

Libérez la Terre

Le projet

Le tableau ci-dessous est un extrait de la progression pour le cours élémentaire deuxième année et le cours moyen en sciences expérimentales et technologie, et plus particulièrement des éléments de connaissances et de compétences sur le ciel et la Terre.

Cours élémentaire deuxième année	Cours moyen première année	Cours moyen deuxième année
Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du soleil		
Mettre en lien l'évolution de la durée du jour au cours de l'année et les saisons.	B Repérer et <u>comprendre</u> le <u>mouvement apparent du Soleil</u> au cours d'une journée et son évolution au cours de l'année.	Différencier les planètes du système solaire (caractéristiques, ordres de grandeur).
Définir les termes équinoxes, solstices.	C <u>Connaître</u> le sens et la durée <u>de rotation de la Terre sur elle-même</u> .	
A <u>Savoir</u> que <u>le Soleil est une étoile, centre d'un système solaire</u> constitué de planètes dont la Terre.	D Savoir <u>interpréter</u> le <u>mouvement apparent du Soleil</u> par une modélisation.	
Différencier étoile et planète, planète et satellite (exemple : la Lune, satellite naturel de la Terre).	E <u>Connaître la contribution de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie</u>	

A la lecture de ce tableau ⁽¹⁾, nous constatons que le système héliocentrique est présenté de manière ad hoc. Le Soleil en occupe le centre. Une seule issue possible ; nous devons donc comprendre que le mouvement du Soleil n'est qu'apparent, ce qui nous permet de connaître le sens de rotation de la Terre sur elle-même. À partir d'une modélisation matérielle élémentaire du système Terre-Soleil nous interprétons tous les mouvements. Mais gare, ce modèle ⁽²⁾, qu'il faudrait confronter aux réalités du terrain ou aux résultats expérimentaux, ne l'est qu'au savoir de départ. La maquette du système solaire, qui devrait être une réponse provisoire au problème scientifique, est ici le point final d'un savoir déjà établi. Aussi, les contributions de Copernic et Galilée semblent-elles bien tardives, ou pire, inutiles.

Je propose une solution partielle et locale. Des collégiens et lycéens de mon établissement vont intervenir en CM pour présenter les modèles héliocentrique et géocentrique simplifiés. Un groupe représentera Ptolémée, l'autre, Copernic. Sous forme de scénettes, ils examineront différentes hypothèses destinées à expliquer l'alternance des journées et des nuits, la ronde des étoiles, et concluront qu'aucune observation familière ne permet de les départager entièrement. L'observation de la planète Mars débouchera sur le même constat ! En plein désarroi, un nouveau groupe, porteur d'une missive de Galilée fera son apparition. Il s'agira de la lettre du célèbre pisan, relatant ses observations des phases de Vénus.

Les jeunes élèves seront alors conviés à manipuler ces deux maquettes, et, s'appuyant sur des photographies des phases de Vénus, ils invalideront le système ptolémaïque. Vénus ne tourne donc pas au-dessous du Soleil (la phase gibbeuse est interdite dans ce système), ni même au-dessus, comme le pensait Aristote, car ce système exclu la possibilité de voir Vénus en croissant, mais bien autour du Soleil. *Cynthiae figuras aemulatur mater amorum* est la solution de l'anagramme de Galilée. La mère des amours (Vénus) imite les phases de Diane (la Lune).

Il est essentiel de faire remarquer que cette conclusion est compatible avec le modèle de Tycho Brahé. Mais ça, c'est une autre histoire.

(1)

http://media.eduscol.education.fr/file/Progressions_pedagogiques/77/1/Progression-pedagogique_Cycle3_Sciences_experimentales_et_technologie_203771.pdf

(2) Sur le rôle du modèle en science :

<http://acces.ens-lyon.fr/acces/terre/didacgeo/site/modelst>

Le travail des élèves et leurs réalisations



Figure 1: une machine pour voyager dans le temps.

Le projet présenté a enthousiasmé les élèves du club astronomie. Il fallait dès lors trouver le vecteur qui nous permettrait de non seulement être passeur de savoir, mais aussi de faire manipuler. Une même idée émerge dans deux groupes d'élèves : construire une machine à remonter dans le temps ! Avec un tel instrument, Ptolémée, Copernic et Galilée nous rendront visite.

Un premier travail de recherche est mis en place. Il nous faut découvrir qui sont ces illustres astronomes, et quels sont leur modèle.

Le travail est alors partagé entre quatre équipes. Chacune des trois premières devra écrire le scénario correspondant à son modèle, et en construire une maquette. Le dernier groupe va gérer la logistique. Nous décidons d'utiliser comme support le film avant de nous présenter face aux élèves du primaire.

Le pitch



Figure 2: que voyez-vous?

Les Ptoléméens arrivent les premiers. Ils demandent d'observer la course du Soleil et la ronde des étoiles. Que peut dire d'autre la jeune demoiselle interrogée ? « Je vois le Soleil qui se couche », puis, « Je vois les étoiles qui tournent ». N'est-ce pas là l'observation la plus directe ?

A cela, les Coperniciennes, fraîchement débarqués rétorquent. « Toi, assis-toi sur cette chaise qui est la Terre », puis, la faisant tourner. « Et maintenant, que vois-tu ? »

C'est bien embarrassant. L'observation est la même dans les deux cas !



Figure 3: modèles géocentrique et héliocentrique de Mars.

Pour départager ces deux groupes, il faut une nouvelle idée d'observation. Mars dont la course dans le ciel est parfois des plus intrigantes fera l'affaire. Comment rendre compte de ce drôle de γ dans le ciel ?

L'un après l'autre, les élèves reportent à l'aide d'une ficelle, (en prenant soin de bien rester parallèle), les positions mois après mois, sous lesquelles Mars est vu depuis la Terre.

Mais quelque soit le modèle, géocentrique ou héliocentrique, la figure reste la même !

Il faudra bien trouver une observation décisive pour trancher entre ces deux modèles.

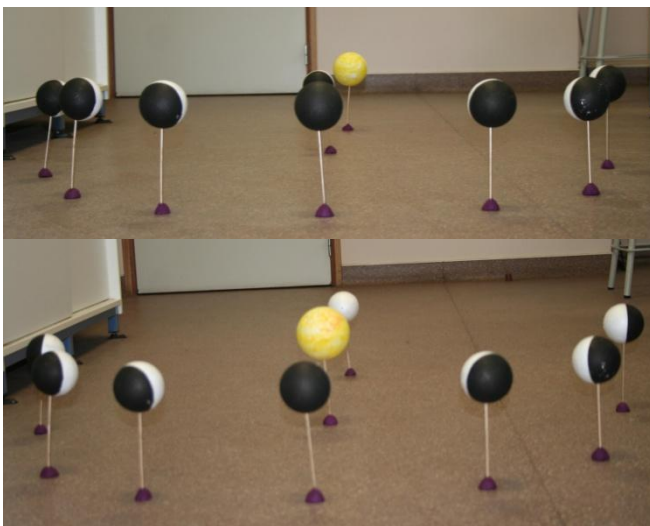


Figure 4: modèles de Ptolémée et héliocentrique de Vénus.

Arrive alors les galiléennes et leur lunette astronomique. Les phases de Vénus ne peuvent pas apparaître gibbeuses ni même en quartiers dans le modèle de Ptolémée ! Cette dernière observation renverse le modèle des Anciens. Mais attention, elle ne permet de conclure que sur la révolution de Vénus autour du Soleil. La Terre n'est pas définitivement libérée. Il faudra bien une ultime observation pour invalider le modèle de Ticho Brahé.

Serez-vous cet astronome ?

Libérez la Terre

Présentation de la vidéo

Description

Grâce à une machine à voyager dans le temps, deux groupes représentant respectivement Ptolémée et Copernic débarquent en classe. Ils nous font voir la course du Soleil, la ronde des étoiles et la rétrogradation de Mars. Chacun pense son modèle supérieur, mais les observations astronomiques ne peuvent les départager. Jusqu'au moment où Galilée s'en mêle.

Durée

8 min 04.

Principaux thèmes abordés

Modèle géocentrique.

Modèle héliocentrique.

Contributions de Ptolémée, Copernic et Galilée.

Contenu

Niveau

Cours moyen première année.

Compétences

Pratiquer une démarche scientifique : savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider.

Manipuler et expérimenter.

Développer une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible.

Découpage du film

00 min 00 s : *Générique.*

00 min 7 s : *Arrivée des Ptoléméens.*

00min 22 s : *Présentation du modèle de Ptolémée.*

00 min 44 s : *Course du Soleil.*

01 min 06 s : *Ronde des étoiles.*

01 min 19 s : *Explication dans le modèle géocentrique.*

01 min 32 s : *Arrivée des Coperniciennes.*

01min 55 s : *Présentation du modèle de Copernic.*

02 min 02 s : *Explication dans le modèle héliocentrique.*

02 min 31 s : *Arrivée de l'arbitre.*

02 min 39 s : *Mouvement de rétrogradation de Mars.*

03 min 09 s : *Explication dans le modèle géocentrique.*

03 min 50 s : *Explication dans le modèle héliocentrique.*

04 min 29 s : *Arrivée des Galiléennes.*

05 min 37 s : *Observation de Vénus au télescope.*

05 min 44 s : *Ce que voit Galilée.*

05 min 56 s : *Vénus dans le modèle géocentrique.*

06 min 30 s : *Vénus dans le modèle héliocentrique.*

07 min 04 s : *Chacun rentre chez soi.*

07min 15 s : *Générique de fin.*

07min 33 s : *Epilogue.*

Suggestions d'activités



Faites approprier aux élèves le questionnement. Demandez leurs ce que signifie le titre. Il peut être reformulé par : « La Terre est-elle enchaînée ? Si oui, le titre présente-t-il une Terre mobile, ou immobile ?



Des représentants de l'astronome grec Ptolémée (vers 90 ; vers 168) nous rendent visite. Ils nous présentent leur système. Demandez aux élèves de critiquer ce modèle. Ils savent déjà que « le Soleil est une étoile, centre d'un système solaire constitué de planètes dont la Terre ». Mais pour autant, sauront-ils apporter un argument qui contredirait nos jeunes ptoléméens ?



Après l'observation de la course du Soleil, puis celle de la voûte céleste, demandez-leur ce qu'ils ont vu. Difficile de ne pas répondre comme la jeune fille : un Soleil qui se couche et des étoiles qui tournent. A celui qui y voit la rotation de la Terre qui nous entraîne à la vitesse de 325 m/s à la latitude de la France, demandez-lui s'il perçoit notre mouvement de révolution autour du Soleil (30 km/s), et s'il détecte le mouvement propre de notre système solaire en direction de l'étoile Véga (20 km/s). A-t-il conscience de notre mouvement autour du centre de la Galaxie (250 km/s) qui nous dirige vers la constellation de Céphée, et de notre course vers la galaxie d'Andromède (40 km/s). Tout est une histoire de choix de repère. Et lorsque nous regardons le Soleil ou les étoiles, nous nous sentons immobiles sur une Terre immobile. Ptolémée rencontre durant 13 siècles le succès que l'on sait. Applaudissements !



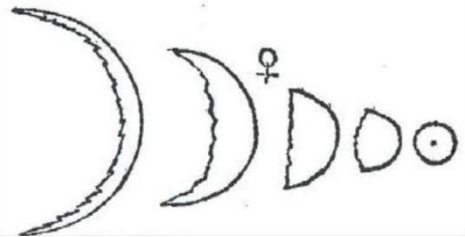
Des représentantes de l'astronome polonais Copernic (1473 ; 1543) arrivent à leur tour. Tout comme elles le font avec la jeune fille, faites tourner vos élèves sur eux même, et dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (vu de dessus). Leurs bras tendus figurent l'horizon. Prenez comme point de départ midi ; leurs visages sont alors face au sud. Un quart de tour plus tard, il faudra jeter un coup d'œil vers sa main droite (ouest) pour voir que le Soleil passe sous la ligne d'horizon. Encore un demi tour, et il réapparaîtra au dessus de votre ligne d'horizon, vers votre main gauche (est). Ce modèle est tout aussi efficace. Il mérite aussi d'être applaudi. (Pour les puristes, le time-lapse de la course du Soleil ayant été tourné le jour de l'équinoxe, vous pouvez laisser dire que le Soleil s'est levé à l'est et couché à l'ouest).



Faites exercer l'esprit critique des élèves vis-à-vis de cette première partie du film. Il devrait en ressortir que ces dernières observations ne permettent pas de retenir un modèle plutôt qu'un autre. Il faut donc trouver une nouvelle observation.

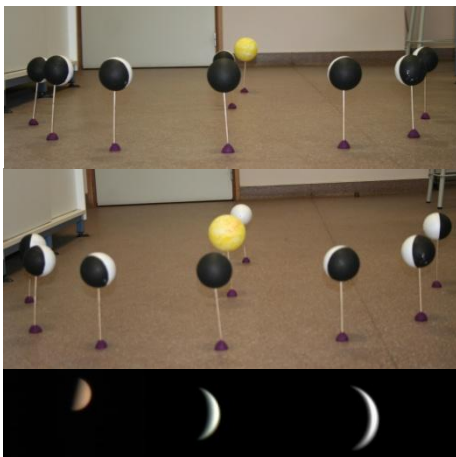


Les planètes extérieures, dont Mars fait parti, semblent parfois reculer dans leur mouvement par rapport aux étoiles. C'est ce qu'on appelle le mouvement de rétrogradation. Il s'explique par les différences relatives de vitesses angulaires de chaque mouvement. Ici, il ne s'agit pas de faire comprendre aux élèves toute l'ingéniosité du modèle géocentrique, mais de les faire s'interroger de nouveau. Cette observation permet-elle d'invalider l'un ou l'autre de nos deux modèles ? La réponse est encore négative. Décidément, il faut absolument chercher une autre observation.



Les galiléennes arrivent, et annonce leur découverte par cette anagramme "*Haec Immatura a me jam frustra leguntur, o.y.*" (en vain, ces choses sont accueillies aujourd'hui prématurément par moi). En changeant l'ordre des lettres, nous obtenons "*Cynthiae* figuras aemulatur mater amorum*" (les phases de Diane imite la mère des amours). Faites découvrir par quelques tableaux aux élèves qui sont la mère des amours et Diane. Ils connaissent déjà les phases de la Lune, et les dessins des observations des phases de Vénus par Galilée doit leur faire comprendre la teneur du message du célèbre pisan.

(Cynthia* : en référence au Mont Cinthus le lieu de naissance de Diane/Artemis).



Observations de Vénus au télescope

LX 200 avec webcam : 27 mars 2012 ;

03 mai 2012 ; 16 mai 2012.

Demandez enfin qu'ils mettent en place un protocole élémentaire pour tester cette ultime observation. Des piques à brochettes et des boules de polystyrène dont un hémisphère est peint en noir permettront de modéliser le Soleil et Vénus. Chaque enfant aura le rôle des yeux de Galilée. Expérimentez les deux modèles ; celui de Ptolémée n'explique pas l'observation des phases de Vénus. Il est enfin invalidé !

Ne reste que les contributions de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie !

Note importante à l'usage des maîtres.

Certes, l'observation de Galilée rejette définitivement le système de Ptolémée. Mais il ne prouve pas pour autant que le modèle de Copernic soit le bon. En effet, les observations de Vénus indiquent seulement que cette dernière tourne autour du Soleil. L'astronome danois Tycho Brahé (1546 ; 1601) ne se résout pas à abandonner le géocentrisme et met au point un système mixte, dit géo-héliocentrique. Ce système sera invalidé par les théories de Képler et de Newton, et définitivement abandonné après la découverte par l'astronome James Bradley de l'aberration de la lumière. (Première confirmation expérimentale de la révolution de la Terre autour du Soleil). Quant à la rotation de la Terre sur elle-même, il faudra attendre 1851 et le pendule de Foucault.

Système de Ptolémée

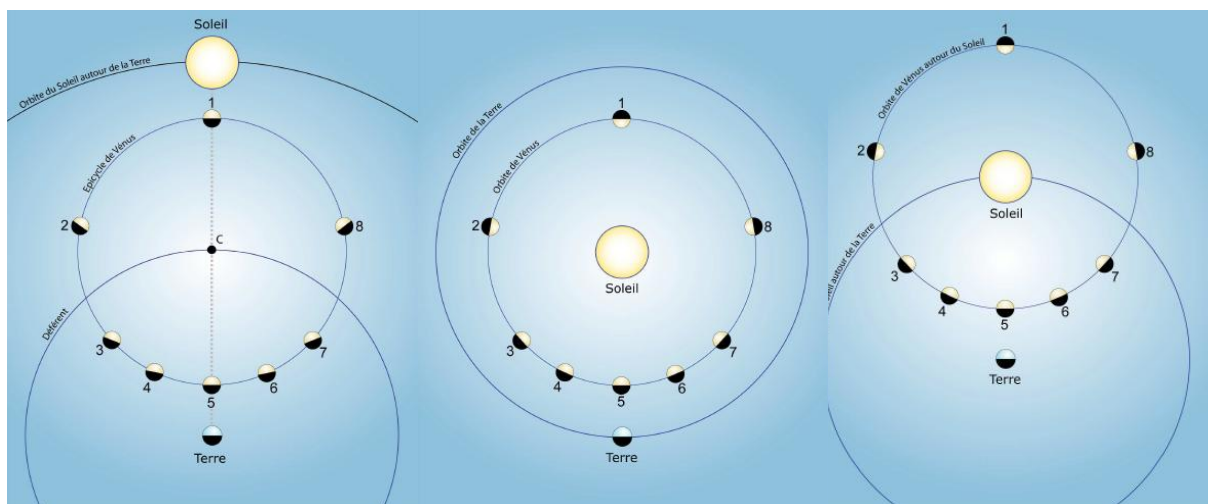
La Terre est immobile au centre du monde. Le Soleil tourne autour de la Terre. Vénus tourne sur un cercle (l'épicycle) dont le centre C tourne autour de la Terre (sur le déférent). La Terre, le centre C et le Soleil doivent rester alignés.

Système de Copernic

Le Soleil est au centre du monde. La Terre et Vénus tournent autour du Soleil.

Système de Tycho Brahé

La Terre est au centre du monde. Le Soleil tourne autour de la Terre et Vénus tourne autour du Soleil.



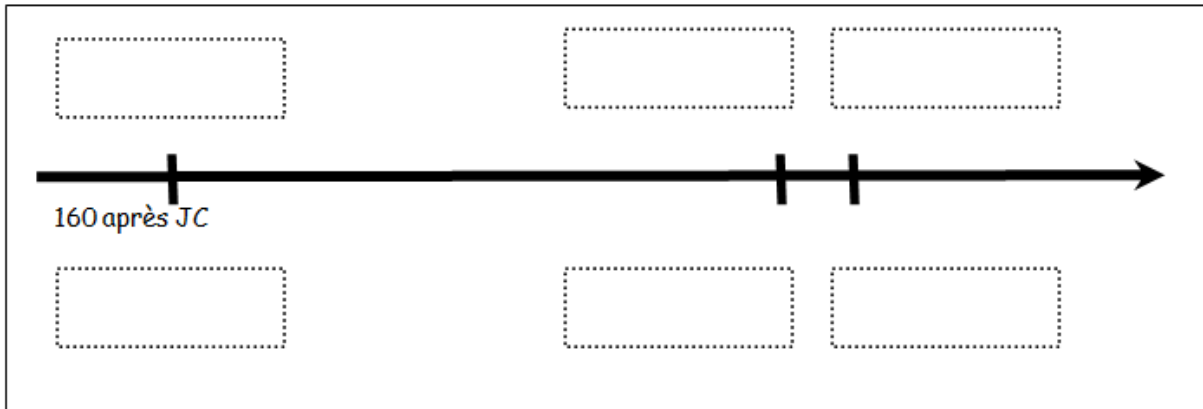
Système de Ptolémée

Système de Copernic

Système de Tycho

Fiche élève

1- Renseigne la frise chronologique suivante.



2- Retrouve les définitions.

Système astronomique d'après lequel on considérait la Terre comme le centre de l'Univers autour duquel tournaient les autres astres.

Système astronomique d'après lequel on considère le Soleil comme le centre de l'Univers ou comme l'astre autour duquel s'effectue la rotation des planètes.

3- Quel modèle choisir ?

L'observation de la course du Soleil permet-elle de choisir un de ces deux modèles ?

L'observation de la ronde des étoiles permet-elle de choisir un de ces deux modèles ?

L'observation de la rétrogradation de Mars permet-elle de choisir un de ces deux modèles ?

4- Quel instrument construit par Galilée lui permet-il de rejeter le modèle géocentrique ?

5- Quel est l'objet observé qui lui permet de conclure ?

6- Aujourd'hui, quel est le modèle accepté par tous ?



1-

Grèce

Ptolémée

Galilée

Pologne

Copernic

Italie

2-

Géocentrisme

Héliocentrisme

3-

Vrai

Faux

Vrai

Faux

Vrai

Faux

4-

Télescope

Lunette

Microscope

5-

Vénus

Soleil

Lune

6-

Géocentrisme

Héliocentrisme

Le format choisi : le film.

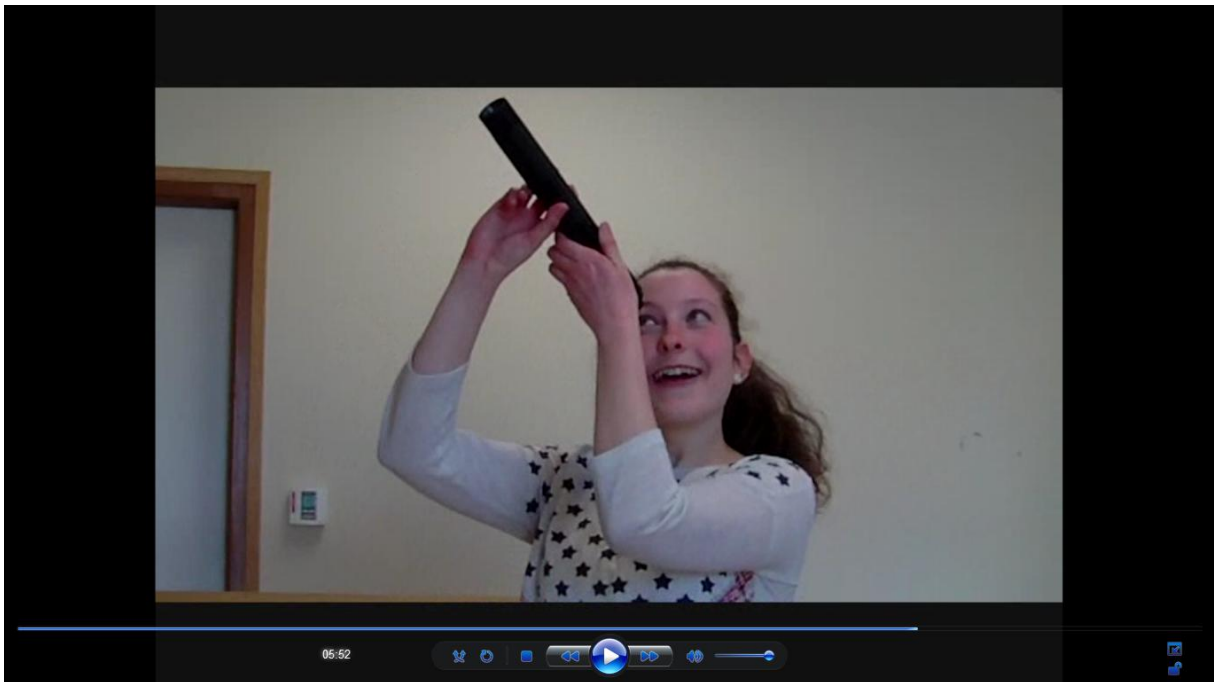


Figure 5 : Galilée observant les phases de Vénus.

BON FILM.