

Plan National de Formation  
« Enjeux du nouvel enseignement scientifique »

15 mai 2019

Sur l'apport possible de l'histoire des sciences dans  
l'éducation à la nature des sciences

Manuel Bächtold  
Maître de conférences HDR de l'Université de Montpellier  
Laboratoire LIRDEF (EA 3749, UM-UPVM)

# Plan

- L'éducation à la nature des sciences : quels objectifs ? quelles stratégies ?
- Sur l'apport possible de l'histoire des sciences
- Une illustration : la controverse entre géocentrisme et héliocentrisme
- Pistes pour la classe

# L'éducation à la nature des sciences

Programme d'enseignement scientifique de première générale (2019)

Objectif général n°1 :

« comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration »

Enjeu : [éducation à la nature des sciences](#) (à l'épistémologie)

Deux objets d'étude de l'épistémologie :

1. Les caractéristiques des connaissances scientifiques déjà stabilisées
2. Les méthodes d'élaboration des connaissances

Quel est l'**objectif** de l'éducation à la nature des sciences ?

### 1. Comprendre un ensemble de points d'épistémologie

- La construction et la validation des connaissances scientifiques s'appuient sur des observations et des expériences
- Les connaissances scientifiques actuelles sont susceptibles d'évoluer dans le futur
- Le contexte socio-économique et culturel a une influence sur le développement des sciences
- ...

Lederman (2007)

### 2. Développer une posture réflexive et critique sur les sciences

- Une expérience permet-elle de vérifier de façon certaine une théorie ?
- Y a-t-il des éléments des théories acceptées aujourd'hui qui sont stables ?
- Quelle est la nature et l'ampleur de cette influence ?
- ...

Clough (2011), Hodson (2014), Matthews (2012)

### Visée générale :

Amener les élèves à devenir des « citoyens responsables »

Les former pour qu'ils puissent :

- participer de façon éclairée aux débats et prises de décisions sur des questions de société qui mettent en jeu les sciences
- participer aux choix concernant les développements scientifiques et technologiques (« Recherche et Innovation Responsable », Union Européenne)

Hazelkorn et al. (2015)

Quelles **stratégies d'enseignement** mettre en œuvre ?

Suivant le nouveau programme de première :

**1. Faire pratiquer aux élèves des démarches scientifiques**

« l'élève se livre lui-même à la confrontation entre faits et idées et comprend, en la pratiquant, la construction du savoir scientifique » (p. 4)

= approche « implicite »

Or, d'après plusieurs études :

Ce n'est pas suffisant pour que les élèves prennent conscience de certains aspects du fonctionnement des sciences

Il est nécessaire qu'ils aient l'occasion de discuter de ces aspects.

= **approche « explicite »**

Akerson & Volrich (2006), Khishfe & Abd-El-Khalick (2002)

# Sur l'apport possible de l'histoire des sciences

## 2. Étudier des épisodes de l'histoire des sciences

« L'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences » (p. 4)

Le recours en classe à l'histoire des sciences permet de

- présenter les sciences comme un processus
- discuter des questions épistémologiques (approche explicite)

Abd-El-Khalick & Lederman (2000), Rudge & Howe (2009)

Obstacles pour les enseignants :

- présentation dans les manuels scolaires souvent réductrice
- peu de ressources
- peu de formations

de Hosson (2011), Höttecke & Silva (2011)

# Illustration : géocentrisme et héliocentrisme

La [controverse entre géocentrisme et héliocentrisme](#) (cf. nouveau programme, partie 3.3), un support très riche pour :

- faire émerger et discuter des questions épistémologiques
- faire prendre conscience de certains aspects du fonctionnement des sciences



Source: logiciel Stellarium

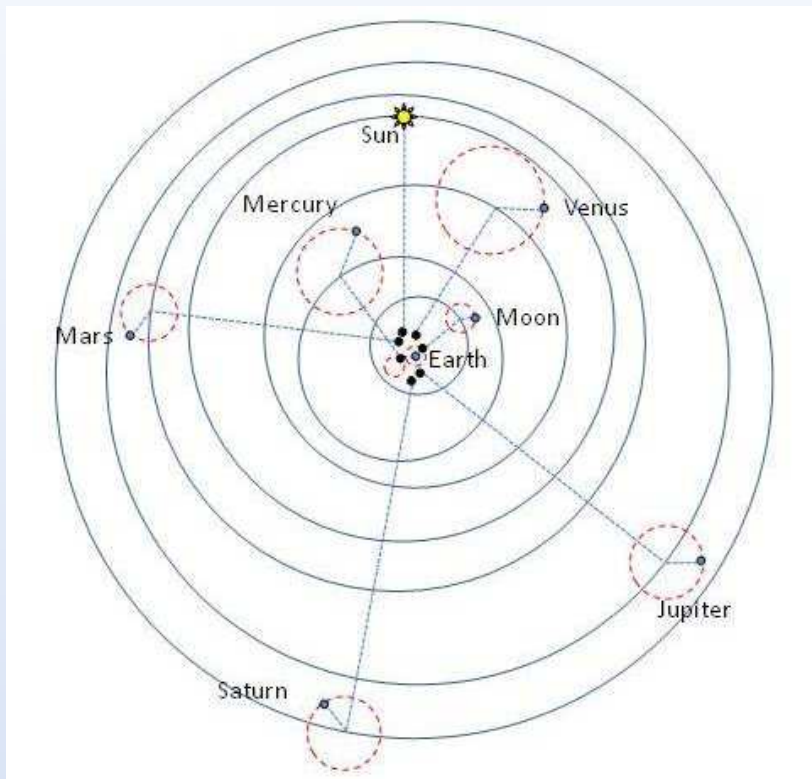
Une histoire des sciences « commune » :

- dans l'Antiquité et au Moyen Âge, on pensait que les astres tournaient autour de la Terre
- avec les observations de Copernic et Galilée, on a pris conscience que la Terre tourne autour du Soleil

Les observations ont apparemment eu un rôle crucial

Les observations permettent-elles de vérifier de façon certaine une théorie ?

Dès l'Antiquité, les astronomes ont procédé à des **observations très précises**  
Le système de **Ptolémée** (90-168) a permis de rendre compte de ces observations  
(de « sauver les phénomènes »)



Source: schéma de Stahlman in De Santillana (1955)

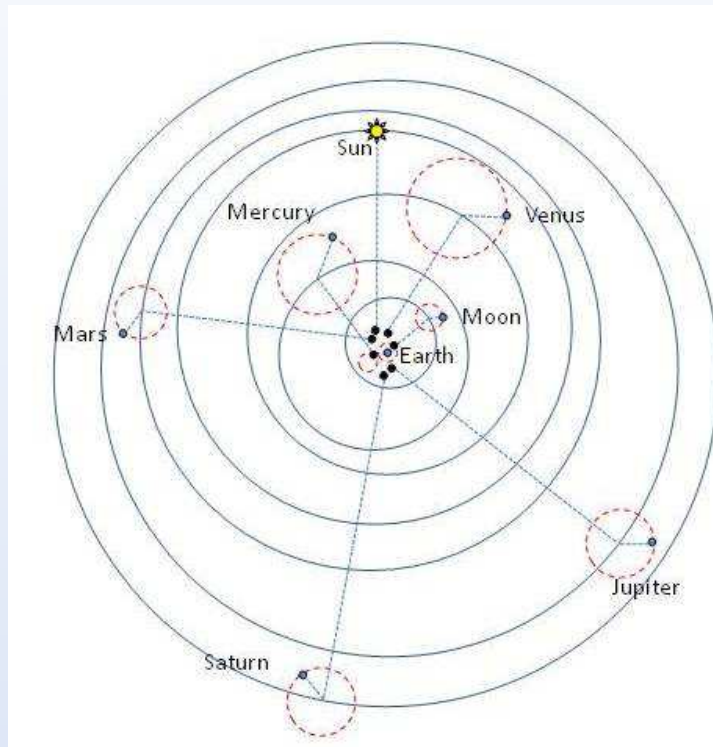
**Objection** : on peut imaginer que  
d'autres systèmes rendent compte  
de ces observations

« bien que ces hypothèses  
paraissent sauver les phénomènes,  
il ne faut pas affirmer qu'elles sont  
vraies, car on pourrait peut-être  
expliquer les mouvements  
apparents des étoiles par quelque  
autre procédé que les hommes  
n'ont point encore conçu »  
Thomas d'Aquin, 1272

Extrait de *Expositio*, tiré de Duhem (2003, p. 57)

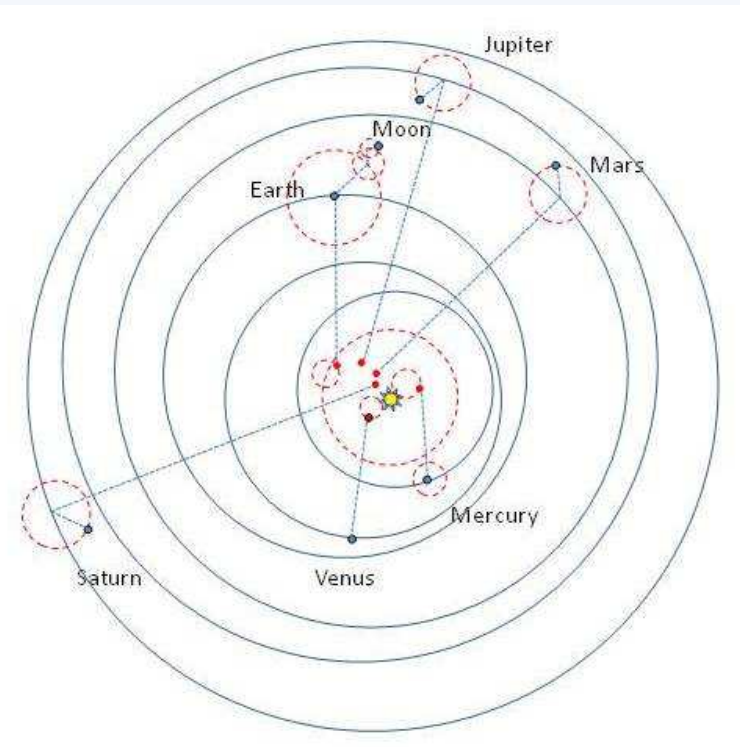
Copernic (1473-1543) propose un autre système qui rend compte de ces observations  
Comment trancher entre les deux systèmes ?  
En choisissant le plus simple ?

Système  
de Ptolémée



Source: schéma de Stahlman in De Santillana (1955)

Système  
de Copernic



Les observations « sous-déterminent » la théorie

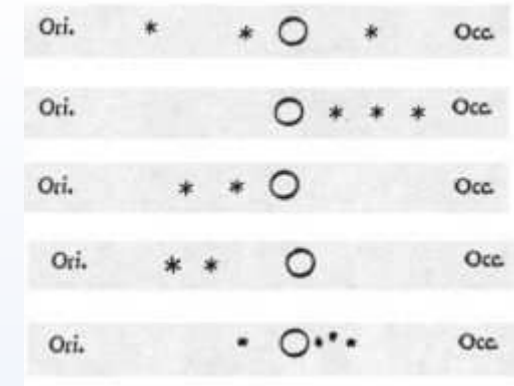
Duhem (1981 [1906]), Quine (1975), van Fraassen (1980)

## Comment le système de Copernic s'est-il imposé ?

Les observations de Galilée (1564-1642) avec une lunette :

- les montagnes sur la Lune
- les phases de Vénus
- les satellites de Jupiter

...



Satellites de Jupiter, dessins de Galilée dans *Le Messager des étoiles* (1610)

Comment Galilée a-t-il présenté ses observations ? (ici : satellites Jupiter)

« Voilà donc un argument solide et excellent qui dissipera les doutes de ceux qui [...] sont profondément troublés par le mouvement de la Lune [...] Ce n'est plus une seule Planète qui tourne autour d'une autre tandis que toutes deux parcourent une grande orbite autour du Soleil : l'expérience sensible nous montre maintenant que quatre Etoiles errantes tournent autour de Jupiter, comme la Lune autour de la Terre, et toutes ensemble [...] autour du Soleil, dans une grande révolution »

Extrait du *Messenger des étoiles* (1610) (voir aussi : Cohen, 1993, pp. 87-88)

Il utilise l'observation des satellites de Jupiter comme un **argument** pour neutraliser une objection contre le système de Copernic

(l'objection : si la Terre faisait un grand mouvement autour du Soleil, pourquoi la Lune resterait autour de la Terre)

Une autre objection :

« [Les] corps lourds [...] qui tombent de haut en bas suivent une ligne droite et perpendiculaire à la surface de la Terre. Cet argument est estimé irréfutable en faveur de l'immobilité de la Terre. Car, si celle-ci avait une rotation diurne, une tour, du sommet de laquelle on laisserait tomber une pierre, étant emportée par le tourbillon de la Terre, s'éloignerait de nombreuses centaines de coudées vers l'Orient, dans le temps qu'il faudrait à la pierre pour consommer sa chute, et frapper le sol à cette même distance de la base de la tour »

Extrait du *Dialogue* (1632) (voir aussi : Feyerabend, 1993, pp. 87-88)

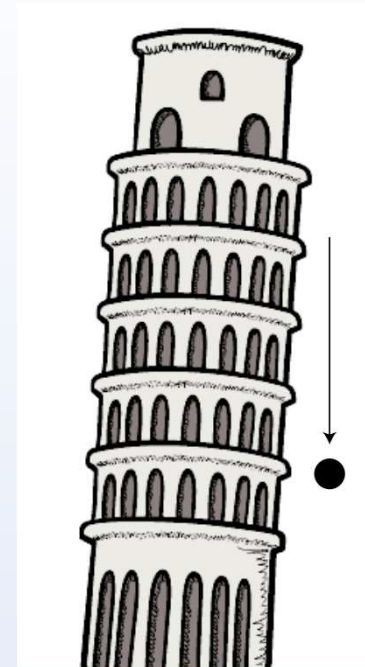


Schéma adapté (source : galerie.coloritou.com)

Comment la neutraliser ?

- Galilée : inertie circulaire
- Newton : inertie (au sens actuel) & force de gravitation universelle

Des **problèmes** qui ont été moteurs dans le développement de nouvelles idées

Le système de Copernic :

- a fait l'objet d'un débat scientifique opposants de **multiple arguments**
- s'est imposé au prix d'un **changement de vision** concernant le mouvement

# Pistes

En classe ?

Ingrédients :

- repères et mise en contexte historiques
- études de textes historiques
- études d'observations ou d'expériences historiques
- discussions centrées sur les problèmes et les arguments permettant un questionnement épistémologique

Exemple d'une trame possible sur la controverse entre géocentrisme et héliocentrisme :

1. Repères sur Ptolémée, Copernic, Galilée, Newton
2. Par groupe : étude d'une observation ou d'une expérience & textes historiques
  - surface de la Lune / phases de Vénus / satellites de Jupiter / chute libreavec des questions pour structurer l'étude (systèmes en jeu, problèmes, arguments)
3. Par groupe : production (ex : poster, vidéo)
4. Mise en commun et discussion

## Références citées

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Cohen, I. B. (1993 [1985]). *Les origines de la physique moderne*. Paris : Seuil.
- Clough, M. (2011). Teaching and assessing the nature of science: How to effectively incorporate the nature of science in your classroom. *The Science Teacher*, 78(6), 56-60.
- De Hosson, C., (2011). *L'histoire des sciences: un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique* (note de synthèse pour une HDR). University Paris-Diderot. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00655594/>
- Duhem, P. (1981 [1906]). *La théorie physique, son objet, sa structure*. Paris : Vrin.
- Duhem, P. (2003 [1908]). *Sauver les apparences*. Paris : Vrin.
- Feyerabend, P. (1979 [1975]). *Contre la méthode : esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance* (tr. fr.). Paris : Seuil.
- Galilée (1992 [1910]). *Le messager des étoiles* (tr. fr.). Paris : Seuil.
- Galilée (1992 [1632]). *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* (tr. fr.). Paris : Seuil.
- Guedj, M. (2005). Utiliser des textes historiques dans l'enseignement des sciences physiques en classe de seconde des lycées français : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*, 26, 75-95.
- Hazelkorn, E. et al. (2015). *Science education for responsible citizenship*. Report to the European Commission of the expert group on science education. European Union.
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. In M. Matthews (ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (p. 911-970). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Höttecke, D. & Silva, C. (2011). Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. *Science & Education*, 20, 293-316.
- Journaux, N. (2018). Le physicien, l'observation et ses présupposés, au travers de l'histoire des modèles d'univers : représentations d'élèves de terminale S. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay.
- Lederman, N. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (p. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Maurines, L. & Beaufils, D. (2006). Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. *Science & Education*, 22, 1443-1465.
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. Khine (ed.), *Advances in nature of science research: concepts and methodologies* (p. 3-26). Dordrecht: Springer.
- Quine, W. (1975). On Empirically Equivalent Systems of the World. *Erkenntnis*, 9(3), 313-328.
- Rudge, D. & Howe, E. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18(5), 561-580.
- Van Fraassen, B. (1980). *The Scientific Image*. Oxford: Oxford University Press.