

LA PERCEPTION DES CONCEPTS ASTRONOMIQUES CHEZ LES ELEVES (4)

Résumé: Après avoir examiné les cinq grands types de modèles terrestres généralement admis par des enfants de tous âges et d'ethnies diverses, J. Nussbaum (Jerusalem College for Women) a montré que les élèves passent d'une vision primitive et égocentrique à une vision géocentrique et scientifique au cours d'une lente évolution conceptuelle (voir CC 52, 53 et 54).

4. PROBLEMES PARTICULIERS DE L'APPRENTISSAGE DE L'ASTRONOMIE

Avant d'aborder l'analyse des résultats et leur discussion, je tiens à préciser que j'en exclue volontairement toutes les idées fausses sur l'astrophysique moderne ou les idées d'Einstein sur l'espace et le temps. Je préfère me limiter aux problèmes de l'apprentissage de l'astronomie élémentaire qui est encore généralement présentée dans un contexte Newtonien. Comme on le verra ci-dessous, ce contexte relativement "simple" offre déjà suffisamment de difficultés. Dans ce chapitre, mes sources sont une étude faite sur de jeunes élèves de Collège (ref.23), ma propre expérience de l'enseignement de l'Astronomie au niveau universitaire, ainsi que d'autres comptes-rendus de travaux portant sur des étudiants en Université (ref.5).

Les problèmes liés à l'apprentissage de l'Astronomie viennent de ce que la compréhension d'un quelconque des sujets qu'elle aborde repose sur la convergence de plusieurs concepts de base appartenant à différents domaines de la Physique et des Mathématiques. Ces domaines primaires sont: (1) la Mécanique Newtonienne, (2) l'Optique (la Lumière et la Vision) et (3) les Mathématiques, principalement: géométries planes et dans l'espace. Ainsi que l'ont démontré de nombreux travaux, chacun de ces domaines possède ses propres difficultés cognitives. On devrait donc s'attendre à ce que des difficultés particulières apparaissent lorsque des concepts appartenant à ces domaines doivent être associés pour fournir une explication à un phénomène astronomique. Dans chacun de ces domaines, il y a des difficultés subjectives spécifiques qui ont pour origine des préconceptions personnelles et fausses. Ces préconceptions conduisent à des distortions dans l'assimilation du savoir astronomique. Le problème est encore aggravé par la très grande diversité des aptitudes individuelles à mener différents types de raisonnements dans des situations relativement complexes.

Je me propose de classer dans ce qui va suivre les idées fausses relatives à l'Astronomie, soit en les formulant comme un principe (faux), soit en les décrivant lorsque cela sera nécessaire. Contrairement aux travaux centrés sur "la Terre en tant que corps cosmique", les études sur la compréhension générale de l'Univers n'ont pas permis de mettre en évidence un ensemble limité de fausses idées typiques. Celles-ci pouvaient être associées de façons tellement diverses que pratiquement chaque étudiant avait sa vue personnelle et unique du Monde.

4.1 Fausses représentations dans le domaine de la Mécanique et de la Dynamique

1. L'inertie n'est pas une propriété fondamentale incontournable de la Matière. Ainsi, sans faire intervenir aucune force extérieure, il est possible d'obtenir que, de lui-même, un corps: (a) ralentisse son mouvement b) suive une trajectoire courbe ou (c) flotte dans l'espace.

3. Il suffit qu'un objet soit présent physiquement pour qu'on le voie. On ne comprend pas que les objets ne sont vus que parce que la lumière qu'ils reflètent stimule les récepteurs optiques de notre œil. Cela entraîne des problèmes de ce genre: "Pourquoi la partie sombre de la Lune est-elle totalement noire, alors que notre expérience quotidienne nous dit que les objets à l'ombre ne sont jamais totalement sombres? Peut-être bien que la partie obscure de la Lune manque vraiment..."

4. Il est possible de voir la lumière elle-même par les rayons lumineux qu'elle trace (comme on peut le constater dans tous les manuels d'Optique et dans les salles de cinéma où le rayon projeté peut être "vu". Il est bizarre et impensable que sur la Lune le "ciel" reste absolument noir en plein jour.

4.3 Exigences à respecter pour comprendre l'espace cosmique

La compréhension élémentaire de la hiérarchie des corps cosmiques dépend de deux facteurs cognitifs:

a) avoir en permanence une image adéquate de l'espace cosmique et des corps qu'il contient: la Terre est ronde, et non plate. Les étoiles qui paraissent si petites sont des objets immenses, comme le Soleil. L'espace est infini, sans direction privilégiée "haut-bas", etc, etc.

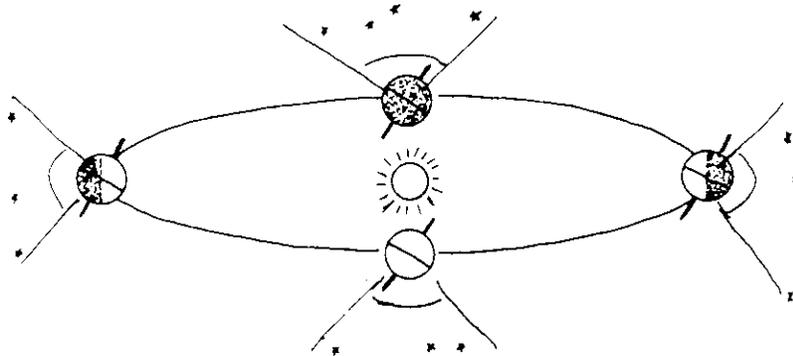


Figure 14: Orientations diverses de la Terre et les différentes saisons (saisons et constellations)

b) être prêt à mener un raisonnement "dans l'espace". Il faut être capable de gérer des représentations de l'espace cosmique observé de différents points. Les modèles, en Astronomie, sont présentés selon des perspectives différentes et de façon interchangeable. Ainsi que Kelsey l'a montré (ref.5), les manuels et le tableau noir supposent qu'un format bi-dimensionnel puisse représenter des systèmes à trois dimensions. De tels dessins montrent ce que l'on peut observer d'un point particulier (en général, une vue de dessus pour un observateur extérieur) afin d'expliquer des phénomènes vus dans un autre plan (par exemple, le plan défini par la feuille ou le tableau) alors que nous observons de l'intérieur du système vers l'extérieur. Les exemples classiques comprennent les vues de dessus et d'un seul côté pour expliquer les saisons, ou pourquoi on voit des constellations différentes selon la saison (fig.14). De nombreux travaux de psychologie cognitive ont montré que pour de nombreuses personnes il est difficile d'acquérir une "vision spatiale" et il existe des raisons de penser que cette aptitude pourrait bien être liée à des facteurs génétiques.

2. Le phénomène de l'inertie se manifeste aussi dans le mouvement circulaire. Les étoiles peuvent se déplacer sur une orbite circulaire qui n'aurait aucun centre matériel. Il en est ainsi à cause de la tendance qu'ont les corps à conserver un mouvement circulaire.

3. Il n'y a de champ gravitationnel que dans une zone limitée de l'espace circumterrestre. Il n'y a pas de gravité sur la Lune. Les astronautes qui se trouvent sur la Lune peuvent littéralement se mettre à flotter. Un corps qui se met à flotter librement dans l'espace peut suivre un trajet en zig-zag. Pour éviter de flotter dans l'espace, les astronautes doivent s'équiper de bottes à semelles plombées. C'est le poids de leurs bottes, non la gravité qui les maintient en contact avec le sol ou avec le plancher de leur astronef.

4. La gravité agit par l'intermédiaire d'un vecteur: l'atmosphère. Là où il n'y a pas d'air, il n'y a pas de gravité.

5. Les mouvements des planètes sont analogues au mouvement circulaire d'une pierre maintenue par une ficelle. Trop d'étudiants affirment que la Lune a tendance à s'écarter radialement de la Terre mais que la gravité la maintient sur son orbite comme la ficelle maintient la pierre. Il est clair que l'analyse vectorielle du mouvement circulaire n'est généralement pas comprise. Pas plus que l'idée de Newton selon laquelle le mouvement d'une planète est une chute sans fin vers un centre d'attraction.

Puisqu'un mouvement elliptique n'a rien à voir avec le mouvement circulaire de la pierre maintenue par sa ficelle, un tel mouvement autour de centres dont l'un est "vide" de toute masse paraît très bizarre et peu plausible.

6. La liaison même entre Astronomie et Mathématiques n'est pas anticipée "a priori". Lors de leur initiation à l'Astronomie, les étudiants sont très surpris de découvrir que l'Astronomie est dans une très large mesure faite de Mathématiques.

7. Le profane, étudiants compris, observe rarement les mouvements planétaires. Trop de gens n'ont aucune idée du mouvement journalier du ciel. Ils n'ont conscience que du mouvement diurne du Soleil. Mais ce mouvement ne peut, au mieux, que conduire à une vue géocentrique du Monde. Même les mouvements de la Lune sont peu évidents aux yeux de nombreux étudiants d'université. Beaucoup affirment qu'au début de la Lunaison, on peut voir un fin croissant de Lune se lever à l'Ouest. L'identification des planètes et, cela va sans dire, l'observation de leurs mouvements annuels, est inaccessible à la plupart des gens. Si on enseigne les mouvements des planètes en présentant dès le départ un modèle du système solaire, sans avoir auparavant fait un minimum d'observations (journalières et annuelles) ou sans recourir à une simulation de qualité, presque inmanquablement, l'élève moyen ne comprendra pas que ces mouvements ne sont pas observés mais déduits.

4.2 Fausses conceptions concernant la Lumière et la Vision

1. La lumière est une entité indépendante, qui peut "rester immobile". Les étoiles sont des corps brillants faits de lumière. Lumière et ombres sont perçus comme des entités matérielles différant seulement par leur "épaisseur". La Lune peut être à moitié recouverte par l'obscurité.

2. La Lune absorbe la lumière pendant le jour et la restitue la nuit.

A un niveau plus élevé, comprendre la nature de la recherche astronomique à partir des théories proposées par cette science suppose deux éléments de nature cognitive comparables à ceux qui viennent d'être mentionnés:

a) une philosophie selon laquelle il est du rôle de l'homme de spéculer sur des modèles du réel inobservable et de les construire.

b) l'idée que l'analyse mathématique des observations astronomiques est la seule façon d'obtenir de bons modèles du Cosmos. Quiconque pense s'engager dans ce genre d'activités doit être capable d'appliquer des opérations mathématiques élémentaires à une simulation de l'ordre cosmique et à la déduction de conclusions à partir du modèle produit.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Parvenu au terme de cet article, le lecteur éprouvera peut-être un certain pessimisme quant à la possibilité de transmettre un savoir significatif sur le Cosmos à une majorité d'élèves de l'Ecole Primaire et du Collège. L'auteur ne partage pas ce pessimisme. Les descriptions et arguments exposés ci-dessus sont là pour faire prendre conscience des croyances autres de nos élèves et y sensibiliser les maîtres. Cette prise de conscience du caractère tenace des fausses idées existant chez nos élèves devrait nous conduire à rechercher des méthodes d'enseignement plus efficaces. Proposer des plans spécifiques et de nouvelles stratégies sortirait du cadre de cet article. Je propose ci-dessous quelques principes de base.

Il a été démontré que les concepts sont élaborés petit à petit, pendant des années, tandis que des préconceptions simplistes continuent à exister pendant très longtemps. Il est par conséquent crucial de commencer à enseigner l'Astronomie dès les premières années de l'Ecole Elémentaire. Dès ces premières années, on devrait insister sur la rotundité de la Terre et de la Lune, sur la gravité qui s'applique aux deux corps, sur la rotation de la Terre et sur les relations entre la Terre, la Lune et le Soleil. Mes travaux (ref.24) ont montré que cela peut être effectivement enseigné à des élèves qui n'ont que 7 ans. C'est seulement après avoir enseigné cela qu'on pourra par la suite y ajouter d'autres concepts.

La caractéristique essentielle de l'enseignement que l'on souhaite est qu'il doit comporter à tous les niveaux les éléments suivants:

a) réalisation d'observations élémentaires du réel ou de simulation

b) chaque observation d'un modèle devrait être accompagnée d'exercices soigneusement préparés. Ces exercices viseraient à coordonner les différentes perspectives offertes par les modèles et par les observations. On devrait toujours se souvenir que ce n'est pas le modèle lui-même qui a une valeur éducative mais les opérations qu'on lui fait subir.

c) à chaque étape de l'enseignement, il faut s'attendre à rencontrer ces fausses représentations et le maître doit s'y référer, de sa propre initiative, ou y réagir dès qu'elles se manifestent dans la classe. Je ne peux ici discuter des méthodes visant à encourager l'évolution conceptuelle qui ont été présentées ailleurs (ref.25). Je voudrais seulement dire que bien souvent, c'est un processus laborieux qui oblige à définir clairement les concepts et les termes.

Il nous faut nous souvenir qu'enseigner le Cosmos est un défi qui nous est lancé: il s'agit de former un être humain éclairé qui comprend le monde dont il fait partie, ce qu'est la Science, et qui veut et sait exercer ses facultés de Raison.

REFERENCES

1. Nussbaum J & Novak JD 1976, An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews, Science Education 60(4), 535-550.
2. Nussbaum J 1979, Children's conception of the Earth as a cosmic body: A cross age study, Science Education 63(1), 83-93.
3. Mali G B & How A 1979, Development of Earth and Gravity concepts among Nepali children, Science Education 63(5), 685-691.
4. Snieder C & Pulos S 1983, Children's cosmographics: understanding the Earth's shape and gravity, Science Education 67(2), 205-22.
5. Kelsey L J 1980, The performance of college astronomy students on two of Piaget's projective infralogical grouping tasks and their relationship to problems dealing with phases of the moon, unpublished Ph.D thesis, The University of Iowa, Iowa City.
6. Vicentini-Missoni M 1981, Earth and gravity: Comparison between adult's and children's knowledge, in Jung W et al (Eds.) Problems concerning students' representation of Physics and Chemistry knowledge, Proceedings of an international workshop, University of Frankfurt.
7. Niesser V 1976, Cognition and Reality, San Francisco: W.H. Freeman and Co.
8. Anderson R C 1977, The notion of schemata and the acquisition of knowledge, in Anderson et al (Eds.) Schooling and the acquisition of knowledge, New York: John Wiley and Sons.
9. Archenhold W P et al (Eds.) 1979, Cognitive development research in science and mathematics, proceedings of an international seminar, Leeds U.K.; The Centre for Studies in Science Education, University of Leeds.
10. Jung W et al (Eds.) 1981, Problem concerning students' representation of physics and chemistry knowledge, proceedings of an international workshop, University of Frankfurt.
11. Helm H & Novak J D 1983, Misconceptions in science and mathematics, proceedings of an international seminar, Cornell University, Ithaca N.Y.
12. West L H T & Pines A L 1985, Cognitive structure and conceptual change, Academic Press, N.Y. & London.
13. Nussbaum J & Novick S 1982, A study of conceptual change in the classroom, a paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva near Chicago.
14. Driver R et al (Eds.) 1985, Children's ideas in science, Open University Press: Milton Keynes and Philadelphia.
15. McClosky M 1983, Intuitive physics, Scientific American 248, 122-130.
16. Toulmin S 1972, Human understanding, Princeton: Princeton University Press.
17. Novak J D 1977, A theory of education, Cornell University Press: Ithaca, N.Y.
18. Driver R & Easley 1978, Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students, Studies in science education 5, 61-84.
19. Lakatos I & Musgrove A (Eds.) 1970, Criticism and the growth of knowledge, Cambridge: Cambridge University Press.
20. Brown H I 1977, Perception, theory and commitment: The new philosophy of science. Chicago: The University of Chicago Press.
21. Nussbaum J 1983, Classroom conceptual change: The lesson to be learned from the history of science, in Helm & Novak (Eds.), Misconceptions in science and mathematics, proceedings of an international seminar, Cornell University, Ithaca, N.Y.
22. Toulmin S & Goodfield J 1967, The Fabric of Heavens, Hutchinson: London.
23. Kramer E 1976, Junior high school students' conceptions of the structure of the universe, unpublished M.Sc. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem.
24. Nussbaum J & Sharoni-Dagan N 1983, Changes in second grade children's preconceptions about the earth as a cosmic body. Science Education 67(1), 99-114.
25. Nussbaum J & Novick S 1982, Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy, Instructional Science 11, 183-200.