

PERCEPTION DES CONCEPTS ASTRONOMIQUES CHEZ LES ELEVES (3)

Résumé: Quel que soit son degré de sophistication, un modèle mental de la Terre est toujours construit autour de trois composantes fondamentales. Plusieurs auteurs ont montré que les modèles de la Terre généralement admis par les enfants peuvent se ranger en cinq grandes catégories. Après avoir discuté le modèle le plus simpliste (la Terre est plate), J.Nussbaum (Jerusalem College for Women) poursuit son examen (voir CC n°53)

\*\*\*\*\*

Les modèles du second type:

Dans la seconde catégorie de modèle de la Terre, les enfants sont persuadés que celle-ci est une immense boule composée de deux hémisphères. L'hémisphère inférieur est solide et il est essentiellement composé de roche et de sol. Les gens vivent sur le "plancher" de cet hémisphère. L'hémisphère supérieur est immatériel, fait d'air, de ciel, ou d'air et de ciel. Le ciel est parfois imaginé parallèle au plancher sur lequel nous vivons et il fait comme un plafond à cet hémisphère (figure 7a). On l'imagine aussi parfois comme une voûte couvrant le plancher sur lequel nous vivons et qui est au contact avec lui par l'horizon (fig. 7b). Les enfants qui admettent ce genre de modèle affirment que nous nous trouvons à l'intérieur de la Terre et qu'on ne peut pas vivre à sa surface.

Le Soleil, la Lune et les étoiles sont tantôt imaginés se trouver à l'intérieur de la boule, tantôt sur sa surface ou encore à l'extérieur. A l'extérieur de la Terre, il y a l'espace totalement vide et sans air selon certains ou encore rempli d'un "air sans oxygène" que les gens (les astronautes) ne peuvent pas respirer.

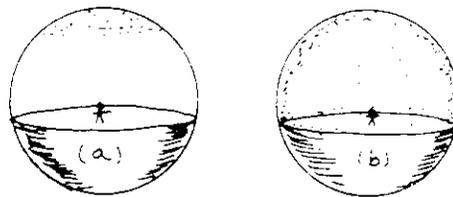


Figure 7: Diverses représentations de la Terre appartenant au deuxième type de modèle terrestre.

Comparés à ceux du premier type, ces modèles représentent un progrès significatif. De fait, bien qu'il reste encore "primitif" d'un point de vue purement scientifique, il faut noter que ce modèle représente une construction mentale relativement élaborée, que l'enfant a produit en essayant de faire cadrer ses structures cognitives avec l'information de caractère scientifique qu'il a rencontrée. Malgré son inexactitude, on peut le considérer comme un modèle très élaboré, car contrairement au modèle précédent, il inclut l'idée que la Terre sur laquelle nous vivons est un corps fini entouré d'espace. Ce progrès conceptuel net par rapport au modèle précédent permet à l'enfant de donner des explications beaucoup plus sophistiquées aux phénomènes qu'il observe. La validité scientifique d'un modèle n'est pas forcément un critère permettant de juger de son degré de sophistication. Le lecteur se souviendra du modèle élaboré par le jeune Igal et présenté dans l'introduction.

Ce second type de modèle représente une adaptation très significative, mais seulement partielle, de la structure cognitive au modèle scientifique. Il faut bien noter qu'il inclut encore l'idée que l'ensemble des pays de la Terre sont répartis sur le vaste espace circulaire et plat où vivent les hommes. Lorsqu'on demande à ces enfants si la pierre tombera sans s'arrêter ou si elle s'arrêtera quelque part, ils répondent qu'elle tombera éternellement à moins de heurter en chemin une planète ou une étoile. Les directions "vers le bas" sont considérées comme des directions absolues de l'espace cosmique, sans aucune relation avec la Terre. Elles sont compatibles avec la perception égocentrique du "bas".

Les modèles du troisième type:

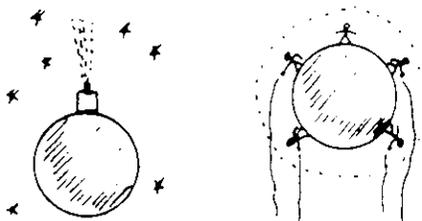


Figure 8: Réponses typiques d'enfants admettant un modèle de la Terre appartenant à la troisième catégorie: a) les pierres jetées en l'air, avec le ciel entourant la Terre b) l'eau d'un récipient situé au pôle sud s'échappe vers le ciel austral.

Les enfants qui admettent ce genre de modèle croient en un espace illimité entourant une Terre solide et ronde. Cependant, leur pensée est encore partiellement de type primitif. Ils ne voient pas la Terre comme le référentiel auquel se rapportent les directions "haut-bas", mais admettent plutôt l'existence de directions spatiales absolues "haut-bas" totalement indépendantes de la Terre. Ils dessinent des objets qui tombent de la Terre et en ce sens, ils diffèrent peu des enfants qui admettent des modèles du premier et du deuxième types. Une tâche typique permettant de reconnaître ceux qui admettent encore de genre de modèle consiste à demander à l'enfant d'imaginer la trajectoire d'une pierre lancée vers le ciel en différents endroits du globe.

Après que les enfants ont dessiné ces trajectoires, on leur demande de représenter le ciel par une teinte bleu clair. Tous représentent les trajectoires dirigées "vers le haut", totalement indépendantes de la Terre (figure 8). Mais ils dessinent en même temps le ciel tout autour du globe terrestre. Dans une autre tâche, les enfants adhérant à cet ensemble de croyances prédisent qu'une bouteille non bouchée située dans l'hémisphère Sud ne pourrait pas conserver l'eau qu'elle contient: cette eau, disent-ils, s'écoulerait de la bouteille et "tomberait de la Terre". A la question "Vers quoi?", ils répondent: "Vers le ciel" ou "Vers l'espace" (figure 8).

Les modèles du Quatrième Type:

Les enfants qui admettent ce type de modèle font preuve d'une certaine compréhension de l'ensemble des composantes du concept terrestre. Selon toute apparence, ils croient vivre à la surface d'une planète sphérique et ils savent qu'elle est entourée par l'espace. La Terre constitue le référentiel auquel ils

rappellent les directions "haut-bas", c'est à dire que ces directions vont vers la Terre ou s'en éloignent. Certains expliquent même la chute des corps en faisant appel à la gravité. Néanmoins, ces prédictions "correctes" se rapportent toutes uniquement à des situations de chute libre à la surface de la Terre. Ils semblent considérer la Terre comme un tout et ne rapportent pas les directions "haut-bas" au centre du globe. Par exemple, les enfants admettant ce modèle répondent de façon typique à la question suivante:

"Suppose que quelqu'un creuse un tunnel, droit à travers la Terre. Il lâche une pierre à l'orifice de ce tunnel. Dessine sa chute."(\*)

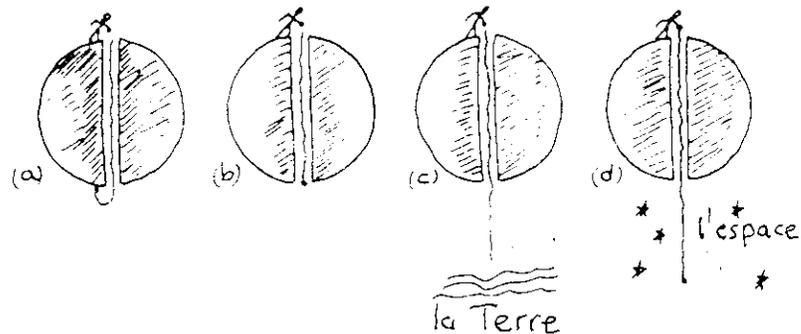


Figure 9: Prédications du trajet d'une pierre tombant en chute libre pour des modèles de type 4 (a ou b), 1 (c) et 2-3 (d)

Les enfants qui admettent un modèle de ce genre disent généralement que la pierre tombera sans s'arrêter jusqu'à l'autre extrémité du tunnel. Quelques-uns ajoutent même que la pierre sortira du tunnel pour retomber à côté (figure 9a); d'autres prédisent que la pierre s'arrêtera à l'autre extrémité et y restera en suspens dans le vide (figure 9b). A titre de comparaison, les figures 9c et 9d illustrent des réponses typiques d'enfants admettant des modèles terrestres de types 1 et 2-3 respectivement.

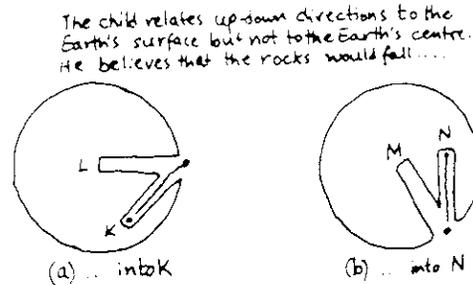
Dans une autre tâche, on demandait aux enfants: "Suppose qu'on creuse deux tunnels dans la Terre au même endroit, mais dans deux directions différentes. Si on laisse tomber une pierre, va-t-elle tomber dans le tunnel K ou dans le tunnel L?" (même question avec M et N).

Les enfants admettant ce genre de modèle disent que la pierre tombera dans le tunnel K (figure 10a) ou dans le tunnel N (figure 10b). Ils pensent que les corps graves tombent toujours vers la Terre. Cependant, dès que les objets sont en chute libre dans les tunnels imaginaires, ces enfants ne rapportent visiblement plus leurs chutes au centre de la Terre mais bien à une direction absolue (indépendante de la Terre) "vers le bas". Ainsi, ils considèrent que K (ou N) pointe davantage "vers le bas" que L (ou M). En observant la figure 10b, les enfants ont opéré mentalement une rotation de la figure et ainsi N a été perçu comme dirigé directement vers le bas.

---

(\*) On n'attend pas ici la réponse scientifique correcte selon laquelle, en admettant qu'il n'y ait pas d'atmosphère, la pierre entamerait une série d'oscillations de part et d'autre du centre de la Terre. A ce niveau, toute réponse considérant le centre de la Terre comme le point le plus "bas" sera acceptée comme satisfaisante.

L'enfant rapporte les directions "haut-bas" à la surface de la Terre, non à son centre. Il est persuadé que les pierres doivent tomber....



(a)... dans le tunnel K

(b)... dans le tunnel N

Figure 10: Réponses typiques données par des enfants adhérant aux modèles de type 4

Cinquième type de modèle:

Les enfants qui admettent ces modèles ont démontré qu'ils maîtrisaient de façon régulière et satisfaisante les trois composantes du concept "Terre" c'est à dire: 1) une planète sphérique 2) entourée par l'espace et 3) des lignes de chute dirigées vers son centre. Par exemple, on demande à Brigitte (8 ans) de prédire ce qui adviendrait dans l'hypothèse illustrée par la figure 9a. La seule indication donnée était que le bonhomme allait laisser tomber la pierre. Brigitte dessina une trajectoire qui s'arrêtait au centre de la Terre.

E: "Pourquoi n'as tu pas continué la chute?"

B: "Je ne pense pas que la pierre continue à tomber, parce qu'à partir de cet endroit, elle remonterait vers le haut."

William (9 ans) accomplit cette tâche de façon identique, mais répondit à cette dernière question de façon quelque peu différente.

W: "La pierre tombera jusqu'au centre parce que la gravité l'y attire. Elle cesse de tomber parce qu'il n'y a plus rien qui l'attire au delà de ce point (figure 11)."

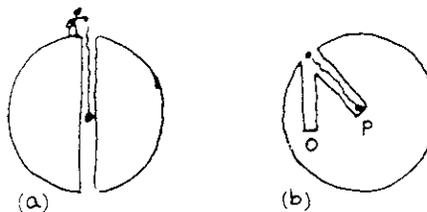


Figure 11: Réponses typiques données par des enfants admettant un modèle de type 5

Timmy (8 ans  $\frac{1}{2}$ ) devant prédire dans quel tunnel tomberait la pierre répondit qu'elle tomberait dans le tunnel P (figure 11). Lorsqu'on lui demanda pour quelle raison, Timmy répondit:

T: "Parce que P va tout droit vers le centre alors que O est penché."

Il dit de la même manière que L et M allaient droit vers le centre tandis que K et N étaient "penchés".

Ces exemples démontrent que les enfants qui admettent ce modèle mental maîtrisent les trois éléments de base du concept. Ils sont capables de déjouer les pièges conceptuels qui leur sont tendus et de répondre de manière cohérente sur un mode totalement compatible avec le contenu propre à toute représentation scientifique de la Terre.

### 3.4 Evolution progressive du concept "Terre"

Les cinq modèles décrits ci-dessus sont représentés dans la figure 12. Ils sont disposés de manière à suggérer une évolution conceptuelle progressive qui mène du modèle de type 1 (le plus égocentrique et le plus primitif) au modèle de type 5 (le moins "égocentrique" et le plus "scientifique"). Les trois composantes essentielles du concept sont considérées comme trois variables ou, si on préfère, trois dimensions. Cela revient à dire que chaque élément peut prendre au moins deux valeurs complémentaires (par exemple, la forme peut être plate ou ronde).

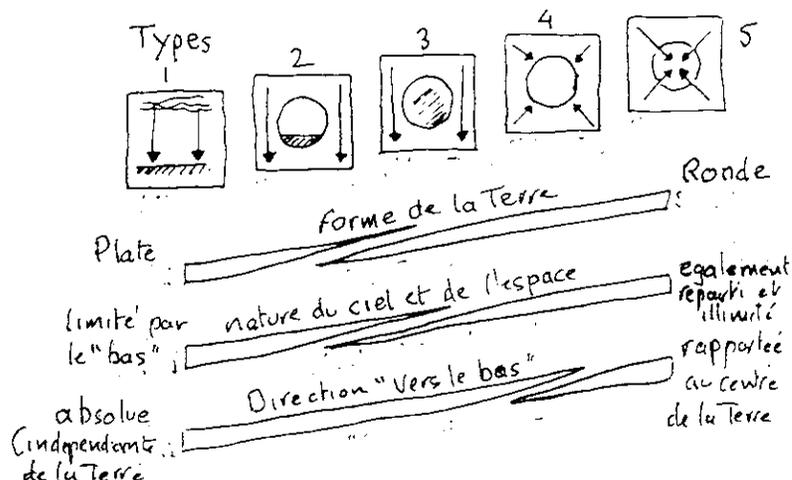


Figure 12: Représentation schématique des cinq classes de modèles de la Terre en tant que corps cosmique. Les trois composantes fondamentales de ce concept sont présentées comme des variables pouvant prendre diverses valeurs entre deux valeurs extrêmes.

Bien que chaque dimension puisse se présenter sous deux aspects conceptuels opposés, cela ne signifie pas qu'elle doive apparaître sous un aspect aussi manichéen dans chaque modèle (dichotomie "soit... soit..."). Elle se manifeste plutôt avec divers degrés d'intensité et de façon plus ou moins explicite entre deux valeurs extrêmes. Par exemple, le caractère "plat" est exprimé avec force et de façon très explicite dans un modèle de type 1. Il n'est que partiellement exprimé et cependant de façon tout à fait explicite dans l'idée d'espace circulaire plat sous une calotte hémisphérique typique des modèles de type 2. Il est implicite et partiellement exprimé dans un modèle de type 3 qui suppose que les gens ne peuvent rester debout et agir que sur le "haut" de la Terre (la partie la moins courbée). A l'autre extrémité de l'échelle, la rotundité de la Terre est très explicitement exprimée dans les modèles de type 5 et 4, et de moins en moins explicitement dans les modèles de type 3 et 2 respectivement.

### 3.5 Evolution des concepts chez les enfants avec l'âge et l'enseignement reçu

J'ai essayé dans deux études de remonter aux sources du concept "terrestre" chez des enfants d'âges divers et vivant en Israël où cette notion est présentée vers l'âge de 11 ans. Pour ce faire, on a interviewé des élèves appartenant à des populations scolaires représentatives de diverses classes (8, 10, 12 et 14 ans) et choisis dans deux écoles israéliennes. Chaque groupe comprenait une cinquantaine d'élèves. On a calculé les fréquences d'apparition (pourcentages) pour chacun des cinq modèles. Les résultats sont représentés sur la figure 13. On a relié les fréquences constatées pour chaque classe d'âge pour mieux faire ressortir leur profil spécifique.

Le profil correspondant à la classe de Troisième de Collège (14 ans) montre qu'environ 70% des élèves admettent des modèles terrestres de type 4 et 5 alors que les modèles de type 1 et 2 sont acceptés par 80% des élèves de CE2 (8 ans). Dans chacun de ces groupes, les trois autres modèles se répartissent à peu près également alors qu'il y a respectivement pour chacun une prépondérance nette des modèles de type 1 et 5.

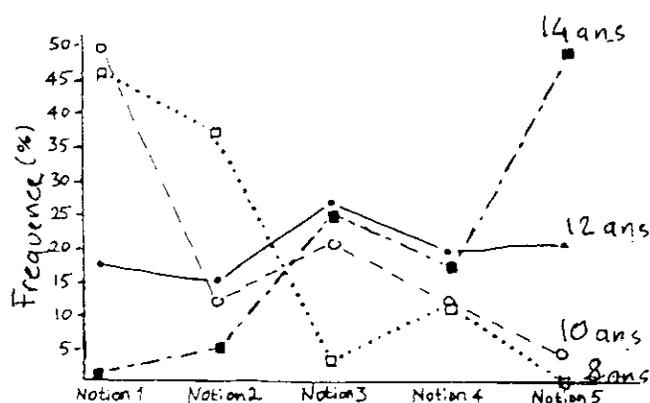


Figure 13: Fréquences d'apparition des divers types de modèles pour différents groupes d'âge.

Deux autres études par tranches d'âge menées par d'autres chercheurs ont tenté d'étudier le développement du concept en fonction de l'âge chez d'autres groupes ethniques. La première étudiait le concept "Terre" chez des petits Népalais de 8, 10 et 12 ans. Les chercheurs utilisaient une version adaptée de la procédure d'enquête. Leurs résultats confirment l'existence chez les élèves de modèles de la Terre analogues et mettent en évidence une évolution avec l'âge de la distribution des pourcentages. Les auteurs de ces travaux ont montré que le développement conceptuel des jeunes Népalais, tel qu'il est mis en évidence dans la distribution par tranches d'âge, accusait un retard de quelques années par rapport à un groupe témoin de jeunes Américains de 8 ans.

La seconde étude par tranche d'âge a été menée en Californie à partir d'une version modifiée de la procédure d'enquête. Les résultats confirment les points essentiels dégagés par la première étude.

(à suivre)