

AVEC NOS ÉLÈVES

Une expérience d'enseignement du thème astronomie en 1^{re}

Grégory Silva, lycée Marie Curie, Sceaux

Cet article fait le bilan de la première année de mise en œuvre, par un enseignant, des nouveaux programmes d'enseignement scientifique de la classe première générale pour le thème relatif à l'astronomie.

Après avoir traité le thème 1 sur la matière, venait le thème 2 sur l'astronomie « Soleil, Terre et Lune ». L'objectif est d'aider les élèves à porter un regard critique sur les fausses informations (fake news) qui circulent sur internet et les réseaux sociaux. Ainsi pour les élèves, et grâce à l'histoire des sciences, l'un des buts de ce thème est de comprendre comment on a pu montrer que la Terre est bel et bien sphérique et qu'elle tourne autour du Soleil et non l'inverse.

Les cours d'enseignement scientifique en 1^{re} sont répartis comme suit dans mon lycée (Marie Curie à Sceaux) : 1 h de cours par semaine pendant deux semaines puis 1 h 30 de TP en 3^e ou 4^e semaine.

Pour débiter ce thème, les élèves ont étudié le rayonnement solaire : quelle est la température de surface du Soleil (étude de spectres sur ordinateur) ? Quelle est l'origine de ce rayonnement (activité documentaire) ? Telles sont les principales questions auxquelles ont répondu les élèves qui ont pu utiliser quelques relations nouvelles pour eux : loi de Wien pour la température et équivalence masse-énergie d'Einstein $E = \Delta m \times c^2$ pour la fusion nucléaire (et son lien avec la puissance rayonnée par le Soleil). Les élèves ont particulièrement bien aimé cette partie, par exemple le fait de pouvoir associer une couleur à une température dans le cas des étoiles (Bételgeuse est orangée donc plus froide que Bellatrix qui est bleue). Par contre l'utilisation des relations est une difficulté pour les élèves n'ayant pas choisi la spécialité physique ou maths.

Pour débiter la partie sur la Terre, voici comment les élèves ont travaillé lors de la séance de TP sur Ératosthène et sa méthode pour déterminer le rayon terrestre. D'abord à l'aide d'une animation¹ qui permet de visualiser l'orientation des rayons du Soleil arrivant à Alexandrie et Syène en fonction de la saison. Dans cette partie les élèves ont dû répondre notamment à ces questions :

1) Quelle hypothèse a fait Ératosthène, par rapport

à la forme de la Terre, pour appliquer sa méthode ? Cette vision faisait-elle, à votre avis, l'unanimité à l'époque ? [une recherche documentaire aurait été souhaitée avant la séance]

2) Pourquoi les rayons lumineux du Soleil arrivent parallèles entre eux sur la Terre ? [dans les documents fournis, il était indiqué que le Soleil était très éloigné]

3) Quel a été l'intérêt de faire cette expérience un 21 juin ? [bien montré par l'animation]

Ils ont ensuite effectué quelques calculs classiques aboutissant à l'estimation d'Ératosthène.

La deuxième partie est inspirée d'un article des Cahiers Clairaut « Mesure du diamètre de la Terre depuis Villariès » (n° 159, septembre 2017). Ils ont ainsi pu comparer la méthode et sa précision à l'époque d'Ératosthène et de nos jours : points communs, différences, écarts relatifs avec le rayon terrestre moyen. Les relations sont plus simples dans cette partie même si les élèves ne se souvenaient pas toujours du périmètre d'un cercle.

L'hypothèse d'une Terre sphérique est primordiale ici et permet d'utiliser la notion de méridien qui sera utilisée ensuite. Cette hypothèse rend bien compte de ce qu'avait remarqué Ératosthène, à savoir : une ombre à Alexandrie mais aucune ombre à Syène. Sur le schéma ci-dessous, on se rend compte que cela serait impossible avec une Terre plate et le Soleil aussi éloigné qu'en réalité...



Cette partie a été la préférée des élèves sur ce thème. Pendant la Révolution française et pour uniformiser

¹ <http://physique.ostralo.net/eratosthene/>

les unités de longueurs (pieds, toises...), des scientifiques comme Delambre et Méchain ont entrepris une mesure de distance entre Dunkerque et Barcelone (situées sur le méridien de Paris) ce qui a permis de définir le mètre. La méthode utilisée est la triangulation de proche en proche : après une brève explication du principe de la mesure (cercle répétiteur) les élèves ont pu utiliser la loi des sinus dans quelques cas simples. Pas de problème particulier si ce n'est de bien vérifier que la calculatrice est en mode « degré ».

La Terre étant sphérique, il faut savoir se repérer à sa surface. Les élèves connaissant déjà les notions de latitude, de longitude, de méridien et de parallèle, le but de cette partie est de réfléchir au plus court chemin possible entre deux points du globe avec deux nouvelles notions : la route loxodromique (route à cap constant, en ligne droite sur une carte en projection de Mercator) et la route orthodromique (suivant l'arc de grand cercle reliant les deux points). Sur l'exemple du trajet Paris - New York en avion et grâce à une animation² sur internet permettant de visualiser en même temps le trajet sur le globe et sa projection sur une carte (projection de Mercator), les élèves se représentent mieux ces deux notions même si elles demeurent difficiles pour eux.

La dernière partie de ce thème concernait la confrontation de deux représentations qui ont fait longtemps débat (jusqu'au milieu du 16^e siècle) : le géocentrisme et l'héliocentrisme. À l'aide du logiciel libre Stellarium, les élèves ont pu visualiser trois observations historiques qui ont conforté l'idée d'héliocentrisme. Les principaux satellites de Jupiter et les phases de Vénus observés par Galilée à l'aide de sa lunette, et la rétrogradation de Mars observée de tout temps mais que l'on a eu du mal à expliquer (épicycles de Ptolémée).

La Terre tourne autour du Soleil et la Lune autour de la Terre. Nous observons la Lune et son aspect vu depuis la Terre (ses phases) : cela a déjà été vu par la plupart des élèves au collège. Nous pouvons ainsi essayer d'expliquer les phénomènes spectaculaires que sont les éclipses de Lune et de Soleil. Les discussions et les présentations faites lors de l'École d'été d'astronomie du CLEA de 2019 m'ont été très utiles dans cette partie.

Contrôle sur ce thème et erreurs les plus fréquentes

Les élèves (105 au total) ont eu un contrôle sur le thème astronomie comportant cinq exercices, chacun correspondant à une partie du thème. L'utilisation des relations a été plutôt bien réussie puisque les

² https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/RefTerre/Orthodromie1.php

questions différaient peu de ce qui avait été vu en cours ou en TP.

Le dernier exercice proposait de répondre aux deux questions suivantes :

1) *Quelles sont les trois observations historiques qui ont remis en question le modèle géocentrique ?*

2) *Expliquer pourquoi la Lune présente toujours la même face et pourquoi il n'y a pas d'éclipse de Soleil ou de Lune chaque mois.*

Les réponses à ces questions sont les plus intéressantes puisqu'elles mettent en évidence des confusions sur certaines représentations, concepts ou mots.

Voici les principales erreurs rencontrées.

Pour la question 1 :

- confusion entre les preuves que la Terre n'est pas plate et les preuves que la Terre tourne autour du Soleil ;
- confusion entre théorie et observation (ex : la gravité comme une observation) ;
- le pendule de Foucault en faveur du modèle géocentrique ;
- les phases de la Lune pour expliquer l'héliocentrisme.

Pour la question 2 :

- phase et face de la Lune : confusion de vocabulaire ;
- phases de la Lune : ils ne savent pas dans quel sens la Lune est croissante et ils ne connaissent pas la règle du « p » et du « d » ;
- confusion entre partie éclairée de la Lune et partie visible depuis la Terre ;
- la Lune présente la même face car elle ne tourne pas sur elle-même ;
- il y a une face cachée car la Lune tourne autour de la Terre mais pas du Soleil ;
- c'est parce qu'il y a une face cachée de la Lune qu'il n'y a pas toujours l'alignement requis pour les éclipses ;
- l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre (obliquité) explique la fréquence des éclipses.

Conclusion

Malgré le peu de temps (trois mois) pour traiter ce thème, il a plutôt bien été reçu par les élèves : surtout la méthode d'Ératosthène. Ils ont également été intéressés par les notions de loxodromie et d'orthodromie mais cela reste difficile pour eux. Il y a une impression de déjà vu pour la Lune. L'an prochain, j'insisterai davantage sur l'utilisation d'un modèle de Terre plate dans la méthode d'Ératosthène et leur suggérerai, pour être plus efficace, quelques expériences simples à faire chez eux pour l'aspect pratique (avec une lampe torche, une carte, un globe terrestre par exemple). ■