

Mouvement apparent du Soleil

Programme

Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Le mouvement apparent du Soleil.

La durée du jour et son évolution au cours des saisons.

Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant ou scientifique

Le fait de dire que le Soleil « se lève » et « se couche » correspond à une conception anthropomorphique du Soleil.

Dans le langage courant, le mot « jour » signifie aussi bien clarté, jour de la semaine, durée de 24 heures, période pendant laquelle il « fait jour » (et pas nuit). Dans le contexte astronomique, un jour correspond à la durée séparant en un lieu donné deux culminations successives du Soleil. Cette durée varie un peu au cours de l'année, sa valeur moyenne est de 24 heures. La période pendant laquelle le Soleil reste au-dessus de l'horizon, c'est-à-dire, pratiquement, pendant laquelle il « fait jour » est appelée journée.

Dans le langage courant, le mot « hauteur » désigne une longueur. En revanche, dans le contexte de l'astronomie, la « hauteur » du Soleil (ou d'un autre astre) désigne l'angle que font la direction dans laquelle on peut l'observer à un instant donné d'une part, et le plan horizontal d'autre part. Cela conduit à des expressions comme « le Soleil est haut (ou bas) dans le ciel » dans lesquelles les termes « haut » et « bas » ne désignent pas des longueurs mais des angles. Si l'on n'y prend pas garde, les élèves peuvent assimiler, à tort, « haut » à « loin » et « bas » à « proche ».

Le mouvement observé du Soleil dans le ciel est qualifié d'apparent, ce qui ne signifie pas qu'il s'agit d'une illusion. Il est tout à fait correct, avec les élèves, d'employer des expressions comme « mouvement du Soleil par rapport à l'horizon ».

Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les plus jeunes élèves (essentiellement à l'école maternelle) se représentent le Soleil comme un être vivant, qui agit, se déplace, éclaire volontairement. Au cycle 3, de nombreux élèves pensent que la durée du jour (qu'ils n'ont pas différencié de la journée) allonge en été et diminue en hiver.

Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

L'étude du mouvement apparent du Soleil nécessite une certaine maîtrise des points cardinaux et de leur repérage à l'aide de la boussole, ainsi que des caractéristiques essentielles de la formation d'une ombre. Cette étude est étroitement liée au repérage dans le temps grâce au cadran solaire.

Attention :

L'observation directe du Soleil, même à travers des verres teintés, présente des risques graves pour les yeux.

Connaissances

– Chaque jour, les habitants de la Terre constatent que le Soleil apparaît vers l'est, monte dans le ciel, culmine (est au plus haut au-dessus de l'horizon) en passant au-dessus du sud (dans l'hémisphère Nord), redescend et disparaît vers l'ouest (cette affirmation n'est pas vraie dans les régions polaires). En Europe, la trajectoire du Soleil est parcourue de gauche à droite pour un observateur situé face à lui.

– La trajectoire apparente du Soleil dans le ciel se modifie au cours des saisons. Aux latitudes de l'Europe, elle est la plus courte au solstice d'hiver (le Soleil se lève alors pratiquement au sud-est et se couche pratiquement au sud-ouest) et la plus longue au solstice d'été (le Soleil se lève pratiquement au nord-est et se couche pratiquement au nord-ouest). Ce n'est qu'aux équinoxes de printemps et d'automne que le Soleil se lève exactement à l'est et se

couche exactement à l'ouest (sur un horizon parfaitement horizontal).

– Quand il reste longtemps levé et culmine haut dans le ciel, le Soleil chauffe davantage le sol : c'est la saison chaude. À l'inverse, quand les journées sont courtes et que le Soleil reste assez bas, c'est la saison froide. La durée de la journée évolue au fil de l'année. Dans les régions tempérées, elle est la plus courte à la date du solstice d'hiver et la plus longue à la date du solstice d'été. À la date des équinoxes, la durée de la journée (mesurée entre le coucher et le lever du Soleil sur un horizon fictif parfaitement horizontal) est pratiquement égale à 12 heures. Il y a alors égalité entre la durée de la journée et celle de la nuit, c'est l'origine du mot « équinoxe ».

– Les dates des solstices et des équinoxes changent légèrement d'une année à l'autre. Dans l'hémisphère Nord, elles se situent autour des dates suivantes : 21 septembre (équinoxe d'automne) ; 21 décembre (solstice d'hiver) ; 21 mars (équinoxe de printemps) ; 21 juin (solstice d'été).

Pour en savoir plus

– La hauteur du Soleil lors de sa culmination et la variation de cette hauteur en différents points d'un même

méridien est à l'origine de la première mesure du rayon de la Terre par Ératosthène (environ III^e siècle avant J.C.).

Réinvestissements, notions liées

L'étude du mouvement apparent du Soleil est à mener en relation avec les points cardinaux (voir fiche n° 18 « Points cardinaux et boussole ») et la formation des ombres (voir fiche n° 17 « Lumière et ombre »). Elle permet de s'orienter, au moins sommairement : en milieu de journée, la direction du Soleil indique approximativement le sud.

Le gnomon, bâton planté verticalement dans le sol, est l'ancêtre du cadran solaire. C'est un outil précieux (cour d'école) pour analyser le mouvement apparent du Soleil.

L'élaboration d'un calendrier fiable est devenue nécessaire à l'époque où les hommes se sont sédentarisés et ont dû prévoir correctement le retour des saisons pour semer aux bonnes périodes. Plusieurs calendriers encore en usage sont fondés sur le cycle de la Lune. Le mouvement apparent du Soleil, et son évolution au cours de l'année, constituent la base du calendrier légal. C'est également du mouvement apparent du Soleil que dérivent les unités usuelles de mesure des durées (le jour, l'année).

otation de la Terre sur elle-même

Programme

Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences.

Mesure des durées, unités.

Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire courant

Certains ouvrages expliquent que « la rotation de la Terre s'effectue d'ouest en est ». L'expression laisse croire que les points cardinaux permettent de repérer des positions et des mouvements dans l'espace alors qu'ils sont exclusivement des repères terrestres destinés à repérer des positions et des déplacements sur Terre. Le mot « heure » est utilisé pour désigner un moment du temps (« quelle heure est-il ? ») qui peut être qualifié en fonction d'une règle (heure légale, heure d'été), mais également une unité de durée (1/24 du jour).

Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Certains élèves se représentent le monde suivant le modèle géocentrique, selon lequel la Terre est immobile, le Soleil, et éventuellement les étoiles, tournant autour d'elle en un jour.

D'autres élèves, qui ont eu l'occasion de remettre en cause cette dernière idée, expliquent alors le jour et la nuit par le fait que la Terre « tourne autour du Soleil » (au lieu de : « tourne sur elle-même »).

Beaucoup d'élèves croient que le phénomène des saisons est dû au fait que la distance Terre-Soleil varie au cours de l'année (explication incompatible avec l'inversion des saisons entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud), alors que l'explication (qui sort du cadre du programme) réside dans le fait que l'axe de rotation de la Terre est « penché », « incliné » (non perpendiculaire) par rapport au plan contenant sa trajectoire autour du Soleil.

Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

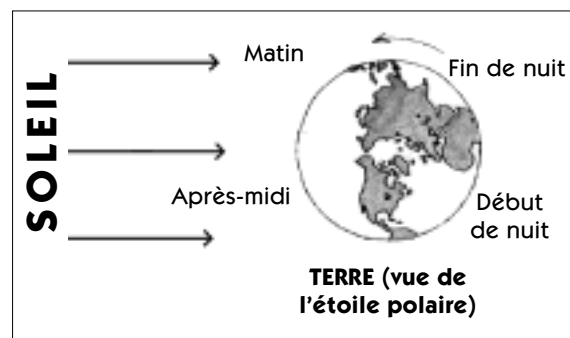
Lors de la réalisation ou de l'utilisation d'une maquette du système Soleil-Terre, il convient d'insister sur le fait que les proportions ne sont pas respectées.

De même, l'utilisation presque inévitable d'une source lumineuse directive (projecteur, spot...) pour représenter le Soleil ne doit pas faire perdre de vue aux élèves que celui-ci rayonne également dans toutes les directions.

Connaissances

– L'alternance du jour et de la nuit en un lieu de la Terre correspond au passage de ce lieu successivement dans la zone de l'espace éclairée par le Soleil et dans la zone d'ombre portée par la Terre.

– La trajectoire « apparente » du Soleil s'effectue de la gauche vers la droite pour un observateur situé face à celui-ci. La rotation de la Terre sur elle-même s'effectue donc de la droite vers la gauche, c'est-à-dire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, si on la regarde depuis l'espace en un point situé au-dessus du pôle Nord, comme l'indique la représentation simplifiée suivante :



Pour en savoir plus

Il peut être utile de faire appel à l'histoire des sciences : passage d'une conception où la Terre était le centre du monde au modèle de Copernic (qui met le Soleil au centre et possède une plus grande portée explicative) ; rôle de Galilée dans cette évolution vers une conception où le mouvement du Soleil est qualifié d'apparent. Aucune expérience ou observation adaptée à l'école ne permet de

prouver que la Terre tourne sur elle-même. Cependant, en fin d'école primaire, les élèves ne doivent pas l'ignorer. L'enseignant devra donc leur indiquer (directement ou en prévoyant des activités documentaires).

• **La durée de la rotation de la Terre sur elle-même**
Le mouvement du Soleil que l'on observe dans le ciel s'explique par le fait que la Terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles (rotation). Par rapport au Soleil, cette rotation s'effectue en un jour. Par rapport aux étoiles, et non plus par rapport au Soleil, la Terre fait un tour sur elle-même en un peu moins d'un jour (environ 23 heures et 56 minutes). Cela tient à ce qu'en un jour, la Terre s'est légèrement déplacée dans son mouvement de révolution autour du Soleil.

• **La variation annuelle de la trajectoire apparente du Soleil**

Vue d'un lieu donné de la Terre, elle résulte de ceci : l'axe des pôles (autour duquel se fait la rotation diurne) garde au cours de l'année une direction fixe par rapport aux étoiles, mais cette direction n'est pas perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre (plan de l'écliptique). Le résultat est qu'au cours de l'année, tantôt un hémisphère terrestre (Nord ou Sud), tantôt l'autre voit le Soleil s'élever plus haut dans le ciel et reçoivent donc plus d'énergie par unité de surface et de temps, d'où les saisons.

• **Les fuseaux horaires**

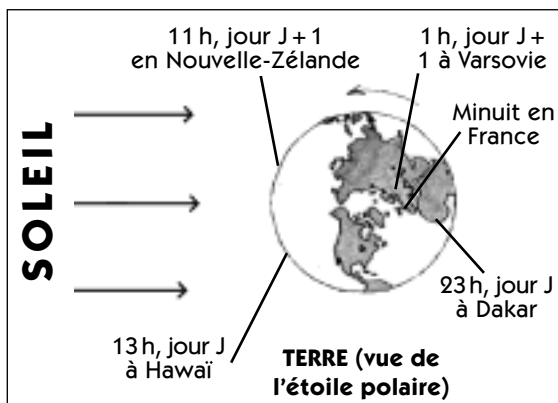
Ils ont été imaginés pour assurer un repérage de l'heure valide (en un lieu donné, le « midi » des horloges doit correspondre approximativement au moment où le Soleil est à sa culmination) et un certain côté pratique (le repérage de l'heure doit être partout fondé sur les mêmes principes et permettre ainsi les échanges).

La Terre est donc fictivement découpée en 24 fuseaux horaires. La limite entre deux fuseaux suit un méridien. Lors du passage d'un fuseau à un autre, l'heure augmente, arbitrairement mais de façon cohérente, d'une unité en allant vers l'est et diminue d'une unité en allant vers l'ouest¹. De plus, un pays impose avec encore plus d'arbitraire la même heure (heure légale d'été, d'hiver) dans toute une région, voire dans tout un pays s'il n'est pas trop étendu comme c'est le cas par exemple de la France métropolitaine. Ainsi deux lieux situés dans le même fuseau horaire mais dans des pays différents peuvent-ils avoir des heures légales différentes.

• **La ligne de changement de date**

Tout comme l'heure, la date ne peut pas être identique au même instant en tout lieu de la Terre. En un lieu donné, en France par exemple, la date change à minuit (24 h du jour J et 0 h du jour J+1). À ce moment (voir figure ci-dessous), il est déjà 1 h du matin du jour J+1 à Varsovie et encore 23 h

du jour J à Dakar. En poursuivant cet examen des fuseaux horaires vers l'est, puis vers l'ouest, on voit qu'il est déjà 11 h du jour J+1 en Nouvelle-Zélande et encore 13 h du jour J à Hawaï. On constate qu'il est inévitable d'avoir sur Terre des régions voisines pour lesquelles la date n'est pas identique. Il a été convenu de façon internationale de tracer une ligne fictive, dite « ligne de changement de date », qui va du pôle Nord au pôle Sud à travers l'océan Pacifique, c'est-à-dire en passant par des régions inhabitées.



Il y a ainsi deux façons de changer de date : d'une part en restant « chez soi » et en attendant qu'il soit minuit; d'autre part en franchissant la ligne de changement de date. Dans ce dernier cas, lors de son franchissement vers l'est, la date diminue d'une unité (voir *Le Tour du monde en 80 jours* de Jules Verne ou *L'Île du jour d'avant* d'Umberto Eco), lors de son franchissement vers l'ouest, elle augmente d'une unité.

• **L'heure solaire, l'heure légale**

Celle qui est indiquée par un cadran solaire porte le nom « d'heure solaire vraie ». Pour passer à l'heure légale (indiquée par nos montres), il y a lieu d'opérer plusieurs corrections.

a- Ajouter une heure (horaire d'hiver) ou deux heures (horaire d'été).

b- Tenir compte du décalage en longitude entre le lieu où est installé le cadran et le méridien origine de Greenwich.

c- Opérer une troisième correction, donnée par des tables ou des courbes dans les documents spécialisés, dont le rôle est de compenser les variations régulières de la trajectoire apparente du Soleil.

Ainsi, le passage de l'heure solaire à l'heure légale est-il une opération compliquée qui ne se réduit pas, contrairement à une idée répandue, à la correction légale d'une heure (en horaire d'hiver) ou de deux heures (en horaire d'été). En particulier, lors de l'étude de la variation de l'ombre d'un gnomon, il ne faut pas s'attendre à obtenir l'ombre la plus courte à 13 h (horaire d'hiver) ou à 14 h (horaire d'été). En revanche, il est juste de dire qu'il est « midi solaire » à cet instant.

1. Il y a quelques rares exceptions, certains pays ayant un décalage d'une demi-heure avec leurs voisins.

Programme

Cycle 3 :

Le ciel et la Terre

Le système solaire et l'Univers.

Difficultés provenant des liens avec le vocabulaire commun

Les noms des planètes peuvent avoir été rencontrés dans le cadre de rubriques astrologiques, de même l'expression « être né sous une bonne étoile » peut entretenir la même confusion.

Des œuvres de fiction de qualité variée peuvent avoir familiarisé les élèves avec un vocabulaire mais ne donnent pas de garanties sur le sens qui y est associé. L'acception du mot « satellite » est souvent limitée à un objet construit par l'homme et non à la Lune, par exemple.

Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves confondent souvent étoiles et planètes. Ils ne sont pas *a priori* conscients que le Soleil est une étoile, car celles-ci apparaissent dans le ciel comme des points minuscules très différents de l'aspect du Soleil vu depuis la Terre.

Les élèves pensent souvent que les planètes sont beaucoup plus volumineuses que les étoiles : en effet, ils ont souvent observé des photos de planètes où celles-ci ont une taille importante ; du fait de leur distance considérable, malgré leur taille, les étoiles n'ont pas de surface apparente (aspect d'un disque) ni pour l'œil, ni pour la plupart des télescopes (leur image apparaît comme une tache lumineuse sans aucun détail).

Les élèves attribuent souvent les phases de la Lune à l'ombre portée de la Terre sur la Lune : ils confondent ainsi l'origine des phases avec celle des éclipses de Lune. Parfois, ils expliquent que la surface de la Lune n'est pas totalement visible à cause des nuages. Le Soleil (ou une étoile) est qualifié de « boule de feu », ce qui laisse penser que sa lumière provient d'une combustion.

Les dimensions dans l'Univers sont toujours très sous-évaluées. Si de nombreux termes sont connus des enfants (étoiles, planètes, galaxies, satellites, comètes...), ils n'ont aucune idée de la structure de l'Univers, ni des distances.

La notion de « haut » et « bas » est liée à la pesanteur terrestre. Dans l'espace, on ne peut s'orienter (navigation des vaisseaux) qu'à partir de la direction des étoiles.

Quelques écueils à éviter lors des observations et manipulations

Lorsqu'on essaie de représenter le système solaire à l'échelle dans la salle de classe, il faut éviter de faire figurer sur la même représentation les dimensions des orbites à une échelle et celles des planètes à une échelle autre. Si on représente les orbites à une échelle donnée, à cette même échelle les planètes sont assimilables à des points minuscules. Si au contraire on choisit une échelle adaptée pour représenter les tailles des planètes, en respectant la même échelle les planètes devraient être à des distances déraisonnables les unes des autres. Ces réflexions permettent de faire prendre conscience aux élèves de l'importance des espaces vacants à l'intérieur du système solaire.

De même, on peut mettre en évidence, à l'échelle des dimensions des orbites, la distance de l'étoile la plus proche et montrer que celle-ci est considérable par rapport à l'étendue du système solaire. Cela permet de montrer qu'au-delà du système solaire s'étendent d'immenses espaces pratiquement vides.

Le « temps de lumière » (1 s pour la Lune, 8 min pour le Soleil, 1 h pour Saturne, quelques années pour les étoiles les plus proches) est une bonne unité pour faire percevoir ces distances aux élèves.

Lors de l'observation de représentations de planètes, il faut parfois préciser aux élèves que les couleurs ne sont pas de « vraies » couleurs, mais résultent souvent d'un traitement informatique.

Connaissances

– Le système solaire est constitué en son centre d'une étoile, le Soleil, et de neuf planètes qui gravitent autour de lui sur des trajectoires pratiquement circulaires. Le Soleil est beaucoup plus gros que les

planètes (son diamètre est 100 fois plus grand environ que celui de la Terre.) Ces planètes sont au nombre de neuf : les quatre premières à partir du Soleil (Mercure, Vénus, la Terre et Mars) sont de plus petite taille, ce sont des planètes solides, ayant un sol, et relativement proches du Soleil ; les quatre suivantes (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) sont des planètes de plus grande taille, gazeuses et nettement plus éloignées du Soleil.

– La plupart des planètes ont des satellites, des corps qui gravitent autour d’elles suivant des orbites à peu près circulaires ; la Terre a un seul satellite naturel : la Lune.

– Certaines planètes géantes ont des anneaux faits de roches et de glaces ; les plus importants, visibles sans difficulté depuis la Terre dans une lunette ou un télescope, sont ceux de Saturne.

– Le système solaire est minuscule à l’échelle de notre Galaxie qui est elle-même minuscule à l’échelle des distances séparant les milliards de galaxies qui peuplent l’univers.

– Les étoiles sont des boules de gaz à très haute température qui émettent leur propre lumière. Les planètes gravitent autour du Soleil : les planètes du système solaire ne sont visibles que parce qu’elles sont éclairées par le Soleil. De la même façon, la Lune n’est visible que parce qu’elle est éclairée par le Soleil. Une moitié de la sphère lunaire est toujours éclairée par le Soleil, mais la Lune tournant autour de la Terre, l’observateur terrestre ne voit pas toujours entièrement cette zone éclairée ; il n’en voit qu’une partie, ne présentant pas toujours le même aspect : ce sont les phases de la Lune vues de la Terre.

Pour en savoir plus

– L’exploration spatiale consiste à envoyer dans l’espace soit des hommes (les hommes se sont seulement posés sur la Lune qui est l’astre le plus proche de la Terre), soit des sondes (inhabitables) qui explorent le système solaire.

L’exploration humaine présente de grandes difficultés (les conditions de la vie ne sont pas réunies sur la Lune et les astronautes ont dû emporter dans leurs fusées de la nourriture, de l’oxygène, des scaphandres, de quoi se protéger du froid...), de plus les distances considérables rendent les voyages extrêmement longs. Seule la planète Mars sera probablement explorée par les hommes au cours du XXI^e siècle.

Du fait de ces difficultés, on envoie dans le système solaire des sondes non habitées (robots) qui survolent les différentes planètes du système solaire et envoient sur Terre les informations recueillies.

– Ce que nous savons de l’univers, au delà du système solaire, ne vient pas de l’exploration directe mais de l’analyse de la lumière que nous en recevons. Les étoiles ne sont pas uniformément réparties dans l’Univers mais sont regroupées en galaxies contenant un très grand nombre d’étoiles. La Galaxie (la nôtre, qui s’écrit avec un G majuscule) a l’aspect d’un disque plat et regroupe environ 100 milliards d’étoiles. Les étoiles visibles à l’œil nu sont des étoiles proches appartenant à notre Galaxie. Elles sont en général à des distances de la Terre très différentes, même si elles apparaissent proches l’une de l’autre dans le ciel. La Voie lactée est une traînée laiteuse qui traverse le ciel ; elle est formée d’une multitude d’étoiles situées quasiment dans le plan de notre Galaxie. Quand on regarde la Voie lactée, la direction du regard est contenue dans le plan de notre Galaxie. Quelques galaxies, proches de la nôtre, sont visibles à l’œil nu comme de petites taches : celle d’Andromède dans l’hémisphère Nord, celle des nuages de Magellan dans l’hémisphère Sud. Depuis 1995, on a découvert des dizaines de planètes autour d’autres étoiles que le Soleil.