, deux états successifs de la lune ;

- rôle symétrique et opposé joué par le soleil et la lune et les propriétés qui en résultent : appartenance à un même système terre, soleil, lune, mouvement identique mais conduisant au maintien de positions opposées par rapport à la terre.

- rôle identique joué par l'observateur et la lune lorsqu'il y a participation,

- rôle fortement dissymétrique joué par ces mêmes composants lorsque l'enfant traduit son rôle de spectateur.

- connaissances générales : les propriétés communes des objets.

Les astres ont certaines propriétés habituelles des objets : ils occupent dans l'espace un volume de forme sphérique, de dimension finie, de forme permanente ; ils sont mobiles. Ils possèdent ces propriétés en référence à leur nature : ce sont des objets célestes mais avant tout des objets.

De ce fait, chaque nuit, au milieu de la nuit, lorsque la lune est bien haute dans le ciel, la lune se présente toujours sous le même aspect, sous la forme d'un disque lumineux, faiblement lumineux. (Pour plus de précision voir l'annexe 2)

- connaissances générales : la vision des objets.

La lune change de forme, soit parce qu'il y a un déplacement relatif aléatoire de la lune par rapport à un objet opaque qui s'interpose momentanément entre la lune et l'observateur, soit parce qu'il y a un déplacement cyclique de la lune ou de l'observateur.

Elle change de forme, d'une part rapidement et de manière cyclique lorsqu'elle se lève ou lorsqu'elle se couche, d'autre part d'une manière aléatoire lorsque les nuages passent devant elle (croyance).

- connaissances générales : la causalité efficiente qui explicite les conditions d'action sur les objets.

CONCLUSION

La première question, « Pourquoi vois-tu la lune ? », joue peut-être un rôle inducteur sur les réponses données à la deuxième question : « Pourquoi la lune change-t-elle de forme ? ». Le pourcentage de réponses faisant référence aux conditions de visibilité est le même pour les deux questions (80%). Pourquoi ce réemploi massif ? On peut avancer une explication : pour construire leur explication, les élèves utilisent les matériaux disponibles sur le moment, et surtout ceux qui leur semblent propres à être assemblés. Le rappel des conditions de vision assure cette double fonction : apporter les matériaux prêts à être réutilisés.

Sur le plan pédagogique, on voit l'intérêt de cette démarche :

- elle facilite la construction par les élèves d'une explication des phases de la lune ; ainsi l'élève se sent valorisé car il peut construire une explication d'un phénomène complexe

- en comparant les deux types d'explications, l'enseignant peut faire prendre conscience aux élèves du processus de construction de leur explication.

Dans le cadre décrit dans cet article, le réemploi de ces connaissances concernant les conditions de visibilité permet, par comparaison, d'avoir des réponses nettement identifiables et de montrer l'importance du phénomène primitif : condition de vision, dans la construction de l'explication des phases de la lune par les élèves.

Ce travail met en lumière les principes et les types de connaissances que l'on doit utiliser si l'on veut prévoir les explications données de ces phénomènes. Des connaissances particulières concernant la situation à expliquer, des connaissances plus générales concernant une classe de phénomènes, ici concernant les astres, enfin des connaissances très générales acquises tout au long d'une longue exploration et d'un long dialogue sensori-moteur entre l'enfant et son milieu. Ces dernières connaissances ont été classées sous la dénomination : phénomènes primitifs ; elles concernent aussi bien les conditions nécessaires pour que l'action du sujet sur le milieu qui l'entoure soit efficace, les types de réponses des objets aux actions du sujet, le contrôle de cette action par le sujet lui-même et probablement des critères qui permettent au sujet de juger de l'efficacité de son action sur le milieu.

A travers les conditions de vision, nous avons montré également que ces connaissances générales, ces phénomènes primitifs possèdent les propriétés qui leur ont été attribuées :

- les élèves connaissent certaines conditions dans lesquelles il faut se placer pour que ces phénomènes se produisent et soient observables
- l'élève ou l'enfant considère qu'il n'est pas pertinent de l'expliquer. Lors de toute demande d'explication, l'élève se limite à décrire certaines conditions dans lesquelles il faut se placer pour que les phénomènes se produisent.
- ces phénomènes sont utilisés pour expliquer d'autres phénomènes.

Ces principes permettent de catégoriser la quasi totalité des réponses des élèves, d'où leur intérêt. La filiation entre les principes utilisés et les explications est ici facile à établir. Certaines autres filiations sont plus complexes... Il est facile de noter que les principes sur lesquels reposent ces explications sont très différents de ceux utilisés par l'adulte, ce qui explique la distance qui peut exister entre les interprétations de l'adulte et celles données par de jeunes élèves.

REFERENCES

Guesne E (1984) Children's ideas about light. New trends in Physics Teaching, Vol IV, UNRESO, Paris

Lacroix d. (1996), Comment évoluent chez les élèves de Cours élémentaire les idées d'ombres et de lumière, Thèse, Grenoble 1.

Lévi-Strauss C. (1984), Paroles données, Plon.

Lévi-Strauss C. (1990), La pensée sauvage, Agora, Plon.

Piaget J. (1947), Représentations du monde chez l'enfant, PUF.

Viennot L. (1996), Raisonner en physique, De Boeck université, Paris, Bruxelles.

Vosnadou S. and Brewer W. (1994), Mental models of the day night cycle, Cognitive Science, Vol 8.

ANNEXE 1

CHOIX DES COUPLES. ATTRIBUTION DES PROPRIETES AUX DIFFERENTS COMPOSANTS DE CES COUPLES

Dans une situation étudiée, identifier une cause efficiente et son effet conduit à choisir deux systèmes ou deux composants (un couple de composants) et une relation de dépendance qui met en valeur le rôle de patient de l'un des composants et le rôle d'agent de l'autre. Nous supposons que l'élève extrait de toute situation un petit nombre de couples. Dans le cas de l'optique, les jeunes élèves semblent peu utiliser la causalité. Aussi, pour connaître la nature probable des liens qu'entretiennent les composants de ces couples, nous évoquerons les écrits d'un philosophe néoplatonicien Proclus (6ème siècle) et les travaux de Lévi-Strauss (1956).

Pour Proclus, philosophe néoplatonicien, il y a une unité ; cette unité s'est fractionnée tout d'abord en deux parties inégales qui peuvent être, à leur tour, sectionnées et ainsi de suite. Les deux parties résultant d'un même sectionnement, sont évidemment de nature commune et, de ce fait, possèdent des ressemblances.

Proclus s'intéresse à toute ressemblance entre deux systèmes.

2 - La construction des mythes : différence et similitude

Les ressemblances, preuves de cette unité, ouvrent la voie aux regroupements les plus insolites comme l'illustrent les travaux de Lévi-Strauss à propos de la pensée totémique, regroupements qui permettent par exemple de mettre en relation les êtres humains et les êtres vivants les plus divers.

Ces critères de regroupement procèdent aussi à la construction des mythes. Les mythes sont des récits qui donnent une explication du monde. Les travaux de Lévi-Strauss (1956, 1984) ont permis de dégager certains principes sur lesquels repose leur construction.

- Il y a sélection de couples antinomiques. Les exemples abondent : le cru et le cuit, la lumière et l'ombre, la nuit et le jour, le ciel et la terre, le haut et le bas. C'est souvent une unité spatio temporelle qui a été fractionnée en deux parties, son unité est implicite ; c'est par exemple, pour l'univers, le ciel et la terre, avec sa partie accessible et sa partie inaccessible ; cette différence, plus généralement des différences, permettent d'individualiser, de caractériser chacune des deux parties.

- Le récit mythique exploite les ressemblances et les différences qui existent entre les deux composants du couple et les traduit en terme de proximité et d'éloignement. Par exemple, dans certaines cosmogonies primitives qui donnent des rôles semblables à la lune et au soleil, ces similitudes et ces oppositions peuvent être traduites par des symétries qui concilient un éloignement maximum et l'obligation d'appartenir à un ensemble commun (Lévi-Strauss, 1984).

Aussi « la problématique des mythes cherche toujours à résoudre le même problème résultant de l'antinomie entre une contiguïté excessive, génératrice de confusion et de désordre, et un éloignement excessif d'où résulte l'impossibilité de toute médiation. » De cet écart infranchissable persistant entre les deux composants, découle une série de conséquences qui, sur le plan cosmologique, atteste l'impossibilité de concilier les extrêmes : le près et le loin, le haut et le bas, le ciel et la terre (Lévi-Strauss).

Pour expliquer à la fois cet éloignement ou cette proximité, il faut éventuellement un agent qui puisse jouer un double jeu. Lévi-Strauss cite à titre d'exemple les mythes utilisés par les indiens qui vivent sur la cote ouest du Canada dans des régions où le brouillard est fréquent. Le brouillard est cet intermédiaire. « Il s'interpose entre le ciel et la terre, le soleil et l'humanité, tantôt il les sépare tantôt il assure la communication entre eux » (Lévi-Strauss).

La sélection de deux composants n'élimine pas la complexité de la situation : les similitudes et les différences entre les composants permettent d'en rendre compte.

Annexe 2

CONNAISSANCES CONCERNANT LES ASTRES

Revenons sur les connaissances concernant les astres. On a affirmé que les astres sont de forme sphérique car ils apparaissent comme tels sur les dessins.

La terre est-elle un astre comme les autres ?

Est-elle considérée comme étant de forme plane ou sphérique lorsqu'elle occulte en partie la lune ?

Si la forme de la lune était liée à son occultation par la terre, pour un observateur terrestre elle prendrait, par nuit claire, tout au long de la nuit, les formes successives suivantes :

- F1 à F4, lorsqu'elle émerge d'un horizon plat
 - F5, lorsqu'elle est bien au-dessus de celui-ci,
- illustrées par la figure ci-dessous.

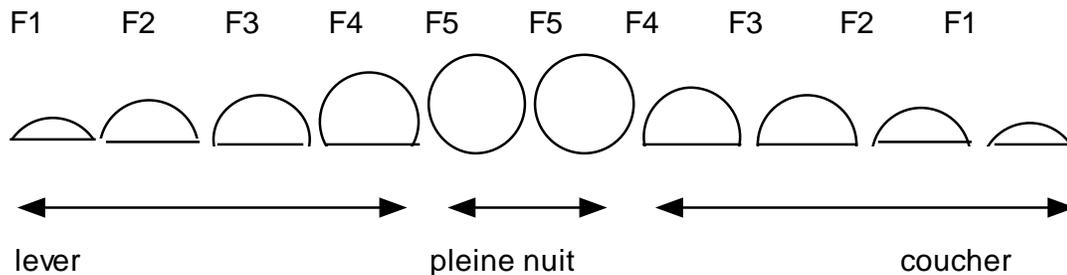


Figure 5 - Forme de la lune

Or, lorsque les élèves doivent choisir entre des formes de type F (horizon plat, figure 5) et de type F' (horizon sphérique, figure 6 ci-dessous), les formes F1, F2 et F4 sont rejetées par 70% des élèves de cours moyen.



Figure 6 - Formes de la lune sélectionnées par les élèves.

La lune n'émerge pas d'un horizon plat, elle émerge d'un horizon courbe et elle est donc temporairement cachée par un astre sphérique.

Ainsi, pour construire leurs explications des phases de la lune, les élèves utilisent divers types de connaissances : une connaissance concernant les astres, leur forme, leur rotondité, déjà utilisée pour exprimer l'alternance jour nuit (Vosniadou et Brewer, 1996), et des phénomènes primitifs dont les plus utilisés sont les conditions de vision.

