

ASTRONOMIE A L'ECOLE ELEMENTAIRE :

QUELQUES REFLEXIONS

SUR LA CONSTRUCTION DES COMPETENCES...

Jean-Michel ROLANDO

Professeur de Sciences Physiques
I.U.F.M. de Grenoble – Site de Bonneville

Quels objectifs fixer à un enseignement d'astronomie s'adressant à de jeunes élèves ? Certains éléments de culture générale méritent sans aucun doute d'être étudiés pour eux-mêmes et connus d'enfants quittant l'école élémentaire. Il en est ainsi de l'évolution de la durée des jours au fil des saisons, de l'explication de l'alternance des jours et des nuits par la rotation de la Terre sur elle-même, de la représentation du système solaire par un modèle héliocentrique... Au-delà de ces objectifs, les activités scientifiques sont l'occasion d'engager les élèves dans l'élaboration de compétences plus générales qui dépassent le strict cadre disciplinaire. Ainsi, l'astronomie contribue à la structuration mentale de l'espace et des repères qui permettent de s'y orienter.

Nous analyserons plus particulièrement deux activités dans lesquelles les élèves doivent d'une façon ou d'une autre mettre en cohérence une représentation héliocentrique et une représentation géocentrique. Ce faisant, on ne leur demande pas de mémoriser des connaissances ponctuelles vite apprises et vite oubliées, mais de construire et de réutiliser des raisonnements complexes. Les difficultés rencontrées sont réelles et nous ont amené à proposer des outils, une nouvelle fois transversaux, susceptibles de les guider dans cette élaboration. Plus exigeantes, ces activités sont aussi plus formatrices dans la perspective de l'autonomie intellectuelle des élèves qui est la finalité essentielle.

Description des activités

Nos analyses portent sur deux activités particulières, menées dans des classes de cycle 3. Elles paraissent *a priori* très simples mais recèlent -on va le voir - de redoutables difficultés.

Quels modèles pour expliquer l'alternance des jours et des nuits ?

L'objectif, en apparence très simple, est de comprendre que ce phénomène familier trouve une explication satisfaisante dans le cadre de plusieurs modèles, certains héliocentriques, d'autres géocentriques. L'enseignant aura bien sûr à conclure en indiquant que l'héliocentrisme est maintenant prouvé.

Mais il nous semble important que les élèves comprennent que le choix entre ces deux modèles ne va pas de soi et ne découle pas d'une simple observation de quelques phénomènes.

Dans quel sens s'effectue la rotation de la terre sur elle-même ?

La deuxième activité dont il sera question consiste à retrouver le sens de rotation de la Terre sur elle-même, connaissant globalement le mouvement apparent du Soleil qui a bien sûr donné lieu à des observations préalables.

De l'analyse des difficultés à la définition de l'objectif-obstacle ?

Quels modèles pour expliquer l'alternance des jours et des nuits ?

L'activité peut suivre le schéma classique suivant : poser la question aux élèves, organiser le recueil des idées initiales, les confronter et les soumettre à validation au moyen d'une maquette (une source de lumière et une boule). La conclusion devrait être que de nombreux modèles sont possibles et donc, que ce seul phénomène, ne suffit pas pour trancher entre l'hypothèse géocentrique et l'hypothèse héliocentrique. Cela paraît très simple, mais la réussite n'est pas assurée❗!

Nous avons pu déplorer - à nos dépens❗ - une certaine inefficacité dans ce déroulement (Rolando, 1995). Les élèves manipulent leurs petites boules. Ils le font toujours avec beaucoup d'intérêt, souvent avec maladresse❗ les trajectoires sont imprécises, les boules s'égarant hors du faisceau de lumière émis par la source... Mais au-delà des imperfections matérielles, il nous apparaît que les élèves manipulent sans lien avec ce qu'ils doivent vérifier. Nous avons fréquemment observé que certains groupes, après avoir correctement manipulé, formulaient des conclusions erronées de manière fort péremptoire❗ «*Ça y est, on a fini... C'est la première hypothèse qui est la bonne : la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil...*»❗

Il y a certes, au départ, une première difficulté❗ la question ne pose pas un réel problème aux élèves qui, majoritairement, savent que la Terre tourne sur elle-même et autour de Soleil. Cette connaissance fait-elle elle obstacle à la mobilité intellectuelle requise par l'activité, inhibant ainsi leur aptitude à mener un raisonnement au demeurant parfaitement à leur portée❗ C'est possible. Mais ce n'est pas, selon nous, le facteur essentiel. Nous avons mené les mêmes observations dans diverses situations. Lorsque les élèves n'ont pas *a priori* la connaissance ou l'intuition de la réponse, leur manipulation est désordonnée et improductive. Il semble bien que **l'origine profonde de la difficulté est que la manipulation s'opère sans lien avec le système cognitif...**

Comment déterminer le sens de rotation de la terre ?

L'objectif n'est pas de le mémoriser - il sera vite oublié si les outils cognitifs pour le retrouver ne sont pas construits -, mais précisément d'élaborer le raisonnement qui permet de le déterminer. Il est globalement le suivant❗

- lorsqu'on est face au sud, le Soleil se déplace de notre gauche vers notre droite en passant face à nous -gauche❗ devant❗ droite -❗
- la Terre tourne donc sur elle-même dans l'autre sens -droite❗ devant❗ gauche- . (voir fig. 1 ci-dessous).

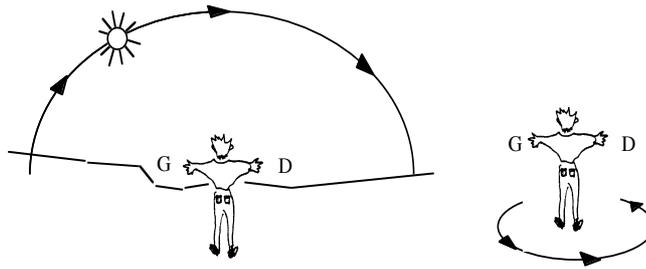


Fig. 1

Nous avons choisi comme stratégie pédagogique de faire simuler les astres par les élèves. Deux variantes sont envisageables□

- Un élève fait le Soleil et un autre joue le rôle de la Terre (figure. 2).

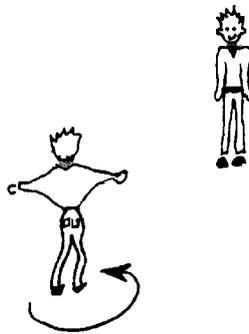


Fig. 2

- Un élève fait le Soleil et 5 ou 6 autres font un rond dos-à-dos représentant la Terre (fig. 3).

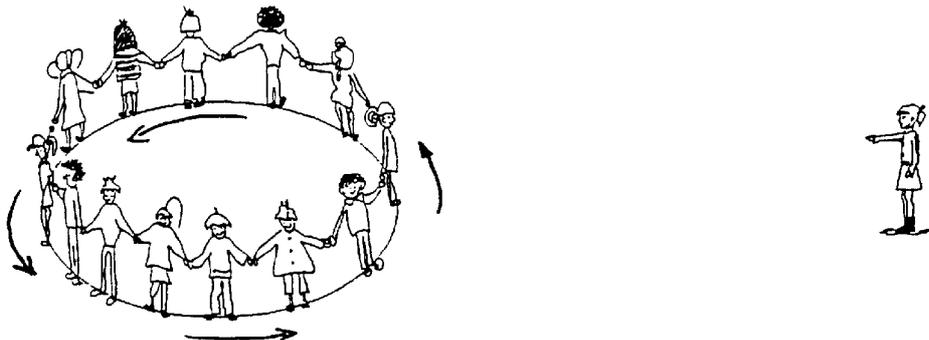


Fig. 3

Bien qu'il s'agisse de représentations héliocentriques - c'est la ronde ou l'élève représentant la Terre qui tourne - , elles présentent l'avantage de donner à l'élève le point de vue de l'observateur terrestre. Étant au centre de la représentation, il ne rencontre pas de problème de latéralisation. Ses repères personnels - sa droite, sa gauche - sont utilisables. S'il voit l'élève-soleil à sa gauche, il peut en déduire directement qu'un observateur terrestre verrait le Soleil à sa gauche. Pour cette raison, ces simulations conviennent très bien aux enfants.

Bien entendu, l'analogie avec la translation est un complément indispensable destiné à faire comprendre aux élèves que le même raisonnement est à l'œuvre. Les exemples sont

classiques □ le paysage défile vers la droite d'un observateur situé dans un train qui se déplace vers la gauche □ même idée dans un ascenseur.

Et pourtant ces activités conduisent à des résultats bien décevants.

L'origine des difficultés est à chercher dans la construction des repères liés à la rotation. Considérons, pour illustrer notre propos, l'exemple suivant concernant le dénombrement, par des élèves de maternelle, de cinq ou six objets disposés selon une ligne à peu près droite. Les enfants de 4 ans sont capables, en général, de le mener à bien. Si ces mêmes objets sont disposés en cercle, les mêmes enfants échouent dans le comptage. C'est finalement assez facile à comprendre □ ils ne disposent plus d'un départ et d'une arrivée nettement identifiés.

Plus généralement, dans le développement psycho-cognitif d'un enfant, le repérage des déplacements en translation intervient toujours avant le repérage des déplacements en rotation. Les enfants apprennent à utiliser une droite graduée et à mesurer des longueurs avant d'apprendre la notion d'angle qui permet le repérage et la mesure dans le cas des rotations. Le cas qui nous occupe est du même ordre. Le même raisonnement, parfaitement opératoire dans le cas de la translation - si le paysage se déplace de gauche à droite pour un observateur assis dans le train, c'est que le train se déplace de droite à gauche pour un observateur à terre -, ne l'est pas nécessairement dans le cas de la rotation.

Le point commun entre cette situation et celle qui a été présentée précédemment est que **les élèves ne réussissent pas à tirer profit de la simulation** pour construire une réponse à la question initiale.

Caractérisation du progrès à accomplir

Dans la première activité, la connaissance du résultat empêche d'examiner objectivement les diverses hypothèses. La seconde activité nécessiterait de s'appuyer sur des outils cognitifs - le repérage en rotation - qui ne constituent pas des ressources solides à l'école primaire. Force nous est de constater que les maquettes et les simulations n'ont pas été suffisantes, pour au moins une raison : les élèves les manipulent comme s'il s'agissait d'objets autonomes sans rapport avec la réalité qu'ils représentent. Transformer la manière de considérer les maquettes constituerait sans doute un progrès décisif qui permettrait peut-être le dépassement des obstacles identifiés. Nous nous référons en cela à Martinand (1982) et aux nombreux auteurs qui ont suivi (voir en particulier Astolfi, 1992, 1998). Ils proposent de réfléchir autant à la transformation que la pensée doit opérer qu'à la difficulté de la connaissance à acquérir □ *"c'est aux difficultés de ces transformations plus qu'aux produits finaux qu'il faut se référer pour guider l'action didactique"* (Martinand, 1982). En effet, l'obstacle n'est pas extérieur à la pensée, sinon il suffirait de le montrer à l'apprenant pour que ce dernier s'en joue.

Une plus grande réflexion sur le sens des activités de modélisation

Nous appelons "modèle" une construction intellectuelle théorique qui représente la réalité - ou une partie de celle-ci - et qui se substitue à elle pour réfléchir. Les maquettes, les rondes, sont des modèles, non pas au sens de "modèles réduits" mais au sens d'outils pour réfléchir.

Il nous apparaît donc nécessaire de contraindre davantage les élèves à articuler modèle et réalité (Rolando, 2003). Ce progrès, s'il s'opère, nous semble significatif, et nous en faisons l'objectif prioritaire.

Nous proposons, pour guider la réflexion des élèves, un tableau (dont la forme exacte dépend de l'activité menée) qui doit leur permettre de différencier nettement le modèle - boule, lampe, élève terre, élève soleil - et la réalité - Terre, Soleil -, tout en travaillant explicitement sur la correspondance entre les deux. Reprenons nos deux activités et voyons leur fonctionnement dans le détail.

Quels modèles pour expliquer l'alternance des jours et des nuits ?

Un premier tableau est commenté collectivement.

Notre maquette	Ce que ça représente
Une lampe	Le Soleil
Une boule en polystyrène	La Terre
Une punaise sur la boule	La France

Puis, par petits groupes, et avant toute manipulation, les élèves complètent un second tableau dans lequel seule la colonne de gauche est fournie.

Ce qui peut se produire dans notre modèle	Ce que cela représente dans la réalité
La lampe éclaire la boule	Le soleil éclaire la Terre.
Une partie de la boule est dans la lumière de la lampe.	Une partie de la Terre est dans la lumière du soleil.
Une partie de la boule est dans l'ombre de la lampe.	Une partie de la Terre est dans la nuit.
La punaise est dans la lumière.	La France est dans la lumière (du soleil).
La punaise est dans l'ombre.	La France est dans la nuit.

Ce moment de travail est indispensable. Il contraint les élèves à anticiper les réflexions qu'ils mèneront et crée les conditions de l'articulation entre maquette et réalité.

Lors de la phase de simulation, les élèves sont de nouveau guidés par un tableau à remplir (voir tableau ci-dessous).

Munis de cet outil, les élèves parviennent à des résultats corrects, parfois sans même s'aider de la maquette, la simple évocation étant suffisante. Les débats s'engagent, les prises de conscience s'opèrent¹. L'enseignante est prise à témoin : « *Maitresse, c'est pas possible, c'est pas le Soleil qui tourne autour de la Terre* ».

¹ Rappelons que si nous voulons troubler les élèves, ce n'est pas pour les faire douter de l'héliocentrisme, mais pour les engager dans ce qui constitue un fondement de l'entreprise scientifique, la discussion sur la validité d'un modèle.

Quelles hypothèses permettent d'expliquer la succession des journées et des nuits ?		
	Ce que je vois avec le modèle	Ce que cela représente dans la réalité
1. La Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil.	<i>La journée est dans la lumière et ensuite dans l'ombre.</i>	<i>En France il fait jour et ensuite il fait nuit.</i>
2. Le Soleil tourne autour de la Terre.	<i>La journée est dans la lumière et ensuite dans l'ombre.</i>	<i>En France il fait jour et ensuite il fait nuit.</i>
3. La Terre tourne autour du Soleil.	<i>La journée est dans la lumière et ensuite dans l'ombre.</i>	<i>En France il fait jour et ensuite il fait nuit.</i>
5. La Terre tourne sur elle-même sans tourner autour du Soleil.	<i>La journée est dans la lumière et ensuite dans l'ombre.</i>	<i>En France il fait jour et ensuite il fait nuit.</i>

Dans quel sens s'effectue la rotation de la Terre sur elle-même ?

Des tableaux de correspondance du même ordre sont élaborés, avec le même objectif que précédemment.

Notre méthode ²	Ce qu'il représente	Ce qu'il doit faire
Un élève	Le Soleil	Rester immobile
Un autre élève ou Une ronde	La Terre	Tourner sur lui-même ou Tourner sur elle-même

Ce premier que nous présentons ci-dessus est élaboré collectivement. Il en est de même pour la structure du second présenté ci-après.

Les élèves ont à leur charge, par petits groupes, de remplir la deuxième colonne. La suite consiste dans la mise en œuvre des simulations.

Guidés dans leur réflexion, les élèves parviennent ainsi plus aisément à choisir le sens de rotation qui permet de voir l'élève-soleil apparaître à gauche, passer devant, et disparaître à droite.

² - Nous avons préféré employer, face aux élèves, le terme "méthode" plutôt que celui de "modèle", même si, structurellement, la simulation proposée a les mêmes caractéristiques que celles qui sont réalisées avec des boules et des lampes.

Ce qui peut se passer pour chaque élève qui fait la Terre	Ce que cela représente dans la réalité
Il peut voir l'élève-soleil.	Il fait jour
Il ne peut pas voir l'élève-soleil.	Il fait nuit
L'élève-soleil est en train d'apparaître.	Le soleil est en train de se lever
L'élève-soleil est en train de disparaître.	Le soleil est en train de se coucher

Quels objectifs fixer à un enseignement d'astronomie à l'école ?

Au-delà de quelques connaissances élémentaires et culturellement importantes, nous avons voulu montrer que l'astronomie était un support privilégié pour développer des compétences qui dépassent le strict cadre disciplinaire.

Des compétences dans le domaine de la structuration de l'espace

Que penser de ces adultes qui sont incapables de lire une carte si elle n'est pas orientée dans le sens du déplacement... Sans doute, leurs repères ne sont-ils pas assez solides pour qu'ils puissent, par la pensée, s'orienter après une rotation d'un demi-tour. Construire et rendre opératoire les raisonnements qui, à partir de l'observation des phénomènes dans un repère terrestre, permettent de les représenter dans un repère héliocentrique, développe les mêmes compétences. Ce pourrait être le premier objectif de l'astronomie à l'école.

Élaborer des modèles et les mettre à l'épreuve

Manipuler des maquettes et faire des rondes n'est pas la finalité. Les activités menées en astronomie sont une occasion pour faire vivre aux élèves des démarches qui sont centrales dans la véritable activité scientifique : construire un modèle, l'utiliser avec cohérence, éprouver sa validité en le confrontant au réel. Les ouvrages ou les documents auxquels ont accès les maîtres du premier degré prennent souvent les démarches à contresens : la maquette étant fournie, il s'agirait de vérifier les phénomènes. C'est «anti-scientifique». Ce sont les phénomènes qui sont donnés³ le modèle doit être construit.

Que ce soit à propos de l'alternance des jours et des nuits, de l'évolution de la durée des jours au fil de l'année, de l'évolution des phases de la Lune, les démarches de modélisation sont possibles (Rolando, 1992). Utiliser l'astronomie pour pratiquer des démarches de modélisation pourrait être un objectif important à l'école.

Une meilleure protection contre l'occultisme

Que nous soyons scientifique, journaliste ou enseignant, dès que nous avons une quelconque responsabilité dans la vulgarisation, la médiatisation ou dans l'enseignement des sciences, il faut être très méfiant envers la phrase si souvent entendue «*La science nous*

³ -Et encore il faudrait se demander à quelles conditions ils peuvent être objectivés... Mais c'est une autre histoire qu'on ne peut développer ici.

apprend que... ☒. Car bien sûr, dans le même temps, on entendra sur les ondes ou on lira dans les journaux «*Les astres nous apprennent que...*» ☒ et pourquoi pas, un jour, «*Le gourou nous apprend que...*» ☒. Ce que nous apprend la science (et c'est ce qui la différencie de l'occultisme), c'est que toutes les "vérités" ne se valent pas. Certaines se confrontent et résistent à l'épreuve des faits, d'autres refusent de s'y soumettre. Former des citoyens à l'esprit critique peut rester une idée creuse si elle n'est pas contextualisée. L'astronomie nous fournit les moyens d'opérationnaliser cet objectif.

L'écrit, un outil pour raisonner

Dans leur activité professionnelle, les scientifiques, on le sait bien, utilisent en permanence des écrits de toutes sortes (textes proprement dit, schémas, tableaux, équations, etc). Ils les utilisent non seulement lorsqu'ils doivent communiquer les résultats de leurs recherches, mais aussi au cours de celles-ci, ce qui leur permet de mettre de l'ordre dans leur pensée, de mieux structurer et planifier leur travail, etc. Ce recours permanent à l'écrit n'est pas spontané chez les élèves. L'activité relatée ici, lorsqu'elle est analysée avec eux, contribue à leur montrer que ce qu'ils ne réussissaient pas sans le recours à l'écrit devient possible avec lui. Elle contribue à les former à l'utilisation de l'écrit conçu comme un outil pour raisonner.

Conclusion

Plaider pour le développement de compétences transversales ne signifie pas que cela puisse se faire *ex-nihilo*. Le disciplinaire est le support sans lequel le transversal n'existe pas.

Dans le milieu de la formation des enseignants, il semble que l'on coure le risque de deux dérives opposées ☐

- la dérive disciplinaire qui ne voit l'école qu'à travers les lunettes des différentes disciplines ☐
- la dérive méthodologique qui voudrait laisser croire qu'une bonne formation transversale des maîtres suffirait au transfert dans tous les champs de compétence.

Cela peut paraître une banalité de dire que l'un ne va pas sans l'autre. C'est pourtant un défi que doit relever la formation des enseignants tant les cloisons entre les deux sensibilités sont résistantes. C'est une nécessité de travailler à des propositions précises montrant l'enrichissement mutuel des deux approches.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTOLFI J.P., (1992), *L'école pour apprendre.* , ESF.

ASTOLFI J.P., (1998), *Comment les enfants apprennent les sciences*☐, Retz.

MARTINAND J.L., (1982), *Contribution à la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques*, Thèse d'état, Université Paris Sud.

ROLANDO, J.M., (1995), "Savoirs intégrateurs à l'école élémentaire : astronomie et construction des repères spatio-temporels", *Cahiers du séminaire R2I*, n°3, publications de l'IUFM de Grenoble.

ROLANDO J.M., (2003), *L'astronomie à l'école*☐ *construire des compétences et des savoirs au cycle 3*, Delagrave, Pédagogie et formation.