

Petites expériences autour du mouvement de rotation de la Terre

Joël Petit, professeur de physique-chimie, Bracieux, Joel.Petit@ac-orleans-tours.fr

Des propositions de petites manipulations élémentaires permettant de favoriser le passage des élèves d'une représentation ressentie et instinctive, vers une représentation scientifiquement reconstruite. Ce cheminement intellectuel est indispensable pour faire évoluer la représentation spontanée de l'enfant.

Lorsqu'on demande, de manière inopinée, à un enfant (et à un certain nombre d'adultes) d'expliquer pourquoi il fait, en France métropolitaine, tantôt jour et tantôt nuit, rares sont ceux qui produiront une réponse scientifiquement « correcte » du premier coup. En effet, si le fait que la Terre tourne sur elle-même en 24 h (jour solaire) est un fait astronomique indiscutable de nos jours, cela n'a pas toujours été la représentation du monde validée et n'est instinctivement pas celle produite par les observations et le ressenti de nos élèves.

Il est donc intéressant de proposer différentes activités pratiques qui vont permettre aux élèves de confronter leur représentation du monde au savoir scientifique que nous souhaitons leur transmettre. Sans cela, une partie des concepts et notions qui seront abordés risque de ne pas modifier les représentations initiales des élèves laissant, pour bon nombre, le Soleil tourner autour de la Terre. Une part non négligeable des difficultés rencontrées dans l'enseignement des notions astronomiques réside dans la modélisation « extra-terrestre » de phénomènes du quotidien perçus par chacune et chacun, les deux pieds sur Terre. En effet, si la transposition cognitive d'un phénomène terrestre sous forme d'un modèle « extra-terrestre », c'est à dire vu depuis l'espace, à l'extérieur de notre planète, est chose relativement facile pour un adulte, elle demande un véritable cheminement intellectuel pour un enfant.

Ainsi, la démarche proposée et testée en classe part du ressenti des élèves et de leurs observations réalisées sur Terre pour les conduire à une première modélisation du mouvement de rotation de la Terre.

Une première séance pour se questionner

Cette première séance peut être amenée par quelques questions :

- Notre planète, la Terre, bouge-t-elle dans l'espace ?
- Quels sont les principaux mouvements de la Terre dans l'espace ?
- Si la Terre est en mouvement dans l'espace, pourquoi nous ne la sentons pas « bouger » ?
- Dans la situation illustrée ci-dessous :



Fig.1. À gauche, astronaute qui dort dans la Station spatiale internationale¹ (ISS) (Crédit NASA).



Fig.2. Ci-dessous, la Station spatiale internationale (ISS) en orbite à 400 km au-dessus de la Terre. Elle se déplace à une vitesse d'environ 26 000 km/h par rapport au sol ! (NASA/Roscosmos)

¹ On pourra voir également la vidéo « sleeping in space » (<https://www.youtube.com/watch?v=UyFYgeE32f0>) ou « Sortie dans l'espace » (<https://www.youtube.com/watch?v=mMZtpMSmqoE>) ou encore Terre filmée depuis l'ISS en accéléré (<https://www.youtube.com/watch?v=GJzCiPRj3MM>)

L'astronaute qui dort dans l'ISS est-il en mouvement ou au repos ? Ressent-il le mouvement de l'ISS ? Pourquoi ?

• Pouvez-vous trouver des situations dans la vie de tous les jours dans lesquelles vous êtes dans un véhicule en déplacement et que vous ne ressentez pas le mouvement de ce véhicule² ?

Exemples de réponses : un avion à vitesse de croisière, une voiture à vitesse constante sur l'autoroute, dans le car scolaire lorsqu'il démarre très lentement, dans le TGV, etc.

La trace écrite qui peut résulter de ces questions permettra de faire émerger les représentations initiales des élèves. Une trace écrite portant sur la relativité d'un mouvement (et la notion de référentiel) ainsi que sur le « ressenti » ou le « non ressenti » d'un mouvement pourra être rédigée. Elle permettra d'introduire différentes notions en lien avec les programmes.

Ainsi, nous nous trouvons sur une planète animée de divers mouvements. Nous ne pouvons pas percevoir ces mouvements car ils se produisent avec des vitesses qui peuvent, en première approximation, être considérées comme constantes ou variant de manière imperceptible.

Parmi les principaux mouvements de notre planète, celui qui est responsable de l'alternance du jour et de la nuit est la rotation de la Terre autour d'un axe passant par les pôles de notre planète.

Pour vérifier que la Terre tourne sur elle-même il est possible de réaliser diverses expériences telles que l'expérience du pendule de Foucault ou le suivi du mouvement apparent du Soleil dans le ciel au cours d'une journée.

L'expérience du pendule de Foucault³

Pour réaliser cette expérience célèbre, il est possible de réaliser (ou de faire réaliser) une petite maquette illustrant son principe. Elle nécessite peu de matériel (3 pics à brochette, une boule en polystyrène, un morceau de fil de fer, du fil, une masse équipée d'un crochet et une plaque en polystyrène de 20 cm × 20 cm environ) et elle peut être rapidement réalisée par les élèves.

En faisant pivoter doucement la plaque support, le pendule qui oscille conserve le même plan d'oscillation (ou presque) !

Il en est de même pour le « vrai » pendule de Foucault au pôle Nord : il conserve au cours d'une journée le

même plan d'oscillation⁴. Ce qui fait qu'il semble se déplacer est dû à la rotation propre de la Terre sur elle-même. Tout n'est, qu'une nouvelle fois, qu'un simple changement de point de vue (de référentiel).



Fig.3. Ci-dessus, le matériel pour réaliser la maquette du pendule de Foucault.



Fig.4. À droite, maquette du pendule.

Deuxième séance : étude du mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée

Pour étudier un mouvement au cours du temps, il faut notamment pouvoir étudier des déplacements en utilisant au moins un point de repère. Le point de repère idéal pour étudier en classe, dans la journée, le mouvement de notre planète est notre étoile : le Soleil.

En étudiant le mouvement apparent de notre étoile vue depuis la Terre, nous allons pouvoir « remonter » au mouvement de notre planète. Mais observer le Soleil n'est pas sans danger !

Cette séance débutera donc par une série de recommandations et éventuellement d'expériences afin de parler des dangers que représente le Soleil et certaines sources de lumière telles que les lasers pour nos yeux.

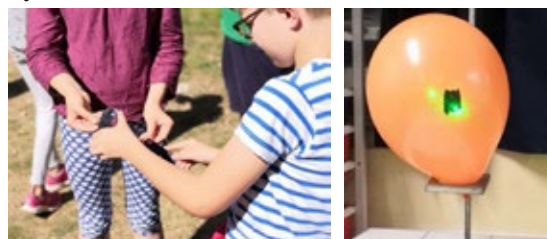


Fig.5. (à gauche). Lentilles et Soleil.

Fig.6. (à droite). En quelques secondes, le ballon explose sous l'effet de l'absorption de l'énergie lumineuse du laser.

L'observation du Soleil étant dangereuse, il faut donc trouver un moyen détourné de s'informer « scientifiquement » sur la position relative du Soleil

2 Voir « Sauter sur un trampoline en mouvement » (<https://www.youtube.com/watch?v=i0RBFpazDtk>)

3 Voir <https://www.youtube.com/watch?v=i0RBFpazDtk>

4 À une autre latitude, c'est un peu plus compliqué. À Paris par exemple, sa période est de 32 h. Le plan d'oscillation varie mais, comme le disait Foucault « en restant aussi parallèle que possible ».

par rapport à notre lieu d'observation sur Terre... Cela pourra être fait à condition d'observer l'ombre formée par un des premiers instruments astronomiques inventé par les humains : un gnomon.



Fig.7. Illustration d'un « gnomon ». Il consiste ici en un pic à brochette de 1 cm planté verticalement dans une plaque en polystyrène. Ce gnomon projette une ombre de laquelle nous pourrions tirer de nombreuses informations.

Selon, le temps que l'on souhaite consacrer à cette activité, il est possible de réaliser une ou plusieurs séances exclusivement dédiées à l'étude de la formation des ombres et à la propagation rectiligne de la lumière.



Fig.8. (à gauche). Comment se forme une ombre ? Comment expliquer sa formation à l'aide du modèle du rayon de lumière ?



Fig.9. Comment faire varier la taille de l'ombre d'une figurine en conservant la distance entre la lampe et la figurine ?

Dans tous les cas, les élèves doivent comprendre que :

- une ombre se forme lorsqu'un objet, dit opaque, stoppe la propagation de la lumière ;
- une ombre se forme toujours à l'opposé de la source de lumière (« derrière » l'objet opaque) ;
- la taille d'une ombre peut varier de deux façons : lorsque la distance entre la source de lumière et l'objet varie et/ou que l'angle d'inclinaison entre la source et l'objet varie ;
- la propagation rectiligne de la lumière permet d'expliquer, par des constructions géométriques dans lesquelles la lumière est représentée à l'aide du modèle du rayon de lumière, la forme et les caractéristiques des ombres.

Il ne reste plus qu'à introduire la nécessité d'utiliser une **rose des vents**, placée autour du gnomon afin de pouvoir relever avec précision et rigueur scientifique la position de l'ombre du gnomon au cours d'une journée.

En effet, si on souhaite échanger des mesures, repérer une position par rapport à un environnement local n'a aucun intérêt : indiquer à quelqu'un qui ne connaît pas le site d'observations qu'à 8 h 45 (heure de la montre), le Soleil se trouve en direction de la fenêtre de gauche du bâtiment A ne sert à rien !.

Cette rose des vents doit être installée si possible de niveau et surtout en respectant les points cardinaux qui seront identifiés à l'aide d'une boussole.



Fig.10. Rose des vents et boussole.



Fig.11. Élève réalisant un relevé.

Les élèves pourront alors constater que, quel que soit l'endroit où ils se trouvent dans la cour, elles/ils ont tous le même nord. Ils/elles disposent alors d'une « mesure » scientifique complète : à 8 h 45 (heure de la montre), l'ombre d'un gnomon est dans la direction ouest/sud-ouest.

Une « mesure » réalisée avec ce gnomon consiste à repérer :

- l'heure à la montre (éventuellement transformée en heure « astronomique » UTC) ;
- la direction et la longueur de l'ombre.

Cette activité s'adressant à des enfants de fin de cycle 3 (classe de 6^e), la mesure de l'ombre du gnomon n'est pas forcément attendue avec une extrême précision. L'important étant de repérer le plus précisément possible l'extrémité de l'ombre du gnomon.

Un tableau permettant de recueillir les mesures peut alors être proposé aux élèves (page suivante).

La première mesure peut être réalisée sur les divers gnomons distribués aux groupes d'élèves, les mesures suivantes (récréation du matin, pause méridienne, récréation de l'après-midi et si possible fin de journée) seront réalisées par un groupe dédié au suivi de cette expérience lors de la journée.

Remarques :

- selon la période de l'année, on veillera à utiliser un

gnomon plus ou moins grand afin d'avoir une ombre portée dont l'extrémité est repérable sur la rose des vents quelle que soit l'heure d'observation.

- Chaque mesure sera numérotée par ordre chronologique.

• Selon les objectifs, cette expérience peut être réalisée à divers moments de l'année afin de compléter l'activité sur les saisons proposées par la suite.

Voici un exemple de relevé obtenu :

Date : 25/03/2019 Saison : Début du printemps Lieu : Bracieux (Loir-et-Cher)

Hauteur du gnomon utilisé en cm : 1 cm

Mesures	Heure d'observation (heure de la montre)	Heure « astronomique »	Direction de l'ombre	Direction du Soleil déduite de l'ombre	Longueur de l'ombre mesurée (en cm)	remarques
1	8h30 min	7h30 min	O	E	3,5 cm	
2	10h30 min	9h30 min	NO	SE	1,5 cm	
3	12h	11h	N-NO	S-SE	1,1 cm	
4	14h	13h	N-NE	S-SO	1,1 cm	
5	15h15 min	14h 15 min	NE	SO	1,4 cm	
6	17h15 min	16h15 min	E-NE	O-SO	3,1 cm	

Tableau 1. Exemple de relevé.

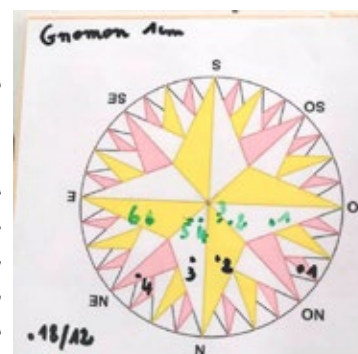


Fig.12. Rose des vents avec les relevés pour deux dates (en noir; 18/12/2018 et en vert, 25/03/2019).

Ces relevés permettent alors de construire une trace écrite qui peut être proposée sous la forme d'un texte à trou ou bien d'une synthèse « co-construite » en classe.

Dans tous les cas, elle doit permettre aux élèves de retenir que, au cours d'une journée, une personne vivant sur Terre peut observer le Soleil à différents endroits dans le ciel. Pour le repérer et indiquer sa position par rapport à un lieu d'observation, il est nécessaire d'utiliser un gnomon ainsi qu'une rose des vents qui utilise les points cardinaux indiqués par une boussole.

Pour une personne vivant en France métropolitaine, le Soleil se trouve :

- en direction de l'est le matin. Il est alors relativement bas sur l'horizon et produit des ombres « longues » en direction de l'ouest. Nous disons alors que le Soleil se « lève » (avec deux « e » comme est) ;
- en direction du sud vers midi (heure « astronomique »). C'est le moment de la journée où il est alors au plus haut sur l'horizon. L'ombre produite est alors la plus courte et en direction du nord ;
- en direction de l'ouest le soir. Il est alors à nouveau bas sur l'horizon et produit des ombres « longues » en direction de l'est. Nous disons alors que le Soleil se « couche » (avec un « o » comme ouest).



Fig.13. Illustration à compléter par les élèves en indiquant les divers endroits où le Soleil se trouve dans le ciel au cours d'une journée lorsqu'il est vu depuis la France.

Troisième séance : Comment interpréter le mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée ?

L'objectif de cette séance est de proposer une explication « astronomiquement » valable du mouvement apparent du Soleil. En effet, si on peut, scientifiquement, accepter le fait que dans le référentiel terrestre, c'est le Soleil qui se déplace par rapport à l'horizon de l'observateur, le modèle « astronomique » qui en découle est, pour les élèves, un modèle purement géocentrique avec une Terre fixe. Or, si ce modèle est très pratique pour expliquer et prévoir certains phénomènes du quotidien (comment va se déplacer l'ombre de mon parasol ? Où dois-je garer ma voiture pour qu'elle reste à l'ombre ? etc.) la plupart des élèves n'ont pas encore le recul suffisant pour prendre conscience de ses « limites astronomiques ».

On propose alors un modèle dans lequel l'élève « s'extrait » de sa position terrestre afin de devenir un/une scientifique étudiant un phénomène universel.

Expérience n°1

Vous disposez d'une rose des vents équipée d'un gnomon et d'une lampe de poche.

Proposez deux manières différentes de reproduire le déplacement de l'ombre portée d'un gnomon sur la rose des vents au cours d'une journée.

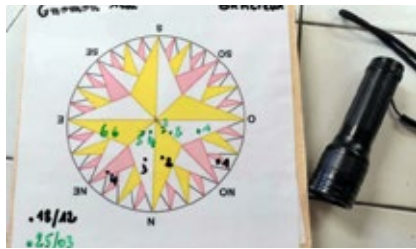


Fig.14. Le matériel pour reproduire le mouvement apparent du Soleil par rapport à la Terre, mais aussi le mouvement du lieu d'observation par rapport au Soleil.

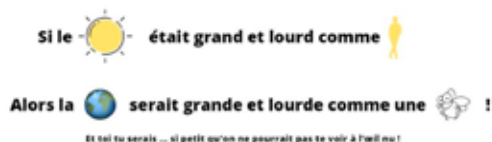
Si les élèves trouvent facilement la première manière (en déplaçant la lampe autour du gnomon), on veillera tout de même à ce que cela se fasse dans le « bon » sens, la lampe qui modélise le Soleil allant d'est en ouest et de manière à ce que la lampe reste au maximum à une distance relativement constante du gnomon.

La seconde manière est moins intuitive... il faut conserver la lampe de poche fixe et faire « pivoter » la rose des vents équipée du gnomon !

Il est alors important de proposer un temps d'échanges et de mise en commun afin d'insister sur ces observations : un même phénomène physique peut avoir des « explications différentes ». Il en découle ce que les scientifiques appellent des modèles. Chaque modèle a ses caractéristiques propres, son champ d'application et ses limites (exemple de la petite voiture qui « modélise » une vraie voiture, ou de la lampe qui modélise le Soleil dans cette expérience). Dans notre cas le modèle 1 correspond au Soleil qui tourne autour de la Terre et le modèle 2 à la Terre qui tourne sur elle-même

Quel est le bon modèle dans tout ça ?

Il peut alors être présenté en détail, preuves scientifiques à l'appui. Faire tourner la Terre sur elle-même est un modèle plus simple qui explique à la fois l'alternance jour/nuit, le pendule de Foucault, le mouvement des étoiles la nuit qui compte tenu de leur distance auraient des vitesses très grandes.



Le Soleil est un astre qui appartient à la famille des étoiles. Il a un diamètre d'environ 109 fois celui de notre planète la Terre. Sa masse est d'environ 330 000 fois celle de la Terre !

Expérience n°2

Vous disposez d'une lampe fixe modélisant le Soleil et d'un globe terrestre sur lequel une rose des vents et un gnomon ont été collés sur la France. En utilisant ce matériel, montrez qu'il est possible de reproduire les observations réalisées avec nos gnomons dans la cour.

Vous indiquerez alors, le plus précisément possible, quel est le mouvement que la Terre doit faire pour reproduire ces observations.

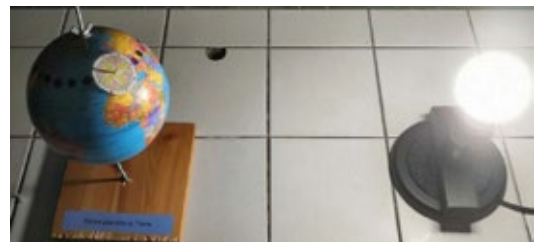


Fig.15. Le matériel pour reproduire les observations réalisées avec nos gnomons.

Cette expérience nécessite une bonne connaissance des observations et notions abordées dans les séances précédentes. Elle peut alors servir de « consolidation ». Elle permet également aux élèves de s'extraire de leur environnement afin de devenir des observateurs « extra-terrestre » du phénomène de rotation de la Terre. Cette vision sera exploitée à plusieurs reprises par la suite (saisons, phases de la Lune, maquette du Système solaire, etc.).

À l'issue des diverses manipulations et échanges (une régulation importante peut être nécessaire car certaines et certains éprouvent parfois une réelle difficulté à ne faire tourner que la Terre...), une nouvelle trace écrite peut être proposée :

Le mouvement du Soleil dans le ciel au cours d'une journée est un mouvement « apparent ».

En effet, ce n'est pas le Soleil qui bouge mais la Terre qui tourne sur elle-même ce qui nous donne l'impression que le Soleil bouge.

Un mouvement peut être perçu et décrit de manières différentes en fonction du point de vue de l'observateur appelé le référentiel.

La Terre tourne sur elle-même en 24 h par rapport au Soleil (1 jour). Ce mouvement appelé mouvement de rotation se produit en faisant tourner la Terre d'ouest en est autour d'un axe imaginaire passant par les pôles (Sud et Nord). Nous voyons alors le Soleil qui semble se déplacer d'est en ouest.

Ce mouvement de rotation est responsable de l'alternance du jour et de la nuit en France.

Remarque

Il peut être intéressant de proposer une activité autour de l'histoire des sciences, du modèle « géocentrique » et de ses limites. ■