

AVEC NOS ÉLÈVES

Libérez la Terre

Olivier Gayrard, Toulouse

Dans le n° 148 des Cahiers Clairaut (décembre 2014), Olivier Gayrard se proposait de faire travailler les collégiens de son club d'astronomie sur « la contribution de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie ». Il raconte ici le déroulement de cette recherche où des collégiens doivent comprendre et expliquer ces découvertes à des élèves de CM. Un petit film de 10 minutes relatant cette expérience a été réalisé, il a reçu le prix d'Histoire des Sciences de la Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique (SF2A).

Le travail des élèves et leurs réalisations

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 leurs modèles.



Fig.1. La machine à remonter le temps.

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.

Résumé du scénario

Les Ptoléméens arrivent les premiers. Ils demandent à 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 ?

À cela, les Coperniciennes, fraîchement débarqués rétorquent. « Toi, assieds-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 !



Fig.2. Est-ce le Soleil qui se couche ou la Terre qui tourne ?



Fig.3. Le mouvement apparent du ciel. Qui tourne ici ?

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 ?¹

L'un après l'autre, les élèves reportent à l'aide d'une ficelle, (en prenant soin de bien rester

¹ Lors de la rétrogradation de Mars, la forme de la trajectoire apparente de la planète sur le fond du ciel peut ressembler à un S, un Z ou un γ (voir « les boucles de rétrogradation de Mars », n° 120 des Cahiers Clairaut (hiver 2007).

parallèle), les positions mois après mois, sous lesquelles Mars est vu depuis la Terre.² Mais, quel que soit le modèle, géocentrique ou héliocentrique, la figure reste la même !



Fig.4. Système de Ptolémée et rétrogradation de Mars.



Fig.5. Rétrogradation de Mars avec Copernic.

Il faudra bien trouver une observation décisive pour trancher entre ces deux modèles. Arrivent alors les Galiléennes et leur lunette astronomique. Les phases de Vénus ne peuvent pas apparaître gibbeuses ni même en quartier dans le modèle de Ptolémée !

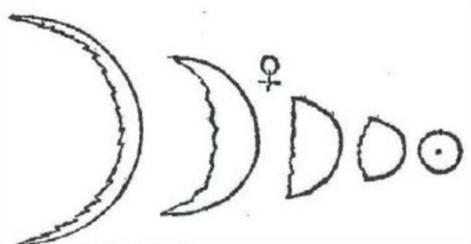


Fig.6. Les phases de Vénus dessinées par Galilée.



Fig.7. Quelques photographies des phases de Vénus.

Cette dernière observation renverse le modèle des Anciens. Mais attention, elle ne permet de conclure

² Voir les figures 4 et 6 pages 9 et 10 pour la construction des boucles de rétrogradation dans les systèmes de Ptolémée et de Copernic.

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 Tycho Brahé.³



Fig.8. Vénus vue depuis la Terre dans le système de Ptolémée. La partie située à l'opposé du Soleil n'est pas éclairée et a été peinte en noir. Vénus n'est visible qu'en croissant ici.

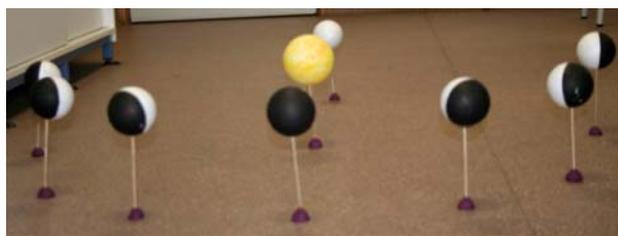


Fig.9. Vénus vue depuis la Terre dans le système de Copernic. On retrouve les phases observées par Galilée.

Suggestions d'activités

Faites approprier aux élèves le questionnement. Demandez-leur 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 90-168) 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 ?

³ Dans le système de Tycho Brahé, Vénus tourne autour du Soleil qui lui-même tourne autour de la Terre. Ce système est équivalent à celui de Copernic et prévoit aussi des phases pour Vénus.



Fig.10. Les Ptoléméens.

Après l'observation de la course du Soleil, puis celle de la voûte céleste, demandez-leur ce qu'ils ont vu (on peut projeter un time-lapse montrant ces mouvements⁴). Difficile de ne pas répondre comme la jeune fille : un Soleil qui se couche et des étoiles qui tournent. À 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 (à plus de 200 km/s) qui nous dirige vers la constellation de Céphée, et de notre course vers la galaxie d'Andromède (120 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 mêmes 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.

⁴ Voir par exemple sur <http://clea-astro.eu/activites>



Fig.11. Les Coperniciennes.

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.

Faites exercer l'esprit critique des élèves. Il devrait en ressortir que les observations ne permettent pas, pour l'instant, de retenir un modèle plutôt qu'un autre. Il faut donc en trouver de nouvelles.

Les planètes extérieures, dont Mars fait partie, 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 (voir les figures 4 et 5). Décidément, il faut absolument chercher une autre observation.

Les Galiléennes arrivent, et annoncent 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 « *Cynthiae⁵ figuras aemulatur mater amorum* » (les phases de Diane imitent 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 doivent leur faire comprendre la teneur du message du célèbre pisan.



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 ! (voir les figures 8 et 9). Ne restent que les contributions de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie !

⁵ Cynthia en référence au Mont Cinthe le lieu de naissance de Diane/Artemis.

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 Kepler 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.

Le film "Libérez la Terre" est visible à l'adresse suivante : <http://www.saint-joseph-gaillac.com/spip.php?article355>

