L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone

Emmanuel Rollinde

▶ **To cite this version:**

Emmanuel Rollinde (Dir.). L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone. Editions Le Manuscrit, 2021, Emmanuel Rollinde, 9782304052633. hal-03481844v2

HAL Id: hal-03481844
https://hal.science/hal-03481844v2

Submitted on 14 Jun 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Sous la direction de
Emmanuel Rollinde

L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone

Éditions
Le Manuscrit Savoirs
ASTRONOMIE
POUR L'ÉDUCATION

Organisateurs et soutiens

Frais de publication intégralement couverts par
l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF)

ISBN 9782304052633
© Décembre 2021

Sous la direction de
Emmanuel Rollinde

L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone

Astronomie pour l'éducation

Éditions Le Manuscrit
Paris

Comité scientifique

N. Cartier (Enseignante secondaire, Cléa)

N. Decamp (Laboratoire de Didactique André Revuz / Université de Paris)

A.A. Decroix (Laboratoire de Didactique André Revuz / ULille, Inspe HdF)

F. Dulieu (Lerma / CY Cergy-Paris Université)

R. Ferlet (Institut d'Astrophysique de Paris, Saf, F-HOU)

V. Frède (Laboratoire Cognition, Langues, Langage, Ergonomie / UT2J, Inspe Toulouse Occitanie-Pyrénées)

P. Léna (Académie des Sciences de France, Main à la pâte)

S. Markovic (Enseignante en élémentaire, Gennevilliers)

D. Mathieu (Association des Planétariums de Langue Française)

F. Pitout (Observatoire Midi-Pyrénées, Cléa)

G. Remy (CY Cergy Paris Université)

N. Robichon (Observatoire de Paris-Meudon, UFE)

E. Rollinde (Laboratoire de Didactique André Revuz / CY Cergy Paris Université, F-HOU)

O. Suarez (Observatoire de la Côte d'Azur)

J. Strajnic (Rectorat de l'académie d'Aix-Marseille – DRAES, Astro à l'Ecole)

Comité d'organisation

A.A. Decroix (Laboratoire de Didactique André Revuz / ULille, Inspe HdF)

F. Dulieu (Lerma / CY Cergy Paris Université)

R. Ferlet (Institut d'Astrophysique de Paris, F-HOU, Saf)

R. Khanfour-Armalé (Laboratoire de Didactique André Revuz / CY Cergy Paris Université)

C. Leininger (Laboratoire de Didactique André Revuz / Université de Paris)

C. Maisch (Laboratoire de Didactique André Revuz / Cergy Paris Université)

A. Nechache (Laboratoire de Didactique André Revuz / CY Cergy Paris Université)

F. Pitout (Irap, Cléa)

E. Rollinde (Laboratoire de Didactique André Revuz / CY Cergy Paris Université, F-HOU)

Le colloque AstroEdu-FR 2021

7 - 9 janvier 2021

L'objectif du colloque « AstroEdu-Fr » était de partager des expériences de recherche, enseignement, formation ou de médiation pour promouvoir l'utilisation de l'astronomie pour l'éducation. L'astronomie offre depuis toujours un contexte particulièrement inspirant pour le développement des compétences associées à la démarche scientifique et pour l'exploration des lois fondamentales de la physique ainsi que des concepts mathématiques à l'école.

Le colloque AstroEdu-FR, a été conduit en hommage à Jean-Claude Pecker, et avec le patronage de l'Académie des sciences. Jean-Claude Pecker, astrophysicien membre de l'Académie des sciences et professeur émérite au Collège de France, nous a quitté le 20 février 2020 dans sa 97e année. Il fut un grand humaniste et rationaliste qui avait la passion de la transmission. Il s'est beaucoup préoccupé de l'enseignement de l'astrophysique en France et aussi dans le monde, notamment par la création de ce qui est devenu maintenant l'ISYA (International School for Young Astronomers) de

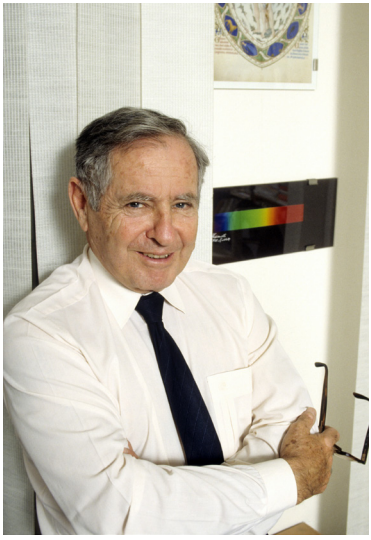
l'Union Astronomique Internationale. Il fut également un défenseur ardent et promoteur infatigable de la culture scientifique : il a été notamment Président de la Société Astronomique de France (Saf), Président d'honneur de l'Association des Planétariums de Langue Française (APLF), du Comité de Liaison Enseignants Astronomes (Clea).

Le colloque AstroEdu-FR a eu ainsi pour objectif de réunir, structurer et faire discuter les chercheurs en astrophysique, chercheurs en didactique, enseignants, formateurs et médiateurs, présents dans l'ensemble de l'espace francophone afin de proposer un état des lieux partiel des pratiques et des objectifs qui se cachent derrière les termes « astronomie à l'école ». Sans prétendre à l'exhaustivité, le comité scientifique et le comité d'organisation ont permis de réunir un panel représentatif de ces différentes communautés. La situation sanitaire en janvier 2021 nous a obligés à tenir le colloque en distanciel. L'investissement de l'inspection pédagogique en France a permis d'inscrire le colloque au Plan National de Formation. Ces deux éléments ont permis la participation de 259 personnes, dont 128 enseignants, 47 chercheurs (en astronomie et en didactique), 22 formateurs et 29 médiateurs et 14 étudiants. Tous les participants étaient francophones, venant de France métropolitaine et d'outre-mer (25 académies sur 30, 1 collectivité sur 4) ainsi que de 16 pays (Algérie, Belgique, Bénin, Burkina-Faso, Canada, Côte d'Ivoire, Croatie, Emirats Arabes, Italie, Madagascar, Maroc, République Démocratique du Congo, Sénégal, Suisse, Tunisie). La participation de chacun a été effective puisque les présentations orales en matinée ont été suivies par 180, 212 et 119 personnes ; les quatre sessions de deux ateliers ont accueilli entre 140 et 180 personnes le jeudi et vendredi, et 100 personnes le samedi.

Les actes du colloque, réunis dans cet ouvrage, reprennent les textes des interventions orales individuelles sur les pratiques enseignantes et la formation, ainsi que les textes et synthèses des discussions menées lors des ateliers thématiques.

Jean-Claude Pecker, passion de découvrir, passion de transmettre

Pierre Léna,
Académie des sciences



Jean Claude Pecker, 1992
© John Foley/Opale/Bridgeman Images

Jean-Claude Pecker nous a quittés le 20 février 2020, depuis sa maison Pusat-Tazek de l'Île d'Yeu qu'il aimait tant, peu avant d'atteindre ses 98 ans. Le départ de cette grande figure de l'astronomie française, qui s'illustra tout au long de la seconde moitié du XXe siècle, a été ressenti douloureusement par sa famille, ses amis, ses collègues et anciens élèves. Aussi, de nombreux hommages à sa mémoire ont-ils été écrits lors de l'année écoulée. Le court texte proposé ici reprend une intervention faite lors de ce colloque *L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone*, qui rendit hommage à Jean-Claude Pecker, en présence d'un grand nombre de représentants de la francophonie. Nous ne saurions ici évoquer tous les aspects d'une longue et belle carrière scientifique, ni toutes les facettes d'une personnalité étonnamment riche qui a marqué notre discipline. Quelques références en note permettront aux lecteurs de retrouver une belle diversité de témoignages et d'éléments biographiques[1,2,3,4].

Résumons trop rapidement son parcours. Se cachant à Grenoble pendant la Seconde Guerre mondiale après avoir été admis à l'École normale supérieure, il y termine ses études de physique après la Libération et passe l'agrégation. Orienté vers l'astrophysique théorique par Alfred Kastler, futur prix Nobel de physique, il prépare son doctorat et se lie d'amitié avec Évry Schatzman, son aîné. Avec lui il publie

1 Jean-Claude Pecker. Articles de Thierry Montmerle et de Pierre Léna, in *L'archicube*. Numéro spécial n° 29 bis, février 2021. Publié par l'Association des anciens élèves, élèves et amis de l'École normale supérieure.

2 Jean-Claude Pecker, un astronome solaire. Roger-Maurice Bonnet, Philippe de la Cotardière, in *L'Astronomie*, n° 134, avril 2020. Société astronomique de France.

3 Jean-Claude Pecker. Notices et éléments biographiques. Académie des sciences. https://www.academie-sciences.fr/fr/In-memoriam/jean-claude-pecker.html

4 Jean-Claude Pecker. Roger Maurice Bonnet et Pierre Léna, in *Universalia 2021*, p.455-457. Encyclopaedia Universalis.

en 1947 un article sur la détermination des abondances stellaires d'hydrogène et d'hélium. Sa thèse de doctorat d'État est soutenue en 1950. Il entre à l'Institut d'astrophysique du CNRS à Paris, puis devient maître de conférences à Clermont-Ferrand, séjourne aux États-Unis et revient à l'Observatoire de Paris comme astronome jusqu'en 1964. Il est alors élu professeur au Collège de France et y tient jusqu'en 1988 la chaire d'astrophysique théorique. Sa puissance de travail et son goût pour l'animation scientifique le conduisent à occuper en parallèle les fonctions de directeur de l'Observatoire de Nice puis de l'Institut d'Astrophysique du CNRS à Paris. Retraité, il poursuivra ses travaux de cosmologie et d'histoire des sciences. Je limite ici mon propos à une brève évocation de quatre passions qui l'ont animé toute sa vie : pour la science ; pour l'éducation ; une passion sans frontières ; enfin une passion pour l'homme.

Pour la science.

Parmi toutes les étoiles, le Soleil, et tout particulièrement son atmosphère, demeura au centre de ses travaux scientifiques. Dans un schéma de sa plume datant de 1999, il en résume sa vision[5]. Mais cette même année, il écrivit aussi, commentant les orientations de sa jeunesse :

Dirais-je que le soleil fut mon seul amour ? Cela n'est pas vrai ! Ou proclamerais-je que l'astronomie ne fut qu'une préoccupation mineure ? Bien sûr que non ! … J'étais jeune, avide d'agir, de calculer, d'observer. Peut-être est-ce le sentiment esthétique qui fit de moi un astrophysicien ! (Pecker, 1999, p.33)

La cosmologie le passionnait. Très longtemps et avec constance, il critiqua le modèle d'expansion de l'Univers, qui conduisait à une phase primordiale (big bang) qu'il n'acceptait

5 Pecker, J. C. (1999). "Solar research from schizophrenia to unity"–(Special Historical Review). *Solar Physics*, 184(1), 1-39.

pas. Il fallut les conclusions de la mission européenne Planck dans la décennie 2010 pour qu'il accepte ce modèle comme la meilleure approximation disponible de cette réalité lointaine.

Sollicité par André Danjon, directeur de l'Observatoire de Paris en 1958, afin de répondre à une demande du général de Gaulle portant sur l'avenir spatial de la France, juste après le lancement de Spoutnik-1, il prépare avec Jacques Blamont un document d'orientation qui va jouer un grand rôle dans les premiers programmes de recherche après la création du Centre national d'études spatiales (Cnes) en France.

Pour l'éducation et la transmission du savoir.

L'ouvrage *Astrophysique générale* qu'il cosigne en 1959 avec Évry Schatzman joue un rôle considérable dans l'éducation de toute une jeune génération qui va développer l'astrophysique française dans la seconde moitié du siècle (Fig.2). Au Collège de France, il introduit un enseignement d'astrophysique qui rapproche astronomes et physiciens. En 1973 il est président de la Société astronomique de France, rassemblant professionnels et amateurs. Il demeurera toujours fidèle à celle-ci et proche de son activité. De 1979 à 1982, il conseille l'équipe de Maurice Lévy et de Paul Delouvrier qui conçoivent la Cité des Sciences et de l'industrie à la Villette, je l'appuie très directement dans cette entreprise. Nous collaborons à nouveau pour réaliser avec Michel Serres une longue série scientifique à la télévision, intitulée *Tours du monde, Tours du ciel* (1989). Écrivain prolifique et talentueux, il communique inlassablement au grand public et aux enfants sa passion du ciel.

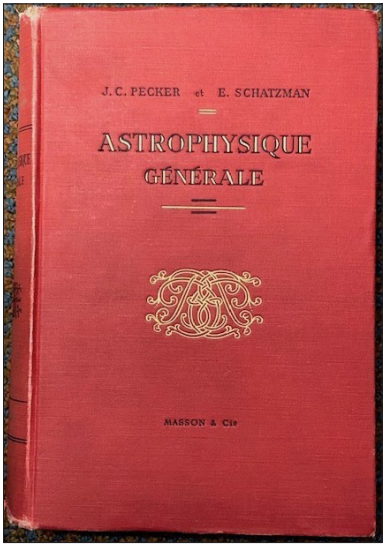


Figure 2. Le livre *Astrophysique générale* (1958)

Au-delà des frontières

À Boulder (Colorado), il découvre après sa thèse les États-Unis et il y crée de solides amitiés avec les physiciens solaires qui s'y trouvent, tel John Jefferies. Très vite, il accepte la lourde charge de secrétaire général de l'Union astronomique internationale (assistant de 1961 à 1964, puis en fonction jusque 1967). Il y côtoie de grands noms de l'astrophysique mondiale : Fred Hoyle, Kees de Jager, Marcel Minnaert, Jan Oort, Bengt Strömgren, et beaucoup deviendront ses amis. Aussi longtemps qu'il en a les forces, il ne manque aucune des grandes Assemblées générales de cette Union. Nonagénaire, il espérait encore assister à celle qui se tenait à Hawaï en 2015.

En 1969, alors que je terminais mon doctorat, je participais à la conférence de Bilderberg aux Pays-Bas, organisée par Jean-Claude et ses collègues néerlandais, afin d'établir un modèle de l'atmosphère solaire qui tienne compte des plus récents résultats obtenus dans l'ultraviolet (Roger Bonnet)

et dans l'infrarouge. Il se passionne pour le rôle éducatif de l'astronomie, proposant la création d'une école internationale pour jeunes astronomes, soutenue par l'Unesco et devenue depuis *International School for Young Astronomers* (Fig.3). Il assure la présidence du comité Sciences de la Commission française pour l'Unesco.

Figure 3. L'École internationale pour jeunes astronomes, en 2019

Une passion pour l'homme.

La disparition de ses parents déportés demeurera pour lui une souffrance pendant toute sa vie. Écrivain talentueux, il écrira en 1994 un *Lamento* où il peut enfin évoquer cette mémoire douloureuse. Il n'hésitera jamais à s'engager publiquement dans des batailles au service de la justice et de l'humain. Ainsi en 1999, engagé de longue date auprès de l'Union rationaliste, il peut écrire : *Batailles venant du passé, contre le racisme, la xénophobie, et les absurdes guerres coloniales. Une bataille pour les droits humains, une bataille contre les tendances mystiques et irrationnelles de cette fin de siècle, contre les prétentions fausses des parasciences, une bataille permanente pour la rationalité et la lucidité.* Je ne partageai pas toujours sa vision de la spiritualité chez

les êtres humains, mais il restait toujours ouvert au dialogue. La peinture, la sculpture, la gravure, la poésie qu'il ne cessa de pratiquer toute sa vie témoignaient d'une incessante recherche, jamais assouvie, méditée le long des grèves de l'Île d'Yeu où, nonagénaire, il se baignait encore.

Figure 4. La plage des Corbeaux (Île d'Yeu), près de Pusat-Tazek. Tableau à l'acrylique de J.-C. Pecker.

Puisque c'est l'éducation qui nous rassemble, je conclus sur l'héritage qu'à mes yeux nous laisse Jean-Claude Pecker. Une éducation que motive d'abord la recherche du beau, répondant à une pulsion venue du plus profond de lui-même. Un goût pour l'observation, pour la physique qui est une incessante quête du vrai. Dans cette éducation, la nécessité de faire une place à l'histoire des sciences, car celle-ci révèle d'admirables fulgurances comme de lentes émergences, que seul un long labeur permet. Rien de tout cela n'existe vraiment s'il n'est pas communiqué, dans une langue qui soit précise et belle. Enfin, puisque la pratique de la science est aux mains

des chercheurs, il faut inlassablement construire des ponts avec la jeunesse pour partager les trésors ainsi découverts.

Note. *Certains passages de ce texte sont directement repris du texte cité en note 4. Nous remercions les éditeurs de nous l'avoir autorisé.*

L'astronomie dans les programmes scolaires

Anne-Amandine Decroix
Univ. Lille, Université de Paris, Univ Paris Est Creteil,
CY Cergy Paris Université, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Nicolas Decamp
Université de Paris, Univ Paris Est Creteil,
CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-75013 Paris, France

Rita Khanfour-Armalé
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

En préambule de ces actes, nous souhaitions présenter la place de l'astronomie dans les programmes, en France du cycle 1 au cycle 4 et dans l'espace francophone. Cet aspect a été discuté au cours d'un atelier.

À l'école maternelle, en France, la manifestation de certains phénomènes astronomiques apparaît déjà dans les

programmes « L'école maternelle vise la construction de repères temporels et la sensibilisation aux durées : temps court (celui d'une activité avec son avant et son après, journée) et temps long (succession des jours dans la semaine et le mois, succession des saisons. » (MEN, 2015). Il ne s'agit donc pas d'expliquer et de comprendre les phénomènes astronomiques mais de les repérer. Un premier aperçu du mouvement apparent du Soleil à partir d'activités autour des ombres et de la lumière peut également trouver sa place dans les programmes de l'école maternelle dans une visée d'exploration du monde du vivant, des objets et de la matière entourant l'enfant (MEN, 2015).

À l'école élémentaire, en France, au cycle 2 dans la partie « questionner le monde » et plus particulièrement questionner l'espace et le temps, il s'agit d'identifier des représentations globales de la Terre et du monde (cartes numériques, planisphères, etc.). Dans la partie se repérer dans le temps et le mesurer, l'étude du cadran solaire permet un travail autour des ombres et de la lumière et d'avoir un premier aperçu du mouvement apparent du Soleil (MEN, 2020a).

Au cycle 3 (CM1, CM2, 6e), dans la partie « sciences et technologie », l'astronomie est travaillée à partir de l'observation et de démarches scientifiques variées (modélisation, expérimentation, etc.). Les élèves sont amenés à décrire les mouvements de la Terre (rotation sur elle-même et alternance jour-nuit, autour du Soleil et cycle des saisons). Ils découvrent l'évolution des connaissances sur la Terre et les objets célestes depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours (MEN, 2020b).

Au cycle 4, en France la partie astronomie se situe au niveau du thème « organisation et transformations de la matière – Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers » ainsi que dans la partie caractériser le mouvement à travers

l'utilisation des animations des trajectoires des planètes, qu'on peut considérer dans un premier modèle simplifié comme circulaires et parcourues à vitesse constante. La partie « Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers » peut être abordée tout au long du cycle comme objet d'étude et comme champ d'application pour le thème du programme « Organisation et transformations de la matière », ainsi que pour les thèmes « Mouvements et interactions » et « Des signaux pour observer et communiquer ». Elle permet aussi une articulation avec le programme de sciences de la vie et de la Terre pour traiter : La terre dans le système solaire (phénomènes géologiques) ; le globe terrestre, utiliser des connaissances pour évaluer et argumenter la possibilité et les formes de vie sur d'autres planètes. Dans la partie « mathématiques » du collège, on voit la Terre apparaître dans l'association à des objets des ordres de grandeur (par exemple taille d'un atome, d'une bactérie, d'une alvéole pulmonaire, longueur de l'intestin, capacité de stockage d'un disque dur, vitesses du son et de la lumière, populations française et mondiale, distance Terre – Lune, distance du Soleil à l'étoile la plus proche, etc.) (MEN, 2020 c).

Comme on le voit ci-dessus, on retrouve dans les programmes actuels, la distinction déjà notée par Merle et Girault (2003), entre l'astronomie de position et l'astrophysique actuelle. Deux facettes de l'astronomie si éloignées l'une de l'autre qu'on peut, comme ces auteurs le font, « se demander ce qui légitime une dénomination commune » mais qui partagent les mêmes objets d'étude, le message commun qu'est la lumière (même s'il n'est plus le seul aujourd'hui), et la méthodologie employée (observation et modélisation notamment).

Le lecteur intéressé par une comparaison des programmes français actuels avec les programmes français précédents et les programmes d'autres pays francophones pourra consulter

avec intérêt : l'article de C. Le Lay (2016) qui retrace l'évolution de l'enseignement de la cosmographie, enseignement qui a perduré tout au long du XIXe et au début du XXe et dont on retrouve des traces encore aujourd'hui dans les programmes de primaire et du collège ; l'article de Merle & Girault (2002) pour la période plus récente ; l'article de Salimpour et al. (2021) qui reprend les programmes des pays de l'OCDE ; et enfin la contribution dans ces actes de Donatien Dahourou pour le Burkina Faso. La place de l'astronomie dans les programmes au Québec et au Canada a été discutée avec Julie Bolduc-Duval (voir sur cette question la contribution de Pierre Chastenay et son étude publiée en 2018).

Références bibliographiques

Chastenay, P. (2018). To teach or not to teach astronomy, that is the question: Results of a survey of Québec's elementary teachers. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education* (JAESE), 5 (2), 115-136.

Le Lay, C. (2016). Vie et mort d'un enseignement : la cosmographie (1830-1968). Images des Mathématiques, CNRS. https://images.math.cnrs.fr/Vie-et-mort-d-un-enseignement-la-cosmographie-1830-1968.html

MEN (2015). Bulletin officiel spécial n° 2 du 26 mars 2015 : Programme d'enseignement de l'école maternelle.

MEN (2020a). BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 : programme du cycle 2.

MEN (2020b). BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 : programme du cycle 3.

MEN (2020 c). BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 : programme du cycle 4.

Merle, H. & Girault, Y. (2003). L'enseignement de l'astronomie. Aster, 36, 3-14. DOI: https://doi.org/10.4267/2042/8806

Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M.T. et al. (2021). The Gateway Science : a Review of Astronomy in the OECD School Curricula, Including China and South Africa. Res Sci Educ, 51, 975–996 (2021) DOI : https://doi.org/10.1007/s11165-020-09922-0

Treiner J. (2002). Faire des programmes : le cas de la physique. In: Communications, 72, 2002. *L'idéal éducatif, sous la direction de François Flahault et Jean-Marie Schaeffer*. pp. 219-232. DOI : https://doi.org/10.3406/comm.2002.2106

Un état des lieux des démarches

Jean Strajnic,
Rectorat de l'académie d'Aix-Marseille – DRAES,
Astro à l'Ecole, France

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

La place de l'astronomie dans l'éducation est très diverse par les acteurs et les méthodes. Elle peut être introduite dans l'éducation formelle par un(e) enseignant(e) seul(e) avec sa classe, en collaboration avec un centre de médiation (planétarium, club amateur...), des associations de quartier ou des chercheurs (partenariats, projets spécifiques...). Il peut s'agir de séquences en classe, de projets, d'ateliers culturels ou scientifiques, ou de sorties pédagogiques. L'astronomie est également très présente dans le cadre de l'éducation informelle. Les formes pédagogiques peuvent utiliser des modèles (maquettes construites à la main, simulations numériques, calculs analytiques...), des observations (acquises

par les élèves ou non...), des sources d'informations scientifiques (livres, sites, films...). Notre objectif est de réfléchir à des critères qui caractérisent cette pluralité de démarches. À la suite d'un atelier en début de colloque, nous avons conçu un questionnaire qui a été transmis à l'ensemble des participants du colloque. La demande était de décrire un type d'action par réponse. Nous donnons ici les principaux résultats de cette enquête. Cette première présentation du paysage de l'astronomie pour l'éducation en France illustré dans le contexte du colloque sera par la suite étendue à un public plus large francophone, afin d'établir un véritable état des lieux comparatifs des différentes démarches actuelles, et de réfléchir aux évolutions à envisager pour l'avenir.

Profils des auteurs des réponses

Figure 1. Carte des réponses au questionnaire transmis aux participants au colloque. L'étoile est localisée sur un département. La taille des étoiles est corrélée aux nombres d'actions proposées dans ce département.

Malgré le faible taux de réponse (59 sur 267 inscrits), le profil des auteurs est analogue à celui des différents

profils présents au colloque (50 % d'enseignants, 20 % de chercheurs, 9 % formateur, 11 % médiateur). La cartographie des réponses couvre bien le territoire français (Fig. 1). Nous n'avons pas obtenu de réponses par les participants hors territoire français, qui étaient minoritaires au colloque.

On peut donc en conclure que :

- Les réponses au questionnaire sont représentatives des publics présents au colloque.
- On obtient bien par ces réponses au questionnaire la représentation d'un « état des lieux » relatif aux participants du colloque

Les médiateurs étant sous-représentés au sein du colloque, et donc des répondants au questionnaire, nous ne pourrons pas répondre pour le moment à leur place spécifique en termes de démarches et d'actions.

L'atelier a ainsi atteint l'objectif de travailler à un état des lieux des démarches éducatives en astronomie. Les questions liées à la formation et aux développements envisageables sont en partie abordées dans l'analyse. En revanche, il y a un biais fort reposant sur l'absence de représentation des structures de médiations qui est en soi révélateur de leur positionnement par rapport à la thématique du colloque.

Informations générales sur l'action

Les acteurs

Il y a une concomitance entre celui qui est à l'origine du projet et la structure qui la porte : l'initiateur ou le concepteur est très souvent également le porteur. Le concepteur-porteur est institutionnel et provient du champ de l'éducation ou de la recherche.

Des partenaires potentiels sont absents des répondants (Irem ; Ifé ; grandes structures de médiation telles que les musées, les structures de médiations professionnelles ; structures académiques de mise en relation – Cardie) et devront donc être contactées lors de la prochaine étape.

Il est intéressant de noter que les structures de médiations qui mènent des actions dans le domaine de l'astronomie, parfois exclusivement, ont été peu nombreuses à participer au colloque. On peut émettre l'hypothèse qu'elles n'ont pas considéré qu'un colloque centré sur l'éducation pouvait les concerner directement.

Durée des projets

Très peu d'actions se font sur une journée, or nous savons que beaucoup d'enseignants mettent en place des travaux pratiques d'astronomie (parfois évoqué dans les documents d'accompagnement des programmes) sans toutefois les intégrer dans un projet plus large. Ainsi, le colloque n'a pas mobilisé ceux qui utilisent la thématique de l'astronomie comme prétexte dans le cadre de travaux pratiques, ce qui peut paraître cohérent.

Donc, le concepteur-porteur participant au colloque s'inscrit essentiellement dans la durée d'actions longues (l'année), en contradiction avec des actions dites « clé en main » ou strictement ponctuelles.

Sources de motivation

Les enseignants peuvent avoir diverses sources de motivation assez également réparties qu'elles soient personnelles ou institutionnelles. L'action peut être initiée en lien avec un confrère, un événement astronomique, ou

en partenariat avec une structure telle qu'un laboratoire d'astronomie ou de didactique.

Le corps enseignant est le principal public cible des porteurs d'actions éducatives en astronomie. Pour les **chercheurs**, la source de motivation est essentiellement personnelle. Le chercheur n'est en revanche quasiment jamais l'objet de sollicitation institutionnelle (les sources telles que les événements astronomiques apparaissent plus souvent que les sources de mobilisation institutionnelles).

On retrouve ici à la fois l'enjeu de valorisation de la « diffusion de la culture scientifique » pour l'enseignement supérieur et la recherche ; et les difficultés pour les chercheurs qui n'ont pas d'incitation ou de valorisation de leur implication dans ce type d'action. (cf. récente proposition[1] du MESRI et dernier rapport[2] de l'IGESR)

Les partenariats

Les partenariats principaux se font entre un enseignant et des professionnels en astronomie – individus ou au sein d'institutions d'astronomie, qui sont considérés comme une ressource d'accompagnement favorite. Les associations d'astronomie apparaissent en dernier, tandis que les laboratoires de didactique sont très peu cités. Cela traduit la nécessité pour les concepteurs-porteurs de s'appuyer sur un partenaire validé institutionnellement et reconnu sur le plan du savoir. Le partenaire doit être un acteur de confiance.

Les ressources en didactiques des sciences en astronomie apparaissent très peu. Cela peut s'expliquer par un manque de

1 https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid158304/science-avec-et-pour-la-societe-les-mesures-issues-de-la-lpr.html

2 https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/2021/42/9/IGESR-Rapport-2021-065-Cartographie-actions-etablissements-ESR-relations-science-societe_1406429.pdf

diffusion, par un nombre insuffisant de travaux en didactique de l'astronomie ou par un nombre insuffisant de chercheurs dans ce domaine.

L'un des objectifs du Bureau de l'Astronomie pour l'Education dans l'espace francophone (OAENF-CY, qui devrait être créé officiellement début 2022) sera de mieux diffuser ces travaux, à l'instar du Canada qui en fait une diffusion très large.

La place des disciplines

Toutes les disciplines ou quasiment sont représentées. L'enjeu éducatif dans les actions en astronomie n'est pas disciplinaire. Il ne s'agit pas principalement d'acquérir des connaissances disciplinaires ni de traiter le programme des disciplines. Certaines disciplines impliquées n'ont aucune référence à l'astronomie dans leur programme, bien que les Sciences Physique et Chimie ainsi que les mathématiques soient naturellement bien représentées.

En général, les disciplines scientifiques sont porteuses du projet, et d'autres disciplines accompagnent le projet.

La mise en place des actions

Les 2/3 des actions se déroulent sur le temps scolaire, avec l'astronomie « au cœur du projet ». 1/3 des actions se font hors temps scolaire, sur la base du volontariat, ce qui montre l'attrait de l'astronomie pour le public scolaire.

Cela confirme que c'est la démarche de projet qui est centrale dans les objectifs d'apprentissage. Démarche de projet qui rend le travail d'équipe pluridisciplinaire sur le temps scolaire nécessaire.

Il est à noter que la démarche scientifique est très peu citée comme objectif pédagogique par les enseignants. Pourquoi

la démarche scientifique n'apparaît pas alors qu'il s'agit d'un objectif central en science ? Est-elle moins évidente ? Le projet n'est pas fait pour cela ? Elle est déjà faite partout ?

Malgré le faible taux de réponse, il est notable qu'aucun médiateur ou formateur n'évoque la démarche. Il sera d'autant plus nécessaire de renvoyer un questionnaire spécifique aux médiateurs et formateurs en tâchant de cerner ces difficultés ou ces freins.

Pour les chercheurs, la démarche scientifique est citée dans la moitié des cas 10/21, c'est beaucoup plus que dans les autres catégories, mais elle n'apparaît pas pour autant centrale. En revanche, 16 chercheurs/21 considèrent que l'astronomie est au cœur du projet et 4 trouve le travail disciplinaire central.

Les objectifs des actions

Les enseignants et les chercheurs évoquent en premier la **modélisation** comme objectif. Il semble donc y avoir une disjonction conceptuelle entre modélisation et démarche scientifique. Les propositions et discussions menées au sein de l'atelier « Modélisation » peuvent être une source d'inspiration pour travailler cette question de la démarche scientifique.

L'observation est très importante pour les enseignants mais pas pour les chercheurs (ce n'est pas probablement pas leur périmètre d'action).

Histoire et culture vont ensemble (car il n'y avait pas culture dans les cases à cocher mais seulement « histoire des sciences… ») et sont citées au même niveau que la modélisation.

Conclusion

Cette analyse des réponses d'une fraction (que nous espérons représentative) des participants au colloque a permis de faire émerger une cartographie pertinente ainsi que des questionnements intéressants. Le questionnaire conçu au sein de cet atelier semble pertinent et pourra être proposé à une population plus large par la suite. Nous avons également l'intention de procéder à une analyse plus fine de situations caractéristiques lorsque cette cartographie sera finalisée.

Communications orales

L'enseignement des concepts liés à l'astronomie au Burkina Faso : état des lieux et perspectives

Donatien Dahourou,
Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

Introduction

L'acquisition des connaissances liées au domaine de l'astronomie a fait l'objet de nombreuses recherches (Frappart, Frède, & Troadec, 2008 ; Hannust & Kikas, 2007 ; Troadec, Zarhbouch, & Frède, 2009 ; Frède, 2018 ; Blown & Bryce, 2012 ; Nobes et al., 2003 ; Nussbaum, 1979 ; Nussbaum & Novak, 1976 ; Schoultz, Säljö, & Wyndhamn, 2001 ; Siegal, Butterworth, & Newcombe, 2004 ; Vosniadou & Brewer, 1992, 1994) citées par Frède, 2017 ces dernières années. Ces études ont mis en évidence, l'implication de différentes variables dont le contexte culturel, les types et la qualité des interactions entre l'enfant et son environnement dans la construction des processus de connaissances. En effet, comme l'ont souligné Harris & Kœnig, 2006, l'enfant

en dehors de ses propres expériences a besoin des apports de son environnement pour construire un système de connaissances. Mais il est important de noter que la majorité des études a concerné la problématique de la construction des connaissances sur l'astronomie dans les pays occidentaux. Les recherches faites au Burkina Faso ces dernières années (Frède 2017 ; 2018) mettent l'accent sur la coexistence dans les connaissances en astronomie aussi bien de savoirs naïfs et de savoirs scientifiques avec une prédominance d'un type de savoir sur l'autre jusqu'en classe de CM. Au Burkina Faso, ce niveau d'étude coïncide avec la prise en compte des concepts liés à l'astronomie dans le cycle d'enseignement primaire. Malgré ce fait, il ressort que les élèves ne sont pas au même niveau pour ce qui concerne ces acquisitions. La pratique des enseignements pourrait à cet effet apporter des pistes de solutions.

L'objet de la présente étude est d'analyser les difficultés rencontrées par les enseignants dans les programmes incluant des notions d'astronomie dans le cycle primaire au Burkina Faso. Cette analyse, à notre avis permettra de comprendre comment dans une société où les concepts liés à l'astronomie ne sont pas courants dans le langage quotidien, quelles stratégies sont utilisées pour faire comprendre ces concepts aux élèves ?

Méthode

Participants

Soixante-seize enseignants intervenant dans différentes classes du cycle primaire ont été concernés par ce travail. Ils interviennent tous dans les écoles publiques dans différentes régions du Burkina Faso. Nous avons fait ce choix d'étendre le travail à d'autres écoles que celles situées à Ouagadougou, afin d'avoir une certaine exhaustivité dans notre échantillon.

Les enseignants étaient tous des volontaires ; 75 enseignants n'étaient pas déchargés c'est-à-dire qu'ils continuaient à enseigner. Seul un enseignant était déchargé et travaillait dans l'encadrement.

Matériel

Pour ce travail nous avons privilégié une approche qualitative dans un premier temps. Aussi quarante participants (enseignants du primaire, inspecteurs de l'enseignent du premier degré) seront concernés par ce travail. L'enquête par entrevue sera privilégiée et un guide d'entretien semi-directif sera utilisé.

Dans un second temps, nous allons grâce à une méta analyse travailler sur les données des travaux de Frède (2017 ; 2018) consacré à l'acquisition des connaissances en astronomie chez les élèves du Burkina Faso. L'objectif de cette analyse sur les données secondaires est de prendre en compte un certain nombre de difficultés relatives aux problèmes linguistiques dans les études interculturelles. Nous partirons du postulat de Houdé (1991) sur les implications des biais linguistique dans l'acquisition de la logique chez les enfants dans des cultures non occidentales. Les travaux de Dahourou (1997 ; 1995, 1999) seront aussi utilisés notamment la difficulté qu'ont les enfants évoluant à cheval dans deux contextes culturels (tradition et modernisme).

Résultats

Connaissances sur l'astronomie : Dans leur grande majorité, les participants ont pu définir l'astronomie « l'astronomie est une science qui étudie les astres ». Cette définition est donnée par 72 enseignants. Seuls quatre enseignants n'ont pas pu donner une définition de l'astronomie. Nous avons par exemple :

- E6 qui malgré ses dix années d'ancienneté et le fait qu'il tient une classe de CM2 qui dit « l'astronomie est l'ensemble des mouvements de la Terre autour du soleil et de la lune »
- E7 (5 ans d'ancienneté; classe tenue CE1) pour qui « l'astronomie est une science qui étudie les phénomènes naturels existants »
- E8 (5 ans d'ancienneté; classe tenue CP1) « l'astronomie, c'est l'ensemble des astres que nous percevons pendant le jour ou la nuit; ce sont les étoiles, la lune, le soleil, les nuages, le ciel, la terre) »
- E10 (10 ans d'ancienneté; CM1) « l'astronomie c'est un corps céleste dont son étude a une influence sur les éléments terrestres et particulièrement sur les hommes »

Par rapport à l'enseignement de l'astronomie, les enseignants dans leur ensemble reconnaissent que les concepts liés à l'astronomie sont enseignés dans les classes à partir du cours élémentaire première année. En effet, en parcourant les manuels d'enseignement d'histoire et de géographie du CE1, CE2 et du CM1 nous trouvons effectivement des leçons sur la forme de la terre, sa révolution et le cycle jour et nuit. Cependant sur les 76 enseignants seuls 12 disent qu'il est facile d'enseigner les concepts liés à l'astronomie dans les écoles primaires. Pour les 64 autres enseignants, enseigner les concepts liés à l'astronomie n'est pas facile pour différentes raisons. Comme raison évoquée pour expliquer ces difficultés nous avons : le manque de matériel et la difficulté de comprendre l'abstrait. Cette observation peut être illustrée par les propos de E3 : (17 ans d'ancienneté) « c'est difficile mais on fait de notre mieux avec les images et des théories »; « L'enfant n'arrive pas toujours à comprendre que la terre tourne sur elle-même ».

Pour les différents enseignants, les notions en astronomie ne posent pas de problème pour être enseignées. Mais comment opérationnaliser ces notions avec peu de moyens pour les démonstrations ? Comment faire comprendre que la terre est ronde alors que l'enfant voit que le sol est plat partout dans son école ou dans la ville ? D'où les difficultés rencontrées par la majorité des enfants interrogées par Frède (2017 ; 2018) pour décrire la forme de la terre. En fait l'enseignement de ces concepts scientifiques va créer un conflit cognitif qu'il faut résoudre afin de mieux comprendre l'astronomie. L'enfant ici est partagé entre savoir commun (la terre est forcément plate car il n'y a pas de concept pour désigner la terre en tant qu'astre dans les langues locales) sur la terre et les connaissances scientifiques (la terre est ronde et tourne sur elle-même). Cette situation nous amène à nous questionner sur les difficultés rencontrées par les enfants évoluant à cheval sur deux cultures dans l'acquisition de certaines notions. Elle peut être également expliquée par les biais dus aux non-adaptations de certaines notions dans des contextes linguistiques particuliers évoqués par Houdé O (1991).

Conclusion

Notre objectif dans le présent travail était d'analyser les perceptions que les enseignants ont de l'enseignement des concepts de l'astronomie dans les classes du cycle primaire. Pour la grande majorité, ces concepts peuvent être enseignés mais cet enseignement pose des difficultés. En effet, les enseignants semblent démunis pour démontrer la forme de la terre aux enfants. Cette situation amplifie davantage la contradiction entre la réalité de ces notions en science et dans les représentations.

Références bibliographiques

Dahourou D. et Mullet, E (1999) The relationships among intent, consequences, and blame in Burkina Faso adolescents and young adults. *IFE Psychol - An International Journal*. Vol 7 N° 1 ; 1999 ; vol 7 (1), 32-45

Dahourou D. et Koné, D. et Mullet E. (1995) Prediction of performance from adolescents. *The Journal of Psychology*, 129, 417 - 431. http//. Doi.10.1080/00223980.1995.9914978

Dahourou D. (1997) *Le schéma de blâme chez les adolescents du Burkina Faso* ; Thèse de doctorat unique ; Université René Descartes (Paris 5) et École Pratique des Hautes Études (EPHE)

Frède, V. (2018). Comprehension of the night and day cycle among French and Cameroonian children aged 7-8 years. *Cultural Studies of Science*.

Frède, V., Nobes, G., Frappart, S., Troadec, B. (2017) Acquisition de connaissances en astronomie : rôle de l'enseignement et du contexte culturel au sein duquel l'enfant se construit. *Psychologie française* 62 (2017) 313–333

Harris, P. L., & Kœnig, M. A. (2006). Trust in testimony: How children learn about science and religion. *Child Development*, 77(3), 505-524.

Houdé O. (1991) *Le contigu, le substituable et le nécessaire : Étude développementale de la catégorisation*. Thèse de doctorat – Université René Descartes-Paris 5

Bande dessinée et illustrations de science-fiction : des outils pour former les professeurs des écoles en astronomie et développer leur compréhension du principe de relativité

Estelle Blanquet,
LACES (EA7437), Université de Bordeaux
& INSPE de l'académie de Bordeaux, France

Marie-Laure Saulnier,
Université de Bordeaux
& INSPE de l'académie de Bordeaux,
SPH (EA4574), France

Éric Picholle,
INPHYNI,
CNRS-Université Côte d'Azur (UMR 7010), France

Introduction

C'est à une écrasante majorité, de l'ordre de 95 %, que les enseignants du primaire (PE) apparaissent coperniciens

(Blanquet & Picholle, 2021). Ils associent généralement l'alternance du jour et de la nuit à la rotation de la Terre sur elle-même (même si la confusion existe parfois avec la révolution de la Terre autour du Soleil). À un élève qui justifierait l'observation personnelle du déplacement de l'ombre d'un bâton planté dans le sol au cours d'une journée ensoleillée, "parce que le Soleil a bougé/s'est déplacé/a tourné", ils répondraient en masse que ce n'est pas le mouvement du Soleil, mais « évidemment » celui de la Terre qui est à l'origine du phénomène (Blanquet & Picholle, 2018). Certains manuels scolaires eux-mêmes n'hésitent d'ailleurs pas à qualifier « d'illusoire » ce mouvement « apparent » du Soleil.

Le paradigme copernicien est pourtant obsolète depuis près de quatre siècles. Accepter avec Galilée et les physiciens actuels le principe de relativité du mouvement, c'est reconnaître l'égale légitimité de tous les points de vue (de tous les "référentiels") et qu'il est *a priori* tout aussi légitime de décrire le mouvement du Soleil du point de vue de l'enfant qui l'observe depuis la cour de récréation que de décrire le mouvement de la Terre du point de vue d'un observateur qui se placerait (à ses risques et périls) « au-dessus » du Soleil.

Comment dépasser les obstacles épistémologiques responsables de cette situation sans imposer aux futurs PE une formation en astronomie et en physique incompatible avec des dotations horaires réduites à leur plus simple expression ? À l'INSPE de l'académie de Bordeaux, par exemple, seules 24 heures de cours au total sur les deux années du Master MEEF premier degré sont consacrées à la formation à l'enseignement de la physique de la maternelle au cycle 3, alors même que le bagage scientifique de ces étudiants correspond au mieux, pour une grande majorité d'entre eux, au programme de seconde (à partir de septembre 2021, ce sera 11 h en tout et pour tout pour les enseignants qui

ne choisissent pas l'option sciences). La bande dessinée et l'imagerie de science-fiction peuvent y contribuer.

Plusieurs obstacles à l'acceptation du paradigme relativiste galiléen (et *a fortiori* einsteinien) ont été identifiés lors de précédentes études (Blanquet & Picholle, 2011 & 2018). Certains de ces obstacles sont classiques en mécanique – comme la nécessité de préciser un référentiel avant de décrire un mouvement (Saltiel, 1980) –, d'autres sont d'ordre géométrique – on peut aussi bien rendre compte de l'alternance du jour et de la nuit en faisant tourner la Terre sur elle-même tout en gardant le Soleil fixe qu'en fixant la Terre et en faisant tourner le Soleil autour d'elle – ou de nature métaphysique – comme l'acceptation de l'égale légitimité de différents référentiels. Nous avons donc développé une séquence basée sur une illustration de science-fiction (Blanquet, 2011b), *La Terre encadrée* de Manchu (Fig.1, 1989), afin d'exploiter l'effet de dépaysement induit par la fiction (Suvin, 1977).

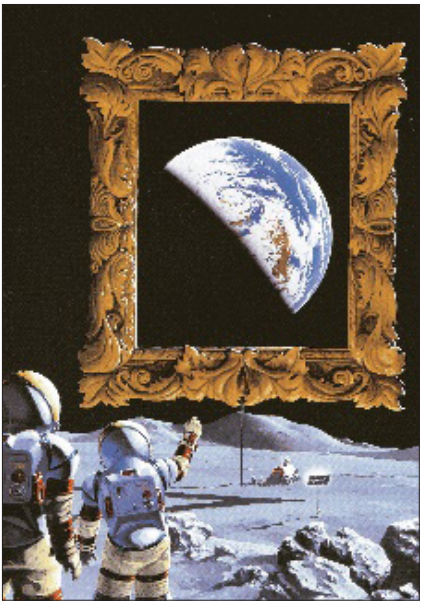


Figure 1. La Terre encadrée, Manchu, 1989

Cette stratégie s'inspire de celle inaugurée par Johannes Kepler lui-même dans le *Somnium* (ca. 1609). Nous y avions initialement adjoint une séquence « équivalence géométrique » plus traditionnelle, développant et explorant une variété de modèles Terre/Soleil, formellement équivalents, pour expliquer les phénomènes observés depuis la Terre (alternance jour/nuit, existence et alternance des saisons, etc.). Celle-ci conduisait les étudiants à découvrir l'impossibilité d'éliminer sans argument d'autorité certains modèles concurrents et permettait de résoudre la tension générée en substituant aux différents modèles restant en lice autant de choix de référentiels, en posant le principe de relativité et en faisant une brève présentation de l'histoire des idées sur les mouvements Terre/Soleil. Cette séquence visait également à une meilleure compréhension des phénomènes d'alternance du jour et de la nuit et des saisons.

Au regard des contraintes horaires et de la capacité des étudiants à naviguer entre différentes représentations, cette séquence a dans un second temps été remplacée par une séquence « Rahan »; celle-ci était associée à un bref cours d'histoire des sciences et à une séquence complémentaire classique permettant d'expliquer le phénomène des saisons du point de vue du Soleil et suivie d'une démonstration collective de l'équivalence géométrique de différents points de vue (dans la mesure où le temps le permet). Les étudiants peuvent ainsi être formés aux phénomènes astronomiques en cinq heures seulement (soit tout de même 20 % du temps dédié à l'enseignement de la physique dans leur formation) et initiés à l'exploitation de supports non conventionnels pour l'enseignement des sciences.

Basée sur une bande dessinée, *Le Secret du Soleil* (Chéret & Lécureux, avril 1969) et accessible à des élèves de cycle 3 (Blanquet, Baryga & Picholle, 2019), la séquence « Rahan » amène les étudiants à suivre Rahan, héros préhistorique qui

présente donc la caractéristique d'évoluer dans un monde dans lequel tous les paradigmes astronomiques restent à construire, dans sa recherche de « la caverne où le soleil se cache la nuit ». Cette quête le conduit à interpréter, en s'appuyant sur une modélisation analogique originale, la disparition du Soleil le soir et sa réapparition dans la direction opposée le lendemain matin comme le résultat à la fois du mouvement du Soleil et de la forme sphérique de la Terre : « *Le grand territoire des hommes et des bêtes serait donc semblable à cette terre ! Il* ***serait rond comme un fruit*** *et le Soleil tournerait autour sans jamais s'y poser !* » (Fig. 2).

Nous faisons l'hypothèse que l'identification des participants au personnage de Rahan – porteur d'idées précoperniciennes – pourrait favoriser une distanciation cognitive (Suvin, 1977, Blanquet, 2021) et déclencher un pas de côté facilitant un examen plus serein de leurs propres préjugés coperniciens. Nous nous proposons ici d'associer les séquences « Kepler » et « Rahan » pour évaluer leur impact sur l'appropriation du paradigme galiléen et des concepts astronomiques par les étudiants.

Méthode et mise en place des séquences

Dans le cadre de la formation initiale des enseignants, quatre groupes de M1 et trois groupes de M2 MEEF de l'INSPE de l'académie de Bordeaux (138 étudiants au total) ont participé à l'étude entre septembre 2020 et mars 2021 (les M1 et M2 ont été suivis par deux formatrices distinctes). Les séquences « Kepler » et « Rahan » sont menées « en démarche d'investigation » guidées par les formateurs. Les classes constituées de 20 à 28 étudiants sont réparties en groupes de 5 à 8 étudiants qui travaillent ensemble. La séquence « Kepler » a fait l'objet d'une publication (Blanquet, 2011) et est disponible sur simple demande.

Séquence « Rahan » : La lecture de la planche 15 (Fig. 2) confirme aux lecteurs que Rahan ignore que la Terre est ronde (les premières planches le montrent par ailleurs vivant seul, s'adressant à un kangourou en supposant qu'il peut lui répondre, ou encore se parlant à lui-même pour reconnaître qu'il sait bien peu de choses…). Des modélisations analogiques – simulation de l'événement observé du point de vue de Rahan, tant avec des objets physiques (cône pour représenter l'île, maquettes de bateaux, etc.) qu'avec leurs corps (Rollinde, E. 2019) et en deux dimensions sur feuille – sont réalisées pour les aider à s'approprier le point de vue de Rahan. Enfin, un globe terrestre, un personnage sur le globe et une source lumineuse représentant le Soleil permettent de faire le lien entre les modélisations analogiques précédentes et la représentation par Rahan de la forme de la Terre, de ses propres mouvements sur la Terre et du mouvement du Soleil dans le ciel. La reconstruction d'un raisonnement inhabituel en essayant de se mettre à la place du personnage sert de porte d'entrée à une réflexion sur la notion de modèle. Suite à ces deux séquences, le formateur introduit le principe (galiléen) de relativité du mouvement.

Pré et post-test(s)

Un test portant sur les contenus abordés dans la formation est réalisé avant et après la mise en œuvre des séquences. Les questions posées sous forme de QCM et de questions ouvertes sont extraites de trois questionnaires : le premier élaboré par Jean-Michel Rolando à destination d'élèves de cycle 3 portant sur les phénomènes observables par les élèves (Rolando, 2003), les deux autres destinés à évaluer la compréhension des phases de la Lune (LPCI, Lindell & Olsen, 2002) et les conceptions astronomiques (AMS, LoPresto & Murrell, 2011) d'élèves de niveau lycée et au-delà. L'évolution de l'appropriation du principe de relativité du mouvement par les participants à l'étude est évaluée en leur demandant

de se (re) positionner à différents moments sur les mêmes propositions et de formuler des réponses face à des situations où différents personnages expriment des points de vue tranchés en lien avec la relativité du mouvement (Blanquet & Picholle, 2018 & 2021).

Premiers résultats

Les séquences contribuent à une amélioration significative de la maîtrise des contenus astronomiques par les participants. Sur les 15 questions posées, le score moyen passe de 6,5 au prétest (138 étudiants) à 13,2 au post-test (129 étudiants). Le tableau 1 montre l'évolution sur cinq des questions posées.

Questions posées (extraites du LPCI)	Prétest (n=138)	Post-test (n=129)
Si la Terre était cubique, les phases de la Lune en seraient-elles modifiées ?	45 %	89 %
La Lune tourne autour de la Terre. Combien de temps dure approximativement une révolution complète ?	44 %	93 %
En Australie un observateur observe la Lune qui a l'aspect suivant (pleine Lune dessinée). Quelle forme aura la Lune si vous l'observez en France un peu plus tard le même jour ?	51 %	84 %
Qu'est-ce qui explique la différence d'aspect entre une pleine Lune et un quartier de Lune ?	22 %	70 %
Si on pouvait observer le système Terre/Lune/Soleil dans l'espace, depuis un point situé au-dessus du pôle Nord, on pourrait observer les configurations suivantes. Laquelle permet d'observer une pleine Lune sur Terre ?	32 %	95 %

Tableau 1. Résultats des étudiants à 5 questions du QCM LPCI (% de réponses correctes, pré- et post-test)

Dans un contexte Terre/Soleil, il s'avère en revanche plus difficile pour les étudiants de dépasser le paradigme

copernicien. À l'issue de la séquence « Rahan », il leur a été demandé comment ils réagiraient dans le cas où « un physicien » affirmerait que, du point de vue de la Terre, il est légitime de dire que le Soleil tourne autour de la Terre ; ou bien dans celui où un enfant, après avoir vu le Soleil se déplacer dans le ciel au cours de la journée, affirmerait qu'il a le droit de dire que le Soleil tourne autour de la Terre. Seuls huit étudiants (sur cent vingt-trois) résistent au réflexe copernicien aveugle. Sept répondent sans prendre de risque (e.g. « [Je lui dirais] *que sa remarque est très intéressante et que nous allons procéder à des expériences et des recherches pour voir si elle est juste ou fausse* ») et un seul reconnaît spontanément la légitimité du point de vue de l'élève : « *tu as raison, on voit bien le Soleil se déplacer dans le ciel au cours de la journée ; mais tu ne peux pas savoir si c'est le Soleil qui tourne autour du Soleil ou l'inverse. Viens, on va essayer avec des balles, tu vas voir, les deux sont possibles* ».

La suite de la formation ayant été différente pour les étudiants de M1 et M2, nous allons désormais distinguer les deux publics. Les M1 ont bénéficié d'un cours rapide sur les saisons utilisant uniquement le modèle héliocentrique et d'une brève présentation historique des grandes figures de l'astronomie. Interrogés en fin de cours, ils restent très majoritairement coperniciens. Trois étudiants sur soixante-dix apparaissent galiléens et six répondent sans prendre de risque tandis que tous les autres réaffirment que c'est la Terre qui tourne *et non l'inverse*. Néanmoins, dans un autre contexte, ils s'avèrent capables de mobiliser le principe de relativité. Ainsi, deux mois après, dans un questionnaire basé sur le volontariat (37 participants), ils sont trente-quatre (92 %) à accepter l'affirmation « La description du mouvement dépend de l'observateur qui le décrit » et vingt-cinq (67 %) à accepter que le point de vue d'une vache et celui d'un voyageur installé dans un train sont tous deux légitimes pour décrire respectivement le mouvement du voyageur et

celui de la vache. Par ailleurs, lorsqu'on leur demande s'il est problématique qu'un observateur sur la Terre voie la Lune se déplacer alors qu'un observateur situé sur la Lune ne voit pas la Terre se déplacer, trente étudiants répondent par la négative et sept (19 %) le justifient en invoquant le choix par les observateurs de deux référentiels différents.

Les M2 ont quant à eux observé la modélisation du phénomène des saisons dans les référentiels géocentrique et héliocentrique puis ont bénéficié d'une brève histoire de l'évolution des idées en astronomie. En fin de cours, sur cinquante-quatre étudiants interrogés, quarante-cinq sont capables d'adopter une posture galiléenne sur une question relative aux mouvements Terre/Soleil tandis que cinq répondent sans prendre de risque et que deux autres restent coperniciens. Deux mois après, sur trente-deux étudiants interrogés, douze (37 %) maintiennent une posture galiléenne lorsqu'on leur propose de réagir à un extrait de manuel dans lequel les auteurs ont adopté une posture copernicienne.

Conclusion et perspectives

Les précédentes mises en œuvre de la séquence « Kepler » auprès d'élèves du primaire, de collège et de lycée, d'étudiants, de professeurs des écoles en formation continue et d'enfants et de parents participant à des manifestations ludiques (Scientilivres à Labège et les Utopiales à Nantes) avaient montré des participants qui s'engagent dans la séquence et prennent plaisir à y participer et à jouer avec une image (dans la limite de ce que perçoit le formateur et de ce qu'expriment librement les participants) mais n'avaient pu faire l'objet d'une évaluation de l'appropriation des contenus en astronomie travaillés. La séquence « Rahan » menée dans plusieurs classes de CE2, CM1 et CM2 avait abouti à des réactions comparables de la part des élèves. La réalisation de pré- et post-tests dans le cadre de la formation d'enseignants indique

que le couplage de ces deux séquences s'avère très efficace pour les former sur des questions relatives à l'astronomie et leur permet de découvrir et d'accepter le principe de relativité du mouvement dans des contextes liés au quotidien (train, manège). Néanmoins, leur appropriation du principe de relativité du mouvement reste fragile dans un contexte où le paradigme copernicien est fortement dominant.

Références bibliographiques

Blanquet, E. & Picholle, É. (2021, soumis). Emergence Of Conformist Thinking Under Strong Paradigmatic Pressure : The Case Of (Galilean) Relativity. https://arxiv.org/abs/1912.04110

Blanquet, E. (2021, sous presse). Des pirogues comme le Soleil ? Points de vue et estrangement visuel dans « Le Secret du Soleil » de Roger Lécureux & André Chéret. In Ph. Baryga, E. Blanquet et É. Picholle (dir.), *Lecture d'images et estrangement visuel*. Nice : éditions du Somnium.

Blanquet, E., Baryga, Ph. & Picholle, É. (2019). *Le Secret du Soleil : un pas de côté précopernicien avec Rahan. Science en récit, science en image.* Angoulême, 15-17 mai 2019.

Blanquet, E. & Picholle, É. (2018). Démarche d'investigation, pédagogie frontale et principe d'autorité : l'exemple du système héliocentrique. *Recherches en Éducation*, n° 34, pp. 62-74. Dossier Éducation scientifique et émancipation, dir. Denise Orange. Accessible en ligne : https://doi.org/10.4000/ree.1866

Blanquet, E. & Picholle, É. (2011). *Challenging pre-Galilean misconceptions through alternative visualizations.* Actes de la Conférence ESERA, 5-9 septembre 2011, Lyon, France. Accessible sur le site Hal : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352767

Blanquet E. (2011). Astronomie et mouvements relatifs : sortir du cadre. In E. Blanquet & É. Picholle (dir.), *Science et fictions à l'école : un outil transdisciplinaire pour l'investigation ?* Nice : Somnium. pp. 149-177.

Chéret, A. & Lécurieux, R. (2011). *L'Enfance de Rahan – Le Secret du Soleil – La Horde Folle.* Paris : Éd. Cobra. (première parution dans Pif gadget, n° 1, avril 1969).

Manchu (2002). *Science (Fiction).* Paris : Delcourt.

LoPresto, M. & Murrell, S. (2011). *An Astronomical Misconceptions Survey.* J. Coll. Sci. Teaching 40 (5), 14.

Lindell, R. & Olsen, J. (2002). *Developing the Lunar Phases Concept Inventory*, Physics Education Research Conference 2002, Boise, Idaho.

Rolando, J.-M. (2003). *L'Astronomie, la Terre et les astres.* Paris : CNDP.

Rollinde, E. (2019). Learning Science Through Enacted Astronomy. Int J of Sci and Math Educ 17, 237–252. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9865-8

Saltiel, E. & Malgrange, J.-L. (1980). "Spontaneous" ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, n° 1, p.73-80.

Suvin, D. (1977). *Pour une poétique de la science-fiction.* Québec : Presses de l'univ. du Québec.

Enseignement et étude des mouvements de la Terre à l'école primaire française Comparaison de situations d'enseignement et d'étude avec des objets tangibles et des objets numériques

Géraldine Boivin-Delpieu
Université de Franche-Comté,
ELLIADD-INSPE, France

Introduction

Les questions relatives à l'enseignement des sciences de l'école primaire au lycée se sont posées au niveau mondial, principalement avec l'objectif de mettre fin à la désaffection des filières scientifiques et techniques. En France, les démarches basées sur l'investigation, incluant une dimension expérimentale forte sont présentées depuis les années 2000 comme étant une solution face aux difficultés liées au phénomène d'enseignement et d'apprentissage des sciences. Outre ces recommandations générales sur la démarche, les instructions officielles en sciences expérimentales du cycle 3

(CM1-CM2-9-10 ans) de l'école primaire précisent que « la construction des concepts scientifiques s'appuie sur une démarche, qui exige des observations, des expériences, des mesures, etc. » mais aussi « la construction progressive de modèles simples, permettant d'interpréter celles-ci et d'expliquer une diversité de phénomènes, et de les prévoir. » (Bulletin officiel n° 11 du 26 novembre 2015). En particulier, cette notion de modèle apparaît dans la partie liée à l'astronomie où elle est alors associée à d'autres approches comme la simulation. Aussi, cette recherche propose d'étudier les conditions d'avancée des savoirs en classe à travers l'analyse des activités de modélisation des élèves. Cette étude prend appui sur deux études de cas concernant des séquences en lien avec l'étude des mouvements de la Terre et les saisons au cycle 3 et intégrant des ressources assistées par ordinateur.

Cadres théoriques

La théorie de l'action conjointe en didactique

Nos questionnements initiaux nécessitent le recours à un cadre théorique permettant d'identifier les conditions d'avancée des savoirs lors des pratiques de classe dans le contexte des démarches d'investigation, d'analyser les activités des élèves *in situ* mais aussi de considérer les choix didactiques des professeurs lors de l'élaboration et de l'implémentation des séquences de sciences expérimentales. Nous avons eu recours à la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) (Sensevy et al., 2000). Elle considère l'action didactique, nécessairement conjointe, comme une transaction modélisée à l'aide de la notion de jeux d'apprentissage. Pour décrire ces jeux d'apprentissage, la TACD fait appel aux concepts de milieu et de contrat didactiques qui interfèrent et évoluent réciproquement au cours des transactions didactiques. Le contrat didactique (Brousseau, 1998, Sensevy, 2011) peut être décrit comme

le système stratégique disponible permettant aux acteurs de jouer le jeu. En effet, lorsque les élèves abordent une nouvelle situation proposée par l'enseignant, ils s'appuient sur un ensemble de connaissances, d'éléments, de significations élaborés conjointement dans les activités précédentes, « comme un déjà-là ». La notion de milieu, intimement liée à celle de contrat, peut être considérée comme le système stratégique potentiel d'un jeu d'apprentissage. Il cristallise « le potentiel d'action virtuel » que l'élève doit construire pour résoudre un nouveau problème (DPE, 2019, p. 24). Enfin, la TACD adjoint également des descripteurs théoriques et solidaires permettant de décrypter les modifications du milieu et du contrat didactique en les situant dans le temps. Nous mobilisons la genèse des milieux (mésogenèse) et de la genèse du temps didactique (chronogenèse).

Références théoriques en lien avec le fonctionnement de la physique

Étant donné notre objectif de modéliser la dynamique de l'avancée des savoirs, nous avons considéré qu'une composante épistémologique était nécessaire à l'analyse du savoir en jeu. Aussi, les objectifs principaux des sciences physiques sont d'expliquer, de décrire, d'interpréter et de prévoir les phénomènes du monde matériel. Pour ce faire, les scientifiques procèdent à une recherche de mise en relation permanente entre données expérimentales et constructions théoriques, le modèle étant l'instrument de cette mise en relation (Bunge, 1975). Même si l'activité de modélisation des scientifiques est fondamentalement différente de celle des élèves, certains auteurs (Bécu-Robinault, 2004 ; Tiberghien, 2017) considèrent que, pour donner du sens à un concept scientifique, et ainsi construire des connaissances compatibles avec le savoir scientifique de référence, il est nécessaire que la démarche implique l'implémentation de situations au sein

desquelles les élèves devront mettre en relation des éléments issus du monde des objets et des événements avec des éléments issus des modèles et théories enseignés. Aussi, considérer ces activités de modélisation implique de définir les limites relatives au monde des objets et des événements et au monde des théories. Dans cette optique, Bécu-Robinault (2004) définit cinq niveaux de modélisation répartis dans le monde des théories et le monde des événements (Fig.1). Elle considère que les activités des élèves pourront relever des cinq niveaux, le modèle ayant une fonction d'intermédiaire relationnel entre la théorie et le monde des objets. Considérant que « la construction, par un apprenant, du sens d'un concept, (…) se fait en partie à travers les mises en relation que l'apprenant construit entre les différents niveaux de modélisation », nous nous attacherons à repérer dans nos données ce qui relève des différents mondes et nous considérerons que les relations établies entre ces mondes pourront renseigner sur l'avancée du savoir dans la classe.

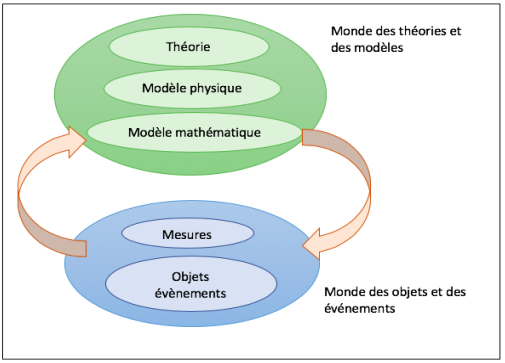


Figure 1. Schéma représentatif de la théorie des deux mondes selon Bécu-Robinault (2004)

De plus, Ohlsson (1996) affirme que différents types de raisonnement peuvent permettre d'établir des relations entre les éléments de connaissance, ces relations étant à l'origine de

la compréhension. Il construit alors une catégorisation des tâches épistémiques (décrire, expliquer, argumenter, prédire, critiquer, définir) rendant compte de ces raisonnements. Les travaux de Tiberghien (2005) complètent cette classification : une nouvelle catégorie de tâches épistémiques est proposée (questionner) et les conditions de mise en œuvre pour chacune des tâches sont précisées.

Contexte et question de recherche

L'astronomie est un domaine où les élèves rencontrent de grandes difficultés en raison des incohérences entre ce qui est expérimenté et ce qui est enseigné (Kikas, 2006). En effet, les élèves doivent surmonter des difficultés liées à des contradictions apparentes entre leurs connaissances naïves basées sur leur expérience propre, verbale et expérimentale, et les explications scientifiques. Par exemple, la Terre semble être plate pour un observateur terrestre alors qu'elle apparaît sphérique observée de loin ou encore l'idée, véhiculée verbalement, selon laquelle les gens ne tombent pas dans l'hémisphère sud ce qui contredit l'expérience que les choses non soutenues tombent (Kallery, 2011). Autrement dit, les élèves ont tendance à classer la Terre comme un objet physique et non astronomique et ainsi à lui attribuer des présupposés appropriés pour des objets physiques en général (organisation haut-bas, stabilité, solidité…) (Merle, 2002). Face à ces difficultés, le recours à des simulations est susceptible de faciliter les apprentissages (Svétoslavova et al., 2007). En effet, lors du recours à des objets tangibles, substituts du réel, les élèves rencontrent des difficultés de manipulations liées à la méconnaissance des trajectoires des différents astres ou à celle des vitesses relatives de déplacement (Rolando, 2004, Boivin-Delpieu, et al. 2015). Aussi, il semble que l'usage de simulations numériques s'avère très approprié pour réduire l'écart entre la réalité dynamique et complexe

des phénomènes étudiés et donc difficilement accessible et leur enseignement simplifié en classe (Wilensky et al., 2000).

Nous situons notre recherche dans le contexte de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation et par rapport à cet état de connaissances scientifiques. Notre objectif est de modéliser la dynamique de l'avancée des savoirs en classe de sciences dans le cadre de l'enseignement des mouvements de la Terre préconisé au cycle 3. Nous étudions les processus cognitifs de l'apprenant en jeu lors de la réalisation et de l'interprétation d'activités scientifiques visant à interpréter la variation de la durée de la journée. Nous proposons une analyse de ces processus du point de vue des activités de modélisation et des tâches épistémiques. Nous souhaitons ainsi identifier les éléments spécifiques issus de la stratégie didactique permettant aux élèves de construire un modèle explicatif cohérent, intermédiaire entre leurs connaissances naïves et l'explication scientifique. Pour cela, nous comparons des situations d'étude où les élèves traitent du savoir en jeu à partir d'objets tangibles et à partir de ressources pédagogiques numériques.

Méthodologie

Nous rendons compte de l'analyse *in situ* menée dans deux classes de cycle 3 : une classe de CM1 située dans une petite ville plutôt rurale avec le professeur des écoles P1 et une classe de CM2 située dans une ville de taille moyenne avec le professeur des écoles P2. Étant donné nos objectifs de recherche, nous avons imposé aux enseignants d'élaborer une séquence d'enseignement et d'y intégrer des ressources numériques et du matériel tangible. Nous considérons cette perturbation imposée à nos systèmes d'étude comme étant contrôlée (Chevallard, 1998) et relativement proche des pratiques ordinairement mises en œuvre. En effet, la plupart des ressources dont disposent les enseignants

(accompagnement des programmes, manuels scolaires…) préconisent le recours à du matériel tangible de substitution (balles, lampes) pour modéliser les mouvements de la Terre. De plus, et même si notre demande ne spécifie pas le type d'outil numérique à utiliser, les instructions officielles ajoutent que cette étude peut être menée selon des approches variées telles que les simulations. Même si d'autres outils informatiques plus élaborés existent (table interactive, prototype de réalité augmentée ou réalité virtuelle), les simulations sont facilement accessibles aux professeurs des écoles (notamment les fondamentaux disponibles sur Canopé).

Le corpus principal recueilli, afin d'interroger les pratiques des deux enseignants et les conditions d'étude de leurs élèves, est constitué des séquences implémentées filmées et de leurs transcriptions, des travaux des élèves, des fiches de préparation et des entretiens menés avec les enseignants. Les transcriptions des séquences filmées ont été structurées selon différents niveaux : (1) une organisation thématique afin de rendre compte du sens du discours de la classe du point de vue du savoir (Tiberghien, 2007) ; (2) un second découpage en jeux d'apprentissage afin de repérer les évolutions de milieu et de contrat, mais aussi l'avancée des savoirs au sein de la classe.

Analyse a priori des savoirs visés

P1 et P2 ont tous deux pour objectifs principaux, d'établir l'inclinaison et la direction constante de l'axe des pôles par rapport au plan de l'écliptique lors de la révolution de la Terre à partir de l'étude de la variation de la durée de la journée en un lieu situé à une latitude moyenne au cours des saisons. P1 souhaite également aborder la variation de la durée de la journée en fonction de la latitude à une date donnée. Notre analyse *a priori* montre que les éléments du modèle nécessaires à l'interprétation de ce phénomène sont issus

de deux domaines de la physique : (1) la mécanique avec le mouvement des astres et la direction constante mais incliné par rapport au plan de l'écliptique de l'axe des pôles ; (2) de l'optique géométrique avec l'évolution de la zone éclairée à la surface de la Terre en fonction de sa position par rapport au Soleil.

Principaux résultats

Dans les deux études de cas, l'organisation thématique des séquences rend compte d'une structuration selon un enchaînement logique et répété d'éléments : des phénomènes issus du monde des événements sont donnés à voir aux élèves (1) puis leur description fait émerger un questionnement scientifique (2), une activité ayant pour objectif l'interprétation de ce phénomène est prévue (3) et enfin les connaissances sont structurées (4). Toutefois, nous constatons que les activités prévues pour répondre à la problématique scientifique (3) font toutes appel à des objets tangibles alors que les simulations sont convoquées pour étudier des phénomènes observables (1).

Aussi, les activités d'interprétation des phénomènes ont été analysées plus finement à travers l'analyse des jeux d'apprentissage en lien et selon notre cadre théorique. Prenons l'exemple d'interactions au sein d'un groupe de 3 élèves, utilisant une balle en polystyrène (Terre), un pic à brochette (axe des pôles) et une lampe (Soleil) pour interpréter la variation de la durée de la journée pour des villes situées à des latitudes différentes mais à des longitudes similaires :

> E2 : le soleil est là
>
> E1 : si tu mets la lampe comme ça par-là donc tu vois là la station elle est dans la nuit elle est dans le noir ben admettons
>
> **E2 : mais non la terre tourne autour du soleil** (E1 fait alors tourner la balle autour de la lampe tout en maintenant la balle dans

le plan de la table et le pique perpendiculaire à la table)

E3 : oui mais le soleil doit tourner (les élèves disposant d'une lampe frontale, la balle n'est plus dans le faisceau lumineux de cette dernière)

E2 : oui mais le soleil il n'a pas de côté (en orientant la lampe pour éclairer la balle en polystyrène)

E1 : oui elle met 365 jours à tourner autour du soleil

E2 : **oui mais regarde quand on regarde comme ça la station et le Royaume-Uni sont éclairés**

(…)

E2 : mais elle devrait être dans le noir

E3 : oui tout le temps dans le noir donc

E2 : attend stop on va la faire tourner comme ça (**E2 simule un mouvement de rotation de la balle autour du pique en bois, pique perpendiculaire à la table**)

E1 : oui mais elle met 365 jours elle avance comme une marmotte (en montrant le mouvement de la Terre autour du Soleil)

E2 : oui mais là elle tourne très vite (en montrant la rotation)

E1 : oui mais elle met 24 heures pour ça bon mettons ça fait 365 jours qu'elle tourne

E2 : oui mais elle va doucement ça te laisse le temps de regarder **la station elle est éclairée**

E1 : **et des fois elle est dans le noir regarde** (E1 fait tourner la balle autour du pique en bois)

Les interactions entre ces élèves rendent compte des éléments théoriques sur lesquels le modèle explicatif construit prend appui. Certains sont cohérents avec les savoirs scientifiques actuels comme la rotation et la révolution de la Terre dans le plan de l'écliptique mais d'autres sont erronés comme la perpendicularité de l'axe des pôles par rapport à ce dernier. En interprétant la zone d'ombre sur

la balle comme étant la nuit sur Terre, les élèves utilisent le matériel tangible comme intermédiaire entre le monde des objets et des phénomènes et celui des théories. En effet, elles comparent d'abord certains éléments du monde réel (données sur la durée de la nuit à Cap Morris et en Angleterre) avec leurs observations réalisées avec le matériel tangible. Dans la configuration choisie, les élèves constatent que la limite de séparation entre la partie éclairée et la partie non éclairée sur la balle passe par le pique en bois et ce quelle que soit la position de la balle par rapport à la lampe. Ainsi les observations issues de la modélisation ne sont pas cohérentes avec les données réelles : la durée de la journée est la même en Angleterre et au pôle nord et il y a des nuits et des journées au pôle Nord. Les élèves en déduisent alors que le modèle explicatif imaginé ne permet pas d'interpréter les données qu'ils ont jugé pertinent de sélectionner. Le milieu matériel renvoie donc l'information aux élèves d'une incohérence entre les données à interpréter et le modèle mis en œuvre ce qui les conduit à modifier certains des éléments du modèle explicatif (Fig.2) :

> E1 : oui mais là elle doit être un peu penchée on savait pas parce que regarde elle est penchée et la station elle n'est jamais jamais au soleil **(E1 incline le pique en bois par rapport à la table et fait tourner alors la balle autour du pique)**

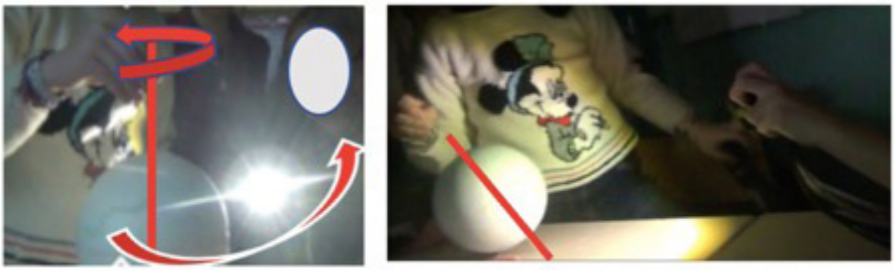


Figure 2. Évolution du modèle explicatif construit par les élèves à partir du matériel tangible

L'analyse de cet extrait montre que les mises en en relation des deux mondes s'opèrent en prenant appui sur le matériel tangible : les rétroactions de ce dernier sur les élèves leur permettent de juger de la pertinence des stratégies convoquées et favorisent ainsi l'avancée des savoirs. L'étude de l'ensemble des jeux d'apprentissage dans les deux classes conforte ces résultats et corrobore également d'autres résultats (Bécu-Robinault, 2018 ; Boivin-Delpieu, 2015) selon lesquels l'avancée des savoirs nécessite des articulations entre le monde des objets et événements et celui des théories et modèles rendues possibles par le matériel présent.

En revanche, les ruptures dans la construction des connaissances sont systématiquement constatées dans les jeux d'apprentissage mettant en œuvre les outils numériques. Ces constats peuvent s'expliquer en partie par l'usage prévu par les enseignants de ce type de matériel et révélé par la nature des tâches épistémiques prévues au sein des jeux le mettant en œuvre. En effet, seules des tâches de description sont convoquées au moment de l'utilisation des outils numériques : description de faits observables et/ou d'éléments théoriques. La nature même de la tâche ainsi imposée ne nécessite donc pas d'articulation entre les deux mondes, contrairement aux interprétations de faits observables systématiquement demandées lors des activités en lien avec les objets tangibles. Pourtant, les informations présentes dans certaines des simulations proposées permettaient ce travail d'interprétation et donc potentiellement la construction des connaissances visées. En effet, excepté le logiciel Stellarium, les simulations proposées[1] offraient la possibilité de mettre en lien la surface éclairée sur la Terre avec la durée de la journée, l'inclinaison constante de l'axe des pôles étant représentée. Concernant

1 https://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/projet_calendriers/eleves/Saison3D/index.html et https://lesfondamentaux.reseau-canope.fr/video/les-changements-de-saisons.html

le logiciel Stellarium, toutes les informations extraites de l'interface avaient été par ailleurs déjà explicitées dans le milieu didactique. Concernant les simulations, il est connu que celles-ci peuvent être relativement manquantes des modèles scientifiques sous-jacents (Sanchez, 2008) ce qui est accentué ici par l'usage proposé par les enseignants que nous qualifierons de restrictif. Nous prenons soin de replacer ces résultats dans le contexte particulier des classes observées et de les pondérer par une plus grande expérience de la classe des objets tangibles que des objets numériques. En effet, les entretiens avec les enseignants révèlent leur expérience limitée du recours aux objets numériques dans leur classe, recours ici imposé.

Enfin, même après l'utilisation des outils numériques, les difficultés de certains élèves à manipuler le matériel tangible de manière compatible avec le savoir de référence ont persisté : les élèves ne se sont alors pas référés aux simulations pour argumenter les positions et trajectoires retenues avec les objets tangibles. Nous constatons ainsi que ces rétroactions potentielles (Sensevy, 2011) ne s'opèrent pas dans les cas étudiés. En effet, les élèves n'ont pas pris appui sur certains arguments rationnels pourtant garantis par les simulations présentes dans le milieu. Nous supposons donc que, dans ces conditions d'utilisation, les simulations numériques en deux dimensions ne favorisent pas une meilleure représentation des mouvements en trois dimensions par les élèves.

Conclusion

Globalement notre étude peut laisser penser que les ruptures constatées vers la construction des connaissances par les élèves sont principalement dues aux usages du numérique proposées mais il faudrait poursuivre les investigations pour écarter la forme numérique comme étant également un obstacle. Toutefois, étant donné que d'autres recherches ont montré la pertinence de recourir à des simulations, notamment

avec des techniques de réalité augmentée pour faciliter les apprentissages, nous augurons qu'une interface numérique pourrait faciliter l'enseignement et l'étude des phénomènes astronomiques au cycle 3. Dans ce cas particulier, nous pensons que l'interface numérique devrait à la fois permettre une reconstitution informatique d'un environnement réel afin d'étudier des phénomènes par ailleurs observables (mais permettant d'effectuer des changements de référentiels temporels [dates] et spatiaux [lieux sur la Terre]) mais aussi de reproduire les activités de modélisation fondamentales pour la construction des connaissances visées tout en palliant aux difficultés matérielles courantes. C'est ainsi que dans le cadre d'une recherche collaborative (Boivin-Delpieu, 2019), nous avons co-imaginé les caractéristiques d'un outil numérique prenant en compte les contraintes didactiques issues des résultats de l'analyse présentée ici, les compétences des praticiens, certaines hypothèses théoriques sur l'apprentissage ainsi que les contraintes institutionnelles liées aux concepts à enseigner. Ces caractéristiques ont abouti à l'élaboration d'un prototype de réalité superposé que nous devons désormais tester en conditions réelles.

Références bibliographiques

Anastasso, M., Burkhardt, J.M., Mégard, C., & Ehanno, P. (2007), L'ergonomie de la réalité augmentée pour l'apprentissage : une revue, *Le travail humain* 2007/2 (Vol. 70), p. 97-125. DOI 10.3917/th.702.0097

Bécu-Robinault, K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. In E. Gentaz & P. Dessus (Eds), *Comprendre les apprentissages : sciences cognitives et éducation* (p.117-132). Paris : Dunod.

Bécu-Robinault, K. (2018). *Analyse des interactions en classe de physique. Le geste, la parole et l'écrit*. L'Harmattan.

Boivin-Delpieu, G. (2015). *Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3* (Thèse de doctorat). Université Lyon1.

Boivin-Delpieu G., & Bécu-Robinault K. (2015) *Influence des postures épistémologiques sur l'action professorale. Étude de cas : deux séquences sur les phases de la Lune au cycle 3*. RDST, 12, p25-58

Boivin-Delpieu G. (2019). *Processus de co-construction en recherche participative de ressources numériques pour l'enseignement et l'étude de l'astronomie au cycle3 de l'école primaire française*. Colloque international francophone sur les recherches participatives, Haute école pédagogique Fribourg, novembre 2019

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques. Grenoble : La Pensée Sauvage*

Bunge M. (1975). *Philosophie de la physique*. Paris : Editions du Seuil.

Chevallard, Y. (1998). *Qu'est-ce que prouver ? Opiner, asserter, professer en didactique. In Recherche et éducation. Vers une « nouvelle alliance ». La démarche de preuve en 10 questions.* (Ch. Hadji & J. Baillé, p. 29–43). Paris, Bruxelles : De Boeck Université.

Didactique pour enseigner (2019). Presses universitaires de Rennes. ISBN 978-2-7535-7752-7

Kallery, M. (2011). "Astronomical Concepts and Events Awareness for Young Children". *International Journal of Science education*, 33

Kikas, E. (2006). The effect of verbal and visuo-spatial abilities on the development of knowledge of the Earth. *Research in Science - Education*, 36, 269–283

Merle, H. (2002). Histoire des sciences et sphéricités de la Terre : compte-rendu d'innovation. *Didaskalia* n° 20 - pages 115 à 136

Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand : À lesson and a challenge for cognitive modeling. In P. Reiman & H. Spada (Eds.), *Learning in Humans and Machine*. Oxford: Pergamon Elsevier Science, p. 37-62.

Rolando, J-M., 2004. *Astronomie à l'école élémentaire : quelques réflexions sur la construction des compétences Grand.* N 74, pp. 99 à 107

Sanchez, É. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la terre ? *Éducation et didactique*, 2 (2), 93–118.

Sensevy G., Mercier A., & Schubauer-Leoni, M-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. À propos de la Course à 20. *Recherches en Didactique des mathématiques*, 20 (3), p. 263-304.

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir, éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.

Tiberghien, A. (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique, Recherche en éducation, n29, p 74-85

Tiberghien, A., Buty, C., & Le Maréchal, J. F. (2005). "Physics teaching sequences and students' learning". In D. Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds.), *Science and Technology Education at cross roads: meeting the challenges of the 21st century.* The second Conference of EDIFE and the Second IOSTE Symposium in Southern Europe (pp. 25-55). Athens, Greece: Association for science education (EDIFE).

Wilensky, U. & Stroup, W. (2000). Networked gridlock: Students enacting complex dynamic phenomena with the HubNet architecture. Paper presented at the Fourth Annual International Conference of the Learning Sciences, Ann Arbor, MI

Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques.* Gallimard

Projet AstroDuclaux : un projet pluri-inter-trans-disciplinaire autour de l'astronomie avec une classe de seconde.

Hugues Amalric,
Emmanuelle Boyer,
Lycée Émile Duclaux, Aurillac, France

Introduction

Cinq professeurs de disciplines différentes d'un lycée général de province (Mathématiques/Physique-Chimie/ Sciences de la vie et de la Terre/Histoire-Géographie/ Français-Lettres) et une professeure documentaliste embarquent toute une classe de seconde dans un projet autour de l'astronomie.

À l'origine du projet, il y a surtout une envie d'explorer la richesse que peut apporter un enseignement interdisciplinaire tant pour le bénéfice des élèves que pour une collaboration réelle entre une équipe de professeurs au-delà des rencontres de couloirs et de salles des profs. Les bilans des quelques expérimentations ponctuelles de travail interdisciplinaire

qu'ils soient en binômes (Maths/Hist-Geo) ou lors des TPE de première (disciplines scientifiques) laissent un goût d'inachevé mais donne l'envie d'explorer cette voie pour un réel travail de croisement des disciplines, d'approfondissement en vue de bénéfices en termes d'apprentissage pour les élèves. Au cours de l'année 2013, autour d'un travail sur les trajectoires des planètes entrepris par les deux professeures de Mathématiques et d'Histoire-Géographie ayant une classe de seconde en commun va s'agréger la collègue de Sciences de la vie et de la Terre qui a aussi la classe. La venue de Jacques Laskar au lycée pour une conférence de clôture du projet en fin d'année donne de la visibilité au projet et l'envie à d'autres professeurs de tout horizon disciplinaire de se joindre à une expérimentation d'envergure pour l'année suivante. Et ainsi naît une aventure qui a duré 6 ans… **L'astronomie est un sujet très fédérateur !**

Cette aventure, nous l'avons racontée dans un article paru dans la revue Repères IREM n° 115 d'avril 2019 : http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/115_article_761.pdf et nous avons détaillé l'organisation d'une année avec tous les accompagnements pédagogiques du travail proposé aux élèves : *Destination Saturne avec les Cassini* en 2017-2018 sur le site de l'IREM de Clermont-Ferrand : http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Projet-2017-2018-Destination

Un projet interdisciplinaire au sein d'un lycée

Il nous a donc fallu concevoir un cadre d'organisation. La confiance du chef d'établissement dans l'équipe laisse toute latitude pour inventer et expérimenter à notre envie… mais sans moyens supplémentaires. L'objectif est donc de faire un travail « tout intégré » avec des phases d'approfondissement ou de mise en place de notions et de méthodes dans les cours disciplinaires et utiliser les deux heures d'AP (accompagnement personnalisé de seconde) pour les mettre en œuvre sur le

thème de l'astronomie en privilégiant si possible de la co-intervention (pour la dernière année, ce sera sur le créneau de l'enseignement d'exploration en classe de seconde). Au fil des discussions entre collègues, chaque professeur a dû mener une profonde réflexion sur son propre cours et les programmes officiels de la classe de seconde mais aussi revenir sur ses propres méthodes d'enseignement et ses attendus auprès des élèves. Cette clarification nécessaire, lors de débats parfois houleux au sein de l'équipe, a permis de mettre en lumière que le problème ne se situait pas forcément sur le fait de ne pas être spécialiste des autres disciplines mais plutôt sur comment approfondir sa propre discipline au service du projet. Ce travail pour relier les contenus et les compétences dans les attendus du programme avec l'astronomie est décrit pour chacune des différentes disciplines en entrant sur le site décrivant ce projet complexe par le côté disciplinaire : http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Entree-par-discipline. Pour comprendre notre réflexion par thèmes d'exploration autour du sujet qui constitue notre base de réflexion, il vaut mieux y entrer par le côté thématique (on y voit très bien le croisement des disciplines) : http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Entree-par-grandes-thematiques.

Ce projet « titanesque » nous a parfois dépassés par son ampleur mais l'habitude de travailler ensemble au fil des années et la confiance dans le savoir-faire acquis pour mener à bien l'aventure sur une année scolaire et surtout la satisfaction du travail accompli dans le regard de nos élèves nous ont fait surmonter les difficultés.

Une collaboration entre élèves, enseignants et scientifiques

Six ans à bord d'AstroDuclaux, c'est aussi 6 sujets différents à explorer chaque année. Ils ont été choisis pour coller à l'actualité ou aux spécificités des parrains prestigieux qui ont

pris de leur temps pour accompagner les projets et sont venus à Aurillac pour des conférences. Le renouvellement du thème nous est indispensable pour nous retrouver comme nos élèves en situation d'exploration collective d'un sujet qui nous est au départ plus ou moins inconnu et vivre une aventure commune professeurs/élèves/parrain. En général nous n'avons guère plus de 3 mois d'avance par rapport aux élèves tout au long de l'année. Notre travail est d'évaluer jusqu'où on peut les emmener dans la difficulté et le minimum pour pouvoir suivre les enjeux du projet. Il faut aussi anticiper les difficultés liées au support envisagé pour la production (beaucoup ont été testés !). L'expérience des six ans nous permet de trouver un rythme de croisière pour l'exploration du sujet et le dernier est certainement le plus abouti mais a été un gros challenge.

Les liens vers les bilans pédagogiques, fiches élèves et production des élèves sont recensés à la page du groupe Irem : http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Astronomie-Aurillac

Un aperçu des sujets explorés :

2013-2014 : **Au travers de l'évolution de la représentation du Monde (Ciel et Terre), quelques jalons historiques de l'étude des trajectoires des planètes** avec pour parrain Jacques Laskar (astronome). La production finale des élèves est formée d'une douzaine de panneaux d'exposition, chaque groupe d'élèves ayant la responsabilité d'un panneau.

2014-2015 : **Comprendre la Terre en observant le Ciel** avec pour parrain Jacques Laskar. La production finale des élèves est un magazine. Chaque groupe d'élèves a pris en charge un article de 4 pages.

2015-2016 : **À destination de Mars entre sciences et fictions** avec pour parrain Franck Watel (auteur de romans graphiques de SF). La production finale est un carnet de

voyage futuriste qui a permis de remporter le premier prix de la SF2A. Il mélange récit élaboré par l'ensemble des élèves et apports scientifiques.

2016-2017 : **Destination Jupiter avec Galilée** avec pour parrain Philippe Zarka (astrophysicien participant à la mission Juno). La production est sous forme de capsules vidéo.

2017-2018 : **Destination Saturne avec les Cassini** avec pour marraine Alice Le Gall (astrophysicienne participant à la mission Cassini Huygens). La problématique abordée est l'exploration de la planète Saturne et son satellite Titan et ses enjeux d'actualité. Ce fut aussi l'occasion de revenir sur la place des femmes dans le milieu scientifique. La production des élèves est sous forme de capsules vidéo. *Le bilan de l'année 2017-2018 très détaillé avec l'ensemble des nombreuses fiches élèves et les commentaires pédagogiques sert de support à la description d'ensemble de notre projet.*

2018-2019 : **Objectif Lune entre sciences et fictions** avec pour parrains Ugo Bellagamba (auteur de SF) et Roland Lehoucq (astrophysicien). La problématique abordée est le croisement sciences/SF/fake news à l'occasion du cinquantenaire des premiers pas sur la Lune.

La production des élèves est sous forme de pages web contenant une nouvelle de SF accompagnée de compléments scientifiques photomontages/vidéos/audios/diaporamas...

Un rythme de croisière obtenu après beaucoup de tâtonnements : organisation de l'année scolaire en trois phases bien distinctes bien décrites dans l'article de « Repères Irem » et bien visibles dans le bilan du projet Lune :

http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Annee-2018-2019-Objectif-Lune

Une chronologie de projet

Phase 1 (septembre-décembre) : apprentissage nécessaire mais difficile

La première phase du projet traite de repères indispensables à la compréhension de l'objet d'étude. Les notions transversales incontournables sont par exemple le repérage sur terre, les trajectoires des satellites et planètes, l'habitabilité d'une planète et des éléments de science-fiction d'autres sont plus liées au sujet choisi. Elles sont abordées et approfondies soit en cours disciplinaire, soit sous forme de travaux interdisciplinaires guidés en co-animation. C'est aussi l'occasion de se familiariser avec les instruments présents au lycée (télescope, planétarium, sismomètre...) et d'acquérir l'autonomie pour utiliser des logiciels comme *Geogebra* ou *Stellarium*. Cette phase permet aussi de consolider les méthodes de recherches documentaires, de présentation sous différents supports. Enfin cette phase permet des modalités de travail variées, dans et hors établissement, en groupe, etc. qui favorise la cohésion du groupe classe. Elle a été agrémentée de soirées d'observation des étoiles et planètes et les parents, invités à participer, découvrent alors le projet de façon concrète et sont initiés eux aussi à l'astronomie avec leurs enfants. C'est donc une phase de découverte du chemin qu'il faudra parcourir pour aboutir à la présentation de la production finale et la compréhension de la problématique, souvent difficile, abordée.

Phase 2 (janvier-mars) : exploration de dossiers de recherche par petits groupes de 3 ou 4 élèves, bien ciblés.

Pour un aperçu des 10 dossiers de recherche pour le projet Saturne : http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Entree-par-les-10-themes-de

Les élèves ont à effectuer un travail de recherche sur un thème lié au sujet d'étude, plus ou moins guidé selon les difficultés à surmonter, faisant intervenir deux ou trois disciplines. Le thème est à explorer à partir de dossiers, tous différents, contenant des pistes à poursuivre. Les avancées seront à partager avec les autres élèves pour un entraînement à l'oral lors de points d'étape pour garder la cohérence de l'ensemble du projet et explorer des idées de production. Les groupes d'élèves sont formés par affinités mais aussi par « centre d'intérêt » à la suite d'un rapide sondage et les professeurs adaptent au mieux les dossiers selon la connaissance qu'ils ont de leurs élèves (celle-ci est favorisée par le projet). En effet, même si la problématique est donnée par les professeurs, tous les élèves du groupe devront maîtriser l'ensemble des savoirs et savoir-faire travaillés et comprendre les enjeux de leur travail pour pouvoir être capables de les présenter à leurs camarades. Pour des élèves de seconde, c'est aussi un pas vers leur choix d'orientation et l'occasion de privilégier les échanges moins formels avec les professeurs de disciplines d'horizon différent.

Phase 3 (mars-mai) : Élaboration d'une production.

Pour cette phase, les élèves sont laissés libres à l'intérieur d'un cadre élaboré en commun et les professeurs quittent leur rôle de guide pour un rôle de personne-ressource… l'autonomie doit être au rendez-vous avec l'aboutissement du travail accompli tout au long de l'année. Or c'est très inhabituel de demander aux élèves de réaliser une production peaufinée avec une date butoir dont ils sont responsables et qui sera présentée à un public. Cela génère un peu de stress mais aboutit pour tous à la fierté d'avoir réussi à surmonter les difficultés et être capable de mener à bien un tel projet.

La fin d'année se clôture par la présentation de la production au public souvent avant la conférence très attendue (et très préparée en amont) du parrain du projet.

Bilan

Un difficile bilan du projet du point de vue des élèves

L'expérience a montré que les élèves éprouvent certaines difficultés à se projeter au-delà des questions posées et à s'inscrire dans un processus concret d'appropriation autonome des connaissances. Des difficultés, surtout dans la phase 1 du projet mais aussi une grande satisfaction lorsqu'arrivés à la fin de l'année chacun se rend compte des progrès accomplis et du chemin parcouru en confiance en compagnie des professeurs. Le sentiment général est en tout cas, que le projet AstroDuclaux est un moment à nul autre pareil de leur scolarité. Si parfois les élèves ont été déboussolés, déconcertés, voire parfois découragés, domine dans le souvenir des plus anciens l'intensité des moments vécus et la fierté d'avoir participé à cette aventure. Ils ont créé une production personnelle et singulière s'insérant dans un ensemble plus vaste, lisible au sein du lycée et attendent le sujet étudié par leurs successeurs et la conférence de l'année suivante, raison supplémentaire pour que le sujet change chaque année.

Des objectifs tous azimuts pour une équipe de professeurs motivés et chevronnés

Le projet pluridisciplinaire AstroDuclaux est avant tout fédérateur. Il est le trait d'union entre nos disciplines trop souvent cloisonnées. Il soude l'équipe pédagogique d'une classe à l'année dans un cadre différent des enseignements disciplinaires. Les nombreux échanges permettent un meilleur suivi des élèves et de découvrir des postures des élèves très

différentes selon les cours. Face à des programmes de lycée qui doivent amener les élèves à faire des choix d'orientation à la fin de la classe de seconde, il nous a paru nécessaire de montrer que nos apports disciplinaires se complètent et s'enrichissent mutuellement plus qu'ils ne s'empilent. Cela nous a demandé de définir les compétences communes sur lesquelles nous travaillons avec les élèves en plus des compétences particulières à nos disciplines.

L'organisation du projet est centrale pour le bon déroulement. Par choix de l'équipe, la classe de seconde est prise au hasard parmi les 8 classes du lycée. Les élèves sont issus de collèges très variés, et de niveaux très hétérogènes. Certains élèves le vivent dès le début d'année comme une chance, d'autres comme une corvée. Il faut donc gagner la confiance des élèves et des parents. Cette « bataille » de début d'année fut toujours difficile et nous n'avons pas trouvé le moyen de raccourcir ce temps malgré l'intervention enthousiaste des « anciens » des années précédentes. Les élèves de seconde découvrent le lycée en début d'année mais le projet est si ambitieux qu'il doit commencer rapidement. Et pourtant… en fin d'année, tous ont apporté leur pierre à l'édifice final et reconnaissent leur progression même si elle n'est pas facilement quantifiable.

De l'importance des parrains

La richesse du projet tient grandement à la présence de parrains qui ont, chaque année, eu la gentillesse de nous accompagner. Scientifiques renommés, chercheurs intervenant dans le monde entier, membres de missions spatiales internationales, universitaires aux emplois du temps surchargés, ils ont tous accueilli de façon bienveillante notre « Spoutnik pédagogique ». Ils avouent d'ailleurs volontiers que c'est l'énormité du « chantier interdisciplinaire » qui a attiré leur attention après que nous les ayons contactés.

Ils ont été des lecteurs attentifs et exigeants de nos TP et dossiers comme des productions des élèves. Leur venue au lycée et les conférences qu'ils ont données à Aurillac ont profité au plus grand nombre et sont vécues comme un moment exceptionnel pour une ville excentrée. Pour l'équipe enseignante, c'est aussi un peu notre récompense de pouvoir côtoyer un moment ces « personnages », d'où une source de motivation et de remotivation pour continuer l'année suivante.

Un bilan rapide

Cette aventure autour de l'astronomie a besoin d'un minimum d'espace au sein de l'organisation du lycée pour exister, qu'il n'a jamais été facile à dégager. Nous ne l'avons pas trouvé dans la réforme du lycée (un lycée à la carte, où le groupe classe n'est pas valorisé). Certes il existe d'autres formes d'interdisciplinarité et certains nouveaux cours portent l'étiquette « interdisciplinarité » comme dans l'enseignement scientifique de première et terminale mais ce n'est pas l'interdisciplinarité que nous avons fait vivre et pour laquelle nous n'avons pas compté nos heures de travail. Peut-être que des espaces pourront être utilisés lorsque la mise en place de la réforme du lycée se sera stabilisée ?

Le développement des connaissances en astronomie chez l'enfant d'école élémentaire.

Valérie Frède,
CLLE Université Jean Jaurès,
INSPE Toulouse Occitanie-Pyrénées, France

Introduction

Comment l'enfant construit-il ses connaissances en astronomie ? Quelles sont les différentes sources influençant ce savoir et leur pondération ? L'étude de l'acquisition et du développement des connaissances en astronomie chez l'enfant est un thème qui a fortement intéressé les chercheurs en psychologie cognitive et du développement. Depuis les années 2000, se tient un débat théorique et méthodologique à propos de la façon dont les connaissances en astronomie s'acquièrent et la façon dont elles se développent au cours du temps chez l'enfant entre 4 et 11 ans. Ce débat porte sur l'existence, la nature cohérente ou non et le rôle d'un éventuel savoir initial de l'enfant sur le développement ultérieur de ses connaissances scientifiques. En effet, on retrouve

dans la littérature deux grandes approches concurrentes qui proposent deux façons très différentes de modéliser l'acquisition et le développement des connaissances en astronomie. Ces approches sont intitulées la théorie *des modèles mentaux* et de la théorie *des savoirs fragmentés*. Selon la théorie *des modèles mentaux*, l'enfant va acquérir et structurer ses connaissances en astronomie de manière cohérente sous forme de représentations internes nommées des modèles mentaux (Vosniadou et Brewer, 1992). Le savoir initial de l'enfant (sous forme de présuppositions initiales et universelles) va contraindre très fortement le développement de ses connaissances ultérieures tandis que l'influence de son contexte culturel interviendra de manière secondaire (Vosniadou, 1994). À l'inverse, selon la théorie *des savoirs fragmentés*, les enfants vont acquérir divers fragments de connaissances à partir de leurs propres expériences et surtout grâce à des informations issues de leur contexte culturel (Nobes, Moore, Martin, Clifford, Butterworth, Panagiotaki et Siegal, 2003 ; Siegal *et al.*, 2011). Ainsi, suivant cette approche, ce sont essentiellement les informations culturelles via les enseignements scolaires, qui vont jouer un rôle principal dans le processus d'acquisition de connaissances en astronomie (Siegal, Butterworth et Newcombe, 2004).

La théorie des modèles mentaux à propos de la forme de la Terre

Selon l'approche des modèles mentaux, les enfants ont des conceptions et des idées erronées cohérentes et qui s'organisent sous forme de théories appelées des « *modèles mentaux* ». Les modèles mentaux sont considérés comme formant des structures dynamiques fortement contraintes par des présuppositions sous-jacentes (ou intuitions) telles que la présupposition de platitude : « nous vivons sur une surface plane » et celle de support : « tout objet non soutenu tombe ». Au cours de son développement, l'enfant reçoit des

informations culturelles qui vont faire évoluer son modèle mental. En effet, les informations reçues vont provoquer des changements conceptuels chez l'enfant qui lui permettront de réviser puis d'abandonner ses présuppositions initiales et ainsi d'acquérir le modèle scientifique. Suivant cette théorie, les modèles mentaux sont regroupés en trois grandes catégories : les modèles initiaux, les modèles synthétiques et les modèles scientifiques (Image 1). Les modèles initiaux sont des modèles où le sol est plat (disque plat ou forme rectangulaire) et les hommes vivent sur le « dessus » de la Terre. Les modèles synthétiques regroupent les modèles où la Terre est à la fois plate et ronde comme celui de la sphère aplatie ou creuse.

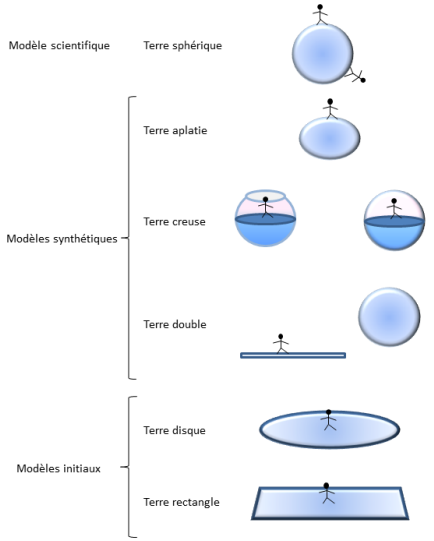


Figure 1. Modèles mentaux de la Terre
(selon Vosniadou et Brewer, 1992).

En effet, l'exposition successive à l'information scientifique de rotondité de la Terre, amène les enfants à construire des modèles « synthétiques » qui combinent cette

information avec leurs présuppositions de platitude et de support, sans qu'ils aient à gérer de contradiction puisque la Terre est à la fois plate et ronde dans ces modèles. Par exemple, dans le modèle synthétique de Terre creuse, les gens vivent à l'intérieur d'une sphère sur une surface plane. Le modèle synthétique de Terre double permet de considérer l'existence de deux Terres simultanées, la première, issue des présuppositions et des observations de l'enfant, qui est plate et sur laquelle les gens vivent ; la seconde, ronde et dans le ciel, reflétant l'information scientifique. Enfin, l'enfant construit le modèle scientifique (une Terre sphérique avec des gens pouvant vivre tout autour) lorsque toutes les présuppositions liées à la platitude et au support, ont été abandonnées (Vosniadou et Brewer, 1992). Ainsi, suivant cette théorie, l'acquisition des connaissances est fortement contrainte par ces deux présuppositions initiales (Vosniadou, 1994 ; 2007 ; Vosniadou et Brewer, 1992 ; Vosniadou et Skopeliti, 2017), ce qui explique la difficulté d'acquisition du modèle scientifique de Terre sphérique puisque celui-ci ne peut se construire qu'après abandon des présuppositions et restructuration radicale des modèles précédents au cours du temps. Suivant cette théorie, quel que soit le contexte culturel de l'enfant, les mêmes types de modèles mentaux sont identifiés au cours du développement. Ils sont donc considérés comme universels.

La théorie des savoirs fragmentés en astronomie

La théorie des savoirs fragmentés a été développée dans le domaine de l'astronomie par Gavin Nobes (Nobes *et al.*, 2003) et Michael Siegal (Siegal *et al.*, 2004). Suivant cette approche, les connaissances non scientifiques des enfants concernant la forme de la Terre ne sont absolument pas cohérentes mais sont constituées de divers fragments indépendants. Les présuppositions sont alors considérées comme inexistantes (Nobes *et al.*, 2003) ou très faiblement contraignantes (Siegal *et al.*, 2004) dans le processus d'acquisition et de

développement des connaissances en astronomie. Suivant cette approche, l'existence même des modèles mentaux est remise en cause. Ainsi, à l'inverse de la théorie des modèles mentaux, les enfants ne sont pas considérés comme des petits scientifiques qui, à partir de leurs observations, génèrent dès le début leurs propres théories explicatives de la Terre. En effet, les enfants sont supposés n'avoir aucune idée *a priori* sur la Terre et acquérir petit à petit des morceaux de connaissances grâce aux informations culturelles qu'ils reçoivent. Ces morceaux ou fragments de connaissances vont alors s'accumuler puis s'articuler pour permettre la construction du modèle scientifique attendu. Le processus d'acquisition et de développement des connaissances est alors modélisé comme un enrichissement graduel et une réorganisation des fragments jusqu'à la structuration de la connaissance scientifique. Dans ce cadre, la réorganisation des fragments est supposée être rendue possible principalement grâce aux enseignements scolaires. Cette structuration est également facilitée par l'utilisation d'artefacts culturels incluant le langage ou différents outils (livres, globes…) (Schoultz, Säljö et Wyndhamn, 2001). De ce fait, le développement des connaissances est pluriel, s'organise suivant des trajectoires individuelles différentes et est fortement dépendant du contexte socioculturel.

Débat méthodologique

Les chercheurs des deux théories en débat (modèles mentaux *versus* savoirs fragmentés) se sont également opposés par la méthodologie qu'ils ont employée. Les conclusions divergentes qu'ils ont obtenues pourraient résulter de ces différences méthodologiques (Frède, 2021). En effet, le type de questionnaire utilisé pour recueillir les conceptions des enfants est radicalement différent. Dans le cadre de l'identification des modèles mentaux, ce sont des questionnaires ouverts et des productions de dessins ou de

modèles en pâte à modeler de la Terre qui sont privilégiés. Ces méthodes sont donc principalement fondées sur des tâches de rappel de la part de l'enfant. Dans le cadre de l'identification de fragments de connaissances, ce sont des questionnaires à choix multiples et des tâches de sélection de modèles ou d'images prédéfinis qui ont été privilégiés. Dans ce cas, ce sont des tâches de reconnaissance qui sont proposées à l'enfant. Différentes critiques méthodologiques en lien avec les tâches de dessin et les formulations des questions ont été formulées. Nous expliciterons en détail ces points dans la présentation et approfondirons le débat en y intégrant une réflexion prenant en compte l'influence du contexte culturel, de l'utilisation d'artefact et de la méthode d'analyse sur les résultats. En particulier, nous détaillerons la façon dont les modèles mentaux sont identifiés à partir de l'analyse qualitative des réponses d'un même enfant à l'ensemble du questionnaire ouvert et les critiques qui ont été formulées à ce sujet. Nous verrons également que la recherche des modèles mentaux de la Terre *via* une analyse quantitative ne permet pas de conclure que les associations de réponses correspondant aux modèles mentaux non scientifiques apparaissent davantage que des associations générées au hasard. Enfin, nous discuterons de l'influence des connaissances culturelles parfois incongruentes avec celles des enseignements scolaires, dans l'acquisition et le développement des connaissances scientifiques en astronomie chez l'enfant.

Conclusion

Des perspectives intéressantes au sujet l'enseignement des concepts en astronomie et de la modélisation du développement des concepts scientifiques contre-intuitifs peuvent découler de l'analyse du débat théorique et méthodologique présenté. En effet, suivant l'approche considérée, soit le développement des connaissances est

universel et suit une progression linéaire, c'est-à-dire par étapes successives (d'un modèle mental à un autre), soit au contraire celui-ci est pluriel et fortement dépendant du contexte socioculturel. De plus, le fait de modéliser au mieux la structure des connaissances (soit majoritairement cohérente, soit majoritairement fragmentée) peut permettre de proposer des pistes d'enseignements ciblées et plus pertinentes. En effet si les connaissances sont majoritairement fragmentées alors il convient de permettre à l'enfant de sélectionner puis de structurer les fragments qu'il possède en vue d'acquérir la conception scientifique attendue. À l'inverse, si les connaissances de l'enfant s'organisent sous forme de théories cohérentes fortement contraintes par des présuppositions universelles, il convient de rechercher une méthode visant à déstabiliser en profondeur son modèle mental non scientifique afin que le modèle scientifique puisse émerger. Enfin, nous pensons que l'étude de l'influence relative des présuppositions, du contexte culturel et des enseignements scolaires explicites dans l'acquisition des connaissances en astronomie est fondamentale afin de mieux appréhender les sources de difficultés et les obstacles que peuvent rencontrer les enfants dans la construction des concepts scientifiques en astronomie.

Références bibliographiques

Frède, V. (2021). *L'acquisition et le développement des connaissances contre-intuitives en sciences. Comment l'enfant se représente-t-il le ciel et la Terre ?* Édition Cépaduès, Toulouse.

Nobes, G., Moore, D. G., Martin, A. E., Clifford, B. R., Butterworth, G., Panagiotaki, G., & Siegal, M. (2003). Children's understanding of the earth in a multicultural community: Mental models or fragments of knowledge? *Developmental Science, 6*, 72-85.

Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly talk: Discourse, artifacts and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development, 44*, 103-118.

Siegal, M., Butterworth, G., & Newcombe, P. A. (2004). Culture and children's cosmology. *Developmental Science, 7*, 308-324.

Siegal, M., Nobes, G., & Panagiotaki, G. (2011). Children's knowledge of the Earth. *Nature Geoscience 4*(3), 130-132.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*, 45-69.

Vosniadou, S. (2007). The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change. *Educational Psychologist, 42*(1), 55-66.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth : À study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*, 535-585.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*, 123-183.

Vosniadou S., & Skopeliti, I. (2017). Is it the Earth that turns or the Sun that goes behind the mountains? Students' misconceptions about the day/night cycle after reading a science text. *International Journal of Science Education, 39* (15), 2027-2051.

(Astro)physique pour intéresser les jeunes aux sciences : retour d'expériences au CRAL-Observatoire de Lyon

Isabelle Vauglin,
Centre de Recherche Astrophysique de Lyon
(URM5574/CNRS), Université C. Bernard Lyon1,
ENS de Lyon, Université de Lyon, France

Introduction

L'astronomie est une science fondamentale qui a toujours suscité l'émerveillement et demeure extrêmement populaire. De ce fait, c'est un formidable tremplin pour réconcilier le public avec la science, l'ouvrir à la compréhension des grands enjeux scientifiques actuels.

Mais la désaffection des jeunes pour les sciences est un problème qui touche la France et tous les pays occidentaux depuis plus de trois décennies comme l'a montré déjà en 2007 le rapport Rocard (2007). Il est important d'essayer de contrer ce désintérêt car il comporte, à terme, le risque

d'affecter la capacité de recherche et d'innovation de notre pays et de l'Europe alors même que notre société est de plus en plus technologique.

Science ouverte sur tous les grands domaines des sciences (spectroscopie, physique nucléaire, électromagnétisme, mécanique… ainsi que la chimie, la géométrie, les mathématiques, la biologie, etc.), l'astronomie permet d'aborder et de donner les clés pour comprendre les défis majeurs auxquels nos sociétés sont confrontées actuellement.

L'astronomie dépasse largement son domaine en direction de toutes les branches de la physique, et assure une transversalité vers les autres sciences, les lettres et les arts ce qui permet des projets largement multidisciplinaires.

Notre but a donc été d'utiliser l'attrait que l'astronomie a sur les jeunes pour leur faire aborder les sciences physiques sans un a priori défavorable. Nous avons un impact important grâce à la multiplicité de nos actions et les contacts que nous entretenons de longue date avec les établissements scolaires de l'Académie de Lyon. Nos actions sont reconnues et soutenues par les institutions telles que le Rectorat de Lyon, le CNRS et l'ENS-Lyon. Nous les avons menées avec les professeurs relais Sylvie Thiault puis Sylvain Valour, mis à disposition du CRAL par le Rectorat, et nous avons obtenu des financements variés pour réussir à les mettre en place.

Réalisées par des chercheurs.euses, nos actions ont la particularité de s'inscrire dans un laboratoire de recherche assurant l'expertise astronomique et de valoriser la recherche scientifique menée dans notre laboratoire et le patrimoine du site dans sa dimension historique et scientifique.

Les actions pédagogiques réalisées

Nous menons ces actions en étroite collaboration avec l'Éducation Nationale. Cette collaboration a conduit à l'attribution dès les années 1995 par le Rectorat d'un professeur-relais à l'Observatoire. Sa présence, quelques heures par semaine, est largement bénéfique pour augmenter la visibilité de nos actions auprès du monde enseignant et pour adapter au mieux nos actions aux attentes des professeurs, aux niveaux des élèves et aux programmes scolaires.

Au travers des ateliers et visites, les élèves peuvent approfondir des notions abordées en cours, tout en voyant des applications concrètes dans le monde la recherche. Ces activités, en lien avec le programme scolaire, remportent un franc succès parmi les enseignants qui en ont bénéficié.

La formation des enseignants

Les enseignants sont souvent demandeurs de soutien pour oser se lancer dans des projets scientifiques. Avec le professeur relais, nous essayons de répondre à leurs attentes et nous développons des ateliers, des formations, des projets qui leur sont destinés :

- stages de formation continue inscrits au Plan Académique de Formation sur des sujets variés
- ateliers mensuels, un mercredi après-midi par mois, ouverts à tous les enseignants volontaires
- soutien scientifique et référent pour leurs projets à thématique astronomique

Pour aider le plus d'enseignants possible, les documents pédagogiques utilisés pour nos formations et les archives sont disponibles sur le site internet du CRAL, à partir de nos

pages spécifiques de la formation continue : https://cral-perso.univ-lyon1.fr/labo/fc/.

Nous privilégions l'utilisation de logiciels libres et développons les activités autour de programmes tels que Stellarium, Geogebra, Iris…

Figure 1. Atelier repérage et carte du ciel pendant un stage de formation continue des enseignants du secondaire.
(© P. Merlin, CRAL)

Interventions de chercheurs en classes et accueil de classes sur le site

Des interventions de chercheurs.euses dans les classes permettent de proposer des activités scientifiques à des élèves éloignés des centres urbains ayant donc plus difficilement accès à la culture scientifique. Nous nous efforçons de répondre aux demandes des établissements de toute l'Académie.

Nous avons développé l'atelier « Soleil en classe » réalisé dans l'établissement scolaire ce qui est un vrai plus pour les enseignants, surtout ceux des zones rurales (Figure 2). Baser des ateliers sur le Soleil permet de pouvoir les réaliser pendant le temps scolaire ! Les sujets autour du Soleil sont

nombreux et conduisent à aborder la physique, la SVT, les mathématiques et même le repérage et la géographie pour les plus jeunes. Cette activité de TP permet aux élèves d'approfondir des notions abordées en cours (loi de Wien, spectroscopie, physique nucléaire…), de les ancrer dans la réalité en voyant des applications concrètes dans un domaine original, en lien avec le monde de la recherche. Elle a pour but de favoriser l'apprentissage par une activité expérimentale et de remettre les connaissances dans un contexte tangible en leur apportant une finalité.

Les observations sont faites sans danger, utilisant le matériel spécifique acheté grâce à un financement de Sciences à l'Ecole en 2016. Le traitement des données enregistrées est effectué dans les salles informatiques des lycées, en utilisant le logiciel Géogebra pour arriver à estimer la hauteur de spicules ou le diamètre de taches solaires, à identifier les raies spectrales ou à trouver la vitesse de rotation du Soleil par exemple.

Figure 2. Atelier « Soleil en classe » : interventions réalisées au sein des établissements scolaires (© I. Vauglin, CRAL)

Nous accueillons également de nombreuses classes de tous niveaux en visite sur le site de l'observatoire de Lyon, sur diverses thématiques astronomiques et pour les lycéen. nes des « visites métiers » au cours desquelles ils découvrent l'ensemble des métiers de la recherche, y compris ceux des technicien.ne.s et des ingénieur.e.s des services instrumentaux du laboratoire, en mécanique, optique, électronique, informatique… (Figure 3).

Les sujets sont variés et toujours adaptés au niveau des élèves : bien sûr le système solaire, les phases de la Lune, un tour d'univers et aussi les exoplanètes et l'exobiologie, la vie des étoiles, la mesure des distances… Avec des lycéens, les sujets abordés sont souvent plus ciblés : astronomie infrarouge, matière et énergie noires, gravitation, grandes structures… Les élèves sont toujours passionnés par les observations au télescope et remarquablement attentifs !

Figure 3 : Accueil de classes sur le site de l'Observatoire de Lyon pour des observations au télescope et pour des visites découverte des métiers de la recherche. (© I. Vauglin, CRAL)

Autour des événements astronomiques et maquettes pédagogiques

Les différents événements astronomiques sont l'occasion de mettre en place des accueils spécifiques pour les scolaires et/ou d'accompagner les enseignants pour qu'ils organisent des actions dans leurs établissements à ces occasions. Les événements sont variés : éclipses de Soleil, éclipses de Lune, passage de comètes bien sûr mais aussi transits de Vénus et transit de Mercure, 100 h d'astronomie, Nuits Galiléennes, et encore sorties des résultats du satellite Planck, lancement du satellite GAIA, atterrissage du robot Philae…

Par ailleurs, afin de mettre en application les notions abordées lors des visites, des formations ou des projets, nous avons développé de nombreuses maquettes pédagogiques pour faire comprendre et construire aux élèves. Les plans et notices d'utilisation sont en général disponibles sur notre site (https://cral-perso.univ-lyon1.fr/labo/fc/astromanu/astromanu.html). Ainsi, les enseignants peuvent exploiter la maquette Terre-Soleil, les cartes du ciel, le théodolite, l'astrolabe, l'orbilune ou encore les mallettes astronomiques Sidereus Nuncius.

Exemples de projets transverses

L'astronomie se prête particulièrement aux activités transversales ; les projets sont développés avec des enseignants de sciences physiques, de mathématiques, de SVT ainsi que d'Histoire-Géographie, de Français... Un exemple de cette transversalité est illustré dans la BD interactive et documentaire « 2101, sciences et fiction » de Chromatiques (2015, http://www.2101.fr) pour laquelle nous avons été conseiller scientifique et qui permet d'aborder de multiples thèmes comme les exoplanètes, la biosphère, les changements climatiques, les transports du futur, etc. Partant

de la science-fiction, c'est un moyen d'amener les lycéens vers des questions de science avec un support BD numérique et interactif plus attirant pour eux. Le propos de la BD est enrichi par des courtes vidéos de scientifiques spécialistes des sujets évoqués dans les épisodes.

Un autre projet transversal d'envergure centré sur la mesure du temps a été mené avec un lycée professionnel de l'automobile. L'utilisation du GPS a été la porte d'entrée de ce projet. Les professeurs de français, maths, physique, conception et atelier ont travaillé en parallèle pendant deux ans avec deux classes de 1re Pro puis Terminale Pro, ils ont conçu et construit une clepsydre. Très réussie, l'action a suscité un très fort investissement des élèves et a été récompensée lors d'ExpoSciences Rhône 2013.

Expériences fondamentales de physique

Afin d'améliorer nos offres pour les scolaires, nous avons développé des expériences de physique grâce à un soutien financier par Sciences à l'École, l'Université Lyon1 et le CNRS. Emblématiques de la physique, elles sont directement liées à certains thèmes de recherches menées à l'observatoire. Notre but est de permettre aux élèves de « faire pour comprendre » et ainsi les inciter davantage à s'intéresser à la physique.

Nous avons rédigé tous les documents pédagogiques explicatifs et développé des ateliers au cours desquels les élèves analysent complètement et exploitent les données acquises avec le logiciel Geogebra. Les collégiens et lycéens connaissent Géogebra par l'utilisation qu'ils en font en mathématiques. L'utilisation en physique est beaucoup moins fréquente et pourtant il offre de nombreuses possibilités depuis un niveau simple (dès la 4e -3e) jusqu'au niveau plus complexe de Géogébra 3D (classes de 1re et au-delà).

Nous avons développé cinq expériences présentées en détail par Vauglin (2015) :

- banc de spectroscopie : la spectroscopie est d'une importance fondamentale en astronomie. Cette expérience donne le moyen d'illustrer les notions de spectroscopie abordées dans les cours de physique et d'expliquer comment les chercheurs réussissent à tirer des paramètres physiques sur les astres observés à partir de leurs spectres.

- mesure de la vitesse de la lumière : La lumière a toujours tenu une place importante en physique. Après la question de sa nature, de nombreux physiciens ont redoublé d'imagination pour arriver à mesurer sa vitesse de propagation malgré les difficultés à surmonter. Arriver à faire la mesure de cette vitesse est fascinant pour les élèves.

- balance de Cavendish : mesurer G : la gravitation est une force omniprésente mais extrêmement faible. La constante universelle de la gravitation G fait partie des constantes fondamentales régissant la physique. Cette expérience est particulièrement délicate à réaliser et rares sont celles qui ont été montées. L'atelier proposé est particulièrement marquant puisqu'il permet d'arriver à estimer la masse de la Terre.

- méthode des transits pour la détection des exoplanètes : La maquette permet d'expliquer la méthode de détection des exoplanètes par les transits. Elle est basée sur des mesures de photométrie, notion abordée dans les programmes de lycées ; elle ouvre sur-le-champ de la SVT avec les questions d'habitabilité.

- banc de démonstration d'optique adaptative (pour niveau étudiant) : Obtenir des images à haute résolution

angulaire est un but recherché sur tous les télescopes du monde. Avec ce banc, nous pouvons montrer et faire comprendre le principe de la correction d'images par l'optique adaptative pour améliorer la qualité des images obtenues avec les télescopes au sol. La haute résolution angulaire est un domaine de recherche très actif et en pleine évolution.

Figure 4 : Utilisation des expériences de physique pour (à gauche) un TPE sur la mesure de la vitesse de la lumière, (au milieu) un TIPE sur l'optique adaptative, (à droite) une classe en demi-groupe sur la spectroscopie et l'analyse de spectres stellaire ou solaire. (© I. Vauglin, CRAL)

Les expériences peuvent être :

- expliquées et présentées aux classes par des chercheurs ou des ingénieurs lors de visites ;
- utilisées par des classes en petits groupes, pour des TPE, pour les TIPE des classes préparatoires ;
- utilisées pour la formation continue des enseignants.

Quand elles sont utilisées en autonomie par de petits groupes d'élèves, un chercheur ou un ingénieur suit leur cheminement et assure le soutien nécessaire.

Actions pour les filles en sciences

Si la désaffection des jeunes pour les filières scientifiques est préoccupante, l'absence de jeunes filles dans ces filières est encore plus choquante. Pourtant, les filles réussissent mieux scolairement que les garçons mais, à cause des préjugés et des stéréotypes, elles se dirigent après le bac vers des filières moins valorisées. Il est donc important d'arriver à convaincre les jeunes filles que toutes les voies d'études leur sont ouvertes. C'est pour cela que nous avons organisé, avec l'association Femmes & Sciences et d'autres partenaires, des actions spécifiquement pour elles.

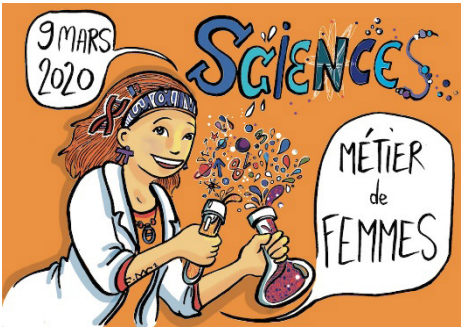
Nous avons présenté les deux actions majeures que nous organisons autour de la question des femmes en sciences lors de l'atelier 1,3 « astronomie et égalité » de ce colloque :

Journée « Sciences, un métier de femmes ! »

Cette journée a lieu le 8 mars, date symbolique de la Journée internationale des droits des femmes, depuis 5 ans ; elle reçoit un fort soutien de l'ENS de Lyon et du LabEx ASLAN, ainsi que du CNRS, de la Ville de Lyon, la MAIF et d'entreprises privées. Au fil des années, nous avons eu le privilège d'avoir Françoise Barré-Sinoussi, Anne-Marie Lagrange et Najat Vallaud-Belkacem comme marraines d'honneur.

Puisque les stéréotypes entraînent des préjugés tenaces et que les jeunes filles ont du mal à se projeter dans les filières et les métiers scientifiques, nous voulons leur montrer par l'exemple que tous les métiers scientifiques sont accessibles aux femmes : elles rencontrent des jeunes femmes doctorantes, techniciennes, ingénieures ou chercheuses travaillant des domaines technologiques et scientifiques variés, dans le public comme dans le privé. En 5 ans, nous avons touché plus de 2000 lycéennes de toute l'Académie de Lyon, y compris et surtout des lycées éloignés des centres urbains.

Nous faisons réaliser depuis 2018 un bilan de la journée sous forme de BD pour les envoyer aux lycéennes ayant participé aux journées « Sciences, un métier de femmes ! » afin qu'elles gardent un souvenir marquant quand elles font leurs choix d'orientation (https://aslan.universite-lyon.fr/evenements-grand-public/sciences-un-metier-de-femmes-5-191781.kjsp?RH=1523974383591).



Le succès de chaque édition montre que le manque de références féminines dans le monde scientifique a un impact énorme sur la représentation qu'ont les jeunes filles de la place de la femme en sciences et démontre la pertinence de s'adresser directement aux lycéennes.

La Science Taille XX Elles

Dans la dynamique du projet initié par Toulouse, avec le groupe lyonnais de Femmes & Sciences, la Délégation Rhône Auvergne du CNRS et l'École normale supérieure de Lyon, nous avons décliné le concept « La Science taille XX Elles » dans la région lyonnaise. Le but est de mettre en lumière les femmes scientifiques d'aujourd'hui et leur métier et d'attirer l'attention de nos concitoyens pour qu'ils se rendent compte de la présence et des performances des femmes en sciences. Il s'agit également de proposer aux filles des portraits de femmes scientifiques actuelles qui soient des

modèles auxquels elles puissent s'identifier et qui les aident à se projeter dans ces métiers-là.

Conclusions

Même si nous avons de très nombreuses demandes, les actions de diffusion des sciences que nous réalisons ne se mesurent pas seulement en quantité de publics touchés mais également par leur qualité et par leur pertinence : au cours des années, de nombreuses classes suivies dans leurs projets ont participé, et parfois été primées, à des concours tels que les Olympiades de Physique, les concours C'Génial collège et C'Génial lycée et le Rallye Mathématiques ou ExpoSciences. À cela s'ajoutent les enseignants concernés par les formations et ateliers dispensés par l'Observatoire et qui organisent ensuite des projets liés à l'astronomie avec leurs classes.

L'astronomie est donc pour nous un moyen efficace d'intéresser les jeunes aux sciences sans qu'ils aient un a priori défavorable. La force de l'astronomie est de permettre en quelque sorte de faire passer les élèves de « Pfff, on va encore faire de la physique » à « chouette, on va faire de la physique ! ». Le fait d'être en contact direct avec des astrophysicien.nes et, pour les visites, dans un laboratoire de recherche ajoute à l'impact sur les élèves.

Concernant les suivis et soutiens aux enseignants qui mènent un projet « astronomie » dans leur classe, les retours sont très positifs : les élèves sont enthousiastes et s'impliquent souvent très largement, les enseignants en sont même surpris. Dans ce cadre inhabituel, les élèves sont souvent très intéressés et attentifs. Les interventions de chercheurs en classe sont unanimement appréciées ; les élèves attentifs, même sur des temps « longs », posent de nombreuses questions. D'une façon générale, les enseignants disent qu'ils ne se seraient pas lancés dans le projet s'ils n'avaient pas pu compter sur le soutien du chercheur. Ce soutien dépasse bien souvent la

seule intervention pour se poursuivre par des échanges de mail permettant de continuer à répondre à des questions.

L'implication en temps pour les chercheurs est importante pour réaliser ces activités mais les retours enthousiastes des jeunes et des enseignants prouvent que l'impact est positif et que cela en vaut la peine. On peut cependant regretter que ces activités ne soient pas mieux reconnues dans la carrière des chercheurs.

Références bibliographiques

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe. Commission Européenne, Direction Générale de la Recherche – Sciences, économie et société - EUR 22 845

https://www.eesc.europa.eu/en/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe

Version française ici : http://www.ac-grenoble.fr/missionsciences/pdf/ressources/2007_report-rocard-on-science-education_fr.pdf

Vauglin, I. (2015). Expérience de physique fondamentale à l'observatoire de Lyon. Cahiers Clairaut n° 150, été 2015, p. 28-32.

http://clea-astro.eu/archives/web/resume.php?num_fas=152&num_art=1725

Chuizzi, P., Chaudieu, G., et al (2015). 2101, sciences et fiction. Société Chromatiques Production

http://www.2101.fr

https://cral-perso.univ-lyon1.fr/labo/fc/astromanu/astromanu.html

Vingt ans de formation des professeurs à l'Observatoire de Paris

Noël Robichon
GEPI, Observatoire de Paris-PSL, France

Introduction

L'activité de recherche en astronomie est la mission fondamentale de l'Observatoire de Paris depuis la fin du XVIIe siècle. L'enseignement et la diffusion des connaissances constituent ses deux autres missions statutaires. Depuis une vingtaine d'années, à côté des enseignements traditionnels – master (ex DEA) et études doctorales – d'autres filières ont vu le jour : enseignement à distance sous forme de diplômes d'université ou de MOOCs et formation des professeurs.

Quelques chiffres

Les activités de formation des professeurs sont assurées par une équipe d'une dizaine de personnes composée de quatre maîtres de conférences, un astronome, une professeure relais de l'académie de Créteil et une administrative pour

le secrétariat auxquels s'adjoignent une demi-douzaine de jeunes chercheurs, attachés temporaires d'enseignement et de recherche ou thésitifs dans le cadre de leur mission doctorale. Une cinquantaine d'intervenants réguliers ou ponctuels, chercheurs ou ingénieurs à l'Observatoire, complète cette équipe, en particulier dans le cadre des parrainages de classes.

Chaque année, entre 350 et 450 enseignants participent à nos formations dont la moitié sous forme de parrainages de classe.

Philosophie de la formation des professeurs à l'Observatoire.

L'objectif de la formation des professeurs est évidemment de développer l'astronomie dans les écoles, de la maternelle au lycée voire en premier cycle universitaire (BTS, DNMADE, classes préparatoires scientifiques).

L'accompagnement des enseignants de tous niveaux est au centre de notre démarche. N'étant pas pédagogues de formation et la pédagogie n'étant pas au centre de nos recherches, nous nous positionnons avant tout comme spécialistes en astronomie et nous sommes là pour apporter les bases conceptuelles – en particulier celles en rapport avec les programmes scolaires – ou des savoir-faire observationnels (utilisation de petits instruments d'astronomie, de cadrans solaires, etc.). L'astronomie n'est quasiment jamais abordée au cours des études que les enseignants ont suivies. En primaire, ce ne sont malheureusement pas les quelques heures consacrées aux sciences en ESPE qui peuvent suffire à rendre les professeurs des écoles à l'aise pour aborder les points d'astronomie au programme, a fortiori quand la majorité n'a pas suivi un cursus universitaire scientifique. Dans le secondaire, même pour un enseignant de physique, les lacunes en astronomie sont indéniables, cette discipline

étant malheureusement absente de la plupart des masters de physique généralistes.

L'aspect didactique de l'astronomie est abordé en dialogue avec les enseignants. Ce sont eux qui apportent leur expertise en pédagogie ou sur les processus d'apprentissage des élèves. Avec un groupe d'une vingtaine d'enseignants, il est, de toute façon, illusoire de proposer des activités avec les élèves qui conviennent à tous. Nous proposons des activités centrées sur les questions importantes à se poser et utilisant des outils adaptés (maquettes, logiciels, série de questions/réponses, calculs, etc.) que les enseignants peuvent ensuite se réapproprier en construisant leurs propres séquences pédagogiques. Par exemple, nous proposons différentes activités pour illustrer et comprendre les phases de la lune : placer une boule de polystyrène au Soleil lorsque la lune est visible, utiliser la même boule avec une lampe en changeant de point de vue, utiliser une maquette plus complexe incluant un globe terrestre, observer directement pendant une lunaison l'âge de la lune en fonction des jours, compléter ces observations avec Stellarium, etc. L'idée n'est pas de donner des outils pratiques réexploitables directement en classe, mais de proposer des scénarios d'activités déclinables par chaque enseignant selon la pédagogie qu'il souhaite utiliser avec son groupe d'élèves.

Par principe, nos formations sont gratuites ou les moins chères possible quand nous n'avons pas le financement suffisant comme, par exemple, pour nos écoles d'été à l'Observatoire de Haute-Provence.

Enfin, nous restons ouverts et adaptables à toute nouvelle demande de formation émanant des enseignants comme des institutions (inspecteurs, ESPE, etc.).

Contenu des formations.

Avec des partenaires institutionnels

Au niveau secondaire, nous organisons tous les ans une vingtaine de journées dans le cadre des plans académiques de formation des trois académies de la région parisienne. Les stages pour les professeurs de physique ou de mathématiques sont en général organisés sur trois jours. La thématique des stages change régulièrement au gré des cahiers des charges fournis par les directions de la formation des rectorats et des modifications de programmes.

Au niveau primaire, nous avons monté, pendant des années, de nombreuses animations pédagogiques (Paris, Hauts-de-Seine) en lien avec des inspecteurs de circonscription sur les programmes d'astronomie de primaire. Ces formations sont quasiment à l'arrêt depuis deux ans lorsque le ministère a décidé que les animations pédagogiques concerneraient uniquement le français et les mathématiques. Seul un stage de quatre demi-journées est maintenu au plan départemental de formation de Paris.

Le format typique d'une journée alterne exposés sur les notions astronomiques et travaux pratiques. S'ajoutent des visites des sites de l'Observatoire, qui permettent de replacer nombre de concepts astronomiques dans leur contexte historique. Des séances d'observations sont également organisées quand le sujet du stage le permet.

Formations à inscription libre

À côté des actions de formation continue organisées avec les partenaires institutionnels, nous proposons ou avons proposé toute une gamme de formations à inscription libre :

- Parrainages de classes. Il s'agit d'établir un partenariat entre un enseignant qui souhaite mener des activités autour de l'astronomie avec ses élèves et un chercheur de l'Observatoire. La forme est totalement libre, de quelques conseils ou une visite de l'Observatoire à l'écriture d'une pièce de théâtre. Ce format, particulièrement souple, s'adapte à toutes les formes de pédagogies et à tous les projets du moment que l'entente entre enseignant et parrain est bonne. Près de 200 parrainages sont organisés tous les ans. Une communication dans ce colloque leur est consacrée.

- Journées et demi-journées thématiques. Ces formations permettent d'aborder un thème précis un mercredi. Un exposé rapide est suivi de présentations d'activités et d'une discussion sur la manière de les aborder avec les élèves.

- Soirées d'observation à la lunette Arago à Paris. Deux soirées mensuelles autour du premier quartier sont organisées d'octobre à mai pour des petits groupes d'enseignants. C'est l'occasion de faire découvrir le ciel et de partager l'émotion d'observer la lune et les planètes pour déclencher, chez les enseignants, l'envie de poursuivre avec leurs élèves.

- Écoles d'astronomie de 3 à 5 jours. Selon les années, nous avons monté des écoles à Nançay sur la radioastronomie ou sur l'observation avec des petits instruments, à Meudon pour les enseignants de primaire ou sur les programmes de lycée. Une école d'été à l'OHP, centrée sur l'observation, est organisée de manière pérenne tous les deux ans.

- Formations à distance. Voici une vingtaine d'années, un site web couvrant toute l'astronomie et l'astrophysique a été créé comme support à une formation en ligne

pour les enseignants. Le contenu de chaque chapitre est ponctué d'exercices. L'enseignant inscrit à la formation fait ces exercices et les réponses sont envoyées à un tuteur qui les corrige et envoie ses commentaires. Le tuteur est également là pour répondre par mail à toutes les questions que peut se poser l'enseignant qui suit la formation. Cette formation n'a malheureusement pas eu le succès escompté. Si le contenu encyclopédique du site est très apprécié des enseignants qui ne manquent pas une occasion de nous remercier de disposer d'une source fiable d'information écrite par des astronomes professionnels, en revanche, ils ne sont pas très nombreux à vouloir s'investir sur plusieurs semaines ou plusieurs mois. Cette formation est maintenant proposée au grand public sous forme de diplômes d'université avec un succès considérable.

Analyse des formations

De nos vingt années de pratique de formation des professeurs en astronomie, nous pouvons tirer un certain nombre de leçons à différents niveaux : problèmes organisationnels, adéquation de la formation initiale des enseignants avec les parties du programme traitant de l'astronomie, apport d'un enseignement de niveau grand public à nos collègues chercheurs, didactique de l'astronomie, etc.

Problèmes techniques

Les stages ou les formations organisés avec des partenaires institutionnels sont souvent lourds à monter. Une journée de stage correspond souvent à plusieurs réunions en amont avec des inspecteurs, des conseillers pédagogiques et autres enseignants conseillers détachés auprès des rectorats. De plus, une fois que l'on a réussi à monter une formation,

elle est difficile à pérenniser sur plusieurs années du fait des changements de personnes, des incessantes modifications de programmes ou de cahiers des charges des PAF.

En ce qui concerne les formations à inscription libre, la principale difficulté est de les faire connaître aux enseignants. Aucune liste de diffusion n'existe et les académies refusent systématiquement de servir de relais.

Nous constatons également un changement dans le comportement des enseignants face à des formations à inscription libre, même quand elles sont gratuites. Pour un certain nombre de raisons liées à l'augmentation de la charge de travail (explosion du nombre de réunion...) ou au manque de reconnaissance de la profession, la plupart des enseignants sont de plus en plus réticents à prendre sur leur temps libre pour s'autoformer.

Pédagogie et didactique

Même si nous ne sommes pas spécialistes de didactique de l'astronomie, nous pouvons tirer quelques conclusions basées sur nos années de pratique avec les enseignants (et les élèves dans le cadre des parrainages). À partir de quelques exemples pratiques (construction de maquettes du Système solaire, cadrans solaires...) nous dégagerons quelques pratiques à éviter pour ne pas induire de mauvaises représentations dans l'esprit des élèves.

Par ailleurs, nous nous pencherons sur la pédagogie utilisée lors de nos stages avec les enseignants eux-mêmes en position d'apprenants. Par exemple, les formations que nous proposons sont en général courtes, entre une demi-journée et trois jours. Une manière efficace de faire passer des concepts en si peu de temps est sous forme d'exposés, donc avec une pédagogie frontale. Dès lors, est-il légitime de prôner une pédagogie basée sur la démarche d'investigation

avec les élèves ? Et comment tester cette pédagogie avec des adultes, enseignants de surcroît, qui n'ont pas la même structure neuropsychologique qu'un enfant ?

Par ailleurs, nous discuterons également de l'utilité, pour un chercheur de devoir se mettre au niveau des enseignants (et des élèves lors de séances avec une classe parrainée).

Conclusion

Plusieurs milliers d'enseignants sont passés par l'Observatoire de Paris en formation continue ces vingt dernières années en une palette très vaste de formats, du parrainage de classe au stage du PAF, de la soirée d'observation à la lunette Arago au stage d'une semaine à l'Observatoire de Haute-Provence. Le point commun de toutes ces formations est le souci de transmettre aux élèves de tous âges, par l'intermédiaire des enseignants, non seulement notre passion pour l'astronomie, mais aussi et surtout une part essentielle de la culture scientifique que tout citoyen se doit de posséder pour comprendre le monde qui l'entoure.

Faire de l'astronomie à la manière des astronomes : L'effet d'un programme de formation des maîtres à propos des phases de la Lune sur les apprentissages en astronomie et le sentiment d'auto-efficacité des enseignants participants et de leurs élèves

Pierre Chastenay
Département de didactique,
Université du Québec, Montréal, Canada

Introduction

L'enseignement de l'astronomie dans les classes québécoises du primaire (élèves de 6 à 12 ans) et du secondaire (élèves de 12 à 17 ans) a pris son plein essor avec la réforme des programmes scolaires du milieu des années 2000, qui comprenaient pour la première fois des savoirs essentiels et des concepts prescrits en astronomie (ministère de l'Éducation, 2006 a ; 2006 b ; ministère de l'Éducation, du Loisir et du

Sport, 2007 ; Thouin, 2015). Cela a cependant mis en évidence un manque flagrant de préparation et de formation du côté des enseignants, comme l'ont révélé deux sondages menés en 2014 et 2015 auprès de 638 enseignants du primaire (Chastenay, 2014 ; 2018 ; Chastenay et Riopel, 2019). Plus de la moitié des répondants ont reconnu ne jamais aborder cette matière en classe. Parmi les raisons invoquées pour expliquer cet évitement, la principale concerne le manque de formation initiale et continue pour l'enseignement de l'astronomie et la croyance qu'ont les enseignants de ne posséder ni les connaissances, ni les compétences pour enseigner cette matière de manière efficace.

Pour remédier à cette situation, nous avons conçu un programme de formation des maîtres en astronomie qui aborde les savoirs essentiels et les concepts prescrits contenus dans les programmes scolaires (cycle diurne, phases de la Lune, saisons, etc.). Cette formation promeut une approche de l'enseignement de l'astronomie fondée sur une analyse épistémologique et historique du mode de production des connaissances par les astronomes et, ultimement, amène les apprenants à « faire de l'astronomie à la manière des astronomes ». Dans le présent texte, nous détaillerons les fondements épistémologiques et théoriques de notre approche et ses liens avec la théorie du changement conceptuel. Nous exposerons ensuite la façon dont nous l'avons transposée dans le contexte d'une formation des maîtres à propos des phases de la Lune destinée à des enseignants de la fin du primaire et du début du secondaire. Enfin, nous présenterons les résultats d'une étude empirique visant à mesurer l'impact de cette formation sur les apprentissages en astronomie et le sentiment d'auto-efficacité des enseignants participants ainsi que leurs élèves. En conclusion, nous présenterons des pistes pour l'utilisation de cette approche pour l'enseignement d'autres concepts de base en astronomie.

Comment les astronomes font de l'astronomie ?

La première étape de toute entreprise de découverte est le questionnement, essentiel à la démarche d'investigation scientifique. Comme l'écrivait Gaston Bachelard, « toute connaissance est une réponse à une question » (1938, p. 14). Mais la question seule ne suffit pas ; il faut l'opérationnaliser pour en faire une véritable question de recherche. Cette opérationnalisation passe d'abord par l'émission d'hypothèses quant à la question de départ. Ensuite, en se basant sur ces hypothèses, les astronomes conçoivent diverses façons de recueillir les observations qui leur permettront de juger de leur pertinence.

L'étape de l'observation permet de faire remarquer qu'en astronomie, l'on ne peut manipuler les objets d'étude (si l'on exclut les roches lunaires, les météorites et la poussière de comète). Là où la physicienne peut varier la tension électrique aux bornes d'un montage expérimental, ou le chimiste changer les concentrations de ses réactifs, impossible pour l'astronome de changer la température de surface d'une étoile pour voir comment cela influencera sa couleur, ou de lancer deux galaxies l'une contre l'autre pour étudier les débris de leur collision. Les astronomes ne peuvent que recueillir patiemment les signaux que nous envoient les astres et essayer d'en déduire le plus d'informations possible à propos de leur nature et de leur évolution.

Une fois les observations recueillies, vient l'étape de l'analyse et de la synthèse, qui permet de repérer dans les données les régularités, les corrélations, les cycles et les invariants qui s'y cachent. Il s'agit d'une étape très importante, puisqu'elle permet d'extraire d'une grande quantité de données un minimum de faits et de relations (la synthèse) que l'on cherchera ensuite à reproduire et à expliquer. En effet, ce que la synthèse révèle, c'est ensuite à un modèle de le

reproduire le plus fidèlement possible. Par le biais du modèle, qui est une représentation fonctionnelle et simplifiée d'une classe d'objets ou de phénomènes (Roy et Hasni, 2014), les astronomes ne retiennent que certains éléments d'une réalité complexe pour la représenter de façon plus simple et facilement manipulable. En astronomie, le modèle est en outre le seul outil que l'on peut manipuler pour contrôler les variables, tester une nouvelle hypothèse, faire des prédictions, etc. C'est le statut épistémologique particulier du modèle en astronomie qui lui confère une si grande importance dans le travail des astronomes.

Que font les astronomes une fois que le modèle qu'ils ont conçu reproduit fidèlement les observations ? Ils publient leurs résultats, bien sûr, généralement dans des journaux scientifiques révisés par les pairs, afin de les soumettre au regard critique de leurs collègues. Ils en profitent également pour faire un certain nombre de prédictions, basées sur le modèle, et proposer des applications qui mèneront à de nouvelles questions de recherche, de nouvelles hypothèses, et un nouveau cycle de découverte (voir figure 1).

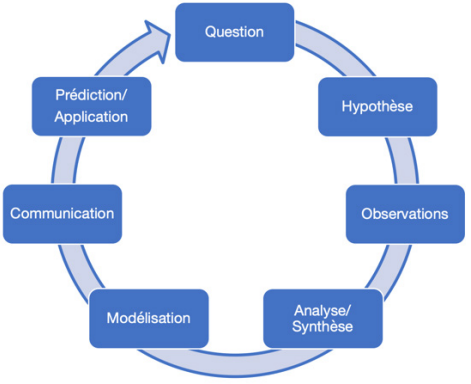


Figure 1. Le cycle de découverte en astronomie. Source : Auteur.

Les exemples historiques à l'appui de cette lecture épistémologique de la production de nouvelles connaissances en astronomie sont nombreux. L'histoire de la révolution copernicienne (Kuhn, 1957), avec les travaux de Copernic (hypothèse héliocentrique), Tycho Brahe (observations précises des mouvements de la planète Mars) et Kepler (analyse mathématique et modélisation par le biais des trois lois du mouvement planétaire, puis publication des Tables rudolphines en 1627), en est une représentation classique, mais la découverte de Neptune (Grosser, 1962), l'élaboration du diagramme H-R (Porter, 2003) ou, plus récemment, la découverte de planètes extrasolaires grâce au télescope spatial Kepler (Chastenay, 2020) illustrent tous la façon dont les astronomes produisent de nouvelles connaissances par le biais du cycle de découverte en astronomie.

Cycle de découverte, transposition didactique et changement conceptuel

Comment le cycle de découverte en astronomie peut-il être transposé en classe de science et conduire à une meilleure compréhension des phénomènes astronomiques par les apprenants ? Dans le paradigme socioconstructiviste, qui est l'un des fondements du programme scolaire québécois, l'objectif principal de l'enseignement des sciences est le changement conceptuel, c'est-à-dire l'évolution des conceptions initiales des élèves vers les concepts scientifiques. Selon Potvin *et al.* (2020), l'un des modèles les plus couramment utilisés pour étudier le changement conceptuel est celui de Posner *et al.* (1982) et Strike et Posner (1985 ; 1992), qui propose un cheminement en quatre étapes : créer de l'insatisfaction par rapport aux conceptions initiales, puis démontrer l'intelligibilité, la plausibilité et la fécondité des nouvelles conceptions. On peut ainsi établir des liens entre les étapes du cycle de découverte en astronomie, le modèle du

changement conceptuel et les objectifs didactiques poursuivis en classe, tels que présentés dans le tableau 1.

Cycle de découverte en astronomie	**Changement conceptuel (Posner *et al*.)**	**Objectif didactique**
Question		Dévolution du problème, prise en charge par les élèves
Hypothèse	Insatisfaction	Expression des conceptions initiales des élèves et début de remise en question
Observation	Insatisfaction Intelligibilité	Familiarisation avec les manifestations du phénomène astronomique à l'étude, poursuite de la remise en question des conceptions
Analyse/synthèse	Intelligibilité	Recherche de régularités dans les données, création d'une base de faits (synthèse) pour la modélisation à venir (ce qu'il faut expliquer et reproduire)
Modélisation	Intelligibilité Plausibilité	Reproduction concrète des conceptions « en évolution » des élèves, établissement de liens entre observation, analyse et modélisation
Communication	Intelligibilité Plausibilité	Ancrage du modèle dans le langage des apprenants, familiarisation accrue avec le concept astronomique et ses conséquences
Prédiction/ Application	Fécondité	Démonstration du caractère fructueux du modèle, source de motivation pour les apprenants, décontextualisation et recontextualisation du modèle

Tableau 1. Le cycle de découverte en astronomie, ses liens avec le modèle du changement conceptuel de Posner et al. (1982) et Strike et Posner (1985 ; 1992) et sa transposition didactique en classe.

Chaque étape du processus est importante et poursuit un objectif qui lui est propre. Question et hypothèse permettent la dévolution du problème vers les élèves et un début de remise en question de leurs conceptions, tandis que l'observation systématique les familiarise avec le phénomène à l'étude. L'analyse et la synthèse leur permettent d'extraire de la somme des données les éléments cruciaux et essentiels que le modèle devra reproduire. L'étape de la modélisation est cruciale : pour Astolfi et Drouin (1992), la modélisation est un véritable « outil de résolution de problèmes » (p. 93), et c'est au moment de la modélisation que les apprenants construisent véritablement leur compréhension du mécanisme à l'origine du phénomène étudié et se l'approprient de manière approfondie ; dans les mots de Jonassen (2008), « *when students construct models, they own the knowledge* » (p. 680). La communication entre pairs est tout aussi importante pour bien ancrer le modèle dans le réseau conceptuel de l'apprenant : comme l'écrivait Vygotsky, « le mot est l'outil direct de la formation des concepts » (2014, p. 525). Enfin, la prédiction et les applications basées sur le modèle, importantes sources de motivation, finissent d'en démontrer la fécondité et peuvent ouvrir sur de nouvelles questions qui initient un nouveau cycle de découverte.

Faire de l'astronomie à la manière des astronomes

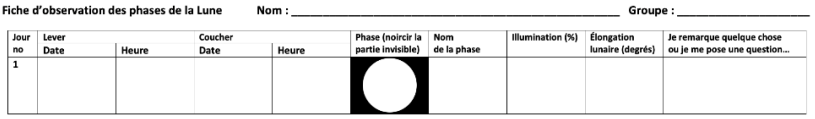
En nous basant sur les considérations théoriques décrites ci-dessus, nous avons conçu une activité de formation des maîtres visant l'apprentissage du mécanisme des phases de la Lune. Cette activité s'est déployée sur deux journées, à un mois d'intervalle, et comportait les étapes suivantes :

Jour 1 : Présentation du cadre conceptuel de l'activité (cycle de découverte en astronomie, théorie du changement conceptuel, conceptions fréquentes à propos des phases lunaires, etc.) et présentation des outils d'observation (fiche d'observation des phases de la Lune, gratuiciel d'astronomie

Stellarium[1], etc.). Étapes de questionnement, hypothèses et début d'observation.

Jour 2 : Retour sur les observations, analyse et synthèse, modélisation concrète, réinvestissement (prédictions et applications), retour réflexif sur les conditions de l'utilisation de cette approche en classe de science.

Entre ces deux journées, les participants (des enseignants de la 4e à la 6e année du primaire et de secondaire 1 et 2) étaient invités à observer la Lune quotidiennement et à compléter une fiche d'observation des phases de la Lune (figure 2), soit par observation directe, soit en utilisant le gratuiciel Stellarium.


Fiche d'observation des phases de la Lune **Nom :** _____ **Groupe :** _____

Jour no	Lever Date	Heure	Coucher Date	Heure	Phase (noircir la partie invisible)	Nom de la phase	Illumination (%)	Élongation lunaire (degrés)	Je remarque quelque chose ou je me pose une question…
1									

Figure 2. La fiche d'observation des phases de la Lune (extrait). Source : auteur.

Lors du retour, après un mois d'observation, les participants ont été amenés à analyser les données recueillies à l'aide d'un cahier d'analyse préparé par le formateur. Ce cahier, proposant une forme d'échafaudage conceptuel, a servi à guider les participants dans la recherche d'invariants et de cycles enfouis dans leurs données. Par exemple, en traçant les courbes de l'illumination et de l'élongation de la Lune en fonction de sa phase, les apprenants ont pu mieux apprécier le caractère cyclique des phases lunaires (figure 3).

1 https://stellarium.org/fr/

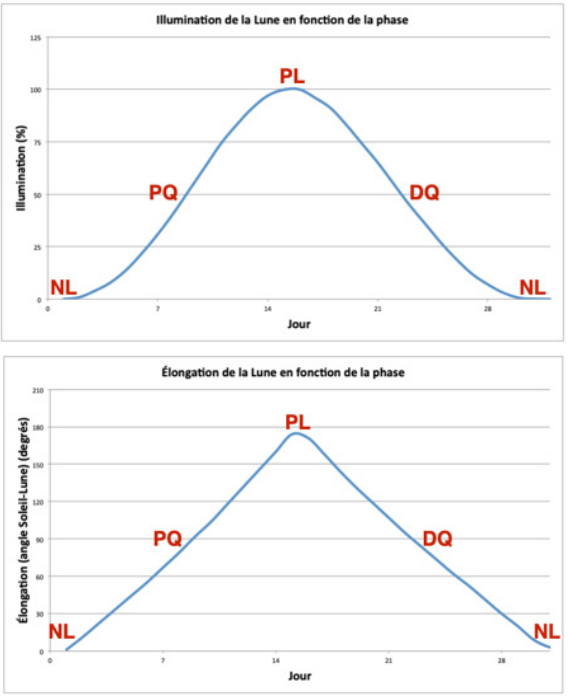


Figure 3. Illumination et élongation de la Lune en fonction de sa phase. Source : auteur.

Ultimement, les résultats de l'analyse et leur synthèse ont servi de base aux apprenants pour l'exploration en dyades d'un modèle concret (des boules de styromousse blanches représentant la Lune, une ampoule nue pour le Soleil et leur propre tête représentant la Terre, voir figure 4) permettant de reproduire leurs observations. Les apprenants ont été invités à discuter entre eux et présenter leur modèle aux autres équipes afin de multiplier les occasions de dialogue. Ce modèle a servi non seulement à reproduire ce qui avait été observé, mais il a également servi à expliquer la variation des heures de lever et de coucher de la Lune en fonction de sa phase, explorer la formation des éclipses et répondre à des questions émergentes, comme la fréquence des éclipses et la

formation des phases ailleurs dans le système solaire (phases de la Terre vues de la Lune, phases de Mercure et Vénus, etc.).

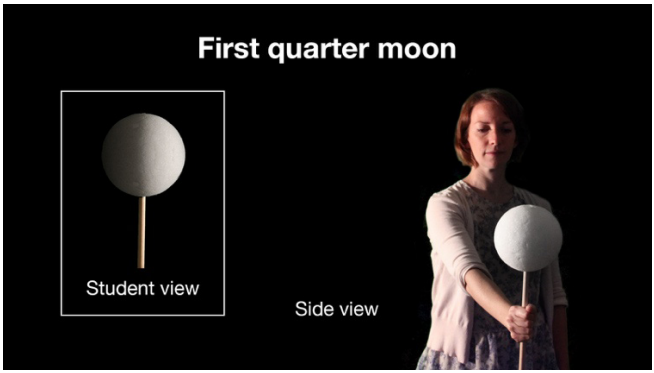


Figure 4 : Modélisation des phases de la Lune. Dans cette image, la lampe représentant le Soleil est à gauche (hors champ). La clé de la réussite de cette activité est une pièce parfaitement sombre, idéalement sans fenêtre. Source : Nasa.

En parallèle à cette activité de formation des maîtres, et avec l'accord explicite des participants, nous avons procédé à une série de prises de mesures pré et post-intervention afin d'évaluer l'impact de l'activité sur les apprentissages en astronomie des participants à propos des phases de la Lune, ainsi que sur leur sentiment d'auto-efficacité (Bandura, 1997 ; 2010), défini comme la façon dont ils perçoivent leur habileté à comprendre et enseigner les phases lunaires, comparé à celles de leurs pairs, ou à ce qu'était la perception de leur propre habileté avant le début de la formation (Cokley, 2000). Pour ce faire, nous avons utilisé un questionnaire de type « inventaire de concept » (*concept inventory*) à propos des phases de la Lune (Chastenay et Riopel, 2020) ainsi qu'un questionnaire d'auto-efficacité basé sur le questionnaire de Potvin et Hasni (2014). Le questionnaire d'auto-efficacité avec échelle de Likert à six niveaux demandait aux répondants d'indiquer leur niveau d'accord ou de désaccord avec des énoncés comme « Comparé aux autres enseignants de mon école, je considère

que je suis bon pour enseigner les phases de la Lune ». L'alpha de Cronbach du questionnaire d'auto-efficacité est de .886 (prétest) et .718 (post-test), ce qui est généralement considéré comme très bon et bon, respectivement (Cronbach, 1949 ; 1951).

Ces deux instruments ont été administrés avant le début de la première journée de formation et à nouveau à la fin de la seconde journée de formation. Dix-huit enseignants ont complété les deux questionnaires ; la comparaison de leurs résultats pré et post-intervention à l'aide de deux tests t pour échantillons appariés montre que la formation a eu un effet positif sur leurs apprentissages à propos des phases de la Lune ($M = 7.611$, $ET = 3.616$, $t(17) = 8.930$, $p < .001$, $d = 2{,}10$) et sur la perception de leur propre habileté à comprendre cette matière et à l'enseigner à leurs élèves ($M = 1.464$, $ET = 1.067$, $t(17) = 5.820$, $p < .001$, $d = 1{,}37$). Les valeurs du d de Cohen (Cohen, 1988 ; 1992) indiquent un effet de très grande taille de l'intervention en ce qui concerne les apprentissages à propos des phases lunaires et un effet de moyenne à grande taille en ce qui concerne le sentiment d'auto-efficacité (Sawilowsky, 2009).

Deux enseignantes de 5e et 6e année du primaire (élèves de 11 et 12 ans) ont accepté de mettre leur formation en pratique dans leur propre classe ; nous avons donc obtenu l'autorisation des parents de leurs élèves pour effectuer les mêmes prises de mesures auprès d'eux à l'aide des mêmes instruments, mais adaptés à leur groupe d'âge. Là aussi, les résultats de la recherche montrent une meilleure compréhension de la part des élèves du mécanisme des phases de la Lune après l'activité, ainsi qu'un meilleur sentiment d'auto-efficacité par rapport à leur compréhension de ce phénomène astronomique (tableaux 2 et 3). Même deux mois après la fin de l'intervention, apprentissages et auto-efficacité se sont maintenus. Un groupe témoin constitué d'élèves de

5e année du primaire ayant étudié les phases lunaires à l'aide d'un manuel scolaire et le visionnement de vidéos n'a montré aucune différence significative entre les prétests et les post-tests.

Tableau 2. Comparaison des moyennes (tests t pour échantillons appariés) des réponses au questionnaire à propos des phases de la Lune (prétest, post-test et post-test avec délai de 2 mois) des élèves du primaire ayant participé à la recherche (N = 34).

Tests	**Différence**	**ET**	**t**	**p**	**d Cohen**
Phases Lune					
Post-Pré	8.176	3.988	11.954	.001	2,05
Post (délai) -Pré	6.353	4.007	9.245	.001	1,59
Post (délai) -Post	-1.823	2.139	-4.972	.001	0,85

Tableau 3. Comparaison des moyennes (tests t pour échantillons appariés) des réponses au questionnaire d'auto-efficacité (prétest, post-test et post-test avec délai de 2 mois) des élèves du primaire ayant participé à la recherche (N = 34).

Auto-efficacité	**Différence**	**ET**	**t**	**p**	**d Cohen**
Post-Pré	.855	.963	5.177	.001	0,89
Post (délai) -Pré	.846	.873	5.657	.001	0,97
Post (délai) -Post	.009	.612	.084	.933	0,01

Conclusion

Nous avons présenté les fondements épistémologique et historique d'une nouvelle approche de l'enseignement de l'astronomie que nous avons mise à l'essai dans le cadre d'une formation des maîtres à propos des phases de la Lune. Les résultats d'une étude empirique menée auprès des enseignants participants et de leurs élèves montrent des gains importants en termes d'apprentissage à propos des phases lunaires, mais également au niveau du sentiment d'auto-efficacité des répondants. Nous croyons donc qu'il s'agit là d'une approche prometteuse qui permet d'aborder une foule

de concepts de base en astronomie, comme le cycle diurne, les saisons, les mouvements apparents des planètes, etc., en amenant les apprenants à observer les phénomènes de manière systématique, à analyser leurs observations, à en faire la synthèse et à les modéliser. L'observation et la modélisation sont au cœur du travail des astronomes lorsqu'ils produisent de nouvelles connaissances et ce travail de recherche peut être transposé en classe de science en proposant aux élèves et à leurs enseignants d'apprendre des concepts astronomiques de base en faisant de l'astronomie à la manière des astronomes.

Références bibliographiques

Astolfi, J.-P. et Drouin, A.-M. (1992). La modélisation à l'école élémentaire. Dans J.-L. Martinand (dir.), *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences* (p. 55-117). Paris : INRP.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy : Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, *84* (2), 191-215. https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191

Bandura, A. (2000). Exercise of human agency through collective efficacy. *Current Directions in Psychological Science, 9*(3), 75-78. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00064

Chastenay, P. (2014). The state of astronomy teaching in Québec's primary and elementary schools: A survey of teachers. *Journal and Review of Astronomy Education and Outreach*, *1* (2), A3-A40.

Chastenay, P. (2018). To teach or not to teach astronomy, that is the question: Results of a survey of Québec's elementary teachers. *Journal of Astronomy and Earth Sciences*

Education, *5* (2), 115-136. https://doi.org/10.19030/jaese.v5i2.10221

Chastenay, P. et Riopel, M. (2019). A logistic regression model comparing astronomy and non-astronomy teachers in Québec's elementary schools. *Journal of Astronomy and Earth Sciences Education*, *6* (1), 1-16. https://doi.org/10.19030/jaese.v6i1.10288

Chastenay, P. (2020). Comment les astronomes font-ils de l'astronomie ? *Spectre, 50* (1), 11-14.

Chastenay, P. et Riopel, M. (2020). Development and validation of the Moon Phases Concept Inventory for Middle School. *Physical Review Physics Education Research*, *16* (2), 1-14. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020107

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2e éd.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, *112*(1), 155-159. https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155

Cokley, K. (2000). An investigation of academic self-concept and its relationship to academic achievement in African American college students. *Journal of Black Psychology*, *26* (2), 148-164. http://doi.org/10.1177/0095798400026002002

Cronbach, L. J. (1949). *Essentials of psychological testing*. New York, NY : Harper & Row.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*, 297-334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Grosser, M. (1962). *The Discovery of Neptune*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Jonassen, D. (2008). Model building for conceptual change. Dans S. Vosniadou (dir.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (p. 676-693). New York, NY : Routledge.

Kuhn, T. S. (1957). *The Copernican Revolution*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Ministère de l'Éducation (2006a). *Programme de formation de l'école québécoise, éducation préscolaire, enseignement primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation (2006 b). *Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, premier cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2007). *Programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.

Porter, R. (2003). *The Cambridge History of Science*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. et Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66* (2), 211-227.

Potvin, P. et Hasni, A. (2014). Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *Journal of Science Education and Technology*, *23* (6), 784-802. http://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x

Potvin, P., Nenciovici, L., Malenfant-Robichaud, G., Thibault, F., Sy, O., Mahhou, M. A., Bernard, A., Allaire-Duquette, G., Blanchette Sarrasin, J., Brault Foisy, L.-M., Brouillette, N., St-Aubin, A.-A., Charland, P., Masson, S., Riopel, M., Tsai, C.-C., Bélanger, M. et Chastenay, P. (2020).

Models of conceptual change in science learning : Establishing an exhaustive inventory based on support given by articles published in major journals. *Studies in Science Education*, *56* (2), 157-211. http://doi : 10.1080/03057267.2020.1744796

Roy, P. et Hasni, A. (2014). Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec. *McGill Journal of Education/Revue des sciences de l'éducation de McGill*, *49* (2), 349-371. https://doi.org/10.7202/1029424ar

Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, *8*(2), 597-599.

Strike, K. A. et Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. Dans L. H. T. West et A. L. Pines (dir.), *Cognitive Structure and Conceptual Change* (p. 211-231). Orlando, FL : Academic Press.

Strike, K. A. et Posner, G. J. (1992). À revisionist theory of conceptual change. Dans R. A. Duschl et R. J. Hamilton (dir.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (p. 147-176). Albany, NY : State University of New York Press.

Thouin, M. (2015). L'astronomie dans le Programme de formation de l'école québécoise et dans la classe. *Vivre le primaire*, *28* (1), 47-49.

Vygotski, L. (2014). *Histoire du développement des fonctions psychiques supérieures* (trad. Françoise Sève). Paris : La Dispute.

Ateliers

Atelier :
Astronomie et égalité des chances

Olga Suarez,
Observatoire de la Côte d'Azur, France

L'astronomie est utilisée dans les classes comme vecteur d'égalité dans plusieurs domaines de la société : égalité des chances pour les élèves de zones sensibles ou physiquement éloignées des centres de culture ; égalité filles/garçons par la présentation du rôle historique des femmes en astronomie ; égalité entre les élèves plus forts académiquement et ceux plus faibles, en les faisant participer à des projets qui ne sont pas forcément basés sur les connaissances enseignées à l'école.

Cet atelier a comme objectif de partager des expériences, des outils et des méthodologies qui permettent de favoriser ce rôle important de l'astronomie dans la société.

Contributions à l'atelier

L'atelier a été constitué d'une série de présentations et discussions, dont le programme a été :

Olga Suarez – Introduction – « Le projet d'égalité des chances MEDITES »

Danielle Briot – « Ving ans d'Astronomie dans les prisons »

Raphaël de Assis Peralta – « SpaceBus France, une initiative de médiation scientifique nationale »

Isabelle Vauglin – « (Astro) physique pour intéresser les jeunes aux sciences »

Vincent Heussaff – « Organiser une journée astronomie : une chance de développer l'égalité scolaire et le lien école-parents »

Isabelle Vauglin – « Inciter les filles à faire des sciences »

Quentin Branchereau – « Le jeu de cartes éducatif «La frise chrono des pionnières de l'astronomie» »

Interventions des participants et discussion ouverte

Bilan de l'atelier

Cet atelier a montré que l'astronomie est un outil très valable pour favoriser l'égalité de chances auprès des élèves dans les classes, mais pas uniquement. Des publics fragiles, comme ceux des prisons, peuvent profiter de l'ouverture que les interventions par des astronomes leur offrent.

L'astronomie peut également servir pour créer un lien dans les zones d'éducation prioritaire entre l'école et les parents. Elle peut être utilisée également comme vecteur pour démonter les stéréotypes existant dans la société sur les capacités des filles pour devenir scientifiques, notamment en mettant en valeur des femmes astronomes, dans l'histoire et aujourd'hui.

Nous avons constaté que de nombreuses actions qui utilisent l'astronomie pour arriver à une société plus égalitaire

sont réalisées avec succès. Un accord général pour encourager d'autres actions de ce type a été exprimé par les participants à l'atelier.

Astronomie et égalité des chances à l'Académie de Nice : projet MEDITES

Olga Suarez,
Quentin Branchereau,
Aurélie Marcotto,
Observatoire de la Côte d'Azur, France

Martina Ferraris,
Observatoire de la Côte d'Azur,
IFREME, Brest, France

Anne-Sophie Coldefy,
Université Côte d'Azur, France

Introduction

Le projet MEDITES a été financé par les « Projets d'Investissements d'Avenir (PIA) » entre 2014 et 2018. L'objectif de ce projet était de promouvoir l'égalité des chances en rapprochant la culture scientifique des élèves issus de quartiers prioritaires ou de zones rurales isolées de l'Académie de Nice. Le but étant d'éveiller la curiosité et l'esprit critique des jeunes de zones difficiles ou éloignées en

leur proposant un accès à la culture scientifique. Ce projet était dédié principalement aux élèves de 5e ou en lycée professionnel.

L'astronomie dans MEDITES

Le projet MEDITES était constitué de plus d'une quinzaine de parcours dans les classes, centrés sur des disciplines différentes. Chaque parcours comportait une dizaine de séances dans la classe, où les élèves étaient accompagnés de scientifiques ou de médiateurs.

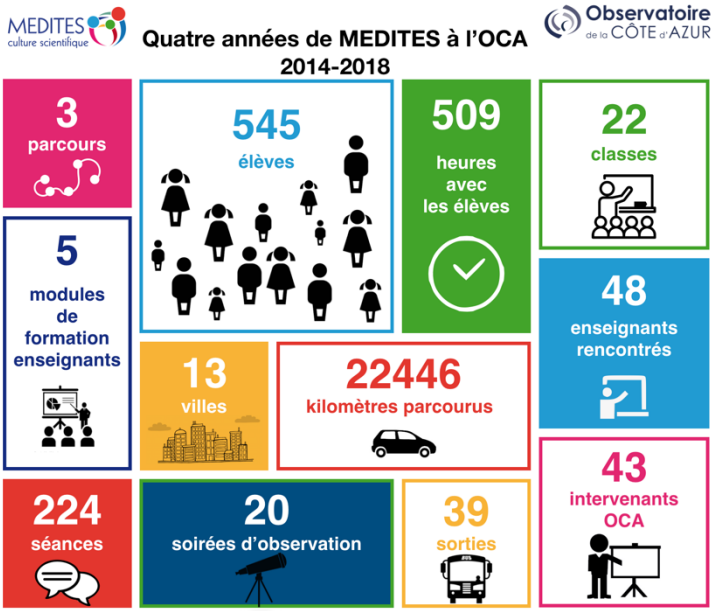
L'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) a proposé 3 parcours dans ce cadre :

- Parcours Observation de l'Univers, dans lequel les élèves observaient leur environnement (Soleil, Lune) et ils finissaient par utiliser un télescope de 1 m de l'OCA pour participer à des observations de recherche ;
- Parcours Gaia, dans lequel les élèves comprenaient les enjeux d'une mission spatiale et apprenaient les différentes techniques d'observation ;
- Parcours Monde Nocturne, un parcours multidisciplinaire dans lequel les élèves ont découvert la faune et la fleure nocturne, les problèmes reliés à la pollution lumineuse et l'astronomie.

Les chercheurs ont ainsi partagé leurs recherches avec les élèves. Ils leur ont appris la méthode scientifique et les différents métiers que l'on peut exercer dans le monde de la recherche.

Une partie importante du projet a été aussi la formation des enseignants, qui sont à même de poursuivre l'esprit du projet abordé avec les outils qui ont été laissés en classe : solarscopes, gnomons, cahiers d'observation de la Lune,

jeux pour apprendre le déroulement d'une observation astronomique, maquette pour représenter et mesurer les transits d'exoplanètes...



Récapitulatif des interventions réalisées par l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA) dans le projet MEDITES.

Bilan du projet

Le projet MEDITES nous a donné plusieurs clés concernant l'éducation en astronomie pour l'égalité des chances :

- L'astronomie est un sujet qui permet facilement d'accéder au public scolaire puisqu'elle fait appel à leur imaginaire et à la quête de nos origines.
- La passion de leur métier transmise par les intervenants est fondamentale pour attirer les jeunes en difficulté

puisqu'ils aperçoivent ainsi un monde d'adultes heureux de contribuer à la science.

- Une personne de référence accompagnait toujours chaque classe. Ceci est devenu fondamental pour les élèves qui y ont trouvé un lien plus proche et personnel.
- Les parents apprécient fortement l'investissement des chercheurs auprès leurs enfants. Issus de milieux défavorisés, ils sont conscients que c'est une chance d'être en relation directe avec les scientifiques.
- Les élèves ont exprimé comme un des aspects positifs du projet l'établissement d'un lien différent au sein de la classe qui participe à un projet de ce type, et également entre les élèves et l'enseignant ou enseignants responsables.
- La plupart des élèves ont acquis des connaissances à la fin du projet, en rapport avec le sujet. Mais une évaluation à plus long terme serait nécessaire pour savoir si ces connaissances persistent.
- Le but ultime du projet étant d'éviter le décrochage scolaire, nous avons constaté à chaque fois des élèves qui s'étaient désintéressés de toutes les matières sauf du projet MEDITES. Une évaluation à plus long terme aurait permis de savoir si la participation à ce projet a permis à ces élèves de poursuivre leur scolarité.

Vingt ans d'Astronomie dans les prisons

Danielle Briot,
Régis Courtin,
Observatoire de Paris-Meudon, France

Introduction

Depuis plus de vingt ans Régis Courtin et moi-même, astrophysiciens de l'observatoire de Paris-Meudon, allons dans des prisons, à travers toute la France, métropole et outremer, pour parler d'astronomie et discuter avec les détenus. Nous avons ainsi été dans plus d'une douzaine de prisons.

Depuis le début, ces conférences, cours et discussions rencontrent un vif succès et chaque fois que c'est possible, des interventions supplémentaires sont demandées.

Il apparaît ici un double paradoxe :

1. Le premier paradoxe est que des personnes qui ont un quotidien très lourd et très anxiogène, s'intéressent

à une science qui ne leur apporte aucun avantage matériel.

2. Le deuxième paradoxe est que des personnes enfermées autant qu'il est possible, soient passionnées par l'immensité de l'Univers.

Nous pouvons brièvement expliquer cela parce que les connaissances que nous leur apportons représentent une évasion par l'esprit.

Quelques-unes des raisons pour porter les connaissances astronomiques dans les prisons.

Dans de précédentes publications nous avons déjà exposé quelques-uns des arguments pour défendre l'introduction de l'astronomie dans les prisons. Nous les reprenons brièvement ici.

- L'astronomie est actuellement une science très attractive. Il y a chez tout homme un besoin fondamental de connaître le monde et son l'origine. Ainsi, avec les mathématiques, l'astronomie est la plus ancienne des sciences. De plus, les découvertes astrophysiques actuelles sont très "médiatisées" et cela contribue à rendre l'astronomie une science très populaire. L'astronomie peut ainsi conduire les détenus à réfléchir avec plaisir sur une science qui peut a priori apparaître élitiste.

- Les détenus restent en prison pendant un temps plus ou moins long et il est important pour eux et pour la société tout entière que ce temps ne soit pas complètement du temps perdu. Les possibilités d'enseignement sont très différentes suivant les prisons. Alors que des prisons peuvent offrir aux détenus la possibilité de cours, depuis des cours pour

illettrés afin d'obtenir le CFG (Certificat de Formation générale, ancien Certificat d'Études Primaires) jusqu'à des cours de niveau universitaire, d'autres prisons n'ont que des offres d'enseignement beaucoup plus limitées. Toutes les possibilités que nous pouvons offrir aux détenus pour augmenter leur culture et favoriser leurs sujets de réflexion sont essentielles.

- Les détenus, en particulier les illettrés qui de surcroît peuvent se trouver dans un pays qui leur est étranger, représentent la partie la plus défavorisée de la société française et peuvent se croire oubliés de tous. Il est important que des universitaires, représentant la classe dite "intellectuelle", se déplacent pour venir discuter avec eux, et parler de sujets qui leur sont inconnus, ou qu'ils désirent approfondir, en particulier parce qu'ils en ont pris connaissance par les différents médias. Une telle possibilité de rencontre est en fait beaucoup plus rare à l'extérieur.

- La dernière raison n'est pas la moins importante : ne passons pas sous silence le fait qu'il est très plaisant pour l'intervenant de parler d'un sujet qui le passionne devant un auditoire très intéressé et qui ne cesse de demander de nouvelles interventions.

Caractéristiques de l'auditoire

Au 1er janvier 2020, 70 651 personnes étaient détenues dans les prisons françaises ce qui représente un peu plus de 1/1000 de la population française.

Les femmes représentent 3,8 % de la population carcérale, et en fait très peu d'activités culturelles leur sont accessibles. Comme dans beaucoup de conférences de diffusion de la science, l'auditoire est très hétérogène. D'une façon générale, le niveau de l'auditoire dépend de l'organisation du cours ou

de la conférence : si l'intervention est destinée à une classe d'illettrés, le niveau de l'auditoire dans sa globalité ne sera pas le même que si la conférence est organisée par la bibliothèque par exemple.

Dans un même auditoire, certains ont déjà des connaissances scientifiques et posent des questions pertinentes, alors que pour d'autres c'est le premier contact avec l'astronomie. Il est important de ne pas prendre en considération uniquement les premiers parce qu'ils sont plus visibles.

Nous devons garder en mémoire que l'auditoire n'a accès qu'à très peu de livres scientifiques, n'a pas accès à internet et que nous sommes leurs seuls interlocuteurs dans ce domaine.

Quelques problèmes spécifiques

Bien évidemment, un auditoire actif et qui pose des questions est beaucoup plus intéressant pour le conférencier. Cependant, certaines questions en dehors du cadre de l'astronomie ne sont pas réellement de notre compétence. Comment répondre à :

"Oui, je crois aux planètes parce que c'est dans le Coran.", ou "Le Coran parle de l'expansion de l'Univers, qu'est-ce que vous en dites ?"

"De toute façon, c'est Dieu qui a créé le monde..."

"Et les sept ciels ?"

"Mais la Terre est plate, la preuve, tous les avions passent au-dessus de l'Europe."

Il n'y a pas de réponse simple...

Une des possibilités est d'expliquer qu'il y a plusieurs façons indépendantes de chercher la vérité : la science, la religion et aussi l'art, la philosophie... Que toutes ces démarches sont

parfaitement honorables mais totalement indépendantes. Nous avons expliqué que "les sept ciels" ne correspondent pas à l'Univers que nous étudions, qu'il s'agit d'un symbole, d'une figure allégorique.

Il est essentiel de prendre ces questions au sérieux, de ne pas les éluder et de n'humilier personne. Il ne faut surtout pas "se mettre en scène" et même si la question est posée, de ne pas afficher ses convictions non plus que son absence de conviction. Autant que possible, il faut éviter que la conférence ne quitte le domaine scientifique pour aborder aux rives de la théologie, quelle que soit la religion dont il est question.

Il est probable que des enseignants dans l'enseignement secondaire ont les mêmes problèmes. Des discussions entre enseignants pourraient à ce sujet nous apporter une aide profitable.

Conclusion

Il est remarquable que l'astronomie et l'astrophysique soient des sujets qui ont tant de succès auprès des auditoires de détenus. Lorsque d'anciens détenus nous abordent, comme cela nous est arrivé plusieurs fois dans les transports en commun, et nous parlent de nos conférences, nous pouvons considérer que ce ne fut pas du temps perdu.

Au sujet des conférences organisées à la prison de la Santé par le philosophe François Chouquet, de l'Université Denis Diderot, auxquelles nous avons participé de nombreuses fois, un ancien prisonnier a écrit : "Et croyez-moi, après des années de quartier d'isolement, cette activité culturelle, véritable ouverture sur le monde des lumières, me faisait un bien immense car j'avais l'impression de redécouvrir les beautés de la civilisation."

C'est par la connaissance, la culture générale à apporter aux détenus que l'on peut donner les outils et les éléments, pour établir la pensée, la clarifier, et finalement aider à prendre les bonnes décisions pour ce qui suivra, après la sortie.

Plus les détenus auront eu l'occasion de réfléchir, plus ils auront d'éléments pour faire des choix et orienter leur vie après leur libération.

Références bibliographiques

Briot D. (2009). "From A Closed World to the Infinite Universe" "The Role of Astronomy in Society and Culture" Proceedings IAU Symposium 260, D. Vals-Gabaut & A. Boksenberg, eds. p. 475.

Briot D. (2010). "Bringing the Universe to a confined world: Astronomy in prisons". IAU XXVIIth General Assembly, August 2009, Rio de Janeiro (Brazil), Special Session 4 "Astronomy Education between Past and Future", Highlights of Astronomy, Volume 15, p. 653.

SpaceBus France, une initiative de médiation scientifique nationale

Raphaël Peralta,
CEA-Saclay, France

Diane Bérard,
LESIA-Observatoire de Paris, France

SpaceBus France est une association loi 1901 à but non lucratif née en 2017 de la volonté de trois docteur.e.s en astronomie de proposer un événement scientifique ouvert à tous, qui allie culture et divertissement. À portée nationale, l'association a de multiples objectifs : faire découvrir l'astronomie et la science de manière ludique aux scolaires et au grand public ; former à la démarche scientifique ; créer un lien entre professionnel.le. s ; amateurs de l'astronomie et grand public ; promouvoir la place des femmes dans les sciences ; et sensibiliser à la protection environnementale.

Au cours de l'année, SpaceBus France est sollicité par divers organismes d'éducation pour participer, à raison d'une

fois par mois, à des festivals à caractère scientifique. Ces festivals sont :

- Organisés par des associations d'éducation, comme par exemple, la First Lego League Junior à Bois-d'Arcy avec l'association In Genius ou l'Opération mars 2020 à Dieppe avec l'association Pilotes et cie ;
- En lien avec l'Education Nationale. Nous avons fait une initiation à l'astronomie pendant trois jours à Lusignan auprès de primaires et de collégiens, ainsi qu'à Val-de-Reuil sur quatre jours dans le cadre des stages apprenants mis en place par le gouvernement suite à la crise sanitaire ;
- En collaboration avec des instituts de recherche, tels que l'événement Face à l'Univers à l'occasion des 80 ans du CNRS à Gif-sur-Yvette et le festival Du Big bang aux Big Bands, organisé par l'Université Paris-Sud ;
- Au sein d'événements à portée nationale ou régionale, comme la Fête de la Science ou le festival Star's Up à Meudon.

Pendant l'été, SpaceBus France organise un événement itinérant d'un mois dans une région de France pour aller directement à la rencontre du grand public et lui faire découvrir gratuitement l'astronomie.

Ce périple national a démarré au mois d'août 2018 sur la côte méditerranéenne et s'est poursuivi sur le littoral atlantique en août 2019, faisant escale dans 30 villes au total. En 2021, nous parcourons les côtes de la Manche, entre Rennes et Dieppe, en faisant escale dans une douzaine de villes. SpaceBus France se concentre pour l'instant, principalement sur les littoraux pour correspondre aux mouvements de

population liés aux vacances d'été et ainsi toucher le plus grand nombre. Nous diversifions au maximum nos étapes afin d'aller dans les zones peu desservies par des événements culturels et scientifiques, en allant notamment dans les zones rurales, les banlieues et les centres de loisirs.

Nos animateurs sont des professionnel.le.s de l'astronomie (chercheurs.es, ingénieur.e.s, doctorant.e.s). Ils animent bénévolement les différents ateliers. Le public et les scolaires sont ainsi directement au contact avec des professionnel.le.s au fait des dernières avancées scientifiques. De plus, pour le public éloigné des centres de recherche, ce contact est souvent le premier et il permet de casser le mythe des professionnel.le.s en astronomie inaccessibles ou accessibles seulement à une élite intellectuelle. En outre, les activités de SpaceBus France donnent également l'occasion aux chercheurs, surtout aux doctorants, d'avoir une expérience de médiation scientifique : cela leur permet de prendre du recul et de valoriser leurs travaux auprès du public.

Dans le but de respecter les objectifs de l'association, nous veillons à respecter une mixité dans les profils des animateurs :

- Mixité professionnelle : l'astronomie étant un domaine très vaste, chaque bénévole apporte sa propre expertise sur un sujet particulier (galaxies, planètes, météorites, étoiles, etc.) permettant de répondre à une grande variété de questions selon les détails souhaités par le public et le niveau de chacun.

- Mixité de genre : il y a autant de femmes que d'hommes scientifiques permettant une juste représentation de la place des femmes en science auprès du grand public, et notamment auprès des jeunes filles, ce qui contribue à réduire l'autocensure par rapport aux sciences.

- Mixité de formation : la diversité des profils des bénévoles représente la variété de parcours scolaires et de métiers possibles dans les domaines de l'astronomie et du spatial, permettant aux plus jeunes de s'en inspirer.

- Mixité d'âge : nous recensons également de nombreux jeunes professionnel.le.s de l'astronomie, ce qui permet de casser le mythe des astronomes vieillissants et de montrer que l'astronomie est un domaine évolutif et dynamique.

Afin de rendre l'astronomie accessible à tous, l'association SpaceBus France a créé plusieurs animations qui permettent d'aborder différents thèmes sur l'astronomie et l'espace par une approche ludique. Cette variété d'animations permet d'explorer les centres d'intérêt et l'imaginaire d'un plus grand nombre de personnes. Nous avons voulu ces animations interactives afin de privilégier la participation du public et amorcer ainsi un dialogue entre les participants et les animateurs. En plus des concepts scientifiques, nous voulons également sensibiliser le public à la démarche scientifique.

Dans ce but, nous utilisons différents outils pédagogiques :

- Des jeux de questions-réponses pour que le public participe à la réflexion, de manière individuelle ou collective, et soit acteur de l'apprentissage. C'est le public qui donne le rythme de l'animation et l'animateur s'adapte au niveau de chacun ;

- Des maquettes et des objets à manipuler qui permettent l'approche visuelle et kinesthésique ;

- Des nouvelles technologies (escape game, réalité virtuelle et augmentée) pour apprendre en s'amusant grâce à un environnement artificiel et interactif ;

- Des expositions avec des questions pour que le visiteur s'informe par lui-même et à son rythme ;
- Des observations du ciel qui permettent de découvrir de ses propres yeux la beauté des astres.

Grâce à ces différents outils, l'axe des animations peut être orienté selon l'intérêt du public, les questions posées, l'âge et le niveau de chacun.

En trois ans, les événements de SpaceBus France ont rassemblé plus de 25 000 visiteurs dans une cinquantaine de villes, du passionné d'astronomie au promeneur curieux. Les retours du public, enfants ou adultes, sont très positifs et montrent que nous jouons un rôle important dans l'accès de l'astronomie pour tous. Nous recherchons continuellement de nouvelles collaborations pour toucher de nouvelles personnes et élargir nos activités. Nous avons d'ores et déjà prévu une collaboration avec les associations F-HOU, SAF et Vigie-Ciel pour organiser dans quatre villes d'Ile-de-France des événements de deux jours durant le premier semestre 2021.

Références bibliographiques

Site internet de SpaceBus France : www.spacebusfrance.fr

Organiser une journée astronomie : une chance de développer l'égalité scolaire et le lien école-parents

Vincent Heussaff,
Ecole Arthur Rimbaud, Chanteloup-lès-Vignes, France

Introduction

Pourquoi réaliser une journée astronomie dans une école d'un réseau d'éducation prioritaire ?

La première raison est qu'il s'agit d'un public peu familiarisé avec cette thématique. Malgré une possible proximité géographique avec des lieux de culture scientifique, les enfants en sont malheureusement en pratique éloignés. La deuxième est que l'astronomie est une porte ouverte sur les cultures. Chaque peuple, chaque culture a de tout temps tourné son regard vers le ciel. Il suffit de voir les différentes cosmogonies que les êtres humains ont imaginées à travers le monde pour répondre à cette question essentielle : d'où venons-nous ? Enfin, la dernière est qu'avec des activités adaptées, il est possible d'assurer la réussite même pour les

élèves les plus en difficultés qui peuvent au contraire se révéler dans des activités décrochées du travail scolaire habituel.

Enjeux

Le lien école-parents

En réseau d'éducation prioritaire, le lien avec les parents est l'un des enjeux essentiels. En effet, c'est dans ce milieu que se trouvent les parents les plus éloignés de la culture scolaire. Or, ce lien est l'un des éléments qui permettent d'assurer la réussite des enfants et donc l'égalité des chances. Il est important de multiplier les occasions de faire entrer les parents au sein de l'école notamment autour de projets décrochés du cadre scolaire habituel.

Réinvestissement des connaissances

Apprendre une nouvelle notion nécessite de la réinvestir. En ce sens, un excellent moyen de consolider les acquis est de faire partager sa découverte, expliciter et verbaliser les nouvelles connaissances à autrui. Suite à l'organisation d'activités autour de l'astronomie, un retour des enfants vers les parents permet d'assurer le réinvestissement des connaissances mais aussi de permettre aux notions abordées de perfuser au sein des familles afin de toucher indirectement un plus large public.

Retour d'expérience : organisation de la journée

Des activités adaptées

Dans le cadre de notions nouvelles ou de domaines avec lesquels les enfants ne sont pas familiers, tous les élèves partent du même niveau. Un élève en réussite scolaire n'aura pas forcément plus de connaissances de départ qu'un élève en difficulté. Il est d'ailleurs possible de constater l'inverse,

ce qui est un premier moyen de valoriser l'élève en difficulté en mettant en avant sa culture scientifique ou sa curiosité. Partant de ce constat, il est important de proposer aux élèves des activités sur lesquelles ils seront en réussite. C'est le cas d'activités de classement ou d'observation, notamment d'images, auxquelles l'astronomie se prête particulièrement.

La place des questions

Il est également important lors des activités de laisser un temps suffisant aux questions. À cet âge, les enfants en ont souvent beaucoup, parfois éloignées du sujet mais bien souvent très pertinentes. Là encore, des élèves en difficulté scolaire peuvent se révéler être ceux qui posent les questions les plus pertinentes. Non bridés par la mise en échec à laquelle ils sont souvent confrontés, ils peuvent alors révéler leur potentiel.

Un temps porte ouverte à l'école

Une journée astronomie peut se conclure par un temps fort qui marquera l'esprit des enfants et assurera ainsi une meilleure mémorisation des connaissances. C'est l'occasion de faire entrer les parents au sein de l'école dans un cadre qui n'est plus strictement scolaire. Ce moment de partage des découvertes de la journée au sein de l'école permet de nouer ou consolider le lien entre les parents et l'école. Il peut s'organiser suivant les deux axes développés ci-après.

La verbalisation pour consolider

Un premier volet correspond à différents ateliers. Ces derniers reprennent les activités principales proposées aux enfants au cours de la journée. Il est alors important qu'ils soient acteurs de l'activité. C'est à eux que revient le rôle de présenter aux parents ce qu'ils ont fait avec l'appui

des animateurs ou enseignants. Cet appui vise à recadrer le vocabulaire employé, préciser le contenu scientifique et approfondir le sujet avec les parents qui le souhaitent. Un point essentiel est la présence de matériel (mallette météorite, planetterella, posters, balances martiennes et lunaires, radiotélescope, spectromètres réalisés par les enfants, prismes, disques de Newton, cartes du ciel, télescopes...) permettant de rendre concrètes et visuelles les thématiques abordées.

Des expositions ciblées

Un second volet correspond aux expositions. Elles permettent deux choses : assurer la circulation et la répartition du public lors de l'événement mais aussi ouvrir sur d'autres points d'intérêts. Dans le cadre des réseaux d'éducation prioritaire, l'ouverture culturelle est un point d'importance. À travers une exposition comme « ciel, miroir des cultures », l'astronomie permet le dialogue des cultures autour d'une thématique universelle. Autre sujet général et pouvant toucher le grand public : l'espace. Une exposition présentant les enjeux économiques, scientifiques et techniques de l'aventure spatiale permet de mettre en avant l'importance de son utilisation dans le monde d'aujourd'hui (exemple : l'espace à quoi ça sert ?). Enfin, une exposition présentant les métiers scientifiques permet de mettre en perspective cette journée dans le cadre plus général de la construction d'un parcours scolaire. D'autant plus dans ces milieux, les enfants doivent se donner le droit de rêver à ces métiers qu'ils pensent pour beaucoup inaccessibles et réservés à d'autres.

Conclusion

L'astronomie est un moyen de développer l'égalité dans le cadre scolaire. Pour cela, deux points apparaissent comme essentiels : mettre en réussite les élèves en difficultés par des activités adaptées et valorisantes et renforcer le lien avec les

parents autour d'un moment de partage. L'organisation de journées astronomie devrait être suivie d'un retour sur les activités réalisées des enfants vers les parents au sein de l'école. Si cela demande un investissement supplémentaire de l'équipe enseignante et des animateurs, cet effort portera ses fruits en développant le lien entre l'école et les parents et en nouant un dialogue entre les cultures enrichissant pour l'ensemble des parties.

Inciter les filles à faire des sciences

Isabelle Vauglin,
CRAL-Observatoire de Lyon, CNRS,
Université Lyon1, ENS-Lyon, France

Introduction

Les inégalités entre les sexes dans les formations et dans les carrières scientifiques et technologiques sont toujours d'actualité et le nombre des femmes y est toujours (très) insuffisant. Pourtant, les filles sont presque à parité avec les garçons en terminale S et elles réussissent mieux scolairement que les garçons à tous les niveaux. Mais, à cause des stéréotypes qui entraînent des préjugés tenaces, elles ne se dirigent pas après le bac vers des filières scientifiques. De plus, les figures féminines sont très peu nombreuses dans le monde scientifique, les filles n'ont donc pas de modèles féminins auxquelles s'identifier.

Il est important d'arriver à convaincre les jeunes filles qu'elles ont accès à toutes les voies d'études. Dans ce but nous avons organisé, avec l'association Femmes & Sciences, l'ENS-

Lyon et d'autres partenaires, des actions spécifiquement pour elles, qui ont un triple but :

- Donner aux filles confiance en leurs capacités de réussir,
- Les convaincre que TOUS les métiers scientifiques leur sont accessibles,
- Leur donner des modèles féminins

Nous présentons deux actions majeures que nous organisons.

Journées « Sciences, un métier de femmes ! »

Pour lutter contre les préjugés et de défendre les valeurs d'égalité des chances entre les sexes, nous organisons à Lyon depuis cinq ans l'événement "Sciences, un métier de femmes !" sur la date symbolique du 8 mars. Avec cette journée, nous voulons montrer par l'exemple aux lycéennes que tous les métiers scientifiques sont accessibles aux femmes en les faisant rencontrer des jeunes femmes doctorantes, techniciennes, ingénieures ou chercheuses travaillant des domaines technologiques et scientifiques variés. Ces marraines témoignent de la diversité de leur profession et de leurs parcours d'étude et démontrent que les femmes ont la capacité d'accéder à tous les métiers. En 2018, Mme Françoise Barré-Sinoussi, prix Nobel de médecine, nous a fait l'honneur d'accepter d'être marraine d'honneur de l'événement ; en 2020, c'est Mme Najat Vallaud-Belkacem qui a accepté ce rôle.

Photos : les marraines de « Sciences, un métier de femmes ! » 2020 (à gauche : le groupe complet ; à droite : pendant les discussions avec les lycéennes)

En 5 ans, nous avons accueilli plus de 2100 lycéennes de toute l'Académie de Lyon. Pour favoriser la participation des lycéennes des zones rurales, ayant encore plus difficilement accès à la culture scientifique, nous prenons en charge le transport. Organisée par Femmes & Sciences en collaboration avec le LabEx ASLAN, elle est possible grâce au fort soutien de l'ENS de Lyon.

Les retours que nous recevons des questionnaires adressés aux lycéennes et aux enseignant.e.s ayant participé sont très positifs :

- 82 % des lycéennes ont trouvé la journée utile pour leur avenir
- 84,5 % déclarent que les marraines leur ont donné confiance en leur capacité à réussir
- 60,5 % estiment que cette journée a changé leur façon de voir les métiers scientifiques
- 34 % affirment que la journée aura un impact sur leurs études futures

Plusieurs lycéennes affirment avoir changé les vœux d'études supérieures suite à leur participation à cette journée.

Exposition « la Science taille XX Elles »

Le groupe lyonnais de Femmes & Sciences, avec le CNRS et l'ENS-Lyon, a décliné en 2019 sur Lyon le concept « La Science taille XX Elles » initié par Toulouse. Le but est de mettre en lumière les femmes scientifiques d'aujourd'hui et leurs multiples contributions ; leurs profils variés reflètent la diversité des métiers scientifiques. Il s'agit également de proposer aux filles des portraits de femmes scientifiques actuelles, bien dans leur vie et dans leur métier, qui soient des modèles auxquels elles puissent s'identifier et qui les aident à se projeter dans ces métiers-là.

Les portraits ont été réalisés par le photographe Vincent Moncorgé et l'exposition existe dans les régions de Toulouse, Lyon et Ile-de-France où elles sont empruntables gratuitement par les établissements scolaires et les lieux de cultures. Des conférences et rencontres avec les femmes scientifiques sont envisageables lors de journées d'animations prévues pendant la période de l'emprunt, dans les trois régions.

Quelques-uns des portraits de « la Science taille XX elles » (en bas : sur le parvis du Musée des Confluences à Lyon en octobre 2019)

Conclusions

Les domaines scientifiques sont très variés et conduisent aux métiers de l'avenir. Nous devons inciter les filles à travailler aussi dans ces domaines de pointe qui offrent de belles perspectives de carrières. Le succès chaque année de « Sciences, un métier de femmes ! » montre la pertinence de s'adresser directement aux lycéennes et démontre que le manque de références féminines dans le monde scientifique a un impact énorme sur la représentation qu'ont les jeunes filles de la place de la femme en sciences. Les lycéennes ont été impressionnées par le fait qu'une femme prix Nobel ou une ancienne ministre prenne le temps de leur parler de leur avenir.

Une très grande satisfaction pour notre modeste contribution à faire avancer l'égalité femmes/hommes !

Une avancée notable sera faite quand les interventions de chercheurs.euses auprès des jeunes pour susciter des vocations scientifiques seront vraiment considérées comme partie intégrante de leur travail.

Références bibliographiques

Vauglin, I. & Thiault S. (2018). An action to promote gender diversity in science: «sciences, un métier de femmes !». SF2A-2018: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics. Eds.: P. Di Matteo, F. Billebaud, F. Herpin, N. Lagarde, J.-B. Marquette, A. Robin, O. Venot, pp.11-12.

https://aslan.universite-lyon.fr/evenements-grand-public/sciences-un-metier-de-femmes-4-142100.kjsp?RH=1523974383591

https://www.femmesetsciences.fr/lascience-taillexxelles

Le jeu de cartes éducatif « La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie », un outil pour lutter contre les inégalités de genre dans l'accès aux sciences.

Quentin Branchereau,
Olga Suarez,
Observatoire de la Côte d'Azur, France

En astronomie, les femmes sont sous-représentées en comparaison aux hommes. Et il en va de même dans toutes les filières de "sciences fondamentales et d'applications" si l'on fait exception de la biologie. Cette différence est sensible dès les études supérieures en France où moins de 30 % des effectifs en "sciences fondamentales et applications" sont des femmes (ministère de l'Éducation nationale). Un autre chiffre criant : de 1901 à 2019, seulement 19 femmes ont reçu un prix Nobel en physique, chimie ou médecine contre près de 600 hommes (Minichiello, 2018).

Afin de décloisonner notre discipline et favoriser un égal accès aux filles et aux garçons, le "Service éducatif et de

médiation scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur" développe des activités pour faire découvrir au grand public et surtout aux classes les grands noms féminins de l'histoire de l'astronomie et leurs apports scientifiques.

Parmi ces activités, le jeu de cartes "La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie" propose aux élèves (dès 12 ans) ou au grand public de replacer de manière chronologique, seul ou en équipe, des événements marquants de l'histoire des femmes en astronomie. Une vingtaine de pionnières de l'Antiquité à nos jours sont ainsi détaillées au travers de leurs apports marquants en astronomie et, pour certaines, dans leur rôle actif pour l'émancipation des femmes dans la société. En cela, le jeu de cartes "La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie" est un outil pertinent dans la lutte contre les inégalités d'accès à l'astronomie entre filles et garçons. En effet, il a pour volonté de montrer des modèles féminins prépondérants dans l'histoire de l'astronomie et réparer ainsi certains oublis. Cela nous permet de démontrer que, que l'on soit une fille ou un garçon, il n'y a pas de différence préalable pour accéder à ce domaine et aux sciences en général.

Une vingtaine de cartes supplémentaires (événements historiques, grandes découvertes faites par des hommes) permettent de replacer leurs découvertes dans l'Histoire en les contextualisant. Un livret explicatif récapitule le contenu du jeu, ses règles et propose surtout une biographie détaillée pour chacune des pionnières et un résumé rapide pour les autres cartes. Ainsi, le jeu n'est-il pas seulement une frise chronologique à reproduire mais s'impose-t-il plutôt comme un prétexte ludique pour entrer de plein pied dans la connaissance et l'histoire des sciences et pour mettre en lumière le rôle indéniable des femmes dans les plus grandes avancées de l'astronomie.

Image 1. Recto verso d'une des cartes du jeu
« La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie »

Références bibliographiques

Ministère de l'Education Nationale, ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (2018). *Filles et garçons sur le chemin de l'égalité de l'école à l'enseignement supérieur*. Rapport 2018. ISBN 978-2-11-152392-0, e-ISBN 978-2-11-152393-7

Minichiello F. (2018). *Disciplines scientifiques et inégalités de genre : une préoccupation mondiale*. Revue internationale d'éducation de Sèvres, 79. http://journals.openedition.org/ries/6787 ; https://doi.org/10.4000/ries.6787

Atelier :
Lien école-chercheurs

Frédéric Pitout
Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

Noël Bichon
GEPI, Observatoire de Paris-PSL, France

Objectifs de l'atelier

Cet atelier avait pour but de faire le point sur les liens entre acteurs de l'éducation et de la recherche. Une présentation générale des dispositifs existants a été donnée, puis des intervenants ont détaillé quelques exemples concrets de dispositifs (Clea, parrainages de l'Obs. de Paris, HOU) et fait profiter de leur expérience. Les présentations ont été ponctuées et suivies d'échanges autour de plusieurs problématiques.

Avant tout, quels types de collaboration les enseignants attendent-ils des chercheurs dans le cadre d'un parrainage ? Autant on peut imaginer l'intérêt et les avantages que peuvent

tirer enseignants et élèves d'échanges avec des chercheurs (encore faut-il les mettre en évidence), autant les avantages que peuvent en tirer les astronomes eux-mêmes sont a priori moins évidents. Alors, quels sont les bienfaits pour les élèves et quels bénéfices chaque partie tire-t-elle d'une collaboration entre les mondes de l'éducation et de la recherche ?

Il faudra aussi s'interroger sur les dispositifs autres que ceux présentés qui rendent les rencontres et les partenariats possibles. Et enfin, quelle est la place de la recherche en didactique dans ce lien ?

Pour en débattre, cet atelier a réuni Thomas Appéré (enseignant), Guillaume Coupechoux (enseignant), Alain Doressoundiram (astronome), Valérie Frède (psychologue du développement), Frédéric Pitout (astronome), Noël Robichon (astronome), Emmanuel Rollinde (didacticien) et Jean Strajnic (enseignant).

Le programme de l'atelier était le suivant :

Noël Robichon : introduction

Alain Doressoundiram : parrainages de classes et Planètes en Guyane

Frédéric Pitout : le Comité de liaison enseignants et astronomes

Guillaume Coupechoux : Insight et Mars2020 en classe

Emmanuel Rollinde : construction d'activités au sein de F-HOU

Jean Strajnic : un télescope pilotable à distance et des scolaires en mission à l'observatoire

Les liens école-chercheurs : présentation de l'atelier

Noël Robichon,
GEPI, Observatoire de Paris-PSL, France

La recherche astronomique en France représente un millier d'astronomes professionnels travaillant dans des établissements irrégulièrement répartis sur le territoire national. La moitié se trouve en région parisienne, l'autre moitié se répartit principalement à l'est et au sud de la métropole. L'Éducation nationale compte 380 000 enseignants de primaire et 490 000 enseignants de secondaire toutes disciplines confondues pour plus de 12 millions d'élèves répartis en quelque 300 000 classes de primaires, 135 000 classes de collège et plus de 100 000 classes de lycée. Dès lors, la proportion d'élèves en contact direct avec un astronome, sous forme d'un parrainage de classe par exemple, ne peut dépasser le pour cent.

Un chercheur peut intervenir à différents niveaux dans le système éducatif. Il peut s'agir d'intervention dans les classes

sous forme de conférences sur l'astronomie ou le métier d'astronome ou sous forme de suivi de projets plus longs de type « parrainages ». Mais ce type d'intervention, très riches pour les élèves, ne peut malheureusement concerner qu'un très faible nombre de classes. De la même manière, l'accueil de stagiaires de 3e, les visites d'observatoires ou de laboratoires par des classes ne permettent de toucher un large public. Une manière de toucher une plus large audience est de participer à la formation des professeurs lors de stages dans ou hors PAF, d'écoles thématiques ou encore, de mettre à disposition des ressources en ligne, des moyens d'observation, des vidéos…

Les actions de type parrainage de classe, dans lequel un enseignant motivé pour introduire de l'astronomie dans sa pratique développe des liens étroits avec un astronome ou un étudiant en sciences, existent sous différentes formes un peu partout en France. Citons les dispositifs suivants (liste non exhaustive) :

Établissements de recherche

- Parrainages de l'Observatoire de Paris
- Observatoires et universités (également partenariats par l'intermédiaire des associations ou chercheurs à titre individuel ou associations d'étudiants) :
- 100 parrains pour 100 classes à Grenoble, chercheur-se dans les classes à Aix-Marseille, activités avec les scolaires à l'obs. de Lyon, Côte d'Azur, Bordeaux…
- CNRS : rencontres sciences et citoyens à Paris, Amiens, le Havre, Poitiers Associations « mixtes » :
- Comité de liaison enseignants astronomes (Clea)
- Hands On Universe (HOU) France

- La main à la pâte (LAMAP) partenaires scientifiques (principalement des étudiants de grandes écoles ou d'universités) et collèges pilotes

Structures servant de lien :

- Planète sciences
- Savanturiers
- Fondation Schlumberger pour l'Éducation et la Recherche : speed meeting scientifique

De nombreux chercheurs participent à la formation des enseignants du primaire ou du secondaire que ce soit dans le cadre institutionnel des plans académiques ou départementaux de formation (PAF et PDF) ou des animations pédagogiques, ou bien dans le cadre de stages organisés directement par les établissements ou organismes de recherche (Cnes, CERN), en général pendant les vacances scolaires. Plusieurs formations sont également organisées par des associations intégrant des chercheurs comme les écoles d'été du Clea, les stages HOU ou les stages PDF et PAF organisés par Lamap par l'intermédiaire des maisons pour la science. Tous les organismes précédemment cités proposent des ressources en ligne, cours et TP, vidéos, voire outils d'observation comme le télescope téléopéré IRIS à l'observatoire de Haute-Provence développé par l'université d'Aix-Marseille.

De nombreuses autres actions impliquent des chercheurs français. Au niveau institutionnel, citons la présence d'universitaires dans le comité national des programmes. Plusieurs astronomes français participent à des programmes internationaux comme Space Awareness ou comme les programmes développés par l'Union astronomique internationale.

Pour terminer cette introduction, voici quelques éléments de réflexion autour de la question centrale de cet atelier : « pourquoi mettre un chercheur dans une classe ? »

Bénéfices d'une collaboration entre les mondes de l'éducation et de la recherche ? - Enseignants : appui d'un expert, apprentissage de la méthode scientifique - Chercheurs : descendre de leur tour d'ivoire, améliorer les compétences d'enseignement et de vulgarisation ; mais est-ce que cela constitue un handicap pour leur carrière ?

Que les enseignants attendent-ils des chercheurs dans le cadre d'un « parrainage » ? - Le chercheur ne doit pas être un simple intervenant.

- Places respectives de l'enseignant et du chercheur ?
- Autres dispositifs qui rendent les rencontres et les partenariats possibles ?
- Importance de formations pour enseignants accomplies par des spécialistes.
- Difficultés d'organiser de telles formations.

Place de la recherche en didactique et en psychologie du développement dans ce lien ? - Manque de compétence des chercheurs en pédagogie/didactique.

Bienfaits pour les élèves ?

- Ouverture des élèves au monde.
- Apprentissage de la méthode scientifique et in fine une culture scientifique.

Les parrainages de classe : Accompagner un enseignant dans sa classe sur un projet en astronomie

Alain Doressoundiram,
Observatoire de Paris, France

Introduction

L'enseignement des sciences, pierre angulaire importante des sociétés modernes, se heurte néanmoins à plusieurs difficultés dans la pratique malgré les exigences nationales en matière de cours de sciences. Les difficultés d'enseignement des sciences à l'école (pour les élèves de moins de 18 ans) sont parfois liées au manque de confiance des enseignants dans leur propre expertise. La science peut paraître complexe, trop conceptuelle et pas assez concrète pour certains enseignants et élèves. Le manque de motivation peut également être un problème. Il est donc clairement nécessaire d'introduire les sciences dans la classe, afin que davantage d'enseignants et d'élèves puissent en profiter.

L'Observatoire de Paris propose une variété de formations pédagogiques pour les enseignants de tous niveaux, de la maternelle au lycée (voir http://ufe.obspm.fr/) pour les aider à enseigner les sciences dans leurs classes. Parmi ces formations, l'une d'elles consiste en des partenariats entre enseignants et astronomes.

Principe

Le principe est simple : tout enseignant ou enseignante souhaitant entreprendre un projet pédagogique en astronomie, dans sa classe ou impliquant l'ensemble de l'établissement, peut demander l'aide d'un parrain ou d'une marraine. Un astronome, un ingénieur, un doctorant de l'Observatoire de Paris suivra ensuite l'avancement du projet de l'enseignant et offrira des conseils et un soutien scientifique tout au long de l'année scolaire.

Les projets peuvent prendre différentes formes : projets de construction (maquettes, instruments), conférences, affiches, expositions, etc. Aucun cadre n'est imposé et le type d'assistance proposé est aussi varié que les projets : conférence (s) en classe, téléphone et échanges de courriels, visites de l'Observatoire... C'est une démarche presque sur mesure qui a ravi des milliers d'enseignants du primaire, du collège et du lycée de toute la France et de l'étranger qui participent à ce projet depuis 2001. Le nombre de parrainages chaque année avoisine régulièrement les 150, jusqu'à friser les 200 demandes. Lesquelles sont toutes satisfaites grâce à la mobilisation et la taille de l'établissement de l'Observatoire de Paris.

Il existe une riche variété de projets entrepris, allant du montage d'un spectacle et de la construction d'un cadran solaire à la visite d'un observatoire de haute altitude, en passant par la résolution du mystère de la grande tache rouge

de Jupiter ou la formation de cratères dans le Système solaire (voir Fig.1).

Dans le cadre d'un parrainage, astronomes et enseignants disposent d'outils originaux et de ressources multiples, conçus à l'Observatoire de Paris : mallettes pédagogiques, activités « clé en main », maquettes, petits instruments d'observations, ainsi que goodies et affiches. L'Univers et ses mystères fascinent les jeunes (et les moins jeunes) et fournissent une multitude de sujets scientifiques qui peuvent être exploités en classe. L'astronomie offre l'avantage supplémentaire d'être un domaine multidisciplinaire. Ainsi, si la plupart des projets sont généralement initiés par un enseignant motivé, ils sont souvent repris par des enseignants dans d'autres matières : Sciences de la vie et de la Terre, histoire, mathématiques, français, etc. Le projet peut consister en un atelier d'astronomie ou faire partie du programme scolaire. Dans tous les cas, la tâche de l'astronome n'est pas de remplacer le professeur ou les manuels, mais de proposer des activités ou des expériences faciles à mettre en œuvre. Représenter le Système solaire à l'échelle d'une cour d'école, par exemple, est un moyen idéal pour faire comprendre aux jeunes que l'Univers se compose principalement d'espace vide. Les sujets ne manquent pas et l'enthousiasme des élèves, rarement en défaut, est la meilleure récompense pour les astronomes qui consacrent volontiers une partie de leur temps à cet accompagnement pédagogique. Enfin, un parrainage de classe est l'occasion de sensibiliser les élèves au monde du travail et de la recherche, et de les informer sur la diversité des métiers du spatial. http://www.space awareness.org/fr/careers/ (brochure traduite pour les parrainages de classes).

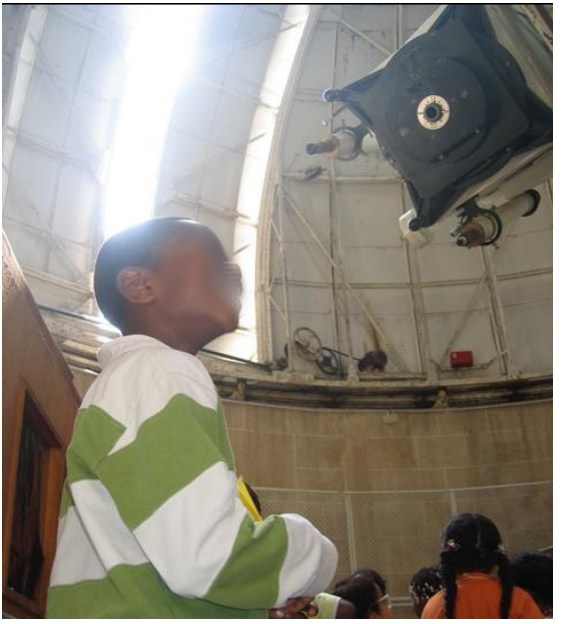


Image 1. Une classe en visite à l'Observatoire de Paris

Image 2. La mallette pédagogique sur le Système solaire

Image 3. Une des activités « clé en main » sur les cratères d'impact

Image 4. Activité en classe pour les maternelles : fabriquer un astéroïde en pâte à modeler

Conclusion

Le dispositif des parrainages de classe s'avère être un programme efficace et très populaire pour former les enseignants en utilisant l'astronomie comme un vecteur d'enseignement des sciences. Pour plus de détails, veuillez visiter le site suivant : http://parrainages.obspm.fr/

Planètes en Guyane : exploitation pédagogique d'une grande mission spatiale dans une région défavorisée

Alain Doressoundiram,
Observatoire de Paris, France

Introduction

Le lancement de la mission spatiale eurojaponaise BepiColombo a eu lieu à Kourou le 19 octobre 2018 à 22 h 45 (heure de Kourou). À cette occasion, près de 200 scientifiques et ingénieurs se sont déplacés pour les préparatifs du lancement. Le Centre Spatial Guyanais à Kourou est le port spatial de l'Europe et Arianespace le leader mondial des lancements. Dans le même temps, la Guyane, deuxième plus grande région de France et la plus grande région ultrapériphérique de l'Union européenne concentre des inégalités criantes. Le taux de chômage y est deux fois plus important qu'en France métropolitaine et il y a 40 % d'immigration. La Guyane est une zone d'éducation prioritaire renforcée (REP+) à l'échelle de la région. Dans ce contexte, il nous a paru opportun

et cohérent de monter un projet pédagogique et culturel autour la mission spatiale BepiColombo sur l'ensemble de la Guyane.

Les objectifs

Les scientifiques impliqués dans la mission BepiColombo sont plus de 200 à se rendre à Kourou pour les préparatifs du lancement. Avec le soutien de l'Académie de Guyane, une cinquantaine d'entre eux sont intervenus auprès d'une centaine de classes dans différents établissements scolaires du 15 au 19 octobre 2018 sur l'ensemble du département, et à l'Université de Guyane auprès des étudiants scientifiques le 18 octobre.

Les objectifs étaient multiples :

- Partager la culture scientifique et astronomique
- Faire découvrir les métiers du spatial
- Témoigner de la richesse culturelle et l'aspect international de nos métiers · Promouvoir les parcours scientifiques auprès des filles pour lutter contre la sous-représentation des femmes dans ce secteur.

Programme

L'opération de partage de la culture scientifique s'est déroulée sur deux volets :

1) Du 15 au 19 octobre, près une cinquantaine de scientifiques de la mission BepiColombo, présents pour les préparatifs du lancement, ont participé à cette opération en rendant visite à des établissements scolaires sur tout le département (une cinquantaine d'intervenants dans une centaine de classes, du primaire à la prépa, dans sept villes de Guyane). Les visites dans les classes ont été organisées par binômes, avec au moins une personne parlant français

(et idéalement un couple homme/femme, ou scientifique/ingénieur ou français/non français) afin d'échanger avec les jeunes autour de la mission BepiColombo. **L'objectif était de partager la culture scientifique et spatiale, montrer la richesse culturelle de notre travail, faire découvrir les métiers du spatial, et promouvoir les parcours scientifiques auprès des filles**.

Nous sommes intervenus également à l'Université de Guyane et à l'IUT de Kourou, sous forme de conférences et d'échanges avec les étudiant.e.s, notamment autour des femmes dans les sciences, mais aussi pour présenter plusieurs métiers impliqués dans la mission spatiale BepiColombo : ingénieur, chercheur, technicien... Nous avons organisé également une séance de formation avec des enseignants de cycle 3 à Saint-Laurent-du-Maroni. Ce premier volet s'est fait en collaboration étroite avec l'académie de Guyane.

2) Le second volet, préparé avec le CNRS, le Cnes, la Canopée des Sciences et l'association SpaceBus France, consistait à organiser du 15 au 25 octobre des animations ludiques et des conférences pour le grand public. Nous avons été ainsi à la rencontre du grand public guyanais, au marché de Cayenne, donné des conférences à Cayenne, Kourou et Saint-Laurent-du-Maroni. Nous avons aussi mené des activités ludiques sur le thème du spatial et des sciences, notamment autour du Jeu BepiColombo.

Image 1. Logo du projet

Image 2. Le jeu BepiColombo spécialement conçu pour le projet. Les joueurs et joueuses (à partir de 10 ans) deviennent membres d'une équipe scientifique. Leur progression se fait sur un plateau de jeu, par jets de dé, au rythme de questions-réponses ciblées sur les enjeux scientifiques et technologiques de la mission BepiColombo. le jeu est téléchargeable gratuitement dans un format imprimable, sur le site https://www.planete-mercure.fr/

Image 3. Exposé sur les métiers de l'espace. 50 % des Guyanais n'ont jamais vu un lancement de fusée et se sentent exclus de l'aventure spatiale de leur région !

Image 4. Un ingénieur et une chercheuse dans une classe, montrant aux élèves la diversité des carrières et des genres

Image 5. Un binôme de chercheurs français et japonais dans une classe, montrant ainsi aux élèves, la collaboration internationale et la richesse culturelle du métier

Image 6. Un binôme de chercheurs espagnol et allemand dans une classe

Image 7. des élèves de primaire manifestement enjoués par le spatial !

Conclusion

Planète en Guyane a touché 3000 élèves et étudiants, 200 professeurs et 700 personnes au travers des différents événements grand public. Ce à quoi il faut ajouter la couverture médiatique de ces actions par la presse écrite et audiovisuelle. De l'avis de l'académie de Guyane, une opération éducative de cette envergure n'avait jamais été mise en place dans la région.

Le Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) : L'enseignement de l'astronomie et la formation des enseignants depuis plus de 40 ans

Frédéric Pitout,
Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

Introduction

Jusqu'à la fin des 1960, un cours d'astronomie (appelé cosmographie) était dispensé en France aux niveaux lycée (élèves de 15 à 18 ans) et classes préparatoires aux grandes écoles (enseignement supérieur) ; il faisait partie des mathématiques – ce qui explique sans doute pourquoi, pour les décades qui ont suivi, et encore aujourd'hui, de très nombreux enseignants de mathématiques se sont intéressés à l'astronomie, à son enseignement et à sa diffusion, notamment dans des clubs. Quand ce cours de cosmographie a disparu, les enseignants n'étaient plus formés à enseigner les notions d'astronomie qui subsistaient ici et là dans les programmes : on retrouve aujourd'hui ces notions disséminées à tous les

niveaux (primaire et secondaire) et dans plusieurs disciplines du secondaire : « Sciences physiques et chimiques », « Science de la vie et de la Terre » et même « Philosophie ».

Pour répondre à ce manque de formation, le Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) vit le jour en 1976 suite à une réunion qui rassembla des enseignants et des astronomes professionnels. Cette année-là, la commission 46 « Enseignement de l'astronomie » de l'Union astronomique internationale (UAI) avait invité des enseignants à participer à la XVIe Assemblée générale qui se déroulait à Grenoble, en France. L'idée était de mettre à contribution l'énergie et les compétences de chacun : aux enseignants – pour la plupart astronomes amateurs –, la connaissance des besoins et des méthodes éducatives aux astronomes l'expertise sur les contenus (Gouguenheim, 1993).

Les objectifs du Clea furent donc – et sont toujours – de promouvoir l'enseignement de l'astronomie dans les écoles, de l'école maternelle (enfants de 3-5 ans) jusqu'au lycée (15-18 ans) ; l'enseignement de l'astronomie en tant que discipline mais aussi l'astronomie comme un formidable moyen d'ouverture sur le monde et comme une inépuisable source d'interdisciplinarité. Précisément, les nouveaux programmes de lycée général en France sont rentrés en vigueur en 2019 et 2020 et font la part belle à l'interdisciplinarité et au décloisonnement des disciplines ; l'astronomie a évidemment toute sa place dans une telle démarche.

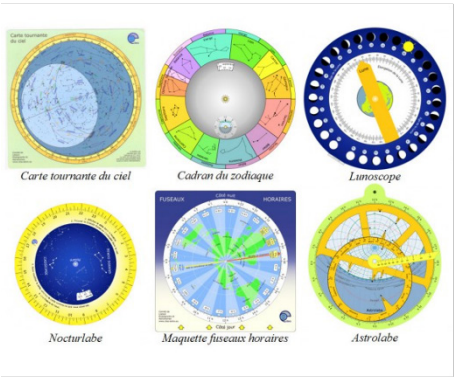
En 2020, le Clea comptait environ 450 membres, principalement des enseignants de mathématiques et Physique-Chimie, mais aussi de français, d'art plastique, etc. ; quelques professeurs des écoles primaires, médiateurs scientifiques et clubs d'astronomie font aussi partie des adhérents.

Méthode

Le Clea attache une grande importance à l'observation et à l'expérience, et promeut un enseignement fondé sur la démarche expérimentale et d'investigation. Ses méthodes s'appuient aussi beaucoup sur le ressenti, la subjectivité et le changement de points de vue. Pour les phases de la Lune par exemple, une activité consiste à faire ressentir aux enfants le chemin que parcours notre satellite et à se rendre compte du développement des phases et de la nécessité d'une rotation de l'astre pour expliquer que de Terre nous voyons toujours la même face. Idem pour l'orbite des planètes que l'on fait ressentir aux élèves. Le Clea a depuis toujours mis en pratique ce qu'on appelle aujourd'hui la kinesthésie ou l'énaction (Rollinde, 2019).

Le Clea mise aussi sur l'histoire des sciences et la méthode scientifique qui sont indispensables pour comprendre l'astronomie d'aujourd'hui et même au-delà : savoir comment on sait ce que l'on sait est essentiel pour combattre les fausses nouvelles qui se propagent. Des connaissances d'histoires des sciences pour comprendre la construction et l'évolution des idées en sciences sont de bonnes bases pour se construire un esprit et une attitude critiques, et pas seulement en astronomie.

Pour promouvoir ces méthodes et faciliter leur diffusion auprès des enseignants, le Clea développe des activités pratiques ou numériques, des protocoles d'observations à effectuer seul ou en collaboration, et des maquettes (Image 1) qu'il met à disposition. La diffusion des ressources produites se fait par des publications et les outils numériques.



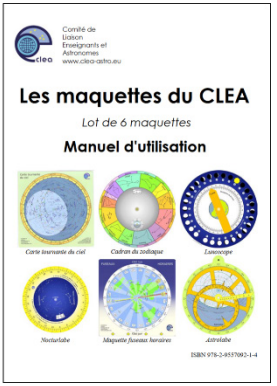


Image 1. Exemples de maquettes produites par le Clea et de leur manuel d'utilisation.

Publications

Une grande partie du temps et des efforts de l'association se concentre sur la publication d'une revue trimestrielle : les Cahiers Clairaut, ainsi intitulés en l'honneur du mathématicien français Alexis Claude Clairaut (1713-1765). Chaque numéro est rédigé de concert par des enseignants et des astronomes professionnels. S'y côtoient des comptes-rendus d'activités menées en classe et des articles de fond écrits par des astronomes professionnels. On y trouve aussi des éléments d'histoire des sciences et d'autres sujets en rapport avec l'astronomie qui peuvent être d'intérêt pour les lecteurs. Environ la moitié des pages de chaque numéro est dédiée à un thème spécial choisi en amont par l'équipe de rédaction. Tous les deux ou trois ans, le Clea publie un hors-série thématique. Dernièrement, les thèmes étaient *Astronomie et mathématique*, *Les constellations*, *L'astronomie à l'école* et *Le Soleil*. Ils sont aussi rédigés à plusieurs mains, par des enseignants et des astronomes, et font la part belle aux activités à réinvestir en classe, qui sont archivées et accessibles à partir du site web du Clea.

Image 2. Exemples de productions de Clea : 4 numéros des *Cahiers Clairaut* et deux hors-séries thématiques

Formations et écoles d'été

Le Clea s'est fait une bonne réputation avec le temps et ses compétences en enseignement de l'astronomie et en formation sont reconnues jusqu'aux structures régionales et nationales de l'éducation française. L'association organise ou coorganise à la demande des stages de formation pour enseignants dans plusieurs régions françaises. Ces formations ont une durée typique de 1 à 3 jours et regroupent une quinzaine de participants, tous enseignants en poste à l'école primaire ou secondaire. Ces stages sont partagés en temps de séminaires donnés par des astronomes professionnels et temps pratiques sous forme d'activités proposées par des enseignants formateurs.

Ces stages sont l'occasion d'exploiter le matériel et les activités développés par le Clea (Bottinelli et al., 1990).

Chaque année en août, le Clea organise une école d'été dans les Alpes française. Environ 40 enseignants et astronomes se rassemblent pour apprendre, partager et échanger. Le format est assez similaire aux stages décrits précédemment : les matinées sont consacrées aux cours le plus souvent donnés par des astronomes et l'après-midi, des ateliers pratiques en petits groupes sont proposés. À la nuit tombée, les télescopes et lunettes du Clea ou des participants sont installés pour une séance d'observations nocturnes. Des activités un peu plus élaborées comme la photométrie ou la spectroscopie sont

proposées aux participants les plus aguerris. Une journée en milieu de séjour est consacrée à la visite d'un site remarquable et d'intérêt scientifique en accord avec le thème de l'école. Ainsi ont été visités l'observatoire de radioastronomie du Pic de Bure, l'Observatoire de Haute Provence, les sites d'expérimentation de fusion nucléaire du CEA et d'ITER, la maison du Soleil, etc.

Pendant toute l'école d'été, les participants sont tous logés à la même enseigne sans aucune distinction de statut, de niveau ou de provenance. Le but est d'installer une atmosphère chaleureuse et de proximité où tout le monde se sent libre de discuter et partager. De fait, les stages comme les écoles d'été du Clea sont des moments privilégiés pour tous où enseignants et astronomes peuvent échanger sur leurs pratiques respectives (Josselin, 2009). Le Clea contribue ainsi à la formation d'une centaine d'enseignants par an.

Image 3. Scènes de travail de jour et de nuit prises pendant des écoles d'été du Clea

Site web, listes de diffusion et réseau social

D'autres moyens importants pour diffuser l'information et les pratiques du Clea sont les outils numériques : site web de l'association, les listes de diffusion et son compte Twitter. Sur le site web https://clea-astro.eu, des nouvelles concernant

la vie de l'association et des projets en cours sont détaillés. Toutes les productions y sont archivées et mises à disposition des enseignants et éducateurs au sens large.

Une liste de diffusion principale (modérée) fait le lien entre l'association et ses adhérents mais aussi entre les membres. Des listes de diffusion plus spécifiques par projets ou intérêts particuliers sont créées selon les besoins. Ainsi, une liste « observations » existe pour qui souhaite partager des techniques ou proposer des observations coordonnées (occultation d'astéroïdes par exemple) ; une autre rassemble les membres qui proposent des activités hors temps scolaires dans les écoles primaires.

Enfin, le compte Twitter @CLEAastro est utilisé pour diffuser plus rapidement les informations qui sont d'intérêt pour les membres : soit des nouvelles de la recherche astronomie, soit en rapport avec le monde de l'enseignement.

Conclusion et perspectives

Les qualités et l'expertise de l'association sont largement reconnues et si le Clea a été longtemps seul pour remplir le vide laissé par l'Éducation nationale, aujourd'hui d'autres dispositifs viennent compléter l'offre de formation. Au-delà de la formation, le Clea joue à sa façon un rôle important de rapprochement des mondes de l'enseignement et de la recherche.

Du côté des enseignants, l'association est relativement bien connue même si de fortes disparités régionales existent selon que des membres actives y résident ou pas ; des efforts de communication sont assurément à faire.

Pendant des années, le Clea a bénéficié d'aides du ministère de l'Éducation nationale français ; aujourd'hui, coupes budgétaires obligent, l'association vit exclusivement grâce aux

adhésions, aux abonnements à sa revue trimestrielle et aux diverses ventes de maquettes et d'accessoires pédagogiques (filtres, polariseurs, etc.). Précisons que tous les efforts consentis par les membres ou les intervenants extérieurs dans l'élaboration des ressources, l'organisation de stages ou la rédaction d'articles le sont à titre bénévole.

Enfin, de par sa longue expérience, le Clea peut contribuer dans les travaux en cours sur la recherche en éducation à l'astronomie en France mais aussi sans tout l'espace francophone (Pitout et al., 2020).

Références bibliographiques

Bottinelli L., Dupré J., Gerbaldi M., & Gouguenheim L. (1990). An Example of Clea Activities in the Training of School Teachers. International Astronomical Union Colloquium, 105, 294-296. doi:10.1017/S0252921100086954

Gouguenheim, L. (1993). Le Clea et l'enseignement de l'astronomie, Cahiers Clairaut, 63, p. 2-5. Gouguenheim, L. (2003), Enseigner l'astronomie : l'expérience de 25 ans d'activités du comité de liaison enseignant astronomes Clea, ASTER 36 L'enseignement de l'astronomie, INRP.

Josselin, E. (2009). Comité de Liaison Enseignants Astronomes, bridging the gap between French astronomers and teachers. Proceedings of the International Astronomical Union, 5 (S260), E26. doi :10.1017/S1743921311003462

Pitout, F., Bretones, P.S. , Rollinde, E., & Frède, V. (2020) Astronomy education research in France: survey and analysis. Preliminary results, Proceedings of the 1st AstroEDU meeting, Garching, Germany.

Rollinde, E. (2019). Learning Science through Enacted Astronomy, International Journal of Science and Mathematics Education, 1-16

La recherche en éducation à l'astronomie en France : état de lieux

Frédéric Pitout,
Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

Paulo Bretones,
Universidade Federal de São Carlos, Brésil

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Valérie Frède,
CLLE Université Jean Jaurès,
INSPE Toulouse Occitanie-Pyrénées, France

Introduction

Objectif

La dernière – et probablement la seule – réflexion sur l'enseignement de l'astronomie en France date de 2003

(Merle and Girault, 2003). Pour avoir une idée actualisée des travaux effectués, nous avons mené une étude qui a quatre objectifs principaux :

- Recenser les publications portant sur l'éducation à l'astronomie en France et les rendre accessibles à tous.
- Analyser ces publications pour avoir une idée de qui a fait quoi, où et quand ?
- Évaluer les publications et pour savoir si elles sont adaptées aux problématiques et programmes scolaires d'aujourd'hui. Sinon, proposer des pistes de recherche pour remplir les manques (Bailey, 2004).
- Éventuellement, réfléchir à des recommandations pour l'Éducation nationale (Slater, 2008).

Méthode

Nous avons mené notre recherche de publications dans un premier temps sur le web via les moteurs de recherche, les sites de bibliothèques universitaires et de thèses en ligne (thèses.fr), et les sites d'associations (par ex. clea-astro.eu) avec des mot-clés tels que « enseignement astronomie », « didactique astronomie », « éducation astronomie », etc. Puis nous avons élargi à des réseaux professionnels. Les publications concernant l'enseignement des sciences en général et de l'astronomie en particulier peuvent être classées en deux grandes catégories : les études qui concernent les méthodes d'enseignement (didactique) et les études qui s'intéressent davantage à l'apprentissage, c'est-à-dire à la façon dont le message est reçu par les élèves (psychologique cognitive et du développement). Nous en avons ajouté une troisième : la formation des enseignants. Nous avons aussi classé ces travaux d'après leur format : thèses de doctorat et habilitations à diriger des recherches, rapports de master, articles dans des

revues internationales avec comité de lecture, articles dans des revues nationales et actes de conférences.

Résultats

Catégories de travaux

Nous avons répertorié 115 publications dont le détail est donné dans le tableau 1.

Articles dans des revues nationales	36
Articles dans des revues internationales	23
Actes	32
Mémoires de master	9
Thèses de doctorat et habilitations	13
Autres publications	2

Tableau 1. Répartition des publications par des auteurs français

En ne prenant en compte que les actes de congrès de l'IAU sur la période 1988-2006, Bretonnes et Neto (2011) ont montré que la France n'a contribué qu'à hauteur de 4,8 % des publications internationales. Même si cela représente la 4e contribution mondiale, avec l'histoire et le patrimoine astronomiques qui sont ceux de la France, c'est très faible.

Répartition géographique

Bien que les travaux publiés que nous avons trouvés proviennent d'un peu partout en France, nous avons identifié quatre origines principales de publications avec, dans l'ordre décroissant de travaux publiés : Paris, Toulouse, Montpellier et Lille. Aussi, les 23 articles publiés dans des revues internationales à comité de lecture n'ont que 7 premiers auteurs différents, provenant de 4 équipes seulement. De même, les 32 actes de congrès ont été rédigés par 12 premiers auteurs différents appartenant à 9 équipes. Ajoutons à

cela que les équipes en question n'ont pas été actives en même temps au cours de 50 dernières années, on mesure à quel point la recherche en éducation à l'astronomie en France est clairsemée géographiquement et temporellement, et au final fragile.

Évolution

Comme le montre l'image 1, il y a eu dans le temps une évolution des travaux plutôt orientée vers l'enseignement de l'astronomie avec les aspects didactiques (en bleu), vers des efforts qui donnaient plus de place à l'apprentissage et au point de vue de l'élève (psychologie du développement en orange).

Évolution des différents types de travaux

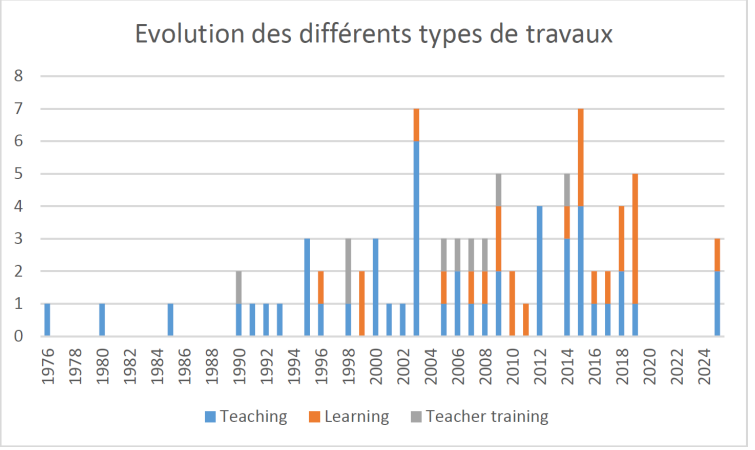


Image 1 : Graphique montrant, année après année, le nombre de publications dans trois catégories considérées : « Enseignement » en bleu, « Apprentissage » en orange, et « Formation des enseignants » en gris.

Discussion et conclusion

L'astronomie ne fait plus l'objet d'un cours dédié et on retrouve aujourd'hui des notions d'astronomie éparpillées à tous les niveaux de l'école primaire au lycée, et dans plusieurs disciplines (Mathématiques, Sciences physiques et chimiques, Sciences et Vie de la Terre, Philosophie). Les nouveaux programmes de lycée général misent sur l'interdisciplinarité à travers l'enseignement scientifique commun à tous les élèves. L'astronomie, discipline à la croisée des disciplines, constitue un excellent terreau pour cultiver cette interdisciplinarité. Par ailleurs, elle attire naturellement les élèves. Or un constat s'impose : l'astronomie effraie la plupart des enseignants qui ne sont pas (assez) formés à l'enseigner. Ce besoin de formation, un peu délaissé par l'Éducation nationale, est confié à des associations telles que la fondation la Main à la Pâte, *Hands-on Universe* (Ferlet et Melchior, 2005) ou le Clea (Pitout et Ferrari, 2020). Ces associations publient une multitude de ressources que ne sont pas suffisamment diffusées. Il paraît important de coordonner les initiatives de formation et de les rendre plus connues et accessibles aux enseignants qui en ont grand besoin, notamment à l'école primaire (Frède, 2006, 2008).

Les activités de recherche concernant l'éducation à l'astronomie ont, au commencement, été menées principalement par des astronomes qui avaient le goût de la transmission du savoir. Ce n'était donc le fait que de quelques individus et de bonnes volontés répartis un peu partout en France. Au milieu des années 2000, la situation évolue : des groupes de recherche en didactique et en psychologie du développement s'approprient le sujet et le pérennisent en quelque sorte. Elle se stabilise aussi, autour de 4 villes : Paris, Toulouse, Montpellier et Lille. En 2020 deux équipes sont très actives à Cergy et Toulouse. Les travaux publiés ne prennent pas en compte l'interdisciplinarité voulue par l'Éducation

nationale et devrait être davantage prise en compte dans les travaux futurs. Pour plus de détails sur la présente étude, on pourra se référer à Pitout et al. (2020).

Références bibliographiques

Bailey, J. M., Prather, E. E., & Slater, T. F. (2004). Reflecting on the History of Astronomy Education Research to Plan for the Future, Advances in Space Research, 34, 2136.

Bretones, P.S. & J.M. Neto (2011). "An Analysis of Papers on Astronomy Education in Proceedings of IAU Meetings from 1988 to 2006", *Astronomy Education Review*, 10, 010102- 1, doi: 10.3847/AER2010010.

Ferlet, R. & A.-L. Melchior (2005). F-HOU: L'Univers à portée de main HOU Europe. International Amateur-Professional Photoelectric Photometry Communications. 39-43.

Frède, V. (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy, Advances in Space Research, 38(10), 2237-2246.

Frède, V. (2008). Teaching astronomy for pre-service elementary teachers: A comparison of methods, Advances in Space Research, 42(11), 1819-1830.

Merle, H. & Girault (2003). L'enseignement de l'astronomie, ASTER 36, INRP.

Pitout, F. & C. Ferrari, (2020). Clea, a French pro-am initiative to foster astronomy education, Proceedings of the AstroEDU conference, Garching, Germany.

Pitout, F., Bretones P.S., Rollinde E., & Frède V. (2020). Astronomy Education Research in France: Survey

and Analysis, Proceedings of the AstroEDU conference, Garching, Germany.

Slater, T. F. (2008). The First Big Wave of Astronomy Education Research Dissertations and Some Directions for Future Research Efforts, *Astronomy Education Review*, 7, 1.

Structuration de la communauté francophone autour du Bureau de l'astronomie pour l'éducation (OAE)

Frédéric Pitout,
Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

Thomas Appéré,
Lycée Saint-Paul, Vannes, France

Nathalie Brouillet,
Observatoire aquitain des sciences de l'Univers,
Bordeaux, France

Olga Suarez,
Observatoire de Nice, France

Introduction

Présentation de la division C de l'UAI et de l'OAE

L'éducation au sens large (enseignement, vulgarisation, transmission, inclusion) tient une place de choix dans les activités de l'Union astronomique internationale (UAI).

La division C « Éducation, diffusion et patrimoine » y est entièrement consacrée.

Plus spécifiquement pour l'enseignement, la commission C1 « Éducation et développement » va nous intéresser en premier lieu. Elle comprend des groupes de travail dont un est consacré aux recherches en amont sur l'éducation à l'astronomie (didactique, psychologie) et un aux ressources pédagogiques.

La commission C2 « Communiquer l'astronomie avec le public », plus focalisée sur la vulgarisation, présente aussi un intérêt certain tant la frontière entre éducation formelle et informelle tend à devenir floue.

En début d'année 2020, l'UAI a créé l'Office de l'astronomie pour l'éducation (OAE) en Allemagne. Le rôle de l'OAE est de coordonner les efforts internationaux menés dans chaque région du globe et de proposer des ressources à tous. Il est intéressant de noter que le nom de l'office ne fait pas intervenir la notion d'éducation à l'astronomie ou d'enseignement de l'astronomie mais d'astronomie pour l'éducation. Ce choix est important et plein de sens : l'astronomie constitue plus qu'une matière à enseigner; elle peut agir comme trait d'union entre disciplines et être un terreau fertile d'interdisciplinarité.

Les coordinateurs nationaux pour l'astronomie dans l'éducation

L'OAE a émis le souhait de s'appuyer localement, dans chaque pays membre de l'UAI, sur des coordinateurs nationaux – les NAEC – qui feraient le lien entre l'Office et la communauté nationale concernée par l'astronomie dans l'éducation. Dans certains pays c'est une société savante (la SF2A en France) ou un organisme officiel qui a été chargé

de nommer les NAEC ; dans d'autres pays, des personnes se sont proposées de leur propre chef et l'OAE les a reconnues comme NAEC.

Au moment d'écrire ces lignes, les missions des NAEC ne sont pas encore connues avec précision mais on peut pressentir les suivantes :

- recensement des ressources pédagogiques disponibles dans chaque pays ; - recensement des acteurs de l'éducation à et par l'astronomie dans chaque pays ; - mise à disposition et éventuelle traduction de certaines ressources ;
- aider l'OAE à mener sa propre mission et être force de propositions pour de nouvelles actions.

Discussion sur les besoins de la communauté francophone

Les besoins dans les différents pays sont les mêmes : besoin de ressources (en français) et besoin de formation pour les enseignants et futurs enseignants.

Pour ce qui est des ressources, elles existent à foison mais ne sont pas toujours connues. Relativement peu d'enseignants – même en France – connaissent le Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) pourtant pionnier dans le domaine (Pitout et Ferrari, 2020), le pendant français de l'initiation *Hands-On Universe* (Ferlet et Melchior, 2005) ou encore le télescope pilotable à distance et dédié à l'enseignement IRiS (Boudouin et Basa, 2017).

La formation constitue le point le plus délicat. Dans tous les pays, le peu de moyens alloués à la formation est affligeant. Dans les pays en développement, le nombre de personnes compétentes en formation à l'astronomie est très insuffisant. La seule initiative internationale qui œuvre

en la matière est celle du Réseau pour l'astronomie dans l'éducation scolaire (Nase) soutenu par l'UAI (http://sac.csic.es/astrosecundaria/fr/Presentacion.php).

Conclusion

Le Bureau de l'Astronomie pour l'Éducation se construit et prend peu à peu ses marques. Parmi les dispositifs mis en place, les Coordinateurs nationaux (NAEC) doivent assurer le lien entre l'OAE et les communautés éducatives nationales. Une des conclusions sera assurément le besoin criant de ressources en français et de matériel à bas coûts pour les pays en développement.

Références bibliographiques

Baudouin, C. et Basa S. (2017). IRiS, un télescope de 50 cm, Cahiers Clairaut n° 16, 14-16.

Ferlet, R. and A.-L. Melchior (2005). F-HOU : L'Univers à portée de main HOU-Europe. International Amateur-Professional Photoelectric Photometry Communications. 39-43.

Pitout, F. and C. Ferrari, (2020). Clea, a French pro-am initiative to foster astronomy education, Proceedings of the AstroEDU conference, Garching, Germany.

L'association France-HOU

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

L'association F-HOU fait partie d'un projet mondial, Global Hands-On Universe (Rollinde et al., 2020), qui vise à promouvoir une méthode d'apprentissage des sciences par l'astronomie. G-HOU a été initié par Carl Pennypacker, astronome américain de l'Université de Berkeley, cofondateur du projet « Supernova Cosmology Project ». Après avoir invité dans les années 90 un groupe d'astronomes et d'éducateurs à partager leurs idées sur la manière d'améliorer l'enseignement de l'astronomie, l'idée de mettre à la disposition des enseignants et des étudiants de vrais télescopes et des images de télescopes a fait son chemin. Parallèlement, il est apparu nécessaire de fournir des logiciels permettant le traitement d'images, et de mettre en place une coopération entre les astronomes et les observatoires pour mettre les instruments des télescopes à la disposition des

écoles (possibilité donnée en France par d'autres structures). Dès le départ, GHOU a été un programme international, avec des contributions de nombreuses nations travaillant ensemble avec des valeurs, des objectifs et des normes éthiques communs. Des réseaux de télescopes utilisables par tous ont été proposés par des participants du Royaume-Uni, des États-Unis et d'autres pays. Depuis, G-HOU promeut les méthodes de modélisation scientifique dans les salles de classe, depuis la collecte jusqu'à l'analyse des données. La mission de G-HOU est de former les enseignants à l'utilisation d'outils et de ressources modernes pour l'enseignement des sciences et de faire participer les élèves à des projets scientifiques internationaux. Nous souhaitons également promouvoir des projets scientifiques interactifs entre les pays et engager les éducateurs et les étudiants dans une véritable coopération mondiale.

F-HOU, en tant que nœud français de G-HOU, a initié le réseau européen EU-HOU en 2004. EU HOU est constitué d'une communauté d'enseignants en sciences, de chercheurs en astronomie et de chercheurs en didactique des sciences. Au niveau européen, nous nous sommes rapidement centrés sur la formation des enseignants, avec la création du programme « Galileo Teacher Training Program » (http://galileoteachers.org/) coordonné par notre partenaire portugais NUCLIO. Au niveau français, nous avons élaboré une série de nouveaux exercices adaptés au programme scolaire et portant sur des thèmes modernes de la recherche en astrophysique (Rollinde et al., 2016).

L'étude des mouvements des objets célestes est une très bonne illustration de ces thèmes. Il est à la fois une part importante du programme de sciences physique de l'école primaire au lycée et un objet de recherche qui couvre de nombreux domaines. Les contextes astronomiques utilisés dans nos exercices incluent l'observation des satellites de

Jupiter, le Système Solaire, les exoplanètes, le trou noir au centre de notre Galaxie révélé par le mouvement des étoiles proches, la matière noire révélée par le mouvement du gaz présent à la périphérie des galaxies. Tous ces contextes mettent en jeu la notion de révolution périodique (avec différentes relations entre période et distance au centre), les relations de Képler et lois de Newton et des méthodes d'observations allant de l'imagerie à la spectroscopie. Cette diversité et le lien fort entre recherche professionnelle et programmes scolaires ont justifié l'introduction d'un exercice sur les exoplanètes au sein du programme du lycée et en tant que base pour un exercice du baccalauréat et de l'agrégation.

Pour faciliter la mise en place de ces exercices en classe, nous avons conçu plusieurs instruments pédagogiques. Le premier est un logiciel de traitement d'images librement accessible à tous les éducateurs, SalsaJ (Doran et al. 2012). SalsaJ permet de reproduire avec un minimum d'options, les opérations essentielles d'analyse d'image (mesure de longueur et surface, coupe, photométrie, colorimétrie) et de spectre (visualisation, mesure de la position des raies). Nous offrons également la possibilité d'utiliser un réseau de radiotélescopes dédiés aux écoles à travers une interface web (http://euhou.obspm.fr). Enfin, deux approches plus spécifiques ont été développées par les membres de F-HOU. Une approche adaptée aux écoles primaires est illustrée sur le site de Michel Faye et Suzanne Bourdet (https://www.sciencesbourdetfaye.fr/) ; une approche kinesthésique autour des mouvements des corps du Système Solaire est développée par Emmanuel Rollinde (planetaire.overblog.com).

Notre approche pédagogique est basée sur le principe de modélisation et le lien qui en résulte entre les mathématiques et les sciences physiques (Rollinde, 2020, Yvain-Prébiski & Modeste, 2020). Il s'agit donc toujours de faire pratiquer aux élèves une démarche qui : part de l'observation de situations

réelles ; cherche à définir le problème posé et les paramètres essentiels pour y répondre ; opère une mathématisation du problème avant de revenir à la situation réelle. Cette démarche est nécessairement une transposition du type de démarche suivie par un chercheur. Nous avons l'intention dans les prochaines années d'approfondir le lien entre les démarches d'un chercheur et sa transposition dans le contexte de la classe.

Références bibliographiques

Doran, R., Melchior, A.L., Boudier, T., Ferlet, R., Almeida, M.L., Barbosa, D. & Roberts, S. (2012). arXiv preprint arXiv:1202.2764.

Rollinde, E., Ferlet, R., Melchior, A.L., Delva, P., Chagnon, G.s et al.. (2016). Enseigner la physique et les mathématiques autrement : EU-HOU, Hands-On Universe EU-HOU, Hands-On Universe. Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, Union des professeurs de physique et de chimie, ⟨hal-02303711⟩

Rollinde, E., Pennypacker, C., Doran, R., Darhmanoui, H., Handa, T. et al.. (2020). Futures of Education – GHOU 2020. [Intern report] G-HOU. 2020. ⟨hal-03089436⟩

Rollinde, E. (2020). Modeling astronomy education, the case of F-HOU tools: SalsaJ and Human Orrery. *Education and Heritage in the era of Big Data in Astronomy Proceedings IAU Symposium No. 367, 2020 R.M. Ros, B. Garcia, S. Gullberg, J. Moldon & P. Rojo, eds.*, Dec 2020, Virtual, France. ⟨hal-03172677⟩

Yvain-Prébiski, S., & Modeste, S. (2020). Proceedings of the CIEAEM conference, 71, 139-150.

Synthèse

L'atelier fut riche en enseignement sur les possibilités de partenariats entre le monde scolaire et le monde de la recherche en astronomie. Il fut aussi l'occasion – c'était un de ses buts – de discuter l'intérêt de tels échanges.

Ces liens entre enseignants et chercheurs peuvent prendre plusieurs formes. Il peut s'agir d'interventions ponctuelles de ces derniers dans les classes, de visites dans un observatoire, de construction d'un projet pédagogique et d'un partenariat plus durables, sur toute l'année scolaire par exemple. Cela peut aussi prendre la forme d'un soutien à l'utilisation ou l'exploitation de maquettes, d'images ou d'instruments (comme IRiS à l'Observatoire de Haute-Provence, principalement dédié à l'enseignement).

L'intérêt pour les élèves de côtoyer un ou une astronome a été souligné, tant pour la motivation que cela leur procure que pour les perspectives d'orientation que cela leur apporte. L'astronome représente une « figure de science et de concrétisation de la recherche ». De toute

évidence, les enseignants eux-mêmes bénéficient de cette aide d'astronomes. Il a été rappelé dans l'atelier, comme en d'autres circonstances pendant tout le colloque, que la formation initiale des enseignants en astronomie est réduite à sa plus simple expression et que les quelques stages de formation continue peinent à inverser la tendance. On serait tenté de croire que seuls les élèves et les enseignants y gagnent dans ces échanges écoles-chercheurs, il n'en est rien ! Les astronomes eux-mêmes y trouvent des occasions de parler de leur métier, de leurs recherches, et c'est très épanouissant et utile pour cerner son domaine. Notons qu'il n'y a pas que les astronomes qui sont partie prenante des échanges écoles-chercheurs, il y a aussi les didacticiens et les psychologues du développement ; on a donc, dans l'idéal, affaire à des échanges tripartites : enseignants (ou éducateurs de manière plus générale) – astronomes – didacticiens/psychologues. Tout le monde a donc à y gagner ! On insiste cela dit sur la nécessité de bien préparer en amont avec les enseignants les partenariats et les interventions en classe ; le rôle de chacun et le contenu des interventions devant être bien définis.

La question de l'accès au partenariat pour les enseignants s'est posée : comment les enseignants peuvent-ils bénéficier de l'aide d'un ou d'une astronome pour mener un projet ? Et où ou à qui s'adresser ? L'atelier a révélé que de nombreux dispositifs existent et d'aussi nombreuses initiatives voient le jour, sur la durée (Clea, Cnes, Declics, F-HOU, Lamap, Partenariat de l'Obs. de Paris, Savanturiers pour ce qui est de la France) ou sur des événements ponctuels, faisant souvent écho à l'actualité (Planètes en Guyane, Insight). Toutefois, il apparaît que d'innombrables collaborations entre des enseignants et des astronomes professionnels se font hors cadre, de personne à personne, souvent de connaissance à connaissance. (Il est d'ailleurs suggéré de faire remonter les partenariats inconnus et les besoins des enseignants.)

Pour répondre à la question initiale de l'accès au partenariat, des éléments de réponses ont été apportés comme contacter l'observatoire le plus proche, solliciter le programme de partenariat de l'Observatoire de Paris, se rapprocher des correspondants régionaux du Clea, ou encore s'enquérir auprès de la Société française d'astronomie et d'astrophysique (SF2A). De plus, il a été évoqué pour l'enseignement primaire, qui est particulièrement mal loti, d'organiser des partenariats avec l'enseignement secondaire. On peut enfin ajouter que l'Union astronomique internationale (UAI) a mis en place son Office de l'astronomie pour l'éducation (OAE), lequel s'appuie sur des coordinateurs nationaux dans chaque pays. Un nœud français est en cours de formalisation au sein de l'Université CY Cergy Paris (oaenf.cyu.fr).

Par ailleurs, pour pallier le manque chronique de matériel il est noté que les clubs d'astronomie peuvent venir en complément de programmes comme « Astro à l'école » ou « Cosmos à l'école ».

Atelier : Plus-values et limites des projets interdisciplinaires en astronomie

Clément Maisch,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Assia Nechache,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Caroline Leininger,
Université de Paris, Univ Paris Est Creteil,
CY Cergy Paris Université, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-75013 Paris, France

Didier Mathieu,
Planétarium d'Épinal, France

L'interdisciplinarité est un thème fortement lié à des situations d'astronomie comme cela a été observé tout au

long de ce colloque. À travers cet atelier, nous souhaitions identifier comment l'astronomie peut être le vecteur d'un travail pluri- inter- ou transdisciplinaire. Durant cet atelier, 6 situations ont été présentées et prenaient différentes formes : séance, séquence, projet, dans lesquelles le plus souvent un fil rouge est constitué par un thème/une question astronomique. En plus de la description de la situation d'apprentissage en jeux, nous nous sommes posé trois questions en lien à ces situations :

- Quelle est la place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie ?
- Quel est l'objectif de l'interdisciplinarité dans le travail présenté : de la juxtaposition d'apports disciplinaires, d'une mise en dialogue, ou du dépassement des limites disciplinaires.
- Sur quel type de travail se base la question de l'interdisciplinarité : les savoirs, les outils, les démarches expérimentales ou pédagogiques....

Situations	**Type de Situations**
AstroDuclaux	Projet interdisciplinaire sur l'année au lycée
Méria scénario	Projet annuel au niveau universitaire sur les mathématiques fondé sur une situation d'astronomie
Asmaé	Projet bi disciplinaire (SVT-PC) annuel au collège sous la forme de colloques
Missions spatiales	Projet en Terminal en lien avec une mission spatiale (hayabusa2, Mission Mars2020)
Schools Tune Into Mars	Atelier de ressources pédagogiques pour des enseignants du secondaire
Astro_Philo_histoire	Enseignement annuel sur 3 disciplines en 2de

Les situations regroupant des enseignants de différentes disciplines (non uniquement scientifique) sur des projets de plus d'un trimestre, étaient les plus représentées.

Projet AstroDuclaux : un projet pluri-inter-trans-disciplinaire autour de l'astronomie avec une classe de seconde.

Hugues Amalric,
Emmanuel Boyer,
Lycée E. Duclaux, Aurillac, France

(Réponses aux questions)

La situation d'apprentissage.

L'équipe pédagogique d'une classe de seconde générale explore les possibilités d'apprentissage en interdisciplinarité autour de l'astronomie. Le lycée est à Aurillac, petite ville de province, loin des grands centres scientifiques (universités, culture scientifique, etc.). C'est donc l'opportunité d'ouvrir les portes d'une connaissance scientifique à des élèves pris « au hasard » qui n'ont pas choisi a priori de suivre ce projet. L'astronomie servira de fil conducteur à l'aventure menée sur l'année, mêlant enseignements, découvertes, sorties,

explorations, manipulation de matériel, intervention de chercheurs de renom, parrains de l'aventure qui se déplaceront pour des conférences jusqu'à Aurillac. La production finale permettra aux élèves de mettre en valeur leur travail et de prendre du recul sur les progrès accomplis. Les professeurs vont ainsi profiter de la cohésion du groupe classe pour établir des relations de confiance face à l'apprentissage. Face au groupe, une équipe d'adultes, eux aussi soudés, va pouvoir mettre en œuvre une démarche de projet, où chaque maillon devra apporter sa pierre à l'édifice.

Place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie.

Aux disciplines du lycée labellisées scientifiques, Physique-Chimie, sciences de la vie et de la Terre, mathématiques, se sont jointes naturellement l'histoire, la géographie, les lettres, le français pour des approches complémentaires du thème choisi pour l'année, car venant d'horizons différents. Il n'y a pas d'heures supplémentaires prévues à l'emploi du temps de la classe, seulement une plage d'AP (Accompagnement Personnalisé) en commun ou MPS (Méthodes et Pratiques scientifiques de la réforme du lycée précédente). Les contenus et méthodes à explorer et à approfondir de façon ambitieuse sont donc forcément liés aux programmes officiels. C'est le rôle du professeur et des échanges au sein de l'équipe qui permet de voir ce qui est faisable et ce qui ne l'est pas, et de rechercher les éléments qui peuvent être mis à portée des élèves. La deuxième phase du projet permet un travail de groupe plus ciblé, plus approfondi, selon les appétences de chaque élève et de leur projet d'orientation. Le travail se fait donc dans une relative autonomie, ce qui est un objectif transversal de la classe de seconde. La diversité des contenus explorés dans toutes les disciplines ne peut pas se résumer ici mais est détaillée pour le projet Saturne sur le site http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Projet-2017-2018-Destination qui

est organisé autour de cinq portes d'accès : les disciplines, les cinq thématiques abordées, la mise en œuvre chronologique, les dix thèmes de recherche de la phase 2, la production finale & les réseaux sociaux. Sur le site se trouvent aussi les bilans des six années d'expérimentation de 2013 à 2019 avec un sujet différent chaque année, de la Lune à Saturne.

Objectif de l'interdisciplinarité de notre travail.

Les professeurs chevronnés profitent de leur liberté pédagogique pour explorer tous ces champs en même temps ! Une clarification du projet a été tentée dans un article paru dans la revue Repères-Irem https://www.univ-irem.fr/reperes/articles/115_article_761.pdf. Le dialogue entre les disciplines, les attendus, les méthodes, permettent de comprendre les implicites demandés dans chaque discipline et de les expliciter auprès des élèves. Chacun des professeurs se retrouve non spécialiste d'une autre discipline et donc dans la situation des élèves, une proximité qui permet de gagner en quelque sorte la confiance des élèves dans un apprentissage ambitieux. Cet effort permet de mettre en évidence la complémentarité des disciplines mais aussi la nécessité de travailler dur pour comprendre les mécanismes physiques et de SVT, les outils mathématiques, les méthodes d'écriture, comme de recueil d'information, d'analyse, de présentation, etc.

Type de travail sur lequel se base la question de l'interdisciplinarité.

L'approfondissement dans chaque discipline permet à chacune d'apporter sa propre pierre à un ensemble final cohérent. Le dialogue entre les disciplines permet d'essayer de répondre aux difficultés rencontrées par les élèves. Par exemple : en physique la notion de proportionnalité pourtant vue en maths reste difficile, elle est éclairée par les bénéfices

d'une co-intervention sur un même objet d'étude suivi d'un va-et-vient entre les disciplines.

MERIA scénario : l'ellipse et l'application en astronomie

Vesna Županović
Željka Bošnjak,
Faculté d'ingénierie électrique et d'informatique,
Université de Zagreb, Croatie

Zvonimir Drvar,
Le Musée de la Technique « Nikola Tesla », Zagreb, Croatie

Marin Belamarić,
Faculté des sciences, Université de Zagreb, Croatie

Introduction

Les scénarios d'enseignement développés dans le cadre du projet Erasmus + MERIA- *Mathematics Education-Relevant, Interesting and Applicable*, https://meria-project.eu/ de 2016 à 2019 sont basés sur la théorie des situations didactiques de Brousseau, également sur la théorie de Freudenthal de l'enseignement réaliste des mathématiques. Les principes des théories mentionnées sont expliqués dans le manuel du projet

intitulé MERIA *Practical Guide to Inquiry Based Mathematics Teaching*. Les scénarios MERIA ont été développés, testés et analysés par des partenaires de l'Université de Ljubljana, de l'Université d'Utrecht, de l'Université de Zagreb, de l'Université de Copenhague, de l'Institut national d'éducation de Slovénie, du Vordingborg Gymnasium et du XV. Gymnase Zagreb.

Les scénarios de projet MERIA sont :

- Lignes de conflit – introduction
- Usine de vélos
- Distance de freinage
- Faire glisser
- Offre d'emploi

Les connaissances souhaitées sont respectivement :

- La partition d'un plan par des bissectrices perpendiculaires de paires de points donnés
- La construction de fonctions linéaires par morceaux comme solution optimale à un problème avec plusieurs conditions linéaires
- La distance de freinage dépend quadratiquement de la vitesse initiale
- Compréhension conceptuelle de la pente d'une courbe en tant que pente de la ligne tangente
- Déterminer, distinguer et prendre des décisions sur les mesures de la tendance centrale

Les scénarios sont basés sur des problèmes réels mais simplifiés :

- Trouver le puits d'eau le plus proche dans un désert

- Choix de la meilleure position d'une usine de vélos
- Limitation de vitesse dans une zone urbaine
- Construction d'un tremplin de saut à ski et d'un toboggan pour enfants
- Dans quelle entreprise chercheriez-vous un emploi ?

Le scénario d'enseignement de l'ellipse

Figure 1. Bateau et deux bouées

Nous considérons ici le nouveau scénario *Bateau et bouées,* ou la connaissance souhaitée est une construction de l'ellipse avec des foyers donnés et la longueur du grand axe (méthode du jardinier), et éventuellement dérivation de l'équation de l'ellipse. Le problème réel serait lié à la zone de mouvement d'un bateau attaché à deux bouées.

L'objectif plus large comprend la compréhension de la géométrie du triangle, ainsi que la capacité de travailler avec la notation mathématique. Les compétences d'enquête sont : expérimenter et dessiner systématiquement pour créer des zones qui sont déterminées par des points donnés et la distance. La courbe finale est présentée comme résultat. Les compétences interdisciplinaires sont exprimées dans

la connexion des problèmes territoriaux aux méthodes géométriques de résolution de problèmes.

Les élèves travaillent en petits groupes de 3 à 4 personnes avec le matériel requis comme des feuilles de travail, du papier, de la ficelle et éventuellement des TIC. Le scénario pourrait convenir aux élèves âgés de 15 à 16 ans ou même à des élèves plus jeunes, mais pour les élèves plus jeunes, nous ne nous attendons pas à ce qu'ils trouvent l'équation. Pendant les phases adidactiques, action et formulation, l'interaction des élèves se déroule sans interférence de l'enseignant. Dans les situations didactiques, la dévolution et la validation, l'enseignant est modérateur. Dans la première phase – la dévolution –, l'enseignant explique le problème et répond aux questions des élèves, clarifiant le problème.

L'atelier sur le planétaire humain

L'atelier s'est tenu le samedi 14 décembre 2019 à la Faculté d'ingénierie électrique et d'informatique de l'Université de Zagreb. Il y avait 80 élèves âgés de 12 à 15 ans qui ont participé à l'atelier dirigé par Zvonimir Drvar, directeur du planétarium du Musée de Technologie « Nikola Tesla » de Zagreb, et les professeurs Ana Sušac, Željka Bošnjak et Vesna Županović. Dans le hall d'entrée de la faculté, 8 élèves ont dessiné les orbites des planètes sur le sol en utilisant la ficelle. À la fois dans quatre salles de classe, avec l'aide des étudiants de mathématiques et de physique, d'autres élèves résolvaient des problèmes mathématiques liés au mouvement des planètes. Zvonimir Drvar et Marin Belamarić, étudiant en géophysique à l'Université de Zagreb, étaient les auteurs des problèmes pour les élèves. Lorsque les orbites sont dessinées, les élèves des salles de classe rejoignent les autres. Ils pouvaient vérifier leurs solutions en se déplaçant le long des orbites tracées dans la salle.

Figure 2. Le planétaire humain

Références bibliographiques

Cafuta, K. editor, (2019). MERIA scénarios and modules, *le projet MERIA,* https://meria-project.eu/activities-results/meria-teaching-and-learning-modules. Le manuel scolaire, 77.

Rollinde, E. & Decamp, N. (2019). J. Phys.: cf. Ser. 1287 012011

Winsløw, C. editor, (2017). MERIA Practical Guide to Inquiry Based Mathematics Teaching, *le projet MERIA,* https://meria-project.eu/activities-results/practical-guide-ibmt.

Županović, V., Šorić, K., Bistričić, L., & Vidović, P. (2020). Modélisation de fonction linéaire : multivitamines, taxi et vitesse, *Les mathématiques et l'école MIŠ*, 103, 9, 122-130.

(Réponses aux questions)

La situation d'apprentissage.

La description de la situation d'apprentissage : dans le hall d'entrée de la faculté, 8 élèves ont dessiné les orbites de Mars, Vénus et Mercure sur le sol en utilisant la ficelle. Dans les salles de classe, avec l'aide des étudiants de mathématiques et de physique, d'autres élèves résolvent des problèmes mathématiques liés au mouvement des planètes. Lorsque les orbites sont dessinées, les élèves des salles de classe rejoignent les autres. En se déplaçant le long des orbites tracées sur le sol, les élèves utilisaient les mêmes orbites qu'ils dessinaient en classe.

Place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie.

Dans les exercices les élèves exécutent un scénario MERIA et apprennent quelles sont les propriétés de l'ellipse. Après, en utilisant les mesures de la distance des planètes, les élèves dessinent la trajectoire de la planète autour du Soleil sur le papier. Enfin, ces prédictions sont vérifiées dans l'expérience : les élèves dessinent les orbites à l'aide de la ficelle. Les connaissances acquises lors de la combinaison de ces exercices sont la connaissance des orbites planétaires autour du Soleil et la démonstration pratique de la construction de l'ellipse.

Objectif de l'interdisciplinarité de notre travail.

L'interdisciplinarité est contenue dans l'interaction entre les mathématiques et l'astronomie. L'astronomie donne un sens à la construction mathématique de l'ellipse, tandis que pour l'astronomie, les mathématiques sont un outil de base.

Type de travail sur lequel se base la question de l'interdisciplinarité.

Les mathématiques sont utilisées ici comme un outil pour l'astronomie, mais aussi la construction du planétaire humain apparaît de l'autre côté comme un laboratoire de test pour l'objet mathématique. La tâche de trouver l'équation de l'ellipse par simple dessin dans le scénario MERIA est placée dans un contexte pratique plus large lorsque les élèves se retrouvent comme des objets en se déplaçant sur la trajectoire lors de la construction de l'ellipse.

L'aventure d'ASMAÉ, un petit être venu d'ailleurs

Nathalie Witczak,
Laetitia Casse,
Collège R. Doisneau, Dammarie-Les-Lys, France

Naissance du projet et contexte

Le projet est né de la collaboration de deux professeurs en collège classé REP ; une professeure de sciences de la vie et de la Terre (Laetitia Casse) et une professeure de sciences physiques (Nathalie Witczak). Notre volonté était de développer l'appétence des sciences chez les jeunes adolescents de sixième à travers la pédagogie de projet. Pour cela, nous avons candidaté au projet éducatif 77 (PE77), et nous avons obtenu une subvention du département. L'appel à projets pour la subvention demande une réflexion et la construction d'un projet cohérent. C'est pourquoi le projet s'articule autour de deux axes ; l'enseignement des sciences et l'organisation du colloque par les élèves. Ayant participé à un colloque en didactique un an auparavant, nous avons

eu l'ambition de transposer ce modèle de présentation dans notre collège. Le colloque scientifique Junior était né !

Afin de porter ce projet tout au long de l'année et motiver les élèves, il nous a paru essentiel de créer un environnement fictif dans lequel l'imagination et la motivation des élèves pouvaient être développées. AsMaÉ est un être venu d'ailleurs dont vous allez faire la connaissance. Ce personnage est à la base de la « story-telling » et a permis l'élaboration du colloque scientifique Junior. En effet, les élèves ayant fait connaissance avec lui ont voulu retransmettre cette histoire lors du colloque. Attachez vos ceintures ! Voici l'histoire d'AsMaÉ. Nous vous présentons à présent la partie de la « story-telling » sur l'astronomie.

Présentation d'une partie de la « story-telling » en lien avec l'Astronomie

« 2250. La Terre va de plus en plus mal ! La population ne cesse d'augmenter, les ressources naturelles s'épuisent et les scientifiques ont baissé les bras ! Comment les humains vont-ils se nourrir ? Les scientifiques, notamment les chimistes, ont tenté pendant des années de mettre au point des substituts alimentaires pour lutter contre l'obésité mais, frustrés, les Terriens dévorent plus qu'ils ne mangent, et gaspillent ! Les technologies sont omniprésentes et le besoin en électricité croît ! Tout le monde veut avoir accès à des sources d'énergie infinies ! La planète souffre de plus en plus de tous ces excès car elle ne peut pas fournir tout ce que les humains attendent, du moins ce dont ils disent avoir besoin ! Les Terriens vivent un moment d'apocalypse et en désespoir lancent un ultime appel à l'aide dans l'espace. Qui sait, ce message serait peut-être reçu et quelqu'un leur viendra peut-être en aide !

Les terriens envoient le message en morse SOS !!!

Les terriens ont ciblé leur grand problème : Comment recréer un monde idéal et durable pour tous ?

Le message a été réceptionné par AsMaÉ, un extra-terrestre, persuadé qu'une autre forme de vie existe en dehors de sa planète ! AsMaÉ veut prouver que les énonciateurs de ce message existent bel et bien et il sait qu'il peut les aider ! Mais comment le leur dire ? AsMaÉ essaie de collecter toutes les données qu'il peut pour trouver une réponse. Il pourra compter sur un de ses amis fidèles qui lui proposera une liste des possibilités pour communiquer que doivent avoir les humains. AsMaÉ sait même, désormais, que le message provenait du système solaire. Mais quelles sont sa structure, ses dimensions ? Où se trouve-t-il ? De quoi est-il composé ? Il ne peut pas partir sans avoir une destination précise ! AsMaÉ essaie de se représenter le système solaire mais comprend que celui-ci est en plus animé de mouvements ! Comment s'y retrouver ? Son ennemi juré ne cesse de lui faire parvenir des représentations différentes ! Mais quelle est la bonne ? Comment expliquer que les Terriens sont sur Terre ? Comment s'est formée leur Terre, comment ont-ils pu la coloniser ?

AsMaÉ se sent maintenant prêt à partir avec son vaisseau. Il sait qu'il faut qu'il maîtrise sa vitesse pour arriver à bon port. Il a aussi lu que beaucoup de navigateurs humains se servaient des constellations qu'ils observent depuis la Terre. Mais voilà, AsMaÉ a bien repéré une liste d'étoiles sur son chemin mais ne comprend pas pourquoi il n'arrive pas à dessiner dans le ciel toutes ces figures, à l'origine de légendes assez incroyables ! Il lui tarde d'être sur Terre pour voir si ces constellations ne sont pas, elles aussi, des mythes ! »

Ce fil rouge nous a permis de lier l'ensemble des enseignements qui voulaient s'intégrer au projet. Nous allons à présent vous présenter l'ensemble des disciplines et des

projets qui se sont inclus tout au long de l'année ainsi que la méthode adoptée pour réaliser ce projet.

Comment rendre experts les élèves de sixième ?

Le projet s'articule autour de trois grands thèmes, chaque classe devient « experte » dans l'un d'entre eux. Les élèves abordent ces différentes thématiques au cours de l'aventure d'AsMaÉ. Les apports théoriques nécessaires à l'élaboration du colloque ont été apportés par différentes voies. Les enseignements en classe ont permis d'aborder les notions ou de découvrir des outils numériques. Les sorties pédagogiques ont permis d'avoir davantage d'ouverture sur le monde qui nous entoure ainsi que la rencontre de personnes passionnées de sciences. Les classes expertes ont ensuite créé de toute pièce des ateliers permettant de constituer le colloque scientifique Junior.

Comme nous le voyons dans le début du fil rouge, l'astronomie tient une place importante dans ce projet. En effet, à travers l'histoire d'AsMaÉ, nous avons fait voyager les élèves dans l'espace. Et ceci nous a permis d'aborder différentes notions du programme de cycle 3.

Le tableau qui suit permet de lister les différentes activités proposées en classe ainsi que les sorties permettant d'alimenter la connaissance des élèves.

Disciplines	**Exemples de différentes activités**
Sciences physiques	Séance sur le système solaire (Planètes dans le système solaire, planètes telluriques, planètes gazeuses, ceintures d'astéroïdes) Recherche documentaire sur chaque planète par petit groupe et confection de carte d'identité sur un « Padlet » avec l'aide du professeur documentaliste. Étude des phases de la Lune Mouvement circulaire/rectiligne pour pouvoir définir le mouvement des planètes autour du Soleil et de la Lune autour de la Terre. Calcul de la vitesse du vaisseau d'ASMAÉ.
Sciences de la Vie et de la Terre	Explication mouvement de la Terre : rotation (origine jour : nuit), révolution (alternance des saisons) Explication de la formation du système solaire et histoire de l'apparition de la vie sur Terre Constellation : utilisation de « Stéllarium » pour se repérer dans le ciel grâce aux constellations et lien avec le français pour les mythes liés à chaque constellation.
Technologie	Programmation d'un mini robot pour la confection d'une maquette représentant l'ISS se déplaçant autour de la Terre.
Sorties pédagogiques	Cité des sciences et de l'industrie avec notamment le visionnage d'un film à la coupole sur la vie dans l'espace et plus particulièrement sur l'ISS. Visite de l'uranoscope de Gretz-Armainvillier.

Tableau 1. Liste de différentes activités proposées en classe de sciences et technologie ainsi que des sorties permettant d'alimenter la connaissance des élèves en Astronomie.

La carte mentale qui suit permet de montrer comment chaque discipline s'est intégrée dans le projet afin de travailler différents aspects en lien avec l'astronomie.

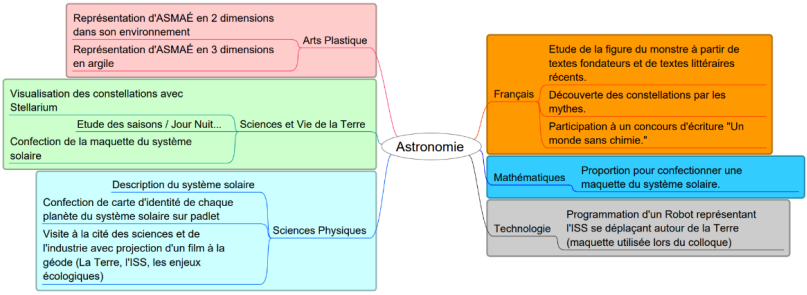


Figure 1. Carte mentale représentant la contribution de chaque discipline dans le projet en lien avec le thème Astronomie.

La réalisation du colloque scientifique Junior

Tout au long de l'année, les élèves ont travaillé avec l'ensemble de l'équipe éducative investie dans le projet. Certaines productions avaient été réalisées pendant l'année, comme la maquette du système solaire. Puis, nous avons « coaché » les élèves afin de construire et organiser le colloque scientifique junior au sein du collège. Des équipes de travail ont été constituées. Chacune ayant un but précis : mettre au point un discours d'accueil des visiteurs, une animation pour un atelier, un message de remerciement, une organisation de la circulation dans les couloirs entre les ateliers… Les participants au colloque étaient les autres classes de sixièmes du collège, ainsi qu'une classe de maternelle. Cet échange interdegré a été l'occasion pour les élèves de maternelle de présenter aux collégiens des jeux sur le système solaire qu'ils avaient construit au cours de l'année avec leur professeure des écoles.

Les ateliers étaient riches et variés, nous vous donnons quelques exemples non exhaustifs :

- Présentation de la maquette du système solaire.
- Robot technologique représentant la Station Spatiale Internationale se déplaçant autour de la Terre.
- Présentation d'une chaîne alimentaire.
- Expérience permettant de présenter les propriétés des matériaux (conductivité électrique, densité, différence entre un thermoplastique et un thermorésistant)
- Jeux autour de la nutrition. Quel est le plateau-repas qui contient le moins de sucre ?

L'interdisciplinarité dans le projet

Le projet que nous présentons a permis de mettre en œuvre des séances de co-interventions entre sciences physiques et SVT. En effet, une majorité des pratiques expérimentales étaient effectuées en co-intervention. Un des exemples est une séance basée sur l'étude de la matière qui nous entoure. Lors de cette séance, les élèves devaient aider AsMaÉ à élucider un problème concernant différents matériaux qui étaient dans une boîte. Les élèves devaient alors réaliser plusieurs tests afin de répondre au problème de départ, et tout cela en équipe de 4. En plus de cela, la majorité des professeurs se sont emparés du personnage AsMaÉ et l'ont fait apparaître dans leurs enseignements tel un personnage de bande dessinée qui se glisse dans différents endroits afin d'y vivre des aventures passionnantes. À la fin de l'année, le colloque étant articulé autour des trois pôles astronomie, matière et énergie, les élèves devaient forcément mettre en relation les savoirs provenant des différentes disciplines.

Le but de ce projet étant d'organiser un colloque dans l'établissement en fin d'année scolaire, l'interdisciplinarité a été mise en place tout au long de l'année sous une multitude de formes. L'ensemble des disciplines travaillaient dans le même but d'aider les élèves à produire et construire cet événement.

Conclusion

Ce type de travail est riche tant pour les professeurs que pour les élèves, au-delà de l'aventure d'AsMaÉ, c'est une aventure humaine extraordinaire. Il n'a été mené qu'une seule fois au sein de notre collège. Le point fort de ce type de projet est vraiment l'action et l'engagement des élèves en tant que source de savoir. C'est le propre de la pédagogie de projet, l'élève est acteur de son savoir. La retransmission de son savoir à ses pairs est le gage d'un savoir approprié et intégré. Nous encourageons toute équipe pédagogique à se lancer dans une aventure comme la nôtre.

Impliquer les lycéens dans l'exploration spatiale via des projets interdisciplinaires

Thomas Appéré,
Lycée Saint-Paul, Vannes, France

Les nombreuses missions robotiques explorant le Système solaire sont autant d'opportunités pour aborder l'exploration spatiale avec les élèves. Au lycée Saint-Paul à Vannes (Morbihan, France), établissement privé sous contrat d'enseignement général et technologique accueillant 1800 élèves et comptant 155 enseignants, nous avons mis en place cette année plusieurs projets interdisciplinaires à destination des classes de Terminale. L'objectif est d'impliquer les élèves dans des missions d'exploration spatiale et de leur montrer les liens entre les différentes disciplines.

Projet sur la mission Hayabusa2

La mission japonaise Hayabusa2 a été lancée en décembre 2014 pour rejoindre l'astéroïde Ryugu en juin 2018. Elle y a prélevé des échantillons de régolithe ramenés sur Terre en décembre 2020. Nous avons profité de cette opportunité

pour mener un projet interdisciplinaire japonais/Physique-Chimie.

En cours de Physique-Chimie, les élèves de Terminale ont découvert la mission Hayabusa2 via plusieurs exercices :

- Descente balistique du module franco-allemand Mascot (mouvement dans un champ de pesanteur uniforme) ;
- Moteur à propulsion ionique de la sonde Hayabusa 2 (mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme) ;
- Orbite de l'astéroïde Ryugu (mouvement dans un champ de gravitation).

Mon collègue de japonais Alain Ortais a travaillé avec ses élèves de Terminale sur la traduction d'articles de presse portant sur la mission Hayabusa2 (はやぶさ2) pour qu'ils découvrent des mots de vocabulaire en lien avec les notions abordées en Physique-Chimie. La traduction littérale des termes japonais est très évocatrice. Par exemple, « astronomie » se traduit littéralement par « étude des motifs du ciel » (**天文学**, «temongaku» en japonais) et « télescope » par « miroir pour voir loin » (**望遠鏡**, bôenkyô en japonais).

Les élèves ont rédigé un texte en japonais par groupe de trois ou quatre. Ces textes ont concerné des aspects à la fois techniques, culturels ou littéraires de la mission comme :

- L'agence spatiale japonaise
- Les objectifs de la mission Hayabusa2
- La mission OSIRIS-REx, cousine américaine de Hayabusa2
- Quelles relations entretiennent les Japonais avec la science ?
- Ryûgû et la légende d'Urashima Tarô dans la culture populaire japonaise.

Dans cette légende très célèbre au Japon, Urashima Tarô est entraîné dans le Palais du dragon, Ryûgû (リュウグウ). Là, il se voit offrir le Tamatebako, un coffret contenant son âge multiséculaire, le temps évoluant différemment dans ce palais. L'astéroïde exploré par la sonde Hayabusa 2 a été baptisé Ryûgû en référence à cette légende. C'est un astéroïde carboné, constitué d'un matériau qui a très peu évolué depuis la formation du Système solaire. Le Tamatebako symbolise donc la capsule de retour d'échantillons.

Enfin, Aurélie Moussi, cheffe de projet Hayabusa2/MASCOT au Cnes est intervenue à distance en avril 2021 auprès des élèves. Après avoir présenté le déroulé de la mission Hayabusa2, elle a répondu aux questions des élèves qui ont notamment porté sur la façon de travailler avec l'équipe japonaise.

Le projet a été très bien accueilli par les élèves qui ont fait preuve de beaucoup d'enthousiasme. La majorité des élèves en classe de japonais ne suivant pas des spécialités scientifiques, le volet linguistique leur a permis de s'approprier pleinement le projet.

Projet sur la mission Mars2020

Le 18 février 2021, le rover Persévérance de la mission Mars2020 s'est posé avec succès sur la planète Mars. Cette mission a pour objectif de chercher des terrains ayant pu préserver des indices d'une éventuelle vie passée et de prélever des échantillons du sol martien. De nombreux aspects de cette mission peuvent faire l'objet d'exercices dans les différentes disciplines scientifiques. Le réseau d'enseignants Supercam Education (https://mars2020.oca.eu/fr/accueil-mars2020) répertorie ces activités pédagogiques.

En Terminale Spécialité Physique-Chimie, les élèves ont étudié le rôle du bouclier thermique (transferts thermiques)

et le générateur thermoélectrique à radioisotope (RTG) du rover (équation d'une réaction nucléaire, énergie libérée par une réaction nucléaire) afin de vérifier les informations données sur le site officiel de la mission Mars2020.

En Terminale Spécialité NSI, les élèves ont écrit un programme informatique en langage Python simulant l'atterrissage de Persévérance et utilisant la notion de classes. Ils ont eu besoin des équations horaires du mouvement du Sky Crane, la « grue du ciel », étudiées en Spécialité Physique-Chimie.

(Réponses aux questions)

La situation d'apprentissage.

La mission spatiale japonaise Hayabusa 2 a été lancée en décembre 2014 pour rejoindre l'astéroïde Ryugu en juin 2018. Après une campagne fructueuse d'observations et d'exploration, la sonde a ramené des échantillons de l'astéroïde le 5 décembre 2020. Prenant pour cadre cette actualité, un projet interdisciplinaire a été mis en place cette année au lycée Saint Paul (Vannes, Morbihan) à l'initiative de Thomas Appéré, professeur de Physique-Chimie et d'Alain Ortais, professeur de japonais. La mission Hayabusa 2 sert de fil conducteur pour les travaux d'expression écrite réalisés en cours de japonais de Terminale : présentation de l'agence spatiale japonaise, origine du nom « Ryugu » et les légendes associées, écriture d'une nouvelle de science-fiction inspirée par la mission... Les élèves partagent ensuite leurs travaux avec le reste du groupe-classe. En spécialité Physique-Chimie de Terminale, plusieurs exercices ont pris pour cadre différents aspects de la mission : son mode de propulsion, le largage du robot MASCOT à la surface de l'astéroïde, l'étude de l'orbite de l'astéroïde Ryugu. Deux autres projets interdisciplinaires étaient prévus cette année. Cependant, des contraintes liées aux emplois du temps n'ont pas permis leur mise en œuvre.

Place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie.

En cours de Physique-Chimie, la mission Hayabusa 2 sert de contexte pour différents exercices sur les lois de Newton et les lois de Kepler. Ces notions font partie de deux chapitres du programme officiel de spécialité Physique-Chimie de Terminale. Les élèves suivant l'option japonais ont des appétences plus ou moins prononcées pour les sciences. Aussi, certains élèves se sont intéressés aux aspects techniques de la mission tandis que d'autres ont mené leurs recherches sur des aspects plus sociologiques comme la façon dont la science est perçue au Japon.

Objectif de l'interdisciplinarité de notre travail.

L'aspect interdisciplinaire concerne principalement les élèves qui suivent à la fois la spécialité Physique-Chimie et l'option japonais. L'objectif est de leur offrir une ouverture culturelle sur un sujet habituellement abordé principalement par l'application mathématique de lois physiques. Les notions disciplinaires sont mises en dialogue pour permettre leur contextualisation et ainsi donner plus de sens aux connaissances apportées.

Type de travail sur lequel se base la question de l'interdisciplinarité.

Le contexte de la mission Hayabusa 2 sert de support pour présenter les structures de la langue japonaise, confirmer les connaissances grammaticales acquises jusque-là et réutiliser à l'oral les connaissances acquises. La traduction d'articles des médias japonais relatant les dernières actualités de la mission Hayabusa 2 permet de découvrir de nouveaux mots de vocabulaire. L'analyse de l'étymologie du vocabulaire scientifique en japonais est l'occasion d'aborder l'interdisciplinarité. Par exemple, le mot « chimie » (kagaku) se

traduit par « étude des transformations », le mot « télescope » (boenkyo) par « miroir pour voir loin ». Les notions vues en cours de Physique-Chimie permettent d'expliquer ces traductions.

Schools Tune Into Mars

Fatima Moujdi-Menauge,
Fanny Bouvet,
Lycée International de Valbonne, France

Les pratiques enseignantes

L'objectif de l'atelier « Schools Tune Into Mars » est de présenter les ressources pédagogiques produites dans le cadre du projet Schools Tune Into Mars soutenu par le programme européen Erasmus + en partenariat avec OCA, IPGP et le Cnes.

Ces ressources pédagogiques sont interdisciplinaires (STEM Science Technologie Ingénierie et Mathématiques) et basées sur l'exploitation des données spatiales de recherche. Elles s'adressent aux enseignants de science du secondaire (collège et lycée).

Comment promouvoir les données des missions spatiales comme Insight Mars auprès des élèves ?

Cet atelier propose des activités, innovantes et interdisciplinaires, qui répondent aux attendus de la nouvelle réforme des programmes de SVT et d'enseignement scientifique des niveaux 1re et Terminale.

Il est destiné aux enseignants, ces activités leur permettront d'aborder différentes thématiques avec leurs élèves telles que :

- Le système solaire
- La planétologie comparée (Terre-Mars) : géodynamique interne et externe.
- Les missions spatiales vers Mars.

Nous proposerons une exposition (8 posters) ainsi que des modélisations permettant au public présent de réaliser ces activités. La démarche expérimentale est au cœur de chaque activité.

(Réponse aux questions)

Donner une description de la situation d'apprentissage

L'exploitation des données de recherche des missions spatiales (dont Insight Mars…) en étroite collaboration entre le monde de la recherche (IPGP – OCA – CNRS) est indispensable pour à la fois contribuer à la réactualisation des connaissances des enseignants, et leur donner envie de créer de nouvelles activités interdisciplinaires au service de la réussite et de la motivation de nos élèves.

Le projet STIM « Schools Tune Into Mars » a eu pour objectif tout long de ces trois années de produire des ressources STEM validées scientifiquement et pédagogiquement. Ces activités ont pour objectif de comprendre d'une réalité

complexe et/ou de ses enjeux est l'objectif des activités crées dont mise en œuvre est au service des apprentissages des élèves.

L'ensemble des ressources pédagogiques produites sont à destination des enseignants de sciences (Physique – Chimie, Mathématiques, Sciences de la vie et de la Terre, Sciences du numérique et technologie) et contribue à leur développement professionnel (réactualisation des connaissances dans le domaine de la planétologie et l'acquisition de données de recherche).

Place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie ?

L'astronomie y a une place centrale, les activités se basant sur de la planétologie comparée : étudier Mars pour mieux comprendre la planète Terre.

Une entrée ludique (exposition Insight) peut être mise en place en amont pour permettre ensuite la mise en œuvre des activités STEM en classe.

Les ressources proposées entrent dans les programmes disciplinaires et d'enseignement scientifique.

Objectif de l'interdisciplinarité de notre travail.

L'interdisciplinarité est au service de la compréhension. Elle devient l'outil indispensable à l'élève pour résoudre une problématique scientifique. L'acquisition de connaissances et de compétences disciplinaires se fait donc naturellement par nécessité et par la volonté de l'élève.

L'interdisciplinarité telle qu'elle est abordée dans ce projet permet également de donner tout son sens à la discipline (à l'enseignement disciplinaire).

Type de travail sur lequel se base la question de l'interdisciplinarité

L'interdisciplinarité implique un lien fort entre la compréhension de concepts globaux permet aux élèves de passer de la cognition à l'action.

La réflexion pédagogique de l'enseignant va permettre la mise en place d'une démarche expérimentale visant à asseoir ou donner du sens à de nouveaux savoirs disciplinaires.

Astro-philo-histoire, un enseignement pluridisciplinaire de l'astronomie

Jean-Jacques Rives,
Lycée L. de Vinci, Montaigu-Vendée, France

Présentation d'un enseignement expérimental mis en place de 2014 à 2018 dans le cadre des enseignements de découverte de l'ancien programme de seconde. Cet enseignement regroupait trois enseignants de trois disciplines différentes : physique, philosophie et histoire-géographie pour aborder des thèmes communs de l'astronomie : se repérer dans l'espace et sur Terre, concevoir l'Univers, la définition d'une science, etc.

L'astronomie a été le support de cette formation originale entre les sciences et les humanités, qui a permis de développer un sens critique en s'appuyant sur des connaissances scientifiques, historiques et philosophiques, ainsi que de montrer que ces connaissances sont intimement liées.

(Réponses aux questions)

La situation d'apprentissage.

Cet enseignement expérimental a été mis en place par une équipe de trois enseignants (de philosophie, d'histoire-géographie et de physique-chimie) dans le cadre l'ancien programme de seconde, sur le fonctionnement des « enseignements d'exploration ».

À l'image de l'enseignement d'exploration « Méthodes et Pratiques Scientifiques », les enseignants intervenaient sur deux séances hebdomadaires consécutives de deux heures.

L'organisation annuelle était découpée en deux parties : Un premier trimestre pendant lequel des apports transdisciplinaires étaient présentés, un deuxième trimestre au cours duquel les élèves réalisaient un dossier sur un thème qui leur tenait à cœur, qu'ils présentaient ensuite à l'oral, puis enfin le troisième trimestre permettait de nouveau d'apporter des connaissances disciplinaires pour parfois compléter les recherches des élèves.

Place des contenus (savoir, savoir-faire) liés à l'astronomie.

Les séances étaient généralement abordées par des questions ; soit provenant des élèves, soit basées sur des textes philosophiques, des textes historiques ou encore des méthodes d'observations et d'analyses. Les apports consistaient alors en savoir et savoir-faire particulièrement en séances de sciences physiques pendant lesquelles étaient réalisées des activités expérimentales.

Objectif de l'interdisciplinarité de notre travail.

À la mise en place de l'ancien programme de seconde, les enseignements d'exploration avaient un caractère

pluridisciplinaire comme l'enseignement d'exploration « Méthodes et Pratiques Scientifiques » qui faisait intervenir trois enseignants des trois disciplines physique-chimie, SVT et mathématiques. Cependant le constat était de voir que tous les enseignements gardaient un caractère soit scientifique, soit littéraire mais jamais vraiment pluridisciplinaire. Trois enseignants du lycée ont souhaité alors aller plus loin en proposant un enseignement transdisciplinaire regroupant les enseignements scientifiques, littéraires et humaines, permettant à des élèves hésitant entre un cursus littéraire et/ou scientifique d'avoir un aperçu des méthodes et des contenus avant de s'engager dans une première spécifique.

L'objectif de cet enseignement était donc de mettre en lien la philosophie, l'histoire-géographie et les sciences physiques avec le thème de l'astronomie comme support.

Dans les trois disciplines, les contenus se basaient sur des apports disciplinaires liés entre les trois enseignements avec dépassement des programmes disciplinaires. Il est bon de noter que c'était pour tous les élèves de seconde une possibilité de découvrir la philosophie, matière enseignée encore aujourd'hui qu'en terminale !

Type de travail sur lequel se base la question de l'interdisciplinarité.

L'interdisciplinarité de cet enseignement était basée sur une vision, une interprétation différente d'un même thème alors que d'autres parties étaient plus spécifiques. Cependant les enseignants avaient élaboré un programme liant étroitement, autant que possible, les trois disciplines.

Certains thèmes abordés étaient vraiment transdisciplinaires. Par exemple : En sciences, les élèves apprenaient avec un logiciel à observer le ciel, repérer les astres visibles, les constellations. En histoire, l'origine

des constellations, des calendriers ainsi que l'origine de l'horoscope étaient abordées avec les anciennes civilisations (égyptienne antique, mésopotamienne...). En philosophie étaient abordées des questions comme « Ce que nous voyons est-il réel ? Qu'est-ce que l'Univers ? ….».

D'autres contenus étaient plus spécifiques (quoique...) à la discipline enseignée : Comment déterminer la masse d'un trou noir ? Ou d'une planète ? À quoi sert un nocturlabe ? Un portulan ? Avons-nous une expérience du « monde » ? …

Synthèse

Les discussions ayant eu lieu lors de cet atelier ont mis en évidence :

- L'importance ou l'intérêt (surtout motivationnel, ludique) de travailler avec des chercheurs, spécialiste de la thématique (parrain) ;
- L'intérêt d'une dimension sociale : aspect fédérateur de ce genre de projet (enseignant, élèves, parents d'élèves…) ;
- Le choix des disciplines est plutôt lié à des affinités entre des personnes et la nécessité de ne pas se limiter aux STEM mais aussi à d'autres disciplines (art, éco, LV…) ;
- La possibilité d'orienter ce travail vers l'apprentissage des capacités des élèves tel que la curiosité, développer la citoyenneté ou plus généralement travailler sur la complexité. Il s'agit aussi d'ouvrir à la créativité (autant pour les apprenants que pour les enseignants), dans

des situations d'apprentissage où tout le monde est acteur ;

- La nécessité de trouver/avoir du temps pour organiser la collaboration avec les collègues et d'autres intervenants (« Au début, c'est chronophage mais, ensuite, on retrouve son investissement ».) ;
- Le thème de l'astronomie impulse le travail interdisciplinaire mais les articulations ne sont pas forcément claires à lire (du fait de la taille des projets proposés) ;
- Il est important de ne pas limiter notre regard à l'enseignement scolaire général et de l'ouvrir aux aspects d'enseignement professionnel et aux situations de médiation scientifique.

Les organisateurs du débat soulignent que malgré la richesse de celui-ci, les thèmes de la place des savoirs d'astronomie dans les apprentissages de ces projets, ainsi que son rôle dans ces projets n'ont pas été véritablement identifiés. Ceci laisse à penser que les savoirs astronomiques sont plutôt des fils rouges, des supports que des objectifs d'apprentissage. Ces projets permettent une première approche de certaines notions liées à l'astronomie dans le cadre scolaire. Cette réflexion se doit d'être poursuivie et approfondie d'autant plus, du fait que la situation actuelle de renouvellement des programmes du lycée rend plus difficile la mise en place de tels projets. Nous proposons de mettre en avant la question de l'évaluation en termes d'apprentissage de ces projets du point de vue des connaissances directement liées à l'astronomie.

Atelier : Les images en astronomie

Jean Strajnic,
Rectorat de l'académie d'Aix-Marseille – DRAES,
Astro à l'École, France

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Cet atelier se proposait d'envisager la question du statut et de l'utilisation de l'image dans l'éducation. Trois contributions reviennent sur des images de Galaxies, de la Lune et d'un champ d'étoiles pour une utilisation en primaire, secondaire et postsecondaire. À partir de ces contributions et à travers nos échanges, nous travaillerons sur le statut, la place et l'intérêt de l'image dans la démarche scientifique mise en œuvre en pédagogie. L'image peut être celle que nous voyons par nos yeux, ou que nous reproduisons sous la forme d'un dessin ; elle peut être obtenue par un appareil photo,

un télescope amateur ou un télescope professionnel. Quelle représentation de l'objet réel est donnée par ces images ? En quoi une image est-elle un objet scientifique, et comment est-elle utilisée spécifiquement dans le contexte d'une modélisation (voir atelier 2.4) ? Nous reviendrons alors sur la transposition de ces questions dans l'éducation. Comment décrit-on une image dans les différents niveaux scolaires ? Comment les élèves fondent-ils une analyse scientifique, ou une investigation, en amont d'une acquisition d'image, pendant l'acquisition et lors de l'utilisation d'images ? Enfin, quelles différences, inévitables ou à éviter, existe-t-il entre ce que font les élèves et la démarche scientifique ?

Mise en œuvre de la démarche scientifique à travers le classement d'images : Nébuleuses et galaxies

Vincent Heussaff,
École élémentaire A. Rimbaud,
Chanteloup-les-Vignes, France

Cette proposition vise à présenter une activité à réaliser avec des enfants entre 5 et 10 ans. Elle peut se réaliser en classe ou en dehors et a pour objectif de faire découvrir la démarche scientifique et les particularités de l'astronomie à travers le classement d'images. Elle s'intègre donc dans la thématique des pratiques enseignantes.

Il s'agit en effet d'un retour d'expérience sur une activité déjà réalisée avec des élèves de CP et de CE1. Il sera question de présenter le déroulé de l'atelier, les objectifs visés et les apports pédagogiques pour les élèves.

Introduction

L'astronomie est une science à la fois ancienne et universelle. Il suffit de voir la diversité des cosmogonies à travers le monde pour se rendre compte de l'importance de ces questionnements pour l'être humain. C'est pourquoi cette discipline est la source d'un vif intérêt pour les enfants. En classe, un point essentiel du travail de l'enseignant réside dans la mobilisation de l'attention et de l'intérêt de l'élève pour l'engager dans la réflexion. Cette thématique permet de le faire plus facilement.

Paradoxalement, l'astronomie est également une science récente. En effet, beaucoup de grandes découvertes n'ont été faites qu'au cours du XXe siècle (les galaxies, les sursauts gamma ou encore plus récemment les Fast Radio Burst). Pour comprendre un phénomène nouveau, le premier réflexe des scientifiques est d'observer et de classer. Or, ce sont des activités à portée d'un enfant dès la grande section de maternelle.

Objectifs et méthodologie

La démarche scientifique

À l'école primaire, la démarche scientifique peut se résumer en quatre étapes successives suivant la problématique initiale : hypothèses, protocole expérimental, expériences et conclusions. Cet atelier vise à faire vivre aux enfants une partie de ce processus en l'appliquant à l'astronomie et de leur faire comprendre la spécificité de cette discipline. En effet, l'astronomie est un domaine qui nécessite de passer majoritairement par l'observation et l'analyse plus que par l'expérimentation afin d'obtenir des conclusions sur le sujet d'étude.

Observation et classement

Ces deux compétences sont des piliers de l'apprentissage dès la maternelle. Il s'agit d'ailleurs d'une voie importante d'apprentissage lors des premières années de la vie d'un enfant. C'est à travers ces activités que les enfants mettront en œuvre la démarche scientifique appliquée à l'astronomie.

Mise en pratique : classement des galaxies

Étapes préliminaires

L'activité commence par la présentation de ce qui peut être qualifié de *« grand dé-zoom »*. En partant du lieu de l'activité, le changement progressif d'échelle (école, ville, région, France, Terre, système solaire et enfin galaxie) à partir d'images satellites permet d'aborder la notion de distance dans l'Univers. Cette première phase vise à susciter l'intérêt des enfants en ancrant ces mots complexes et ces échelles de distances difficiles à appréhender dans la réalité à travers des comparaisons de taille. Le point d'arrivée de cette introduction est la présentation de la Voie lactée faisant le lien avec le travail à suivre sur les galaxies.

Mise en œuvre de la démarche scientifique

À partir d'une image grand champ de Hubble, la pluralité des galaxies apparaît nettement. La problématique qui constituera le cœur de la réflexion est alors : les galaxies sont-elles toutes pareilles ? Pour répondre à cette problématique, des images de galaxies sont alors présentées aux enfants. Rapidement, ils verront des différences ce qui permettra de faire l'hypothèse que les galaxies sont différentes.

Classement des images

Cette étape vient naturellement après l'observation. Les enfants étant habitués à faire des classements, ils proposeront d'eux-mêmes de le faire. Les plus jeunes peuvent avoir besoin d'être aiguillés. Cela permettra de mettre en avant le protocole expérimental qui correspond ici à la méthode d'analyse et aux critères d'observation que l'on va fixer. Très vite, ils utiliseront comme critères les formes et les couleurs. Il est alors possible en cours de classement de faire le point sur les critères utilisés et d'évaluer leur importance. Cette institutionnalisation de la procédure de classement (qui correspond au protocole expérimental) permet ensuite de passer pleinement dans la phase d'expérimentation qui se résume ici au classement en fonction des critères déterminés collectivement.

Reproduire le diagramme de Hubble

Une fois le classement effectué, une mise en commun permet de partager les résultats de chacun. Généralement, les résultats obtenus sont très proches. On y retrouve les spirales, les spirales barrées, les elliptiques et les irrégulières. L'important est alors de faire verbaliser les choix réalisés tout en apportant le vocabulaire scientifique. La dénomination de chaque catégorie apparaît alors naturellement. Les critères de couleur peuvent être également discutés. Enfin, un prolongement peut être effectué vers le diagramme de Hubble en passant par les images de collisions de galaxies. Cela permet d'aboutir à un résultat scientifique majeur et de montrer aux enfants qu'ils ont bien les capacités de faire des sciences aussi bien que de grands noms de l'astronomie.

Conclusion

Cet atelier permet de mettre en pratique la démarche scientifique tout en mettant en évidence les spécificités de

cette dernière en astronomie. En effet, la phase d'expérience correspond souvent à de l'analyse, de l'observation ou du classement. Cette démarche intuitive pour les jeunes enfants qui l'utilisent naturellement pour découvrir le monde qui les entoure leur permettra de rentrer plus facilement dans la discipline scientifique qui peut par ailleurs apparaître comme ardue au premier abord. L'objectif final étant de leur montrer que la démarche qu'eux-mêmes ont suivie a permis d'aboutir à un résultat majeur de l'astronomie obtenu seulement une centaine d'années auparavant !

L'astronomie en école d'ingénieurs : une passerelle vers le monde de la recherche (exoplanètes)

Anica Lekic,
École d'ingénieurs aéronautique et spatiale Paris (IPSA), France

Anica Lekic est enseignante en physique dans une école d'ingénieurs spécialisée en aéronautique et dans le spatial. L'astronomie est l'un des domaines que les étudiants affectionnent. Depuis 4 ans, elle propose, dans le cadre du programme d'initiation à la recherche et l'innovation (programme PIRI[1]), un cours qui permet aux étudiants d'acquérir des données d'observation, de les traiter, les analyser et les publier sur une base de données internationale.

L'Astronomie à l'IPSA se fait au travers d'une association qui a été créée par des étudiants. Elle leur permet de monter des projets et de mener des ateliers.

1 https://www.ipsa.fr/formation-ingenieur-aeronautique/pedagogie-projet/innovation-recherche/

La première mission de l'association est appelée « Fil Rouge : transit d'exoplanètes ». Cette mission doit se répéter tous les ans avec de nouvelles données. La seconde mission « spectre » est une mission de recherche amateur pour les élèves.

L'association propose des visites, des sorties en observatoires et des conférences.

Ces missions sont intégrées au programme des élèves grâce au cursus intitulé « Initiation à la recherche et à l'innovation ». L'école finance les heures d'observations de nuits aux élèves.

Ce cours ne prend que 20 élèves (divisés en 4 à 5 groupes selon les années) et l'objectif est la validation d'exoplanètes à partir des cibles choisies dans ETD (Exoplanet Transit Data base). Les données sont parfois produites en utilisant un télescope téléopéré et le travail se fait à partir d'un champ d'étoiles.

Les informations issues des images sont extraites à partir d'articles scientifiques et de sites internet (par exemple exoplanet.eu).

Cinq séances sont programmées :

1. Historique et théorie sur les exoplanètes
2. Préparation de la nuit d'observation
3. Traitement des données
4. Interprétation des données
5. Restitution orale des résultats et comptes-rendus (CR) écrits en groupe

Les élèves réalisent la photométrie différentielle. Ils mesurent la variation de la luminosité, la magnitude de l'étoile hôte et la comparent à une étoile non variable. Ils

déterminent la profondeur du puits, le rayon de la planète, la durée du transit, la position de l'exoplanète en fonction de l'étoile hôte, etc. Ils utilisent le logiciel PRISM V10 payé par l'école, mais il existe aussi des logiciels libres qui font du traitement d'images, ils programment sous MATLAB, EXCEL ou Python.

Les élèves empruntent la démarche d'un chercheur par ce travail d'observation astronomique et vont jusqu'à la publication éventuelle de leurs données.

L'une des difficultés est qu'en tant qu'étudiants, ils n'ont pas accès à toute la bibliographie astronomique. De plus ils ne font que de la validation de détection de transit.

Leur travail a été valorisé par le Prix GEMINI attribué par la Société Astronomique de France, et deux de leurs résultats ont été publiés sur Exoplanet Transit Data Base.

Quel est le statut de l'image astronomique ?

Roger Ferlet,
Institut d'Astrophysique de Paris, CNRS,
UMR7095, Sorbonne Université, France

La photographie est la servante des sciences et des arts, mais une très humble servante, comme l'imprimerie, qui n'a pas créé la littérature. Elle rend à nos yeux la précision qui manque à notre mémoire, elle est le garde-notes de ceux qui ont besoin d'une absolue exactitude matérielle, elle sauve de l'oubli.

Mais une image n'est qu'une représentation partielle et subjective d'une réalité absente ou imaginée. Elle extrait un instant fugace pour en faire une représentation figée et partielle d'une réalité qui n'a jamais existé : elle renvoie à ce qu'Aragon appelait **« le mentir vrai »**, ce mélange abstrait de réalité et de fiction, propre aux représentations, artistiques ou non. Les images de propagande ou de publicité peuvent être de véritables mensonges !

Toute image est une illusion. Une image n'est qu'une image : le produit de celui qui la construit, volontairement ou non, et des personnes qui la regardent.

Le but des recherches en astronomie est de déterminer la structure de l'Univers à travers ses différentes composantes et d'en donner une interprétation compatible avec les connaissances de la physique. L'observation joue donc un rôle central.

L'astronome va tout d'abord rechercher des faits. Après leur mise en évidence, il doit les interpréter grâce à des modèles mathématiques résultant d'hypothèses physiques sur les objets étudiés (théorie). Il y a donc un va-et-vient permanent entre l'observation et la théorie.

L'observateur est toujours guidé par un modèle de l'objet étudié, de même qu'un modèle s'appuie nécessairement sur un ensemble de faits aussi nombreux que possible.

En astronomie, l'observation est en grande partie basée sur les ondes électromagnétiques (photons). Elle comprend les éléments suivants :

- Le collecteur, qui récolte les photons qui vont servir à établir des faits (entonnoir à photons) ; il dépend du domaine de longueur d'onde ;
- L'analyseur, dispositif plus ou moins compliqué servant à spécifier la nature du fait observé (filtre, spectrographe…) ;
- Le récepteur, qui capte les photons (CCD…) ;
- La réduction photométrique, qui corrige les mesures brutes de tous les facteurs perturbateurs (non-linéarités, défauts de l'optique, variations de sensibilité, distorsions géométriques, atmosphère…) ;

- L'analyse des flux (variations temporelles, analyse des images…) ;
- L'analyse des données, qui analyse les résultats de l'étape précédente statistiquement ou/et par comparaison à des prévisions théoriques ou empiriques, de façon à sélectionner les interprétations pertinentes des faits observés et guider l'astronome vers une nouvelle approche du problème.

Un ordinateur ne peut stocker que des quantités dénombrables et nécessairement limitées en nombre. Le transfert d'une image dans un ordinateur est soumis à deux règles essentielles : l'échantillonnage et la discrétisation1.

Toute image est obtenue à partir d'une chaîne complexe d'acquisition dont on peut distinguer :

- l'objet d'étude, caractérisé par une distribution de luminosité que l'on cherche à étudier ;
- le collecteur, le système optique permettant de former l'image sur un récepteur ;
- le récepteur, qui fournit une distribution d'éclairement de l'image.

Si le passage de la distribution « objet » à celle « image » est linéaire, on peut définir une fonction qui décrit la manière dont un point est étalé par le système optique : le profil instrumental (en anglais *Point Spread Function*, PSF).

Ce profil est le produit des différentes aberrations du système et des effets de diffraction : aberrations géométriques, effets chromatiques, tache d'Airy (en raison de la nature

1 Opération de simplification de l'information statistique qui consiste à réduire un nombre élevé de modalités (données décrivant un individu dans une variable) en un ensemble limité de plages de valeurs, ou classes.

ondulatoire de la lumière, même avec un système parfait, l'image d'un point ne peut être qu'une tache qui dépend de la forme de la pupille du système optique ; c'est la limite fondamentale de tout système imageur).

La connaissance du profil instrumental détermine l'échantillonnage de l'image quel que soit l'objet. Par exemple, en examinant la taille des plus petits détails et en prenant un pas d'échantillonnage moitié, on peut parfaitement restituer le signal-objet (théorème de Shannon). En spectroscopie, cela se traduit par un élément de résolution spectrale qui doit couvrir deux pixels du récepteur pour ne pas perdre d'information.

L'échantillonnage permet donc de sélectionner les valeurs discrètes de l'image avec le pas régulier adéquate permettant de connaître en tous points l'objet (théorème de Shannon).

Mais la transformation en valeurs discrètes dans l'ordinateur (mise en mémoire d'une image) est associée à une limitation physique dans la précision des mesures :

- le bruit de la chaîne d'acquisition, fluctuation du signal présent même en l'absence d'un signal réel ;
- le bruit intrinsèque à l'image, en raison de la nature de la lumière (bruit de photons), et des mécanismes liés à la détection des photons.

La discrétisation consiste à définir les bons niveaux discrets de valeurs tels que la distance entre deux niveaux voisins soit inférieure à la dispersion de la loi de distribution de l'image due au bruit ; sinon, on a une perte d'information.

Une image numérique est donc essentiellement constituée d'un tableau de valeurs indiquant le nombre de lignes et de colonnes de l'image (en 2D), l'abscisse et l'ordonnée de départ, les pas d'échantillonnage des lignes et colonnes. Le

problème essentiel est alors de déterminer la valeur de l'image réelle en un point M de coordonnées données. Or M n'est pas nécessairement un point de la grille d'échantillonnage. Il faut donc interpoler, avec différentes méthodes : plus proche voisin, interpolations linéaires, de types spline, Shannon ou dyadique, selon le type de problème, le temps de calcul…

Une fois les images acquises et numérisées, vient leur analyse. On sait qu'une image peut avoir un sens très différent selon l'état de connaissance du domaine. Deux personnes différentes ne perçoivent pas les mêmes choses dans une photographie ou pis encore dans un tableau. A priori, il en est de même du point de vue numérique : la machine « analyse » une image qu'à partir d'une stratégie définie par son utilisateur.

Synthèse

L'utilisation des images est fréquente dans les activités éducatives en astronomie. Cela reflète en partie le fait que l'astronomie est une science d'observation. Mais il s'avère que trop peu souvent les élèves comprennent comment les images sont produites. De plus, le statut scientifique des images n'est pas suffisamment questionné. Qu'est-ce qui fait qu'une image appartient au champ des sciences ? Comment une image peut devenir une donnée exploitable scientifiquement ? Quel type d'informations apporte une image ? Et quelle validité peut-on leur reconnaître ?

Les élèves sont souvent amenés à faire du traitement numérique d'images, moins à développer les hypothèses physiques qu'elles permettent de poser. La pratique de l'interprétation des données est plus difficile sans un bagage scientifique important.

Un autre constant tient à la particularité des situations d'apprentissage qui ne correspond pas au temps plus long de la recherche. Les séquences pédagogiques ne traduisent pas la

réalité du tâtonnement scientifique. On retrouve condensé en quelques heures ce qui se déploie dans la réalité en quelques années. Cela a pour conséquence d'imposer des raccourcis qui risquent de rendre caricatural l'ensemble de la démarche.

Pourtant la fonction, le statut et la construction des images sont des questions incontournables en astronomie et dans la plupart des sciences, voire même au-delà du champ scientifique.

Ce qui doit nous conduire à développer et à approfondir cette réflexion.

Atelier :
Les logiciels et jeux sérieux

Julian Alvarez,
Université de Lille, France

Gilles Remy,
CY Cergy-Paris Université, France

Anne-Amandine Decroix,
Univ. Lille, Université de Paris, Univ Paris Est Creteil,
CY Cergy Paris Université, UNIROUEN,
UMR 4434 – LDAR, F-59000 Lille, France

Objectifs

L'objectif de l'atelier est de montrer les possibles – comment s'approprier les logiciels et les jeux pour en faire usage dans l'enseignement. Nous aborderons la question des freins et réfléchirons à la manière de les lever, et nous étudierons des retours d'expérience et tenterons d'évaluer l'impact de ces pratiques pédagogiques sur l'apprentissage de concepts en Astronomie.

Introduction

Le terme « logiciel » peut désigner des applications informatiques à visée utilitaire ou de divertissement. Parmi les applications utilitaires, nous pouvons recenser des traitements de texte, des simulateurs… Dans le cadre du divertissement nous pouvons évoquer le jeu et notamment le jeu vidéo.

Cet atelier nous a amenés à nous questionner sur la notion de jeux sérieux et plus particulièrement à nous demander quelle distinction on peut opérer entre du jeu et du jeu sérieux.

Concernant le jeu, si nous regardons cette vidéo : https://youtu.be/77kS6Be8bTQ, nous apprenons que le jeu est une approche subjective, qui dépend de notre histoire, notre culture mais aussi de notre humeur du moment… Cela veut dire qu'un logiciel présenté comme un jeu peut donc ne pas être perçu comme tel. En parallèle, une application utilitaire pourrait être perçue comme étant un jeu.

Prenons un jouet, une poupée par exemple, offerte à un enfant à Noël. Il est probable qu'il jouera avec la poupée. Prenons à présent cette même poupée dans une formation de sages-femmes. Elle servira alors à apprendre à donner le bain à un bébé. La poupée devient ainsi non plus un objet destiné à jouer mais un objet de formation. Notons qu'il existe également des jouets vidéo. https://youtu.be/-WyGC2cpW9s

Nous avons pris le cas d'un jouet… Mais cela fonctionne-t-il avec un jeu également ? Si nous prenons le jeu vidéo Donkey Kong (1981), en jouant dans un contexte de loisir, vous aurez de fortes chances de vous divertir… Mais, si nous ajoutons un enjeu : pour être recruté à la Nasa, vous devez franchir les 3 premiers niveaux de ce jeu… Pensez-vous qu'il s'agira là d'un jeu ? Ainsi, lorsque nous interrogeons la notion

de jeu et de jouet nous voyons qu'ils peuvent basculer selon le contexte ou les personnes mis en présence en applications utilitaires… Le jouet et le simulateur sont ainsi deux objets similaires. Un jeu vidéo et une application utilitaire qui vous évalue sont également très similaires.

Quid du jeu sérieux dans ce cas ? Pour distinguer le jeu du jeu sérieux, nous devons questionner deux aspects : artefact et activité. En effet, il nous faut comprendre qu'un jeu c'est au minimum : une personne qui joue, un artefact avec lequel jouer… et enfin des règles. Si vous fixez un objectif, vous êtes face à un jeu… Sinon vous êtes dans une activité d'amusement.

Le jeu sérieux vise quant à lui l'atteinte d'un objectif utilitaire. Nous pouvons au choix mobiliser pour cela des jeux ou des jouets, mais aussi des applications utilitaires ou des simulateurs. Nous avons vu que c'était la même chose… C'est la manière de mobiliser ces applications et le contexte qui va nous aider à définir si nous sommes là pour nous divertir (situation informelle) ou bien pour atteindre un objectif utilitaire (situation formelle). Ainsi, lorsque nous parlons de logiciels, nous savons que nos jeux ou nos jouets seront numériques… dans le cas contraire, nous serons face à des artefacts analogiques.

Dans ce contexte, nous avons donc la possibilité dans le cadre de cet atelier, d'accueillir :

- Des jeux numériques qui sont présentés comme des serious games
- Des jeux analogiques qui sont identifiés comme des serious games également.
- Des jouets numériques ou analogiques que nous pouvons nommer Serious Toys ou jouets sérieux.
- Les simulateurs/MooC sont également des jouets sérieux.

Reste à savoir si à l'origine ces artefacts étaient conçus pour atteindre des objectifs utilitaires… ou bien si c'est a posteriori par un détournement d'applications ou de jeux voire de jouets existants que nous identifions des activités de jeux sérieux ?

Pour nous aider, il convient de savoir qu'une activité de jeu sérieux peut se construire de 4 manières différentes : Serious Game Design ; Gamification ; Dégamification ; Serious Gaming

Pour savoir si vous avez bien compris, vous pourrez mener un petit jeu à la fin de chaque présentation : savoir à quoi vous rattacherez les logiciels et jeux sérieux présentés…

Déroulé des présentations :

- Introduction à l'atelier et maître de cérémonie (Julian Alvarez)
- Le jeu comme facilitateur de l'apprentissage des sciences (Marine Vallier)
- Le jeu de cartes éducatif « La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie », un outil pour lutter contre les inégalités de genre dans l'accès aux sciences (Quentin Branchereau et Olga Suarez)
- Jouer spatial (Yaël Nazé)
- Un escape game pour réinvestir ses connaissances en astronomie (Anne-Amandine Decroix, Albine Courdent)
- Utilisation de logiciels de simulation des phénomènes astronomiques dans l'enseignement (Gilles Remy)
- Un MOOC sur les cadrans solaires (Roger Torrenti)

Le jeu comme facilitateur de l'apprentissage des sciences

Marine Vallier,
Université de Lorraine, France

Introduction

Les dispositifs ludiques s'implantent progressivement dans le champ de la médiation scientifique, notamment pour les jeunes publics. Le caractère ludique de ces activités, qui mêlent amusement, découverte et apprentissage s'est vu adopté par de nombreuses institutions scientifiques désireuses de partager les connaissances au grand public, autrefois réservées aux plus hautes classes sociales (Brugère, 2002).

L'intérêt de jouer

Les Games Studies, champ d'études né dans les années 1990, est un ensemble interdisciplinaire englobant l'anthropologie, la psychologie, la sociologie, mais également la ludologie, la sémiotique ou la narratologie, s'avère être un

champ de recherche particulièrement utile pour comprendre en quoi la gamification des activités constitue un facteur d'optimisation de l'apprentissage de l'astronomie aux jeunes publics. La démocratisation scientifique et culturelle implique donc la mise en place de méthodes spécifiques pour susciter et maintenir l'attention d'un public varié sur un sujet donné. La question de la gamification des activités se pose alors. Cette dernière se définit par : « L'utilisation d'éléments de game design dans un contexte hors-jeu » (Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E., Dixon, D, 2011). Le contexte étant l'apprentissage de l'astronomie, et donc un contexte éducatif, il s'agit de mettre en place des dispositifs ludiques suscitant l'amusement, tout en ayant des objectifs sous-jacents : l'apprentissage et la découverte de l'astronomie.

« Ce qui semble motiver le jeu et justifier l'absence de but externe, c'est le plaisir qu'il procure. Pour Jean-Jacques Bernhard, « le jeu se suffit à lui-même [...]. Il est désintéressé. C'est le processus même du jeu qui procure le plaisir immédiat et la satisfaction du désir. Le but du jeu est en quelque sorte de jouer : on joue pour jouer » (Kellner, 2000).

L'amusement serait donc la clé d'une optimisation de l'apprentissage de l'astronomie par les jeunes publics ? L'aspect routinier de l'enseignement traditionnel peut induire une baisse d'attention, ainsi qu'une baisse du volontariat des élèves lorsqu'il s'agit d'apprendre. L'apprentissage est alors perçu comme un travail, un labeur, difficile et long à réaliser.

La dimension interactive des jeux

L'intégration d'une dimension ludique dans le processus d'apprentissage des sciences est déjà induite par la dimension interactive de la médiation scientifique, définie selon S. Chaumier et F. Mairesse comme : « Les formes que peut prendre la médiation culturelle sont multiples, c'est l'ensemble des éléments qui accompagnent l'œuvre : dépliants, vidéos,

programmes, cartels, modes de présentation, tout ici contribue à la médiation. Tout est porteur ou occasion de médiation, ce qui permet au médiateur de jouer sur tous ces registres. La médiation, au final, constitue le processus d'interaction, l'alchimie qui anime les rencontres. » (Péquignot, 2015)

L'animation et l'interactivité proposées lors des explications dans un contexte de médiation permettent alors un exposé plus vivant, une interaction entre sachants et apprenants, différent d'un exposé magistral dans lequel le public est passif et le professeur s'exprime seul. L'ajout d'une dimension ludique et la gamification de nombreuses activités proposées ont pour objectif de favoriser l'apprentissage et l'intégration de connaissances, notamment grâce à une sortie du contexte scolaire pour le public.

Lors de rencontres entre chercheurs et jeunes publics, les astronomes peuvent transmettre leurs connaissances de manière humoristique, insolite, grâce à des observations, des expériences, des jeux de questions-réponses ou des explications ciblées sur une thématique. La conception de parcours ludiques à ciel ouvert dans l'institution permet également une approche des sciences par le jeu, et la discipline de l'astronomie sera alors psychologiquement liée à l'amusement vécu durant la rencontre avec les chercheurs.

« Ce type de conception est aujourd'hui dépassé, notamment par les réflexions de la pédagogie nouvelle dans le courant de laquelle le pédagogue Ovide Decroly s'inscrit « la joie que l'enfant trouve en jouant est la preuve qu'il doit jouer et [que l'on doit], en éducation, admettre la joie » » (Kellner, 2000).

La délivrance d'informations insolites, drôles ou inédites favorise donc l'ancrage de ces informations dans l'esprit des jeunes publics, puisqu'elle permet de susciter la curiosité, l'attention, mais également de maintenir cette attention

tout du long de l'exposé, de par son caractère interactif et vivant. La participation manuelle des jeunes publics à des expérimentations, des jeux de piste, permet également de lier le geste à l'apprentissage, et de les initier aux manipulations scientifiques.

L'opportunité des nouvelles technologies : les jeux vidéo

L'intérêt des jeunes publics, confrontés aux nouvelles technologies dès leur plus jeune âge, pourrait cependant décroître si les activités ludiques qui leur sont proposées manquent de contenu innovant. La proximité de ce type de public avec les dispositifs ludiques numériques – aussi souvent appelés « jeux vidéo » – démontre l'intérêt d'innover en matière de médiation scientifique sur l'astronomie. Leur utilisation dans un contexte de médiation scientifique suscitera donc davantage leur attention et leur intérêt. De plus, dans le cadre de jeux vidéo basés sur l'apprentissage ou l'initiation à l'astronomie, les apprenants deviennent acteurs de leur propre apprentissage par la manipulation de l'outil numérique. Le caractère immersif des jeux vidéo, ainsi que la possibilité d'interagir avec la machine en tant qu'acteur favorise la stimulation de l'apprenant, sa curiosité, son intérêt et par conséquent optimise son apprentissage.

« Deux notions clés, « immersion » et « interaction », associées aux nouvelles technologies, permettent aux musées modernes de faire bonne figure face à la télévision, au cinéma et aux jeux vidéo. Le diorama est l'archétype de la pratique muséale de routine ; le concept d'immersion fait disparaître la vitrine et met le public au contact direct de l'objet exposé. » (Stickler, 1995).

Un apprentissage guidé par les jeux vidéo, qu'ils soient donc sous forme de quiz, de jeux sérieux « serious games » ou de jeux immersifs incluant la réalité virtuelle constituerait un

facteur d'optimisation de l'apprentissage de l'astronomie par les jeunes publics, qui pourrait s'étendre à d'autres disciplines scientifiques ou culturelles.

Conclusion

Le questionnement de la gamification des activités proposées aux publics dans le partage de connaissances scientifiques liées à l'astronomie permet de mettre en évidence l'efficacité de l'utilisation des dispositifs ludiques dans un contexte d'apprentissage. Il permet également d'envisager la mise en place d'activités utilisant les jeux vidéo comme dispositif ludique éducatif permettant une optimisation de l'apprentissage de l'astronomie par les jeunes publics.

Références bibliographiques

Brugère, F. (2002). Le musée entre culture populaire et divertissement. Esprit (1940 -), 90-104.

Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E., & Dixon, D. (2011). Gamification: Toward a definition. CHI 2011 gamification workshop proceedings (Vol. 12). Vancouver BC, Canada.

Kellner, C. (2000). La médiation par le cédérom « ludo-éducatif « : approche communicationnelle (Doctoral dissertation).

Péquignot, B. (2015). Serge CHAUMIER et François MAIRESSE, La médiation culturelle : Paris, Armand Colin, Coll. « U Sciences Humaines & Sociales », 2013, 275. Sociologie de l'Art, opus 23 & 24 (1), 179 187. doi:10.3917/soart.023.0179.

John Stickler. (s. d.). Une Immersion totale : Les nouvelles technologies au service des musées-Unesco Bibliothèque Numérique. Consulté 27 mai 2020, à l'adresse https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000102161_fre

Le jeu de cartes éducatif « La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie », un outil pour lutter contre les inégalités de genre dans l'accès aux sciences.

Quentin Branchereau,
Olga Suarez,
Observatoire de la Côte d'Azur, France

En astronomie, les femmes sont sous-représentées en comparaison aux hommes. Et il en va de même dans toutes les filières de "sciences fondamentales et d'applications" si l'on fait exception de la biologie. Cette différence est sensible dès les études supérieures en France où moins de 30 % des effectifs en "sciences fondamentales et applications" sont des femmes (ministère de l'Éducation nationale). Un autre chiffre criant : de 1901 à 2019, seulement 19 femmes ont reçu un prix Nobel en physique, chimie ou médecine contre près de 600 hommes (Minichiello, 2018).

Afin de décloisonner notre discipline et favoriser un égal accès aux filles et aux garçons, le "Service éducatif et de

médiation scientifique de l'Observatoire de la Côte d'Azur" développe des activités pour faire découvrir au grand public et surtout aux classes les grands noms féminins de l'histoire de l'astronomie et leurs apports scientifiques.

Parmi ces activités, le jeu de cartes "La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie" propose aux élèves (dès 12 ans) ou au grand public de replacer de manière chronologique, seul ou en équipe, des événements marquants de l'histoire des femmes en astronomie. Au début du jeu, chaque joueur reçoit une carte face événement. Une autre carte est piochée au hasard, l'événement décrit dessus est lu et la carte est positionnée sur la table de jeu, face date visible. Le premier joueur doit alors placer sa carte avant ou après celle déjà posée sur la date, selon qu'il pense que son événement est antérieur ou postérieur à celui déjà découvert. Si son pari est bon, il tire une nouvelle carte dans la pioche et continue à jouer. Si ce n'est pas le cas, il positionne sa carte correctement sur la table, pioche une carte et passe son tour. Au fur et à mesure des tours de jeu, la frise s'allonge et le jeu se complexifie puisque les intervalles entre dates se raccourcissent.

Une vingtaine de pionnières en astronomie, de l'Antiquité à nos jours, sont ainsi détaillées au travers de leurs apports marquants dans ce domaine et, pour certaines, dans leur rôle actif pour l'émancipation des femmes dans la société. En cela, le jeu de cartes "La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie" est un outil pertinent dans la lutte contre les inégalités d'accès à l'astronomie entre filles et garçons. En effet, il a pour volonté de montrer des modèles féminins prépondérants dans l'histoire de l'astronomie et réparer ainsi certains oublis. Cela nous permet de démontrer que, que l'on soit une fille ou un garçon, il n'y a pas de différence préalable pour accéder à ce domaine et aux sciences en général.

Une vingtaine de cartes supplémentaires (événements historiques, grandes découvertes faites par des hommes) permettent de replacer leurs découvertes dans l'Histoire en les contextualisant. Un livret explicatif récapitule le contenu du jeu, ses règles et propose surtout une biographie détaillée pour chacune des pionnières et un résumé rapide pour les autres cartes. Ainsi, le jeu n'est-il pas seulement une frise chronologique à reproduire mais s'impose-t-il plutôt comme un prétexte ludique pour entrer de plein pied dans la connaissance et l'histoire des sciences et pour mettre en lumière le rôle indéniable des femmes dans les plus grandes avancées de l'astronomie.

Références bibliographiques

Ministère de l'Education Nationale, ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (2018). Filles et garçons sur le chemin de l'égalité de l'école à l'enseignement supérieur. *Rapport 2018*. ISBN 978-2-11-152392-0, e-ISBN 978-2-11-152393-7

Minichiello F. (2018). Disciplines scientifiques et inégalités de genre : une préoccupation mondiale. *Revue internationale d'éducation de Sèvres* [en ligne], 79 | décembre 2018, mis en ligne le 1er décembre 2018, consulté le 28 juillet 2020. URL : http://journals.openedition.org/ries/6787; DOI : https://doi.org/10.4000/ries.6787

Jouer Spatial

Yaël Nazé,
FNRS – Université de Liège, Belgique

Introduction

Entendre parler de découvertes spatiales ou de lancements de missions n'a rien d'inhabituel. Via les médias, les musées, les associations amateurs, ou à l'école, tout un chacun peut se frotter à l'astronomie et découvrir de manière plus ou moins formelle le contenu des recherches actuelles. Pourtant, le métier lui-même reste peu connu – or, il est à la base de ces découvertes. Comment monte-t-on une mission spatiale qui permettra les projets innovants ? Comment obtient-on les observations cruciales pour ces projets ? Ces aspects a priori moins glamours mais pas moins intéressants peuvent aussi être vulgarisés, et pour ce faire, nous avons choisi la voie des « serious games ».

Design de mission spatiale

Construire un satellite représente un énorme défi dont le grand public peut difficilement prendre la mesure. Utiliser le jeu constitue ici une opportunité pour faire comprendre les composants nécessaires et les contraintes inévitables. La Nasa avait produit un petit jeu appelé Marsbound qui permettait une première initiation. Cependant, ce jeu éludait des composants indispensables, se limitait à un type de mission, et utilisait des chiffres certes intéressants pour la « gamification » mais hélas peu réalistes.

Nous avons donc développé un jeu plus complet, qui permet des missions de type S, M, L (Small, Medium, Large, les trois catégories de l'Agence Spatiale Européenne) en observation planétaire ou en observation astrophysique – il existe aussi une extension Cubesat. Tous les composants ont des masses, coûts, consommations électriques, et contraintes réalistes (ex. nécessité de composants techniques additionnels). La gamme de possibilités est donc élargie, tout en offrant une vision plus réaliste de la construction de satellites. Des événements tant positifs que négatifs peuvent survenir à tout moment (perte de composant, réduction ou augmentation de budget…).

Ce jeu existe en deux versions : une version « cartes+plateau » et une version en ligne, accessible depuis smartphone (http://www.spacemission.uliege.be/ en utilisant le guest access). Il a été testé avec succès au fil des ans dans diverses conditions. Ainsi, il est utilisé comme « labo » pour le cours d'exploration spatiale en master, pour permettre l'assimilation pratique des concepts théoriques, mais il a également été joué dans des écoles secondaires (générales ou techniques) lors d'événements astronomiques ou avec le grand public lors d'un festival de sciences. Le jeu s'avère particulièrement efficace pour faire comprendre la

composition typique d'un satellite et l'idée de composants liés ainsi que pour faire ressentir les contraintes liées aux respects de budgets parallèles (masse, taille, consommation électrique, coût).

Dans la peau d'un astronome

Athéna est la prochaine grande mission astrophysique de l'Agence Spatiale Européenne, avec un lancement prévu vers 2030. Son but est d'étudier le ciel en rayons X, soit pour en faire des images précises (instrument WFI), soit pour en obtenir des spectres à haute résolution (instrument XIFU). Cet observatoire remplacera l'actuel XMM-Newton, l'une des missions européennes les plus prolifiques au niveau scientifique.

Plusieurs défis sont à relever pour populariser cette mission : l'astronomie X n'est pas la branche la plus connue du domaine, mais surtout, son fonctionnement en « observatoire » n'est pas vraiment visible en dehors de la sphère « recherche ». Il nous semblait important non seulement de faire comprendre la science future d'Athéna, mais aussi de montrer comment travaillent les astronomes observateurs.

Nous avons donc développé un jeu de plateau spécifique. Il commence par l'étape du projet, où il faut vaincre le facteur de pression. Ensuite, il faut bien sûr choisir correctement l'objet céleste qui servira de cible et l'instrument à utiliser en fonction des buts scientifiques du projet. Enfin, l'observation commence, et le temps d'observation s'accumule… Mais divers événements réalistes peuvent se produire : ils peuvent être positifs (obtention de DDT, Director Discretionary Time ; d'accès au temps garanti ; de temps TOO, Target of Opportunity), ou négatifs (arrêt de l'observation pour cause de TOO urgente par un autre chercheur ; perte d'observation suite à un problème au sol ou à une éruption solaire). Pour

terminer, il faut publier vos résultats… à moins que la période de propriété se soit écoulée et qu'une équipe concurrente vous brûle la priorité…

Ce jeu a été testé avec succès dans diverses conditions (stage pour ados, salon de jeux de plateau) et est actuellement disponible en 4 langues (FR/EN/SP/DE[1]).

Exoplanètes et développement de la vie

Le dernier jeu dont nous venons de terminer le développement concerne l'Astrobiologie. Il s'agit d'un jeu de plateau où des planètes autour d'étoiles peuvent accueillir la vie – ou pas. Plus précisément, il s'attache à démystifier ce domaine de recherche où beaucoup d'idées sans fondements scientifiques avérés circulent. Le joueur devra donc développer la vie planétaire, la diversifier, en faisant face à divers aléas mais aussi à des coups de pouce naturels, le tout sans folle spéculation ni pessimisme démesuré.

Ce jeu a été développé avec l'aide d'une biologiste et géologue spécialiste européenne de l'astrobiologie. Il sera utilisé dès 2021 dans nos activités de diffusion des sciences et des techniques. Il est disponible sur :
https://www.rejouisciences.uliege.be/cms/c_15171120/fr/jeux-a-la-decouverte-de-l-univers.

Conclusion

Trois « serious games » sont à disposition de tous pour faire connaître des aspects un peu moins médiatisés de l'astronomie contemporaine. Deux de ces trois outils ont d'ores et déjà été partagés et utilisés largement, ce qui nous autorise par là même à un retour critique sur leurs usages et sur les potentiels pédagogiques du Gaming en général.

1 https://www.the-athena-x-ray-observatory.eu/outreach/material/56-outreach/outreachmaterial/487-athena-board-game-become-an-x-ray-astronomer.html

Un escape game pour réinvestir ses connaissances en astronomie
Retour d'expérience auprès de jeunes enseignants et d'enseignants expérimentés

Anne-Amandine Decroix,
Albine Courdent,
Université de Lille, France

Introduction

Dans un contexte de formation d'enseignants, nous nous sommes interrogés sur des situations favorables à la construction de connaissances et de compétences professionnelles. De nombreuses études ont montré que les learning games (Alvarez et al; 2016) favorisaient la construction de compétences et de savoirs par les apprenants, tout en développant l'attractivité (Vermeulen, 2016); nous nous sommes donc intéressées à des outils de formation/apprentissage particuliers, les escapes games. Nous supposons que les enseignants ayant participé, en formation, à un escape game adapté à leur contexte professionnel,

prendront conscience des aspects positifs de cette approche pédagogique et envisagerons la conception de situations d'apprentissage analogues pour des pratiques de classe.

Le contexte

Un escape game d'une durée approximative de 45 minutes a été élaboré. À la lecture des travaux de Vermeulen et al. (2017), nous avons mis en place un univers contexte d'exercice du métier est perceptible : les contenus abordés correspondant au programme de sciences expérimentales et technologies des cycles 2 et 3 de l'école primaire en France, l'escape game réalisé dans une salle de classe et nécessite peut de réorganisation de cette salle de classe, le matériel est accessible pour la classe. Les objets d'études sont ajustés au niveau des enseignants, les personnages évoluent dans une intrigue qui active les émotions, les aptitudes techniques, les raisonnements.

Les questions autour de l'astronomie

La fiction met en scène un chercheur demandant aux participants : dans l'histoire un groupe d'élèves venu visiter son laboratoire, de l'aider à retrouver un objet « très important » avant de les laisser seuls au milieu d'une salle en désordre. Les participants ont à résoudre différentes énigmes pour trouver ce que le professeur a perdu et récupérer l'objet en question. Pour les aider dans cette quête, ils peuvent contacter par téléphone un des amis du chercheur qui ne peut pas être joint à certains moments particuliers (doc 1), La date et l'heure sont indiquées au tableau (doc 2). Les participants doivent donc constater que nous sommes en hiver, à une date proche du solstice d'hiver et qu'il est environ 12 h heure solaire. Les participants ont à leur disposition une source lumineuse puissante et un globe terrestre. La résolution de cette énigme nécessite de mobiliser ses connaissances sur les

solstices, l'inversion des saisons entre les deux hémisphères, le sens de rotation de la Terre et les fuseaux horaires. Au final, une seule personne peut être jointe : le professeur Fermi.

Les autres questions de l'escape games mobilisent des connaissances sures : les changements d'état de l'eau, les matériaux conducteurs et isolants, la densité de liquides miscibles, les comparaisons de masses, les comparaisons de volume, le tri des déchets, la photosynthèse, la digestion et le cycle de vie de diptères.

Noms	Lieux de résidence	Recommandations particulières
Professeur Davisson	Nouvelle Zélande	part en vacances tout l'été
Professeur Taylor	Vancouver, Canada	se lève et se couche avec le Soleil.
Professeur Olof Gösta Alfvén	Suède	hiberne tous les hivers
Professeur Fermi	Portugal	fait de la méditation de 16h à 18h tous les jours et ne peut être joint sous aucun prétexte pendant cette période
Professeur Akasaki	Japon	en famille à partir de 18h le soir et ne peut être joint qu'à partir de 9h le lendemain matin

Document 1. les amis du chercheur

Au tableau :

-une horloge, il est 13 h

-la date : nous sommes le 23 décembre

Document 2. Les indices au tableau

Résultats et conclusion

Notre recherche a consisté à comprendre dans quelle mesure un escape game pouvait constituer un outil de formation des enseignants. Lors des formations, les enseignants participants ont fait preuve d'une motivation réelle à résoudre les énigmes. Le scénario de l'escape a permis de donner du sens à leur quête et donc de s'engager dans les activités, de prendre plaisir à travailler, ensemble, dans un climat de confiance. Notre étude a montré la participation à l'escape a favorisé les apprentissages effectifs des enseignants tels que le développement du raisonnement, l'intégration des connaissances acquises et des découvertes, l'accroissement des compétences professionnelles. Les enseignants évoquent l'intérêt d'un escape game pour la classe. Les premières propositions de transfert visent à la fois des situations d'apprentissage, de consolidation et d'évaluation.

Références bibliographiques

Alvarez, J., Djaouti, D., et Rampnoux, O. (2016). Apprendre avec les Serious Games ? Réseau Canopé.

Vermeulen, M. (2016). Un modèle formel de jeux sérieux de type étude de cas pour l'enseignement supérieur : le modèle DISCO. Actes des 6e Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH. Montpellier, France.

Vermeulen, M., Guigon, G., Mandran, N., & Labat. J.M. (2017) L'enseignant au cœur de la conception de learning games : le modèle DISC. Actes de l'EIAH 2017 - 8e Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Jun 2017, Strasbourg : France.

Utilisation de logiciels de simulation des phénomènes astronomiques dans l'enseignement
Retour d'expérience sur l'utilisation d'un planétarium mobile avec le logiciel Stellarium

Gilles Remy,
CY Cergy-Paris Université, France

Introduction

On trouve facilement sur la toile bon nombre de logiciels de simulation du ciel (Stellarium, Celestia, Starry Night, Voyager …) ou d'applications mobiles (StarWalk, StarView, Nasa's Eyes …) qui peuvent parfaitement être utilisés dans l'enseignement de l'astronomie. C'est une discipline qui apparaît dans les programmes en primaire, au collège et au lycée, et à l'université, et permet d'interagir avec les équipes pédagogiques à tous les niveaux de la scolarité. CY cherche à promouvoir tous les champs de son activité scientifique. Compte tenu de la forte demande dans le secteur de l'astronomie, nous avons développé nos capacités

d'intervention grâce à l'acquisition d'un planétarium mobile (https://cylerma.cyu.fr/planetarium) qui est un outil idéal pour la découverte du ciel depuis n'importe quel point de la Terre, pendant les heures scolaires, sans contraintes météorologiques. Il permet d'observer des phénomènes astronomiques, par essence lents, sur une séance de cours. En nous appuyant sur le logiciel Stellarium (https://stellarium.org/fr/), nous nous efforcerons de montrer que les logiciels de cartographie céleste et de planétarium virtuel offrent de multiples possibilités d'utilisation en lien avec les programmes d'enseignement du primaire et du secondaire.

Un exemple de pratique : une séance de Planétarium en collège

En 2018, une séance de planétarium a été présentée à l'ensemble des 4 classes de 5e d'un collège, soit environ 120 élèves dans les locaux mêmes du collège (salle de classe), utilisant pour cela la structure gonflable de l'université (image 1), un miroir sphérique, un vidéo projecteur et le logiciel Stellarium (image 2). Lors des séances d'une heure chacune, chaque classe était divisée en 2 groupes de 15 élèves. Pendant qu'un groupe se trouvait, pendant 30 min sous le dôme, l'autre groupe effectuait une activité sur ordinateur portable. Les élèves étaient encadrés par le professeur de la classe, un enseignant et 2 étudiants de CY.

Image 1.

Image 2.

Le dôme

Les élèves, en entrant dans le dôme, étaient de suite plongés dans le ciel du moment tel qu'on pourrait le voir si la Terre n'avait pas d'atmosphère. Question leur était posée du pourquoi ne peut-on voir les étoiles en plein jour ? On « ajoutait » l'atmosphère et s'intéressait aux mouvements du Soleil au cours de la journée et en fonction de la saison. On passait ensuite au ciel du soir : pas grand-chose à l'horizon sud ; grande et petite ourse + Cassiopée à l'horizon Nord. Comment retrouver l'étoile Polaire à partir de la Grande Ourse ? La rotation des étoiles autour de la polaire a permis d'introduire le mouvement relatif des « astres errants » et de discuter des jours solaire et stellaire. Le ciel du matin suivant était ensuite présenté : Orion, Sirius et à l'Est Jupiter, Mars et Vénus. On s'intéressait également aux phases de la Lune et à l'éclipse totale de Lune du 28 septembre 2015.

L'activité

L'activité (https://cylerma.cyu.fr/version-francaise/grand-public/planetarium/les-seances-du-planetarium) avait pour objectif d'estimer, à l'aide du logiciel Stellarium, la distance Terre-Lune par la mesure du diamètre angulaire de la Lune, de son déplacement angulaire en une heure et de la durée de la phase de totalité de l'éclipse. Les élèves avaient un ordinateur

portable, fourni par CY par binôme. Les tables avaient été placées le long des murs autour du planétarium.

Bilan

La séquence sous le dôme semble correctement calibrée pour des élèves de 5e. Ils étaient émerveillés de découvrir les splendeurs du ciel nocturne, réactifs face aux questions ciblées sur leur programme et bien évidemment en permanence curieux et interrogatifs. L'activité est trop longue sous cette forme. Il conviendrait de préparer en amont la séance en expliquant préalablement la démarche et les mesures attendues. Une première prise en main de Stellarium pourrait également être utile. Effectuer les 3 mesures pendant la séance, le calcul devant être finalisé lors d'une séance ultérieure.

Conclusion

Contrairement aux autres sciences de la nature, les objets que l'astronomie étudie (les planètes, le Soleil…) sont inaccessibles par la manipulation. L'usage de logiciel de simulation en astronomie permet donc de pratiquer des expérimentations impossibles ou irréalisables en classe. Par ailleurs, en période de distanciation sociale, il permet également de pouvoir aisément mener des séances en distanciel. Cependant, tout logiciel de simulation reposant sur l'utilisation d'un modèle (construction théorique qui représente la réalité ou une partie de celle-ci et qui se substitue à elle pour réfléchir) doit être absolument explicité et accompagné. Expérimenter ce modèle et le confronter au monde est une façon de donner du sens à ce qui est enseigné, de faciliter la compréhension de la réalité en s'y référant. De plus, l'utilisation de l'outil informatique permet un rôle actif de la part des élèves dans leurs apprentissages : ils peuvent se promener dans l'espace, voir les astres en 3D, les faire pivoter.

Cela rend l'activité beaucoup plus concrète, plus intéressante et motivante pour eux.

Un MOOC sur les cadrans solaires : Une nouvelle approche pour transmettre les connaissances sur la théorie et la construction des cadrans solaires particulièrement adaptée au milieu scolaire

Roger Torrenti

À l'origine du projet

Les cadrans solaires ne font pas uniquement partie de notre patrimoine historique. Ils restent, à l'ère de la nanoseconde, des objets au fort potentiel pédagogique et décoratif, et continuent à orner utilement des bâtiments et à enrichir l'espace urbain.

Il existe beaucoup d'ouvrages consacrés à l'histoire, à la théorie, et à la construction de cadrans solaires mais peu de cours ou de formation en ligne suffisamment complets et accessibles à tous. Un membre de la Commission des Cadrans solaires de la Société Astronomique de France décidait mi-2018 qu'il pouvait donc être intéressant de compléter l'offre

dans le domaine par un MOOC (Massive Online Open Course) ou FLOT en français (Formation Libre et Ouverte à Tous) qui permet une nouvelle approche de transmission des connaissances en ligne. Le contenu est en effet plus segmenté, plus dynamique, plus varié (textes, vidéos, quiz, exercices), en conséquence sans doute capable de toucher un large public aujourd'hui habitué à trouver des réponses rapides à ses questions sur l'Internet.

Il avait également été frappé, en attendant un enfant à la sortie de l'école, de repérer un cadran solaire sur le mur de l'établissement. L'idée est bonne de placer un cadran solaire dans une école mais ce cadran était malheureusement non calculé : son style était mal orienté et les pavés de couleur n'indiquaient pas l'heure... Il imaginait qu'un MOOC pourrait permettre à des enseignants ou à des parents d'élèves de réaliser, ou (mieux) faire réaliser de vrais cadrans solaires précis par des enfants ou des collégiens, dont ils pourraient être fiers d'expliquer le fonctionnement !

Image 1. Cadran solaire (uniquement « décoratif ») sur le mur d'une école de l'arrière-pays niçois

Conception du MOOC

Bénéficiant de l'expérience et du soutien de l'initiative sillages.info (http://www.sillages.info) en pointe dans

les MOOC, l'auteur du MOOC convenait tout d'abord d'orientations et de caractéristiques générales du MOOC :

- Il s'adresserait à tous, même ceux ne disposant pas a priori de bagage mathématique ou astronomique important.
- Il serait conçu en français et pour le monde francophone (on ne construit pas de la même manière un cadran solaire dans l'hexagone et dans d'autres territoires francophones).
- Il serait développé sous licence Creative Commons – permettant une réutilisation du contenu – et proposé en libre accès (l'auteur étant un partisan du « libre et gratuit »).
- Il serait accessible toute l'année, sans inscription préalable, et accompagné d'un forum permettant un échange entre apprenants et avec l'auteur, également tout au long de l'année.

Le contenu était alors développé et mis en ligne sur http://www.cadrans-solaires.info, et se présente sous la forme de 5 séquences, chacune comprenant plusieurs courtes vidéos (plus de 30 vidéos ont été créées au total), des exercices avec leur corrigé et des quiz :

- La séquence 1, « Petite histoire des cadrans solaires », invite à découvrir l'histoire des cadrans solaires, depuis la plus haute Antiquité jusqu'à nos jours.
- La séquence 2 « Quelques bases de gnomonique », est consacrée à la théorie, à la science des cadrans solaires (la gnomonique), depuis des notions préliminaires d'astronomie jusqu'à la formule permettant de passer de l'heure solaire à l'heure légale.

- La séquence 3, « Les différents types de cadrans solaires », fait découvrir et mieux comprendre la typologie et le principe de conception de divers cadrans solaires, des plus simples aux plus complexes.
- La séquence 4, « Construire un cadran solaire », constitue la partie pratique de la formation, et permet d'acquérir les connaissances nécessaires pour construire aisément des cadrans solaires.
- La séquence 5, « Pour aller plus loin », propose une bibliographie, une liste de sites web, des logiciels de référence, des ressources pédagogiques (dont des « cadrans à découper »), etc.

Ces séquences peuvent être abordées de façon séquentielle ou en fonction des besoins. Des parcours différents de cette formation sont également possibles, pour ceux dont l'objectif n'est pas réellement de maîtriser la théorie et la pratique des cadrans solaires :

La séquence 1, consacrée à l'histoire des cadrans solaires, pourra par exemple ne pas être considérée par certains comme indispensable,

D'autres pourront aller directement à la séquence 4 (réalisation) sans suivre au préalable les séquences 2 (bases théoriques) et 3 (concepts et méthodes de conception) : ils ne devraient suivre qu'avec des difficultés réduites les sections de la séquence 4 portant sur les cadrans solaires les plus simples (gnomons et méridiennes, cadrans polaires et équatoriaux).

Les plus pressés pourront même aller directement à la section 5 et utiliser les « cadrans à découper » (et leur livret d'accompagnement) qui sont proposés et ne nécessitent pas de connaissances préalables.

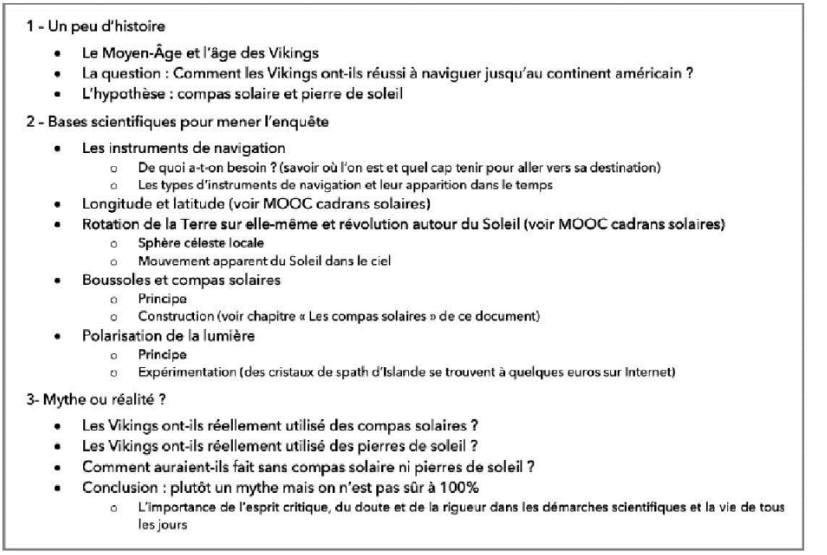
À la demande d'apprenants une version papier du MOOC a été éditée fin 2019 : ils avaient suivi le cours en ligne mais regrettaient de ne pouvoir disposer d'une version papier afin de suivre la formation dans d'autres conditions, d'annoter certains passages, de conserver une trace écrite de cette formation par nature virtuelle.

Image 2. Page d'accueil du MOOC cadrans solaires

Bilan après 2 ans

En deux ans, le MOOC cadrans solaires (qui était à son lancement et reste aujourd'hui le seul MOOC dédié aux cadrans solaires) a rencontré un large public tant au niveau des visites sur le site (le cap d'un million a été dépassé en 2020), que du forum (nombre d'inscrits, de messages, de consultations), de la chaîne YouTube (on peut accéder directement aux vidéos du MOOC par YouTube, ce qui permet d'en augmenter la visibilité), que du fil Twitter (qui est consacré aux actualités).

Cet intérêt s'est notamment manifesté dans le monde de l'éducation, pour lequel des ressources pédagogiques sont proposées dans le MOOC. Plusieurs initiatives récentes dans les écoles et collèges se sont appuyées sur les ressources du MOOC et de nombreuses interactions ont eu lieu entre le milieu enseignant et l'auteur du MOOC, ce qui a permis notamment d'encore mieux adapter le MOOC aux attentes des enseignants.


1 - Un peu d'histoire

- Le Moyen-Âge et l'âge des Vikings
- La question : Comment les Vikings ont-ils réussi à naviguer jusqu'au continent américain ?
- L'hypothèse : compas solaire et pierre de soleil

2 - Bases scientifiques pour mener l'enquête

- Les instruments de navigation
  - De quoi a-t-on besoin ? (savoir où l'on est et quel cap tenir pour aller vers sa destination)
  - Les types d'instruments de navigation et leur apparition dans le temps
- Longitude et latitude (voir MOOC cadrans solaires)
- Rotation de la Terre sur elle-même et révolution autour du Soleil (voir MOOC cadrans solaires)
  - Sphère céleste locale
  - Mouvement apparent du Soleil dans le ciel
- Boussoles et compas solaires
  - Principe
  - Construction (voir chapitre « Les compas solaires » de ce document)
- Polarisation de la lumière
  - Principe
  - Expérimentation (des cristaux de spath d'Islande se trouvent à quelques euros sur Internet)

3- Mythe ou réalité ?

- Les Vikings ont-ils réellement utilisé des compas solaires ?
- Les Vikings ont-ils réellement utilisé des pierres de soleil ?
- Comment auraient-ils fait sans compas solaire ni pierres de soleil ?
- Conclusion : plutôt un mythe mais on n'est pas sûr à 100%
  - L'importance de l'esprit critique, du doute et de la rigueur dans les démarches scientifiques et la vie de tous les jours

Image 3 : Structure de l'une des ressources pédagogiques proposée par le MOOC sur « La saga du compas solaire viking »

Conclusion

Il s'agit maintenant pour l'auteur du MOOC de continuer bien entendu d'assurer la maintenance de ce MOOC et l'animation du forum associé, mais aussi de constamment améliorer le contenu proposé afin qu'il soit notamment encore plus utile au monde enseignant et que le plus grand nombre de réalisations, dont les retours d'expérience seront

partagés sur le MOOC, se développe en France et dans le monde francophone.

Atelier : Modélisation

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Créteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Description

La modélisation est un aspect fondamental de l'enseignement scientifique et constitue également un prérequis de la plupart des jeux sérieux qui se placent dans un environnement modélisé. L'astronomie étudie des objets qui ne sont pas manipulables et difficilement accessibles. La situation réelle nous est proposée par des images ou des spectres et sera représentée par des maquettes, des schémas, des équations... L'activité de modélisation, vue comme une articulation (un aller-retour) entre expérience/observation et un modèle (concret, mathématique, ou numérique) est souvent implicite dans les pratiques des enseignants et les activités des élèves.

Introduction aux contributions

Le thème de la modélisation peut être abordé selon plusieurs points de vue. Quel est le sens des termes de modèles, théories, réalité, modélisation (sémiotique) ? Quelles sont les spécificités des modèles scolaires ou à but de médiation et des pratiques de modélisation associées (didactique) ? Quelles activités permettent de faire pratiquer une modélisation (pédagogique) ? Dans cette introduction, les termes de modèle et de modélisation sont définis dans le contexte général de l'apprentissage sans s'intéresser aux spécificités liées à l'astronomie. Notre intention est de permettre au lecteur de s'approprier les concepts nécessaires avant de lire les différentes contributions proposées pour cet atelier. Les trois contributions reviendront ainsi sur les principes de la modélisation appliquée à l'astronomie (Noël Robichon, astronome), et plus précisément dans le contexte scolaire (Géraldine Boivin-Delpieu, chercheuse en didactique des sciences) et enfin sur la modélisation proposée dans le contexte général d'une classe de mathématiques (Sonia Yvain-Prébiski, chercheuse en didactique des mathématiques).

Qu'est-ce qu'un modèle ?

Un modèle peut être imaginé comme une représentation simplifiée d'un domaine circonscrit de la réalité ou comme un médiateur entre une théorie scientifique et la réalité qu'il formalise (Kermen, 2018, p. 19-29)[1]. Minsky (1965, cité par *ibid,* p. 19) en propose une définition formelle : « Pour un observateur B, un objet A* est un modèle d'un objet A dans

1 La théorie consiste en un ensemble de savoirs structurés relatifs à un champ empirique vaste tandis que les modèles concernent des savoirs utilisés dans des champs plus restreints ; ils sont contextualisés (voir références dans Kermen, 2018, p. 22).

la mesure où B peut utiliser A* pour répondre à des questions qui l'intéressent au sujet de A ». Donner une définition d'un modèle est assez complexe ; il est plus utile pour notre propos de décrire les fonctions d'un modèle.

Fonctions d'un modèle

Nous pouvons considérer (*ibid*, p. 23) un « modèle de » la partie empirique de la réalité délimitée pour les besoins de l'étude, et un « modèle pour » répondre à une question ou un ensemble de questions sur cette partie de la réalité. À la condition de rester dans cette partie de la réalité, le modèle permet (Orange, 2005 ; Sanchez, 2008 ; Kermen, 2018, p. 23) d'*interpréter* les événements observés dans le monde empirique ; de *représenter* le monde observé (un point de vue) ; de *communiquer* autour du phénomène observé ; de *prédire* le devenir des situations étudiées et de *découvrir* de nouveaux phénomènes (pouvoir heuristique).

Modèles scolaires

Pour aborder et réagir à un problème, un élève utilisera deux registres tels que décrits par Sensevy et al. (2008) : le registre empirique qui consiste en des objets, des phénomènes et des actions sur des objets et des phénomènes ; le registre théorique qui correspond à une abstraction applicable à tout objet réel. Le registre théorique correspond à un ensemble d'affirmations que l'élève tient pour vraies et qui lui permettent de donner un sens au réel. Un modèle scientifique scolaire peut alors être considéré comme un lien entre ces deux registres.

> Un modèle scientifique scolaire est le résultat du processus de transposition didactique opérant sur un modèle scientifique qui a été sélectionné pour l'enseignement. La mention de la transposition didactique (Chevallard) [...] vise à insister sur les choix faits par les concepteurs de programme ou les utilisateurs

de tels modèles. (Kermen, 2018, p. 24)

Modèle et réalité

Le modèle ne doit pas être confondu avec la réalité qu'il étudie, ni avec une de ses représentations. Il s'agit d'une (re) construction de la réalité étudiée dans le but de répondre à un ensemble de questions sur cette réalité expérimentale (voir contribution de N. Robichon). Par conséquent, il y a à la fois une ressemblance « pour certaines propriétés pertinentes entre le modèle et la réalité et une relation d'abstraction fondée sur la négation de certaines autres propriétés » (Kermen, 2018, p. 22). Ainsi, un modèle n'est ni faux ni vrai, sa validité dépend de sa capacité à répondre à la question posée à propos de la situation expérimentale.

Un modèle doit avoir un rôle unificateur et permettre de décrire plusieurs situations. En symétrie, une situation peut être décrite avec plusieurs modèles (*ibid*, 2018, p. 28). Utiliser un modèle pour différente situation et décrire une situation avec différents modèles permet de renforcer la non-correspondance entre modèle et réalité (Lagrange, 2021 ; Morge & Doly, 2013) et travailler les critères choisis pour passer d'un objet de la réalité expérimentale à un objet du modèle.

Modélisation

Les activités de modélisation font travailler les élèves sur le passage d'un registre (empirique ou théorique) à l'autre, ou à l'intérieur d'un même registre (Hestenes, 2006). Il s'agit alors d'inventer un modèle, d'appliquer un modèle, d'améliorer un modèle, d'apprendre à utiliser un modèle dans une situation d'apprentissage scolaire (Aduriz-Bravo, 2013, cité par Kermen, 2018, p. 28).

Les moments d'apprentissage vont surtout se situer lors des sauts entre les deux mondes, et l'interaction avec les objets disponibles (voir contribution de G. Boivin-Delpieu ; Boivin-Delpieu, 2020). S. Yvain-Prébiski propose dans sa contribution de réfléchir sur la mathématisation horizontale et verticale. La première permet de rendre une situation extramathématique accessible à un traitement mathématique, ce qui nécessite de choisir un ensemble de paramètres physiques. La seconde est le travail réalisé au sein même des mathématiques permettant l'obtention d'un résultat mathématique qui peut être traduit ultérieurement en résultats réels, ou en une description de la situation réelle

Questionnements

Dans un contexte scolaire, la modélisation permet donc un lien entre les mathématiques et les sciences physiques (Helding et al., 2013 ; Lagrange, 2021 ; Rollinde, 2020). Les activités de modélisation permettent de proposer un enseignement de type heuristique où l'élève découvre de lui-même de nouveaux phénomènes.

Quelles sont les situations en astronomie favorables à ces activités ? Quelles sont les spécificités de ces activités lorsqu'elles sont mises en œuvre dans le contexte de l'astronomie ?

Références bibliographiques

Boivin-Delpieu, G. (2020). Comparaison de situations d'enseignement et d'étude des mouvements de la Terre avec des objets tangibles et des objets numériques au cycle 3. *Education didactique*, *Vol. 14* (3), 9-38.

Helding, B., Megowan-Romanowicz, C., Ganesh, T., & Fang, S. (2013). Interdisciplinary Modeling Instruction:

Helping Fifth Graders Learn About Levers. In R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Éds.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies: ICTMA 13* (p. 327-339). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6271-8_28

Hestenes, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. *Proceedings of the 2006 GIREP Conference: Modelling in Physics and Physics Education*, *31*, 27.

Lagrange, J.-B. (2021). Les espaces de travail connectés : une perspective nouvelle pour la modélisation dans le secondaire ? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *21*(1), 9-28. https://doi.org/10.1007/s42330-020-00130-6

Morge, L., & Doly, A.-M. (2013). L'enseignement de notion de modèle : quels modèles pour faire comprendre la distinction entre modèle et réalité ? *Spirale – Revue de recherches en éducation*, *52*(1), 149-175. https://doi.org/10.3406/spira.2013.1066

Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'education – Pour l'Ère nouvelle*, *Vol. 38*(3), 69-94.

Rollinde, E. (2020, décembre). Modeling astronomy education, the case of F-HOU tools: SalsaJ and Human Orrery. *Education and Heritage in the era of Big Data in Astronomy Proceedings IAU Symposium No. 367, 2020 R.M. Ros, B. Garcia, S. Gullberg, J. Moldon & P. Rojo, eds.* https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03172677

Sanchez, É. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences

de la terre ? *Éducation et didactique*, *2-2*, 93-118. https://doi.org/10.4000/educationdidactique.314

Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S., & Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, *92*(3), 424-446. https://doi.org/10.1002/sce.20268

La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie.

De la démarche scientifique à la modélisation (lien réel/théorie). Comment transposer dans les classes ? Une vision d'astronome

Noël Robichon,
GEPI, Observatoire de Paris,
PSL Université, CNRS, France

La recherche en astronomie

La relation entre modélisation, d'une part, et expérience ou observation, d'autre part, est au cœur de toute activité scientifique. Celle-ci consiste à construire des modèles, découvrir des lois, bâtir des théories capables d'expliquer les phénomènes, expériences ou observations.

L'astronomie, où les observations concentrent l'essentiel de l'information, peut être schématisée par la figure 1. Les

observations des astres induisent un modèle théorique. De ce modèle sont prédites (déduites) de nouvelles observations qui viendront confirmer ou infirmer le modèle. Une phase d'interprétation des données permet de passer des paramètres du modèle (par exemple température, pression, composition chimique, etc. d'une étoile) aux observables (magnitude apparente, intensité des raies dans le spectre de l'étoile, etc.) en tenant compte des caractéristiques des instruments et des conditions d'observation.

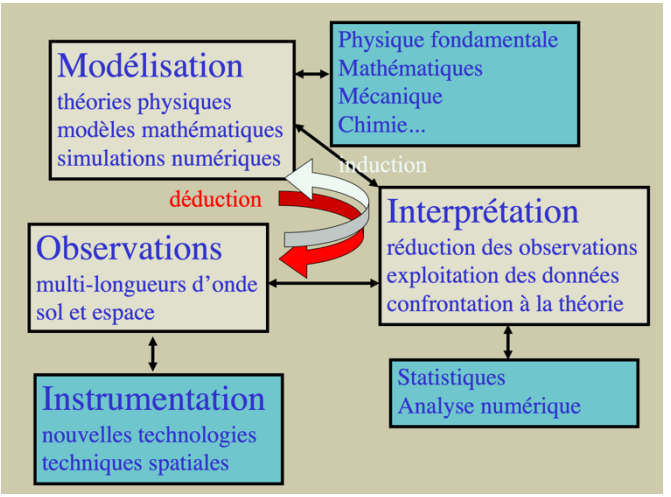


Figure 1. schéma du fonctionnement de la recherche en astronomie.

Éléments clés de la démarche de modélisation d'un chercheur

Construction de modèles de la « réalité »

Pour tout chercheur souhaitant construire un modèle, se pose le problème de l'identification des paramètres observables et théoriques pertinents et du passage des uns

aux autres, des relations mathématiques reliant ces paramètres et qui rendent le modèle manipulable.

Tout aussi importante est la prise en compte des erreurs et de l'exactitude des paramètres. Le modèle se doit d'être manipulable mais également testable – les paramètres observés doivent être en accord avec les paramètres prédits conformément aux incertitudes sur les paramètres du modèle et à la précision des mesures des paramètres observés.

Importance de la réfutation

Dans les années 1930, Karl Popper définit cette capacité d'une théorie à prédire des expériences qui peuvent la contredire, ce qu'il appelle la réfutation (ou falsification), comme étant la caractéristique essentielle d'une science. Dès lors, une théorie scientifique se doit de corroborer l'ensemble des faits observationnels qu'elle peut décrire et l'activité scientifique est centrée sur la recherche des expériences ou des observations qui seront les plus aptes à tester la théorie pour la corroborer ou la réfuter. Le fonctionnement du monde de la recherche, où chaque résultat, pour être accepté par la communauté, fait l'objet d'une publication relue et vérifiée en amont par un ou plusieurs rapporteurs est basé sur ce principe. Le rapporteur non seulement vérifie que l'article est correct (vérification des calculs, etc.), mais cherche les failles de raisonnement ou les contradictions avec des articles précédents. Une fois les résultats publiés, ceux-ci seront analysés par les collègues qui imagineront toutes sortes de moyens de tester les résultats, et ce d'autant plus que ces résultats seront importants. En résumé : vous pouvez toujours compter sur les collègues pour essayer de montrer que vos résultats sont faux.

L'astronomie est une science particulière…

L'astronomie étudie l'ensemble des astres et phénomènes au-delà de l'atmosphère terrestre jusqu'aux confins de l'Univers. Ses objets d'étude sont donc en général inaccessibles et non manipulables. Leur réalité est également moins « contrainte » car ne faisant appel qu'à un seul de nos sens, la vue, analysée souvent sous le même angle. En dehors des rares objets du Système solaire visités par des sondes spatiales, la lumière est en effet presque la seule source d'information qui nous vienne des astres.

Transposition en classe

Comment transposer le travail de modélisation d'un chercheur en classe ? La suite de cet article propose quelques pistes et deux exemples, la modélisation des phases de la lune et la modélisation de la mesure du rayon de la Terre par Ératosthène.

Nature de la modélisation

Modèle mathématique

Au moins deux approches peuvent être suivies si les élèves cherchent à modéliser de phénomènes avec un modèle mathématique comme le ferait un chercheur.

La première est évidemment d'adapter le niveau. La trousse à outil mathématique d'un élève, même au lycée, ne permet pas d'appréhender qualitativement les concepts de physique moderne.

Une autre possibilité est de refaire des expériences du passé utilisant des concepts à la portée des élèves. Ceci permet également de comprendre mieux certains résultats fondamentaux ayant marqué l'histoire des sciences.

Modèle non mathématique

Si le modèle n'est pas mathématique, par exemple un modèle réduit, une maquette, un logiciel, etc., la grille d'analyse précédente s'applique, mais en général de manière qualitative plutôt que quantitative : paramétrisation, relations entre paramètres, reproduction des phénomènes à un certain degré de précision, « manipulabilité » et prédictibilité d'autres phénomènes.

Construction de modèles de la « réalité »

Voici quelques conseils sur les étapes à suivre pour construire un modèle de la « réalité ».

Identification de paramètres observables et théoriques pertinents

- Modèle mathématique : simplifier, chercher les effets qui peuvent être négligés...
- Modèle réduit : comment transposer les paramètres réels à l'échelle de la maquette sans trahir la réalité ? Par exemple, ne pas hésiter à ne pas respecter l'échelle d'une maquette si cela ne modifie pas le phénomène que l'on veut mettre en évidence.

Relations (mathématiques) reliant ces paramètres

- Privilégier des modèles utilisant la géométrie, plus visuelle que des formules.
- Modèle réduit : calculer les échelles, les tailles angulaires, etc.

Importance de l'estimation des erreurs et de l'exactitude des paramètres pour valider l'accord entre modèle et observations.

- Questionnement sur les limites du modèle. Qu'a-t-on négligé dans un modèle purement mathématique ? Dans le cas d'un modèle réduit, bien définir les analogies entre maquette et objet réel et expliciter les différences.

Manipulabilité et prédictibilité du modèle

- Chercher, avec les élèves de nouveaux phénomènes observables que le modèle prédit.

Importance de la réfutation

De même qu'un chercheur peut toujours compter sur ses collègues pour critiquer et trouver les failles de son modèle, les élèves se feront une joie de chercher les limites et les défauts d'un modèle proposé par un professeur ou un autre élève ! Il faut jouer sur cela pour développer le sens critique des élèves.

L'astronomie est une science particulière…

Les objets d'étude sont inaccessibles et non manipulables pour les astronomes et donc encore plus pour les élèves ! Pour rendre compte de cette réalité, il faut observer au maximum avec les élèves plutôt que d'utiliser des images toutes faites et privilégier les activités qui exploitent les observations (même simples comme la direction de lever du soleil ou la phase de la lune) que les élèves ont faites eux-mêmes.

Exemple de transposition en classe : les phases de la lune

Construction du modèle de la « réalité » : ***modèle réduit***

On peut classiquement représenter la lune par une boule de polystyrène, le soleil par une lampe, ou par le soleil lui-même !!

Identification de paramètres observables et théoriques pertinents

- Rayon lumineux, Lumière/ombres, positions relatives d'objets dans l'espace.
- Vérification préalable de bonnes représentations : La lune n'est pas visible uniquement la nuit ni toute la nuit…

Relations (mathématiques) reliant ces paramètres

- Géométrie de la sphère ; angles entre les directions du Soleil et de la Lune vues depuis la Terre.

Importance de l'estimation des erreurs et de l'exactitude des paramètres pour valider l'accord entre modèle et observations.

- Limites de la modélisation : parallélisme des rayons d'une lampe/soleil ; les parties éclairées et dans l'ombre d'une boule ne sont pas égales si la lampe est trop proche et plus petite que la boule...
- Position de l'observateur : comment faire voir la même chose à tous les élèves (erreurs sur les angles) ?

Manipulabilité et prédictibilité du modèle

- Par exemple, prédire les heures de visibilité des différentes phases ou l'orientation d'un croissant à l'équateur, prédiction d'éclipses (elles seront fausses si le modèle est faux en plaçant la Lune sur l'écliptique), etc.

Exemple de transposition en classe : la mesure du rayon de la terre par Ératosthène

Construction du modèle de la réalité : ***mathématique (avec ou sans maquette comme intermédiaire)***

Identification de paramètres observables et théoriques pertinents

- Latitude/longitude, angles alternes/internes, rayon d'une sphère, verticale, rayon lumineux.

Relations (mathématiques) reliant ces paramètres

- Circonférence d'un cercle, longueur d'un arc, etc.

Importance de l'estimation des erreurs et de l'exactitude des paramètres pour valider l'accord entre modèle et observations.

- Erreurs sur les mesures ? Problème de détermination de l'extrémité de l'ombre d'un gnomon, etc.
- Comment mesurer directement la base de triangulation du plusieurs centaines de kilomètres ? Si l'on se contente de chercher la distance entre deux villes sur internet, autant directement y cherche la valeur du rayon terrestre...

Manipulabilité et prédictibilité du modèle

- Calcul de la distance entre deux points de la Terre connaissant leurs coordonnées géographiques.

Importance de la réfutation

- Le modèle de Terre ronde est-il légitime ?

Références bibliographiques

Activités pédagogiques proposées sur le site web de la formation des professeurs de l'Observatoire de Paris : https://ufe.obspm.fr/Formation-des-professeurs/Ressources-pedagogiques/Activites-en-classe/

Principes de modélisation dans le contexte scolaire, à l'école primaire

Géraldine Boivin-Delpieu,
ELLIADD, Université de Franche-Comté, France

Les approches d'enseignement, spécifiques à l'école élémentaire, sont avant tout phénoménologiques. Ainsi à l'école maternelle, les objectifs d'apprentissage sont avant tout tournés vers la découverte de phénomènes à travers notamment des observations, des activités de familiarisation pratique (Coquidé, 1998). Puis dans les cycles suivants, les élèves sont amenés peu à peu, à travers des démarches rigoureuses, à construire des interprétations du monde réel. Dans le domaine de l'astronomie, les instructions officielles en vigueur précisent que « la construction des concepts scientifiques s'appuie sur une démarche, qui exige des observations, des expériences, des mesures, etc. » mais aussi « la construction progressive de modèles simples, permettant d'interpréter celles-ci et d'expliquer une diversité de phénomènes, et de les prévoir ». L'astronomie offre ainsi une occasion privilégiée de travailler avec les élèves à

travers des activités de modélisation. Toutefois, étant donné la nature des savoirs en jeu à l'école primaire, on peut penser que les démarches de modélisation ne pourront faire intervenir qu'un petit nombre de paramètres pertinents, assez facilement identifiables (Blanquet et Picholle, 2015). Les objectifs d'apprentissage sont ainsi tournés vers de modèles explicatifs permettant de comprendre et de décrire le monde. Par exemple, les instructions officielles préconisent d'étudier les mouvements de la Terre en lien avec le cycle des saisons c'est-à-dire en lien avec des phénomènes observables au cours des saisons et dont ces mouvements sont responsables.

En classe, les modèles élaborés sont relatifs à des savoirs reconnus par la communauté scientifique et ayant fait l'objet de transpositions didactiques, ainsi les activités de modélisations vécues par les élèves seront de nature très différente de celles des scientifiques. Toutefois, certains auteurs, (Bécu-Robinault, 2018; Boivin-Delpieu, 2015; Tiberghien, 1994) considèrent que, pour construire des connaissances en sciences physiques et ainsi donner du sens à un concept scientifique, il est nécessaire que les situations proposées aux élèves leur permettent de mettre en relation deux niveaux de description : celui des modèles et théories avec la description d'une situation matérielle en termes d'objets et d'événements, le modèle ayant une fonction d'intermédiaire relationnel entre la théorie et le monde des objets (Bécu-Robinault, 2004). Autrement dit, les activités des élèves pourront relever soit du monde des théories et des modèles qui contient les éléments théoriques qui appartiennent au système explicatif soit de celui des objets et des événements qui contient tous les éléments matériels avec lesquels les élèves peuvent interagir et la construction des connaissances se ferait en partie à travers les mises en relation de ces deux mondes. Aussi, dans nos recherches, nous avons cherché à identifier les éléments relatifs à la modélisation qui

permettent aux élèves de construire un modèle explicatif ou au contraire qui font obstacle à cette construction.

Par exemple, dans ce colloque, nous avons présenté les résultats d'une recherche où les éléments spécifiques issus de la stratégie didactique permettant de construire des modèles explicatifs compatibles avec le savoir de référence, lors de la réalisation et de l'interprétation d'activités scientifiques en lien avec les mouvements de la Terre et les saisons au cycle 3 de l'école primaire ont été identifiés (Boivin-Delpieu, 2020). Dans cette étude, nous avons montré que le moment où les élèves repèrent les éléments pertinents à observer sur les objets matériels présents dans le milieu didactique (variation de la zone éclairée à la surface de la balle) et les mettent en lien avec les éléments issus du niveau des événements (variation de la durée de la journée pour certains lieux à une date donnée) est un moment crucial dans l'élaboration des savoirs. Ce lien n'est possible que parce que les éléments du modèle sont porteurs à la fois d'éléments du niveau des théories (mouvements de la Terre) et d'éléments issus du niveau des objets et événements (durée de la journée de différents lieux sur Terre). Autrement dit, les rétroactions des éléments matériels sur les élèves leur permettent de juger de la pertinence des stratégies convoquées et favorisent ainsi l'avancée des savoirs. Cette étude corrobore également d'autres résultats (Bécu-Robinault, 2018 ; Boivin-Delpieu, 2015) selon lesquels l'avancée des savoirs nécessite des articulations entre le monde des objets et événements et celui des théories et modèles rendues possibles par le matériel présent.

Par ailleurs, nous avons également cherché à interpréter les ruptures dans l'avancée des savoirs repérés à travers l'analyse des activités de modélisation. (Boivin-Delpieu, Bécu-Robinault, 2018). Pour exemple la signification accordée à un même objet en termes de niveaux de modélisation peut être différente pour le professeur ou pour les élèves. Nous allons

illustrer nos propos par un exemple extrait d'une séquence sur les phases de la Lune au CM2, issu d'une précédente recherche (Boivin-Delpieu, 2015). En amont de la séquence, l'enseignante a demandé aux élèves d'observer la forme de la Lune, tous les jours pendant un mois et de relever leurs résultats dans un tableau. Tous les élèves n'ont pas effectué le travail demandé, les échanges sont assez pauvres et ce travail ne fait donc pas directement l'objet d'une institutionnalisation. L'enseignante introduit alors un nouvel élément dans le milieu didactique, qui est un document sur lequel des photos de la Lune dans l'ordre d'apparition des différentes phases au cours de la lunaison sont représentées. Il se trouve que ce document ne va pas permettre de construire les connaissances visées par l'enseignante (connaître les différentes phases de la Lune ; Savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre ; Savoir que ces phases se reproduisent toujours avec la même durée). On constate alors un blocage dans l'avancée des savoirs. Nous nous sommes intéressés au statut de ce document, en ayant recours aux niveaux de modélisation. L'analyse montre que pour l'enseignante, ce document apparaît comme une ressource « théorique » avec des données « indiscutables ». Alors que pour les élèves, il se substitue aux observations « construites » qu'ils ont effectivement réalisées ou qu'ils auraient dû réaliser. Lors de l'introduction de ce document dans le milieu l'enseignante ne définit pas précisément ses attentes. Les élèves prennent en charge le jeu didactique et commentent spontanément le document en le comparant avec leurs représentations sur l'apparence de la Lune. Autrement dit, les élèves utilisent le document comme un support leur permettant de faire part de leur expérience sensible alors que l'enseignante l'instaure comme une référence commune indiscutable sans faire de lien explicite avec la grille d'observations de la Lune remplie au préalable par les élèves. Perçu par les élèves comme porteur d'éléments relevant du monde des objets et des

événements (photos de la Lune), il n'en est pas de même pour l'enseignante qui l'instaure comme référence théorique dans le milieu (ce document organise les observations : 24 Lunes représentées du premier croissant à la nouvelle Lune). Or, aucune relation n'est construite entre les observations réelles des élèves et le contenu du document ce qui apparaît comme un frein à une liaison possible entre le monde des objets et des événements et le monde des théories à travers les savoirs visés. Même si le document est porteur d'éléments issus des deux mondes, ces éléments ne sont pas perçus simultanément par les élèves ce qui ne leur permet pas d'avancer vers les savoirs visés, à savoir l'existence des phases de la Lune et leur aspect cyclique. Ce document sera d'ailleurs utilisé comme un levier à la formulation de questions, rôle cantonné au monde des objets et des événements. De plus l'interprétation de cet objet peut dépendre du moment où il est mobilisé dans la séquence.

Le recours aux niveaux de modélisation informe donc non seulement sur les conditions d'avancée des savoirs mais donne aussi des éléments de compréhension sur l'évolution des significations des éléments qui deviennent peu à peu partagées par les transactants au sein des transactions didactiques

Références bibliographiques

Bécu-Robinault, K. (2018). Analyse des interactions en classe de physique. Le geste, la parole et l'écrit. L'harmattan.

Bécu-Robinault, K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. In Gentaz, E. et Dessus, P (Eds), Comprendre les apprentissages : sciences cognitives et éducation. p.117-132. Paris : Dunod.

Blanquet, E., Picholle, É. (2015). Premiers contacts avec la modélisation scientifique à l'école. In Amory, B., Evrard T.

(dir.), Les Modèles, des incontournables pour enseigner les sciences. Belgique : De Boeck.

Boivin-Delpieu, G. (2015). Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3 (Thèse de doctorat). Université Lyon1.

Boivin-Delpieu G. (2020). Comparaison de situations d'enseignement et d'étude des mouvements de la Terre avec des objets tangibles et des objets numériques au cycle 3. Éducation et didactique, (14) 3, p. 9-38

Boivin-Delpieu, G., & Bécu-Robinault, K. (2018). Conditions d'avancée des savoirs en classe de physique. Colloque ARCD. Apports réciproques entre didactique(s) des disciplines et recherches comparatistes en didactique. Bordeaux

Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales :propos d'enseignants et conceptions officielles. Aster, 26, p. 109-132

Tiberghien, A. (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique. Recherche en éducation, 29, pp.72-88

La modélisation mathématique dans le cadre de situations extramathématique

Sonia Yvain-Prébiski,
CY Cergy Paris Université de Paris,
Université Paris Est Créteil, Université de Lille,
Université de Rouen, LDAR, F-95000 Cergy, France

Dans les prescriptions curriculaires à tous les niveaux, en France (MEN 2016) comme internationalement (Blum 2015), le développement de compétences liées à la modélisation de situations extramathématiques est mis en avant.

> « La modélisation, si on souhaite permettre aux élèves d'en comprendre les enjeux, **nécessite dans l'idéal de partir d'un problème extramathématique,** de **construire un modèle**, de le faire fonctionner et de pouvoir confronter ses résultats à la situation modélisée. »[1]

Partir de telles situations nécessite dans un premier temps de la rendre accessible par un traitement mathématique

1 https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Competences_travaillees/17/7/RA16_C4_MATH_modeliser_N.D_566177.pdf-p.5

relevant au sens de Treffers (1986) et Freudenthal (1991) d'un travail de mathématisation horizontale.

> « Treffers, in his thesis of 1978, distinguished horizontal and vertical mathematising not sharply but with due reservations: Horizontal mathematising, which makes a problem field accessible to mathematical treatment (mathematical in the narrow formal sense) versus vertical mathematising, which effects the more or less sophisticated mathematical processing. » (Freudenthal 1991 p.40)

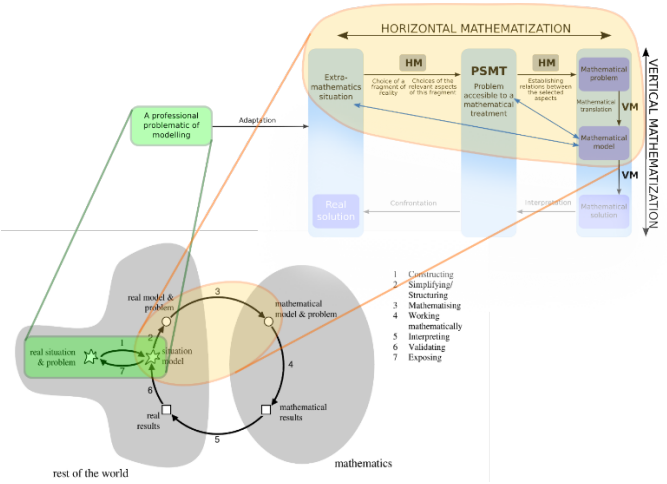
Dans ce cadre de la Realistics Mathematics Education et en appui sur les travaux d'Israël, nous posons les définitions suivantes (Yvain-Prébiski 2018)

Un modèle mathématique est « *un fragment de mathématique appliqué à un fragment de réalité* » […] *non seulement un seul modèle peut décrire différentes situations réelles, mais le même fragment de réalité peut être représenté à l'aide de modèles différents*. » (Israël 1996 p. 11)

La modélisation mathématique est une démarche de construction d'un modèle en langage mathématique permettant de mettre en relation les éléments choisis d'un fragment de réalité en lien avec la question à étudier.

La mathématisation horizontale relève du choix d'un fragment de réalité, de l'identification et du choix de certains aspects de ce fragment de réalité susceptibles de relever d'un traitement mathématique, puis de leur mise en relation en vue de construire un modèle mathématique.

Nous nous sommes appuyés sur ces définitions et sur des éléments d'une première étude épistémologique des pratiques de modélisation des chercheurs pour enrichir le cycle de modélisation de Blum and Leiss (2007) comme suit (Yvain-Prébiski, 2021) :



Ce cycle vise des apprentissages associés à la modélisation mathématique en tant qu'objet d'enseignement (Douady 1986) en mettant en évidence les rapports dialectiques entre les deux aspects de la mathématisation en jeu. Le choix de la situation à proposer et le dispositif de mise en œuvre associé doivent permettre de faire émerger ces apprentissages. En effet, comme le souligne Maaß (2006), la diversité des propositions de schémas visant à illustrer le processus de modélisation dans la littérature est essentiellement corrélée aux objectifs d'apprentissage et au choix des compétences à développer visées par les auteurs. Vu notre choix de schéma, une phase de questions-réponses sous la responsabilité des élèves nous semble pertinente pour leur permettre de réaliser le travail nécessaire pour traiter mathématiquement une situation extramathématique donnée. Cette phase de questions-réponses vise à leur faire prendre conscience de la nécessité de faire des choix et que selon les choix faits, plusieurs modèles mathématiques sont envisageables et ainsi entrer dans un travail de mathématisation horizontale avec sa relation dialectique avec la mathématisation verticale. Nous avons déjà mené une recherche sur l'étude de la dévolution

aux élèves du secondaire de ce travail dans une activité de modélisation placée dans les contextes des sciences de la vie (Yvain-Prébiski 2018) et des sciences industrielles (Lavolé & al 2020). Ces études ont montré que notre schéma de cycle de modélisation permet d'une part des analyses fines de la démarche de modélisation mathématique des élèves, et d'autre part ce schéma semble constituer pour les enseignants un levier (Yvain-Prébiski & Chesnais 2019) pour surmonter certains obstacles liés à l'enseignement de la modélisation mathématique pointés dans la littérature internationale en éducation mathématique (Barquero & al. 2018, Blum 2005, Kaiser & al. 2011, Ramirez 2017) comme mieux comprendre ce qu'est la modélisation mathématique et en cerner les enjeux d'apprentissage. Une perspective interdisciplinaire de recherche est de poursuivre nos recherches sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation à partir de situations extramathématiques, en particulier dans le contexte de l'astrophysique. Nous envisageons d'interroger les spécificités potentielles de ce contexte qui peuvent influencer le processus de modélisation mathématique en nous appuyant sur une étude épistémologique des pratiques de chercheurs utilisant la modélisation mathématique dans ce domaine (Yvain-Prébiski & Modeste 2020).

Références bibliographiques

Barquero, B., Bosch, M., & Romo, A. (2018). Mathematical modelling in teacher education: dealing with institutional constraints. *ZDM*, *50*(1-2), 31-43.

Blum, W. (2015). Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In S. J. Cho (Ed.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 73–96). Cham : Springer.

Blum, W., & Leiss, D. (2007). How the students and teacher deal with mathematical modelling problems? In C. Haines, G. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds), *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics* (pp. 222–231). Chichester : Horwood Publishing.

Blum, W., & Leiss, D. (2005). How the students and teacher deal with mathematical modelling problems? The example "Filling up". *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics (222-231). Chichester : Horwood Publishing.*

Douady, R. (1986). Jeux de cadre et dialectique outil-objet. Recherche en Didactique des Mathématiques 7 (2), 5-31.

Freudenthal, H. (1991) *Revisiting mathematics education.* Dordrecht, The Netherlands:Kluwer Academic

Israël G. (1996) *La mathématisation du réel : essai sur la modélisation mathématique*. Paris, Seuil Eds.

Kaiser, G., Blum, W., Ferri, R. B., & Stillman, G. (Eds.). (2011). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA14* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.

Lavolé J. & al (2020). ResCo : un dispositif et des situations pour travailler la modélisation mathématique en classe. L'exemple d'un problème industriel d'optimisation de découpes de vitres in *In Proceedings CIEAEM 71*- Braga, Portugal Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics) pp.527-530

Ramirez, P. (2017). Teachers' Beliefs about Mathematical Modelling : An Exploratory Study, In *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME10)*. European Society for Research in Mathematics Education.

Treffers, A. (1978). Wiskobas Doelgericht. Utrecht : IOWO

Yvain-Prébiski S. (2021). Didactical adaptation of professional practice of modelling: a case study In *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, Kaiser &al, Springer Book Series

Yvain-Prébiski S. & Modeste S. (2020). Design of situations fostering horizontal mathematization: benefits from epistemological analysis of experts' practices, *In Proceedings CIEAEM 71*- Braga, Portugal Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics) pp.139-150

Yvain-Prébiski S. & Chesnais A. (2019). Horizontal mathematization: a potential lever to overcome obstacles to the teaching of modelling. Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, Utrecht University, Feb 2019, Utrecht, Netherlands. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02409063

Yvain-Prébiski S. (2018). *Étude de la transposition à la classe de pratiques de chercheurs en modélisation mathématique dans les sciences du vivant. Analyse des conditions de la dévolution de la mathématisation horizontale aux élèves* (Doctoral dissertation). University of Montpellier, Montpellier, France.

Synthèse

La discussion qui a suivi la présentation des contributions a permis de revenir sur des questions spécifiques : Quels paramètres d'une modélisation sont accessibles aux élèves, selon les niveaux scolaires ? Quels mécanismes en astronomie peuvent être l'objet de modélisation ?

Transposition didactique de la modélisation

Nous avons vu en introduction la notion de transposition didactique du modèle scientifique, qui permet de faire des choix dans les savoirs pour tenir compte du contexte scolaire. Qu'en est-il de la modélisation, peut-on mettre en lien les pratiques des chercheurs et les activités des élèves ; peut-on considérer l'acte de modélisation comme un savoir à enseigner ou comme un élément dans l'histoire de la construction du savoir ?

Est-ce qu'il y a une recherche du meilleur modèle en classe ? Est-ce que la classe travaille avec un modèle scolaire donné mais sans faire d'acte de modélisation ? La question de la validation du modèle est souvent la plus complexe. Les

modèles proposés sont considérés comme « vrais », alors qu'ils ne sont « que » l'objectif de l'enseignant et seront revus, améliorés ou complétés les années suivantes. Ainsi, le modèle explicatif des saisons basé sur l'inclinaison de l'axe de la Terre sera invalidé par l'observation des températures le 21 avril et le 21 août (nous vous invitons à vous en convaincre par vous-même). Est-il possible de faire tester un modèle ou plusieurs modèles sur une situation pour initier ainsi la démarche de modélisation, selon la proposition de S. Yvain-Prebisky ?

La modélisation est-elle un savoir scolaire ?

Nous n'avons pas apporté de réponses définitives à cette question. La modélisation est une activité, faite le plus souvent implicitement, et le plus souvent en classe de mathématiques lorsqu'elle est explicite, qui regroupe un ensemble de connaissances d'où la difficulté de son analyse. De plus, son application en classe et en formation est difficile, et correspond en grande partie à une confrontation des résultats des modèles à des résultats réels, posant le problème de la prise en compte de la mesure et des erreurs. Nous pouvons parler de « pseudo-modélisation » pour le moment.

La place de la mesure

La comparaison entre prédiction et observation est fondamentale pour discuter des limites des modèles et pour insister sur leur possible réfutation. Cette activité nécessite cependant de comprendre le fonctionnement de l'acte de mesurer et de l'estimation des incertitudes associées. En particulier, la différence entre mesure théorique et mesure expérimentale n'est pas toujours explicitée et crée de la confusion (Munier et al., 2020).

La place des mathématiques

Nous avons discuté de la nature des modèles entre le premier et le second degré, qui va de modèle réduit pour expliquer et décrire un phénomène à des écritures formelles mathématiques. Quel que soit le formalisme utilisé, la réalité est bien traduite en langage mathématique qui peut être géométrique ou algébrique, concret ou formalisé.

Importance de la définition du milieu

La transposition didactique de la modélisation nécessite une attention particulière au milieu à construire comme le montre en particulier le travail de Géraldine Boivin-Delpieu. Si le milieu est trop libre, la réflexion risque de ne pas aboutir ; s'il est trop cadré, la modélisation n'aura pas besoin de se faire. La modélisation nécessite une part d'autonomie mais dans un milieu contraint pour que les élèves puissent s'emparer du matériel pour aller vers les connaissances. Il est probable que la démarche d'investigation proposée en école primaire soit souvent trop contrainte par peur de l'autonomie complète.

Cette autonomie est en particulier nécessaire pour autoriser une sélection des paramètres en lien avec la question à étudier. Mais les élèves ne savent pas quoi observer car ils ne savent pas la question qui est posée. Cette difficulté est exacerbée en astronomie par l'absence d'accès direct aux situations étudiées.

Spécificité du contexte de l'astronomie

Un contexte hors du quotidien, favorable à la modélisation…

Bien souvent, il est dit que l'astronomie est difficile pour un enseignement en classe car il n'est pas possible de faire des expériences avec l'astronomie, montrant ainsi la prédominance de l'expérience dans l'enseignement des sciences. Nous avons

discuté de la possibilité de faire des observations, et, puisque les objets observés sont inatteignables, de la nécessité de faire des modèles.

Prendre des photos des faces de la Lune est une observation mais ne permet pas d'expliquer, ce n'est pas un modèle. L'observation permet le questionnement, mais il faut ensuite trouver les paramètres pour décrire, expliquer, prédire...

Le contexte de l'astronomie obligerait à poser un intermédiaire (dessin, maquette, équation…) et donc à modéliser. Au contraire de domaines plus proches du concret, pour lesquels des arguments pragmatiques (« j'ai vu », « c'est comme cela ») peuvent être contredits avec des expériences immédiates, donc sans travail de modélisation. L'obligation de modélisation est également observée dans le monde microscopique de la chimie (Kermen, 2018).

Du point de vue des disciplines scolaires, l'astronomie permet ainsi de rester plus proche des notions mathématiques. Les élèves n'ayant pas l'expérience disponible en classe, il est possible de les amener vers une mathématisation (qui peut être la construction d'une maquette) sans les « fruster » et en créant au contraire une nouvelle motivation pour observer des phénomènes qu'ils auront prédits. Il est en effet important de revenir vers le monde réel dans le processus de modélisation.

… *mais difficile à transmettre*

Il semble que l'astronomie nécessite beaucoup de connaissances ou compétences inaccessibles aux enseignants pour faire vivre une modélisation dans la classe. Au contraire, il n'est pas nécessaire d'être botaniste pour faire la modélisation sur la croissance de l'arbre. Nous posons alors la question des conditions nécessaires pour qu'un travail soit fait dans une

classe de mathématiques sans l'enseignant de physique, ou plutôt sans connaissances spécifiques en astronomie.

Différents supports de modélisation

Nous avons évoqué les maquettes, les logiciels de simulation et les logiciels d'analyse d'image. Pour les logiciels, un frein peut être son appropriation par l'enseignant et par les élèves (par manque de compétences ou de temps, en raison de difficultés de gestion). Les élèves imaginent souvent mieux par la manipulation qui modélise des observations. La première étape pourrait être de compléter des observations par un modèle afin de les décrire, de faire des prédictions, puis revenir aux observations pour tester les prédictions. Les simulations (en particulier Stellarium® en astronomie) permettent de tester des prédictions qui ne peuvent pas être observées en classe. Établir un lien avec les observations réelles est nécessaire. L'essentiel est toujours de construire le milieu pour savoir que faire de ces supports…

Existe-t-il des situations spécifiques en astronomie pour travailler la modélisation ?

Les élèves rentrent facilement dans le thème de l'astronomie et posent beaucoup de questions. Ceci peut, à nouveau, faire peur aux enseignants (moins aux médiateurs). Nous avons alors commencé à chercher des situations pour lesquelles le contexte n'est pas source de difficultés pour l'enseignant, et dont le modèle simple lié à l'observation ne serait pas nécessairement le modèle correct. L'objectif étant de pouvoir modéliser différemment un même phénomène pour faire comprendre que le modèle n'est pas la réalité.

Nous avons évoqué quelques situations en astronomie qui permettent de confronter modèles et réalité, en tenant compte pour certaines de l'évolution des capacités

instrumentales : l'alternance historique des modèles héliocentriques et géocentriques ; la courbe de rotation des galaxies (modification de la théorie de Newton ou matière noire ?) ; le modèle sphérique de la Lune pour expliquer ses phases ; l'évolution de luminance entre les différentes phases de la Lune ; la forme des nébuleuses planétaires étudiées à partir d'images de différentes époques…

Cette réflexion méritera d'être prolongée pour devenir force de propositions concrètes d'enseignement et de médiation.

Formation

Nous avons conclu, mais sans avoir le temps d'approfondir ce point, sur la nécessité d'une formation à la modélisation, initiale et continue. Cette formation aurait pour but de clarifier le cadre d'un enseignement scientifique polyvalent et basé sur la modélisation : les sciences (physiques et SVT pour l'astronomie) apportent une situation réelle qui requiert une situation modélisée avec des paramètres, un langage, mathématiques.

Références bibliographiques

Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée*. Presses Universitaires de Rennes. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01861711

Munier, V., Chesnais, A., & Molvinger, K. (2020). La mesure en mathématiques et en physique : enjeux épistémologiques et didactiques. In M. Bächtold & V. Durand-Guerrier (Éds.), *Epistémologie & didactique : Synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales* (p. 95-111). Presses universitaires de Franche-Comté. http://books.openedition.org/pufc/11357

Atelier : Difficultés rencontrées

Valérie Frède,
CLLE Université Jean Jaurès,
INSPE Toulouse Occitanie-Pyrénées, France

Frédéric Pitout,
Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France

Objectifs de l'atelier

L'atelier 3,1 « difficultés rencontrées » est un atelier transversal qui avait pour objectif de recueillir les principales difficultés rencontrées par les professeurs, dans la mise en œuvre de leurs enseignements en astronomie en classe. Il s'agissait également d'aborder dans les échanges, la question des besoins en formation initiale et continue des professeurs ainsi celle du volume horaire dédié à l'astronomie. Par exemple, concernant la formation des professeurs des écoles (enseignement primaire) en France, un volume horaire très réduit (22 h en Master 1) est consacré à l'enseignement des sciences et l'astronomie y occupe une place négligeable (2 h).

Dans cet atelier, il s'agissait avant tout de permettre aux participants de partager et de comparer leurs expériences en vue de souligner les difficultés rencontrées et de proposer des pistes pour faciliter cet enseignement. Les questions principales qui ont été proposées en amont de l'atelier étaient : -Comment pallier le manque de formation ? -L'accès à des ressources est-il un problème ? -Où en trouver ? -Comment organiser une séance d'observation nocturne en établissement ?

L'atelier a regroupé 52 participants, dont 8 intervenants (Ridha Zarai, Pierre Le Fur, Baptiste Lavie, Danielle Briot, Mayssa Elyazidi, Guillaume Coupechoux, Valérie Frède, et Frédéric Pitout). Le programme de l'atelier a été construit ainsi :

Ridha Zarai *: Enseignement de l'Astronomie en Tunisie : Rôle de la Société Astronomique de Tunisie.*

Pierre Le Fur : *18 années de formation en astronomie à l'académie de Nice.*

Baptiste Lavie **:** *Salomé #1 Enquête d'exoplanètes – Apprendre avec une bande dessinée*

Danielle Briot : *Science et religion*

Mayssa Elyazidi : *La situation d'astronomie en Tunisie.*

Guillaume Coupechoux : *Modélisation de la structure interne de Mars.*

Déroulement de l'atelier

Après une brève introduction rappelant les objectifs de l'atelier par Valérie Frède, la parole a été donnée à M. Ridha Zarai qui a présenté différents éléments concernant l'enseignement de l'astronomie en Tunisie à travers l'engagement fort d'une association promouvant l'astronomie

en Tunisie : la SAT (Société Astronomique de Tunisie). M. Pierre Le Fur a ensuite présenté un bilan de 18 années de formation en astronomie à Nice lui permettant d'illustrer les principales difficultés rencontrées. L'exposé suivant a été présenté par M. Baptiste Lavie et concernait la description d'un projet pédagogique sur les exoplanètes pour des élèves de 6e en Suisse. Madame Danièle Briot a ensuite discuté des difficultés liées à la confrontation entre science et religion à travers la présentation de son expérience d'enseignement de l'astronomie en prison. L'exposé de Mme Mayssa Elyazidi a permis de présenter la situation d'astronomie en Tunisie et les difficultés spécifiques liées au manque de moyens et au manque de reconnaissance institutionnelle de l'astronomie en Tunisie. Enfin M. Guillaume Coupechoux a présenté les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'un projet pédagogique autour de mars 2020. Les actes des différentes présentations sont insérés ci-dessous.

Enseignement de l'Astronomie en Tunisie : Rôle de la Société Astronomique de Tunisie.

Ridha Zarai,
Société Astronomique de Tunisie

Introduction : présentation de la Société Astronomique de Tunisie

Dans cette partie nous présenterons la SAT avec une brève revue de l'histoire de l'astronomie en Tunisie depuis la fondation du premier club d'Astronomie en 1973 jusqu'à nos jours.

Les différentes commissions de la SAT

Chaque commission est présidée par un membre du comité directeur et chacune est spécialisée et focalise son travail sur un seul domaine de l'astronomie ou du fonctionnement de la SAT. (Un membre peut être membre de plus d'une commission mais ne peut présider qu'une seule)

La SAT et l'éducation :

La SAT a, depuis ses débuts, été pionnière dans le domaine de l'éducation et ce en organisant des événements pour les écoles, lycées et universités. Ces activités ont contribué à mieux comprendre et maîtriser les outils pédagogiques et mieux communiquer avec le public (grand public, étudiants ou élèves de tous âges).

Images 1 et 2. Veillée et événement en collaboration avec les ministères de l'Éducation et de la Jeunesse et des Sports

Les efforts de la SAT ont été récompensés par plusieurs conventions notamment avec des organisations (Scouts Tunisiens, Auberges des Jeunes, Tourisme de Jeunes…) et ministères (Jeunesse et Sports, Éducation) comme nous avons des conventions de partenariat avec la Cité des Sciences à Tunis.

Images 3 et 4. Veillée et événement en collaboration avec les Scouts Tunisiens

Dans le cadre de sa convention avec le ministère de l'Éducation, la SAT a participé à l'élaboration des programmes scolaires et ce en intégrant l'astronomie dans les programmes de la huitième année de base et première année secondaire.

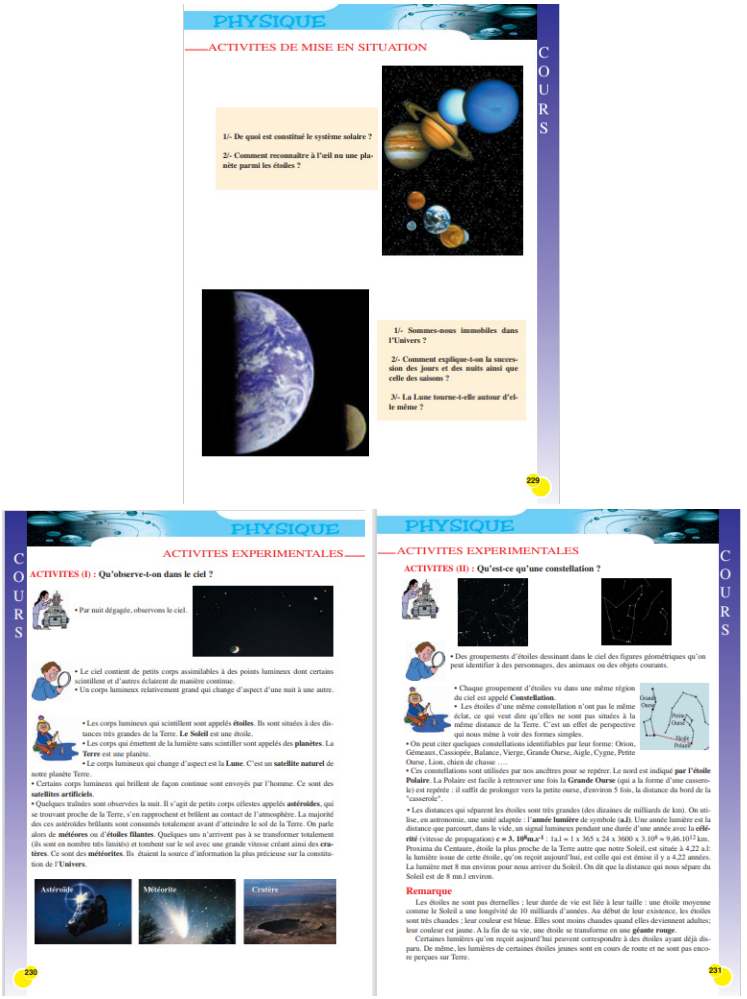


Image 5. Quelques pages du manuel scolaire de première année secondaire

Dans le cadre d'un projet du ministère de la Jeunesse et des Sports nous avons pu fournir des packs contenant le strict minimum en matériel astronomique à certaines maisons de jeunes en Tunisie.

Images 6 et 7. Signature d'une convention entre la SAT et la maison de jeunes de Sbiba suite à l'inauguration de la section SAT de Sbiba

Toutes nos conventions ont été le fruit de beaucoup d'efforts et de sacrifices de la part des membres de l'association, nous avons dû faire face à beaucoup d'obstacles surtout d'ordre politique que l'on a pu surmonter partiellement ces dernières années. Aussi la pratique et l'enseignement de l'astronomie souffre d'obstacles d'ordre financier ; en effet les subventions

des organisations et associations scientifiques manquent terriblement en Tunisie et nous devons nous limiter quelques fois à des dons extérieurs ou de certains membres de la SAT.

Conclusion

L'enseignement de l'astronomie en Tunisie se développe à petits pas mais reste toujours dépendant d'une mise à jour des programmes scolaires et à la merci des prix trop élevés du matériel astronomique. La pratique de l'astronomie reste, en Tunisie, à l'état amateur au sein d'associations qui peinent à fournir du matériel parfois simple.

Mais la passion et l'amour de la science et surtout de l'astronomie nous poussent à aller de l'avant pour un jour réaliser notre rêve de voir notre pays développer ce secteur surtout que beaucoup de chercheurs tunisiens, dont plusieurs sont ou ont été membres de la SAT, participent ou conduisent des projets au sein des plus grandes institutions mondiales.

Bilan de 18 années de stages de formation en astronomie à l'Académie de Nice.

Pierre Le Fur,
Lycée Rouvière, Toulon, France

Introduction

En 2002, à l'initiative du Comité de Liaison Enseignants Astronomes, en la personne de M. Francis Berthomieu, alors professeur de physique au lycée de Draguignan dans le Var, naissait le premier stage de formation en astronomie du plan d'action-formation de l'Académie de Nice. Cette action soutenue et mise en place concrètement par l'Inspection pédagogique régionale de physique et chimie (Mme Bacchialoni) s'adressait aux professeurs des collèges et lycées sous la forme pratique d'un stage spécialisé de deux jours consécutifs. Seuls les enseignants de cette matière pouvaient postuler, indépendamment de leur grade (certifiés ou agrégés par exemple).

Si ce format s'est conservé jusqu'en 2020, le nombre de participants augmentant, il a fallu passer à 2 sessions par an,

voire 3, certaines années (2010 à 2013), lorsqu'un changement de programme poussait plus d'enseignants à s'intéresser à l'astronomie.

Cette formation a dû être interrompue provisoirement en 2019 pour des raisons budgétaires, mais M. l'Inspecteur Pédagogique régional, Stéphane Rochefeuille, a veillé à sa « résurrection » en 2020.

Déroulement pratique d'une session

Si les toutes premières années le stage se tenait dans un lycée, il est apparu primordial d'en extraire les enseignants et de les amener à découvrir un autre milieu : un observatoire professionnel (l'observatoire de la Côte d'Azur à Nice : OCA) ou un observatoire d'amateurs chevronnés (l'observatoire du Pic des Fées à Hyères dans le Var, OPF).Typiquement un groupe de stagiaires contient en moyenne une quinzaine de personnes (voir le paragraphe « quelques chiffres ») qui se consacrent à une initiation sur 4 demi-journées successives. Le choix s'est porté sur le jeudi et vendredi en éliminant le mercredi où des problèmes de garde d'enfants auraient pu dissuader certains enseignants de s'inscrire.

Première demi-journée :

Après un accueil à 9h du matin, suivi des présentations d'usage, on découvre alors les motivations de chacun. Une grande majorité est là pour découvrir l'astronomie. D'autres, plus rares, ont déjà eu des activités en club ou en classe et cherchent de nouvelles idées. Parfois même un spécialiste diplômé en astronomie (thèse…), un philosophe ou deux géographes, nous surprennent par leur présence.

On entame la séance par la découverte interactive de la carte du ciel via un logiciel simple de type « Asynx ». On peut ainsi mettre en place quelques bases (constellations,

coordonnées, étoiles, planètes). On complète par un questionnement sur les levers et couchers du soleil en fonction de l'année pour déboucher sur l'étude qualitative d'un cadran solaire. Le tout est étayé par des maquettes qui circulent de mains en mains. Lorsque l'année s'y prête, on travaille alors sur la rétrogradation de mars. On aborde ainsi les classiques problèmes de référentiels, illustrés avec le logiciel de géométrie « Geogébra » bien connu en collège et lycée.

Deuxième demi-journée :

Au menu : une séance d'observation du soleil. Les stagiaires se répartissent autour de divers instruments pour pratiquer ou découvrir, lunette H-alpha, télescope avec filtre d'ouverture ou en projection, montures azimutales et équatoriales, spectroscopes bricolés ou perfectionnés, solarscopes… Le climat favorisé du midi de la France autorise très souvent de bonnes conditions d'observations. On découvre l'assombrissement du limbe, les facules, les taches, les protubérances et la fameuse raie H-alpha...et la rotation de la Terre. Une séance d'exploitation des relevés de taches conclut ce travail. L'objectif est double, à la fois montrer les correspondances et différences avec les relevés du satellite SOHO (ou SDO) et plonger quatre siècles en arrière en travaillant sur les observations de Galilée en 1613. On détermine ainsi la direction de l'axe polaire, les zones royales où apparaissent les taches et la période de rotation du soleil dans le référentiel terrestre, puis héliocentrique. On ne manque pas non plus d'examiner une photo avec l'image de Vénus en transit, que l'on compare avec un cliché de tache solaire à l'aide du logiciel pédagogique « Salsa-J 2 ». Parfois, l'on va jusqu'à décortiquer un spectre solaire pour y découvrir les raies de quelques éléments comme l'hydrogène ou le calcium. Bien sûr, d'une année sur l'autre le contenu

varie suivant le thème choisi : histoire des sciences, logiciel et astronomie, les étoiles, et bien d'autres au cours de ces 18 années.

Image 1. stagiaire mesurant la distance angulaire Jupiter/satellite Europe avec une maquette de micromètre de Galilée et un visuel sur une projection vidéo, dans la salle « NEF » de l'OCA.

Image 2. stagiaires comparant leur maquette de cadran solaire équatorial, réalisée lors du stage, avec le grand cadran de l'OPF

Troisième demi-journée :

La troisième demi-journée dépend du site sur lequel nous sommes. À l'observatoire de la Côte d'Azur, nous profitons de la présence des astronomes-chercheurs pour les solliciter sous la forme d'une conférence suivie d'un débat. À l'observatoire du pic des fées à Hyères, les astronomes amateurs éclairés nous gratifient d'une séance de planétarium et de l'analyse du fonctionnement du grand cadran solaire.

Quatrième demi-journée :

Cette dernière partie débute toujours par la visite du site et de ses instruments. À Nice, l'astronome Jean Pierre Rivet nous pilote d'une coupole à l'autre et, émerveillés, nous admirons la grande lunette de 76 cm et sa coupole « Eiffel », qu'il manœuvre avec une apparente et déconcertante facilité. Là, il nous explique quel travail scientifique est encore réalisé, aujourd'hui, avec cet instrument centenaire. À Hyères nous visitons cinq coupoles où l'on peut découvrir la structure optique et mécanique de « Dobson », « Schmidt-Cassegrain », « Newton » et leurs montures allemandes, à berceau ou à table équatoriale.

Point fort

Nous concluons ces deux jours par un large tour d'horizon des moyens de formations personnelles comme les Diplômes Universitaires à distance (observatoire de Paris Meudon) ou l'Ecole d'été du Clea. Enfin c'est le moment essentiel des prises de contact directes entre les enseignants présents et les responsables pédagogiques des observatoires, afin de préparer des visites ou des activités pour les classes dont les enseignants présents ont la responsabilité.

Les partenaires

À travers cette description d'un déroulement type de stages, il apparaît évident que l'accueil par les observatoires est un élément essentiel de leur réussite. Depuis plus de quinze ans, les équipes locales mettent à disposition les salles, les animateurs ou conférenciers et organisent les visites. Tout cela gracieusement, avec foi et efficacité. Il faut les en remercier. N'oublions pas le cuisinier de l'OCA, Khaled Ben Saada, et son équipe pour les deux repas si appréciés ! De plus ces deux structures ont en commun l'expérience de l'accueil des élèves du primaire au secondaire et des enseignants accompagnateurs. Olga Suarez et son équipe de l'OCA ont mis sur pied les projets « Educosmos, Medites, Aperla… » (https://www.oca.eu/fr/projets-pedagogiques) orientés vers les élèves de 12 à 19 ans accompagnés de leurs « maîtres ». Les volontaires de l'OPF menés par leur président Xavier Henry, ne cessent de recevoir des classes du primaire au lycée, sous ses coupoles et son planétarium, mais se déplacent aussi dans les établissements scolaires, plusieurs fois par mois (http://www.astrosurf.com/opf/). Nos stagiaires ne s'y trompent pas, lors de ces deux jours « astro-Clea », ils prennent très souvent contact avec les responsables locaux pour organiser des séances pour leurs élèves. Un rapide comptage montre qu'ainsi plus de mille jeunes ont pu déjà profiter de ces magnifiques observatoires. Signalons également que ces dernières années nous avons pu proposer aux stagiaires volontaires une séance d'observation de nuit soit à l'OPF de Hyères, soit à l'Astrorama de Nice (association « Parsec-Astrorama », https://www.astrorama.net/), située sur le Col d'Eze (06).

Quelques chiffres

Depuis 18 ans, environ 450 enseignants ont bénéficié de cette formation. Ce nombre tient compte des absents et

des quelques professeurs qui ont suivi ce stage à plusieurs reprises. À l'aide du tableau ci-dessous, réalisons une image quantitative d'un stage type.

valeurs annuelles	au total	collège	lycée	femmes	hommes	certifiés	agrégés	autres
nombre de stagiaires présents	**32**	**21**	**11**	**12**	**20**	**23**	**3**	**6**
arrondi sur les 5 dernières années		**66%**	**34%**	**37,5%**	**62,5 %**	**72%**	**9%**	**19%**

Image 3. tableau donnant le nombre total de participants sur les deux sites OCA et OPF, et la répartition par catégories. En jaune, la moyenne sur les cinq dernières années, en gris sur les 18 ans.

L'inscription se fait sur la base du volontariat sur le site « GAIA » du plan d'action-formation annuel académique. Sur une quarantaine, parfois plus, l'inspection régionale de Physique-Chimie ne retient en moyenne que 32 candidats qui se répartissent en 21 sur les Alpes-Maritimes (OCA) et 11 sur le Var (OPF). Par exemple, sont éliminés les enseignants préparant des concours ou, plus récemment, ceux qui ont déjà reçu la formation. Dans le tableau, le nombre des participants est arrondi à l'unité, les pourcentages tiennent compte des valeurs exprimées à 0,1 unité près.

Le stagiaire type est un homme, professeur certifié, enseignant en collège.

La proportion collège/lycée évolue en fonction d'éventuels changements de programme à un niveau ou à l'autre. Les femmes semblent légèrement sous-représentées par rapport à la proportion d'enseignantes en physique du secondaire. Ce point est à vérifier, les statistiques précises manquant sur ce sujet.

Si les agrégés sont très minoritaires (9%) on rencontre souvent des professeurs de lycées professionnels et quelques techniciens de laboratoires qui forment à eux deux l'essentiel de la catégorie « autres » (19%).

Les objectifs poursuivis

Deux jours de formation (entre 12 et 16 h) s'adressant majoritairement à des « débutants » ne peuvent évidemment pas constituer une base solide d'un enseignement structuré d'astronomie. Donc les objectifs restent modestes sur le plan des connaissances, l'essentiel est ailleurs.

Nous devons tout d'abord répondre à la demande implicite de l'inspection qui cible des points particuliers des programmes officiels. Par exemple, comment introduire la notion de référentiels d'étude de mouvements avec la rétrogradation de mars. Nous développons alors un travail avec les participants à partir de photographies réelles et d'animations « Géogébra ». Nous montrons des solutions possibles et non La solution : à chaque enseignant sa manière d'adapter le travail présenté, pas de travaux pratiques clé en main. Mais bien au-delà de cette problématique institutionnelle, nous cherchons à motiver les professeurs, et essayons même de faire naître une passion pour cette science astronomique en montrant l'immense champ d'explorations et d'émerveillements que constitue le ciel.

Les conséquences possibles de la réalisation de cet objectif tiennent en trois points :

- Le stagiaire devrait ainsi avoir envie d'en savoir plus, de se former par le suivi de l'Ecole d'été du Clea (http://clea-astro.eu/aLaUne/EcolesdEtedAstronomie/) ou par un enseignement à distance du type Diplôme universitaire comme ceux proposés par l'observatoire de Paris-Meudon.

- Il pourra aussi entamer une activité d'amateur d'astronomie et comme on l'observe souvent, il animera un club scolaire sur ce thème.

- Mais surtout, il incitera ses élèves à pratiquer la science par des projets concrets d'observations ou de modélisations (analyse d'une éclipse, comptage de cratères lunaires, réalisations de maquettes de constellations en 3D…). Ces projets (par exemple des Travaux Personnels Encadrés) le conduiront à recontacter l'OCA ou l'OPF, afin de mettre sur pied des collaborations ou des visites. Il se fera aider par le Clea et son bulletin les « Cahiers Clairaut » (CC), riches de mille idées pratiques et exemples.

Conclusion

Comme l'attestent les fiches d'évaluation de stage, les professeurs ainsi formés sont pratiquement tous très satisfaits de ces deux jours passés près des étoiles. Le nombre de volontaires qui ne faiblit pas d'année en année l'atteste également : au niveau académique, la réputation de cette formation n'est plus à démontrer.

Mais concrètement qu'en reste-t-il vraiment ? Sur les 450 participants, seules quelques unités ont proposé un article aux Cahiers Clairaut décrivant leur expérience avec des élèves ou même se sont abonnés aux CC.

Par contre, les visites actives de classe à l'OPF ont été nombreuses, suite aux stages. De même, les participations aux actions éducatives de l'OCA sont confirmées.

Pour les enseignants eux-mêmes, ces stages font partie des trop rares formations académiques en sciences, l'informatique mise à part ; puisque très souvent les convocations à formation correspondent à des travaux pédagogiques voire administratifs. Si les techniques pédagogiques ont de l'importance, elles ne peuvent pas remplacer l'intérêt et l'appétit de sciences, indispensables à un professeur tout au long de sa carrière. Le contact direct avec des chercheurs

et la science en marche comme à l'OCA, sont à cet égard très riches. Cette relation vitale devrait être beaucoup plus fréquente. Elle contribue à lutter contre l'usure du temps qui menace toujours l'enseignant coupé de la recherche.

Enfin, enseigner c'est transmettre un héritage d'une génération à l'autre. Il n'est pas envisageable d'établir un lien fort entre les générations si l'on oublie que la qualité de l'apprentissage est indéfectiblement liée à l'émotion et l'affectivité. Un professeur enthousiaste et passionné fera mille fois mieux qu'un froid technicien de la pédagogie, même si cette dernière reste nécessaire. Alors quoi de mieux que l'astronomie pour émerveiller, pour enthousiasmer donc pour motiver à affronter les chemins étonnants mais parfois exigeants et arides de la science ?

Gageons que les prochains animateurs, conduits par Ghislain Bernard du Lycée Jean Moulin de Draguignan, membre du Clea, sauront améliorer par leur imagination et leur compétence, la qualité de ces séances.

Références bibliographiques

Appéré, T. (2019). Conception d'une mission spatiale à destination de la planète Mars, rubrique avec nos élèves, *Cahiers Clairaut,* (166)*,* 18-25.

Cugnet N. (2018). Les cadrans solaires, une histoire du temps, rubrique avec nos élèves, *Cahiers Clairaut,* (164), 02-06.

Finkielkraut, A. (1999). *L'ingratitude*, n.r.f., Gallimard.

Morin, E. (1999). *Entretiens au sujet de « La tête bien faite… »*, Le Seuil.

An Astronomical Observatory in Djebel Orbata (Gafsa): A Academic project between Tunisia, UNIPDF, INAF (Italy) and IAP (France)

Mayssa El Yazidi,
Centre d'études et d'activités spatiales « G. Colombo »
– CISAS, Italie – Faculté des Sciences de Tunis,
Université Tunis el Masnat II
– Association Tunisienne des Jeunes Astronomes, Tunisie

Les régions du sud de la Tunisie présentent des conditions très favorables pour les observations astronomiques car elles bénéficient de longues périodes de ciel dégagé et la pollution lumineuse est heureusement encore très faible. Selon ses caractéristiques, la Tunisie présente un cas idéal pour développer des projets astronomiques dans le sud (désert).

Malheureusement, en Tunisie, l'astronomie et l'astrophysique sont absentes dans les universités tunisiennes, les écoles supérieures, secondaires et primaires. L'astronomie en Tunisie n'est enseignée que comme un petit chapitre

dans les cours de physique, mais cela n'arrête pas le défi et le rêve de mettre en œuvre l'astronomie dans notre pays et pour un futur projet académique avec différents laboratoires, universités et instituts qui font l'expérience de la mise en œuvre d'observatoire astronomique.

Références bibliographiques

The report of the International Year of Astronomy (IYA 2009)

https://www.lightpollutionmap.info

Yazidi M.E.et al, (2018). 30th GA-IAU, FM15, 140.

Cinzano P., (2002). Light pollution and the situation of the Sky in Europe, In Italy and in Veneto, ISBN 88-88517-01-04, regional meeting "Venice: let's save the night".

Synthèse

La discussion collective et les échanges au cours des interventions ont permis de conclure sur plusieurs types de difficultés récurrentes :

- Difficultés liées aux moyens, à la formation et difficultés d'ordre institutionnelle : comment toucher le public des élèves ?
- Difficultés concernant les liens ou contacts entre enseignants et astronomes
- Difficultés concernant la relation avec les publics, comment les intéresser, et comment gérer les conflits entre les croyances et les connaissances scientifiques ?

M. Zarai a insisté sur les difficultés liées aux choix politiques en matière d'enseignement scolaire de l'astronomie ainsi qu'aux difficultés financières rencontrées par les associations d'amateurs en Tunisie. En effet, les principaux obstacles qu'il a listés étaient de trois ordres : financiers (refus de financement de certaines sociétés ; prix élevé du matériel ;

budget limité du ministère de l'Éducation), pédagogiques (absence de formation des enseignants et des inspecteurs) et politiques (manque d'intérêt pour l'astronomie ; manque de volonté politique d'intégrer l'astronomie dans les programmes scolaires).

À la question : **«** Rencontrez-vous des conflits entre les idées scientifiques de formation de la Terre et de l'Univers et les idées religieuses des élèves ou enseignants ? Si oui comment essayez-vous de les résoudre ? » M. Zarai a expliqué qu'il n'y avait pas de conflit entre la science et les textes religieux (Coran). Le problème venait de l'interprétation de ces textes. De ce fait, il préconisait de dire aux élèves que le texte avait été mal interprété tout en essayant de donner une interprétation plus juste qui se rapproche le plus de la théorie scientifique du phénomène astronomique observé. Il a expliqué que la question qui revenait le plus, concernait cette relation entre science et religion et qu'il était toujours difficile de la traiter surtout lorsque la personne avait des convictions ou des arrière-pensées religieuses « mal interprétées ».

Frédéric Pitout a rapporté qu'à Toulouse, ils travaillaient beaucoup sur ce genre de problématique et qu'une façon d'éviter le problème ou de le mettre un peu sur le côté, était, dès le début, de faire une distinction très nette, très claire pour tout le monde de ce qui est du ressort de la connaissance et ce qui est du ressort de la croyance : « Une fois qu'on a posé cela il n'y a plus tellement d'ambiguïté. Ces 2 notions sont tellement différentes, ce n'est pas forcément facile à faire comprendre mais une fois qu'on a fait cette distinction, il n'y a pas de raison qu'il y ait de porosité entre ces deux concepts. Ça peut être un moyen de mettre de côté certaines incompréhensions. »

Dans sa présentation, Danièle Briot est revenue sur la problématique des difficultés liées à la confrontation science

et religion. Elle s'est questionnée sur la façon de répondre lorsqu'on oppose le Coran à ses interventions en prison. Une des pistes qui est ressortie des échanges est de déclarer qu'il existe plusieurs façons indépendantes de chercher la vérité : par la science ; par l'art ; par la religion et par la philosophie.

La question du financement a également été mise en avant dans les échanges. En particulier Baptiste Lavie a souligné les difficultés qu'il rencontrait pour obtenir des financements dans le cadre de projets pédagogiques en Suisse et pour les pérenniser. Mayssa Elyazidi est revenue sur les difficultés liées au manque de moyens en Tunisie et au manque de reconnaissance institutionnelle de l'astronomie. Il n'y a pas de formation universitaire en astronomie en Tunisie. Un des leviers est de proposer des formations à distance (observatoire à distance) en collaboration avec des pays européens (France et Italie).

La question de la formation des enseignants a également été largement discutée. Pierre Le Fur a souligné le déficit en formation en sciences proposées aux enseignants tandis que Guillaume Coupechoux a rapporté une difficulté liée à la mesure de l'efficacité des formations. Pierre Le Fur a également questionné les objectifs à définir en termes de formations, le choix des activités concrètes et la façon d'ouvrir les formations à d'autres matières que la physique.

Enfin, les discussions ont porté sur un certain nombre de difficultés rencontrées lors d'activités menées au sein d'établissements scolaires comme par exemple, la prise de contact avec les enseignants, la motivation des apprenants ou le problème de la diffusion à un plus grand nombre. Concernant les liens entre enseignants et chercheurs, Baptiste Lavie a souligné la difficulté, en tant que chercheur, pour dégager du temps en vue de mettre en place ces projets collaboratifs mais également les contraintes des programmes

et les difficultés liées aux autorisations pour réaliser des activités dans le cadre scolaire.

L'atelier a ainsi permis de dégager et de faire un état des lieux des types de difficultés récurrentes, de faire émerger des questionnements riches et une réflexion sur des leviers possibles aux problèmes rencontrés (financements, formations ou relations avec le public).

Atelier : Maquettes

Noël Robichon,
GEPI, Observatoire de Paris,
PSL Université, CNRS, France

Objectifs

Les maquettes didactiques sont couramment utilisées à tous les niveaux de l'enseignement scientifique. En astronomie, les maquettes permettent surtout de représenter des systèmes en trois dimensions (Système solaire, constellations, etc.) et d'illustrer leur caractère dynamique (planétaires, phases de la Lune, etc.). Le but de cet atelier est de dresser un panorama des différentes maquettes testées avec les élèves. Les discussions au cours de l'atelier porteront entre autres sur la facilité d'utilisation des maquettes (coût, disponibilité dans le commerce, etc.), l'intérêt pédagogique de faire construire ces maquettes par les élèves eux-mêmes, l'intérêt didactique de ces maquettes et leurs limites pour illustrer les phénomènes astronomiques, en particulier les difficultés cognitives de

passer d'un modèle à la réalité des phénomènes (dans le prolongement de l'atelier sur la modélisation).

Maquettes didactiques : pourquoi, comment ?

Noël Robichon,
GEPI, Observatoire de Paris,
PSL Université, CNRS, France

Cette courte présentation introductive à l'atelier 3,2 « maquettes didactiques » se propose de poser quelques éléments de réflexion sur les objectifs pédagogiques d'une maquette didactique en astronomie à partir d'exemples classiques couramment déclinés dans les classes et proposés sur le site de la formation des professeurs de l'Observatoire de Paris.

Pourquoi utiliser des maquettes ?

Un des premiers objectifs d'une maquette est de représenter la structure spatiale d'un système que l'on ne peut observer qu'en projection sur le ciel et d'un seul point de vue. La maquette d'une constellation, ici celle du Lion, en est un archétype. La forme bien connue de la constellation se déforme en changeant de point de vue et permet de comprendre que les étoiles qui la composent ne sont en rien

reliées. Cette maquette peut être adaptée à différents niveaux selon les connaissances acquises par les élèves. Elle permet de travailler sur la mesure des distances dans l'Univers, sur la notion d'échelle et d'angle et peut même servir d'introduction aux systèmes de coordonnées. En outre, la construction d'une telle maquette met les élèves devant la nécessité de faire les choix de la représentation (ou la non-représentation) de la couleur des étoiles, de leur taille, leur binarité, etc. qui rendent la maquette la plus lisible possible.

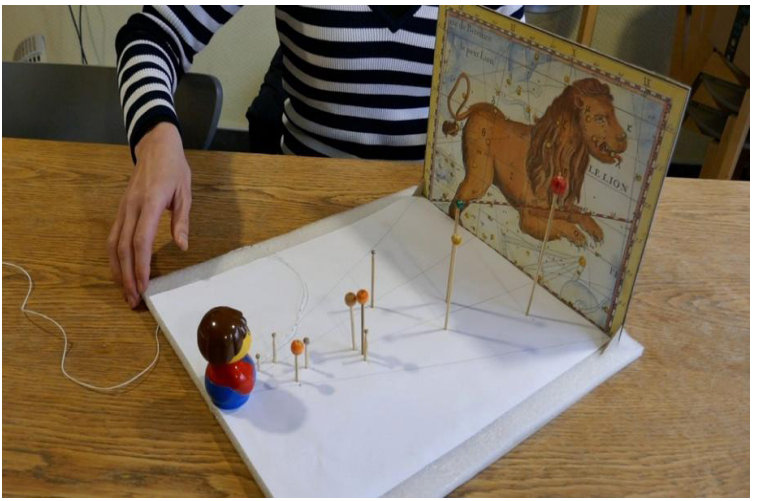


Figure 1. Maquette de la constellation du Lion.

D'autres types de maquettes illustrent le caractère dynamique (planétaires, phases de la lune, etc.) de certains systèmes. Une simple boule de polystyrène fichée au bout d'une pique que l'on fait tourner autour de soi permet d'aider à comprendre le phénomène des phases de la lune (figure 2). Dans ce type de maquette, le point crucial est de bien définir la position de l'observateur et ce qu'il voit. L'exemple présenté ici permet de comprendre l'aspect des phases en fonction de l'angle entre la direction de la tête de l'observatrice/Terre et de la lampe/Soleil et la direction de la tête/Terre et de

la boule/Lune. Par contre, l'orientation de la lune dans le ciel n'est pas représentable, de même que sa direction ou les heures auxquelles elle est visible ne sont pas quantifiables car l'horizon n'est pas matérialisé. Cette maquette permet aussi d'illustrer l'absence d'éclipse tous les mois. En effet, si l'observatrice fait tourner la boule autour d'elle dans un plan horizontal (représentant le plan de l'écliptique), alors la boule masquera le Soleil quand elle passera devant et passera dans l'ombre de la tête/Terre quand elle sera à l'opposé du Soleil. On aura ainsi éclipse à chaque nouvelle lune ou pleine lune. Pour éviter cela, il faut incliner le plan d'orbite de la Lune autour de la Terre, par exemple ici en commençant avec une boule sous la lampe pour la nouvelle lune et donc au-dessus après un demi-tour de l'observatrice.

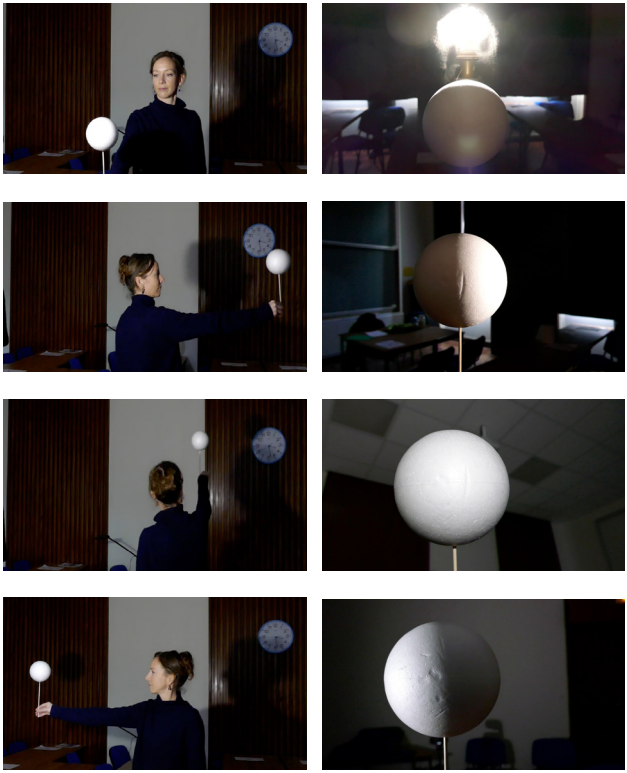


Figure 2. Simulation des phases de la lune avec une boule de polystyrène et une lampe.

Dernier exemple de maquette, une boîte trouée reproduisant le principe d'un sondage radar du sol de la planète Vénus (figure 3). La boîte est fermée par un couvercle représentant l'atmosphère opaque de la planète, percé de trous répartis sur une grille. Le fond de la boîte reproduit le relief d'une surface vénusienne que l'élève doit reproduire. Pour cela, il dispose d'une sonde, un bâtonnet gradué en longueur de différentes couleurs, ainsi que d'une feuille quadrillée reproduisant la grille du couvercle. Pour « sonder » le sol à la manière d'un radar, l'élève enfonce la sonde alternativement dans chaque trou et colorie la case

correspondante de la couleur de la sonde qui affleure le couvercle. À la fin, l'élève dispose d'une feuille quadrillée coloriée, chaque case représentant un pixel d'une image du sol dont l'altitude est codée en couleur. Outre le principe de fonctionnement d'un radar, cette maquette permet un travail riche autour de la notion d'image numérique, de résolution d'une image (on peut prévoir plusieurs couvercles percés de trous plus ou moins rapprochés) et de fausses couleurs.

Figure 3. Simulation du sondage radar de Vénus

Conclusion

À partir de ces quelques exemples de maquettes, on constate que les objectifs pédagogiques sont d'une diversité et d'une richesse quasiment infinie. Le plus important est justement de concevoir ou utiliser une maquette en réponse à un objectif pédagogique. Deux écueils sont alors à éviter : utiliser une maquette existante sans bien avoir examiné ses limites ou partir sur la réalisation d'une maquette sans bien avoir défini ses objectifs. Dans les deux cas, le risque est tout simplement de ne pas arriver à remplir l'objectif ou bien d'induire des

erreurs de représentation dans l'esprit des élèves. Le meilleur moyen de ne pas tomber dans ces travers est certainement de faire construire la maquette aux élèves, voire, idéalement, de la leur faire concevoir pour se l'approprier pleinement. Ainsi, les élèves seront-ils confrontés à la nécessité de faire des choix pour rendre intelligible la maquette et à se poser les questions fondamentales : que représente-t-on, que ne représente-t-on pas ? Comment et pourquoi le représente-t-on ?

Références bibliographiques

Activités pédagogiques proposées sur le site web de la formation des professeurs de l'Observatoire de Paris : https://ufe.obspm.fr/Formation-des-professeurs/Ressources-pedagogiques/Activites-en-classe/

Des usages de maquettes en astronomie au lycée

Wulfran Fortin,
Lycée Jean Mermoz à Saint-Louis,
Académie de Strasbourg, France

Différentes maquettes furent réalisées lors d'activités pédagogiques sur le thème de l'astronomie en classe de seconde en physique chimie, dans l'option méthodes et pratique scientifiques ainsi qu'en accompagnement personnalisé.

Ces maquettes furent utilisées lors de démonstration de cours pour certaines, et lors d'activités expérimentales par les élèves pour d'autres. Dans les cas des activités faites par les élèves les modèles furent souvent assemblés au départ par eux même.

La maquette de la figure 1 est éclairée par un rétroprojecteur ou un projecteur à diapositive, elle permet un chronométrage direct de la durée du jour.

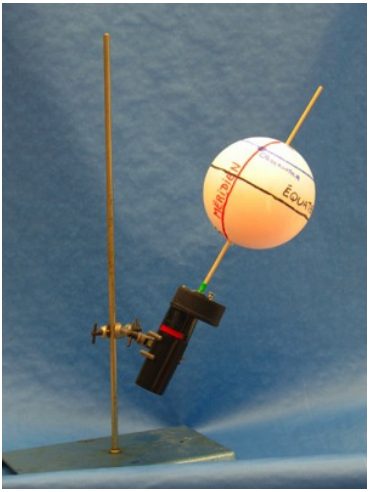


Figure 1. Maquette en bois et polystyrène animée par un moteur de tourne broche pour illustrer les variations annuelles et géographiques de la durée du jour.

Les thématiques abordées lors de ces enseignements couvraient plusieurs sous-domaines de l'astronomie : la mécanique céleste, la planétologie et le système solaire, l'histoire de l'astronomie, la conquête spatiale et l'aérospatiale.

Ces maquettes sont fabriquées principalement en papier, matériau classique et simple à trouver en lycée. Pour certaines, il y a également du bois, du polystyrène, du carton plume, de la pâte plastique thermodurcissante, des matériaux classiques que l'on trouve dans les magasins de loisirs créatifs.

On peut observer l'engagement des élèves dans la fabrication des maquettes ou leur propre enthousiasme lors de l'usage des maquettes par l'enseignant pour des démonstrations de cours. Cet enthousiasme est un des moteurs favorisant une amélioration des apprentissages au même titre que l'ambiance de classe et le bien-être de l'élève.

En planétologie, les élèves ont fabriqué une maquette en papier de cratère lunaire pour mesurer ensuite grâce à l'ombre portée la hauteur du mur du cratère. La maquette se façonne à partir de deux feuilles format A4[1].

Une autre activité a consisté à réaliser un cratère en lâchant une boule de pâte à modeler dans un bac à sable couvert de cacao. La mesure du diamètre du cratère et la hauteur de chute permettent de trouver une relation linéaire entre le volume de terre déplacé et l'énergie de l'impacteur[2].

Un sujet de TPE en première S, liant physique et sciences de l'ingénieur a permis de fabriquer une maquette de principe du fonctionnement des anémomètres utilisés sur Mars pour mesurer la vitesse des vents. Ce projet fut réalisé dans le cadre du versant pédagogique de la mission InSight où la France a fourni le sismographe SEIS[3].

Toujours dans le cadre de la mission SEIS, un petit sismographe fut présenté à la fête de la science à Mulhouse en octobre 2018 : SEIS Junior qui a eu beaucoup de succès auprès des enfants[4].

Une dernière activité fut utilisée en planétologie, elle consistait en l'étude expérimentale de la courbe de lumière

---

1 http://physicus.free.fr/seconde-AP/AP_2D_astrometrie_antique/2D-AP-geometrie_crateres_lunaires.pdf
http://physicus.free.fr/webphy/astronomie/Lune/maquette_cratere/maquette_cratere.html

2 http://physicus.free.fr/seconde-AP/AP_2D_astrometrie_antique/2D-AP-formation_crateres_lunaires.pdf

3 https://insight.oca.eu/fr/hands-on-pratiques/topic-sensor/415-comment-mesurer-la-vitesse-du-vent-sur-mars

4 https://insight.oca.eu/fr/hands-on-pratiques/topic-sensor/379-seis-junior-fabrication-d-une-mascotte-seis-junior-students
https://insight.oca.eu/fr/hands-on-pratiques/topic-sensor/387-montage-d-une-maquette-en-papier-de-seis-teens

d'une maquette astéroïde pour déterminer sa période de rotation[5].

En mécanique céleste, un dispositif mécanique illustre la variabilité du jour et de la nuit dans le cadre de l'enseignement scientifique en première[6].

En classe de seconde, un dispositif illustrant le concept de mise en orbite d'un objet fut utilisé. Ce dispositif était déjà publié dans un ancien ouvrage de l'Unesco[7].

Lors d'un TPE sur les exoplanètes, une maquette sur le principe de la mesure de l'effet Doppler a été réalisée avec une analogie acoustique en centrifugeant un téléphone mobile émettant une note fixe et en enregistrant ce son avec un deuxième appareil pour l'analyser ensuite.

Pour la partie aérospatiale et astronautique, selon la météo et le comportement des élèves, je réalise des activités plus ludiques de tir de maquettes de fusées en papier ou de conception de parachutes pour faire atterrir une sonde planétaire[8].

Une autre activité fut faite lors de séance de Mesure Physique et Informatique traitant sur l'équilibre thermique d'un satellite artificiel et pour comprendre le rôle de l'isolation thermique de ceux-ci[9].

---

5 Voir l'onglet « TP Astéroïde » http://physicus.free.fr/seconde/seconde_univers_chap11.php

6 http://physicus.free.fr/webphy/astronomie/terre/maquette_duree_jour/maquette_duree_jour.html

7 http://physicus.free.fr/seconde/seconde_univers_chap10.php

8 voir l'onglet « fusée en papier » http://physicus.free.fr/seconde/seconde_sport_chap10.php
https://insight.oca.eu/images/InSight_Medias/pdf/Js_parachute.pdf

9 http://physicus.free.fr/webphy/chaleur_solides/thermometrie/temperature_sat_artif/temperature_sat_artif.html

Pour l'histoire des sciences, dans le cadre d'une activité de cartographie céleste par les élèves à l'aide de Stellarium, j'avais fabriqué une maquette d'un cadran mural tel celui utilisé par Tycho Brahe dans son observatoire d'Uraniborg[10].

10 http://physicus.free.fr/seconde-AP/AP_2D_astrometrie_antique/2D-AP-astrometrie-doc-eleve.pdf

http://physicus.free.fr/webphy/astronomie/astrometrie/quandrant_tycho_brahe/quandrant_tycho_brahe.html

Le planétaire humain

Emmanuel Rollinde,
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Creteil, Univ. Lille, UNIROUEN,
LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Introduction

La représentation du Système Solaire est un sujet classique et important tant du point de vue institutionnel que pédagogique. La place de la Terre et les objets dans l'Univers sont deux thèmes évoqués dans les programmes de l'école primaire au lycée (en France). Les observations de ces objets posent de nombreuses questions en termes de cinématique et de dynamique : mesures de longueurs et de durées, calcul de vitesse, notion de référentiel et d'observateur… Deux formes de représentations sont utilisées traditionnellement : les planétariums et les « Orrery » (nommés « planétaires » dans la suite). Les planétariums proposent une projection du ciel sur un dôme (Brazell et Espinoza, 2009 ; Plummer et al., 2015). La troisième dimension (« profondeur ») n'est pas représentée. Vu depuis la Terre, le mouvement des planètes

autour du Soleil se fait sur une ligne courbe. Dans des versions numériques des planétariums telles que Stellarium®, il est possible de prendre un autre point de vue, par exemple au-dessus du Système Solaire et de voir ainsi les orbites elliptiques des planètes autour du Soleil. Les « planétaires » sont des modèles mécaniques du Système Solaire dans lesquels les planètes sont représentées par des sphères reliées au Soleil par des tiges. Souvent considérées comme attrayantes, ces deux alternatives sont toutes deux complexes et peuvent ne pas être plus efficientes à des fins éducatives que des représentations statiques sous forme de cartes (Berendt et al., 1998 ; Tversky, Morrison et Betrancourt, 2002). Nous proposons ici l'usage d'un « planétaire humain », une carte spatio-temporelle du mouvement des planètes sur laquelle les apprenants peuvent se déplacer.

Description du planétaire humain

Le planétaire humain est une carte dessinée au sol ou sur une bâche (Figure 1), qui représente les mouvements de plusieurs objets célestes en orbite autour du Système Solaire. Il a été décrit en détail par Rollinde, Couanon et Ballenghien (2020) et Abboud et Rollinde (2021)

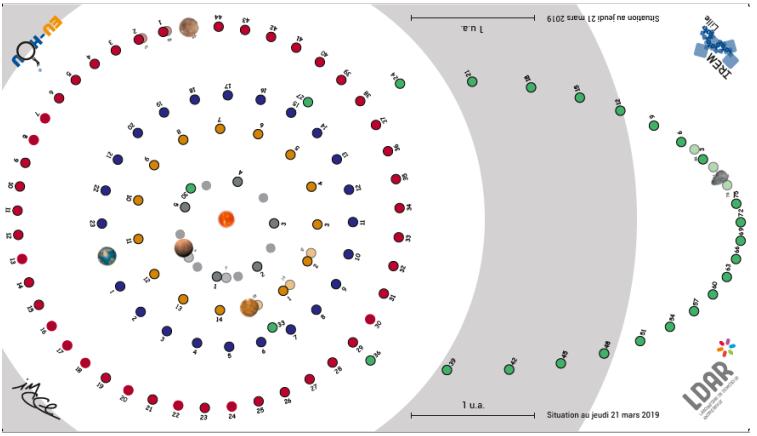


Figure 1. Les orbites du Système Solaire sont représentées sur le planétaire humain par les positions discrètes des planètes dans des intervalles de temps réguliers. Les planètes internes (Mercure, Vénus, Terre et mars) ont des orbites quasi circulaires tandis que l'orbite de la comète Encke (vert) est très elliptique. Sur les planétaires utilisés pour permettre le déplacement des élèves, l'échelle de distance est d'un mètre pour une Unité Astronomique.

Il existe à ce jour 25 lieux à travers le monde[1] disposant de planétaires humains permanents. L'échelle spatiale correspond toujours à un mètre pour une unité astronomique. Les orbites représentées comprennent au minimum celles des planètes internes ainsi que d'une comète. Le planétaire historique de l'observatoire d'Armagh (Bailey, 2006) inclue Jupiter et Saturne ainsi que l'astéroïde Cérès et les comètes 2P/Encke et 1P/Halley. Un marqueur spécifique – souvent une photo ou un dessin, ou un disque plus grand – permet de repérer la position des différents corps à une date donnée. Le 21 juin de l'année de la construction est souvent choisi. Ensuite, les positions des corps le long de leur orbite sont représentées

1 http://planetaire.over-blog.com/2017/09/les-planetaires-humains-a-travers-le-monde.html

à intervalle de temps constant. Une durée de 16 jours a souvent été choisie car elle permet d'avoir un intervalle de temps entre la dernière et la première position qui ne soit pas trop différent des autres. Pour les corps les plus éloignés (à partir de Cérès), les positions sont séparées de cinq fois 16 jours. Pour les comètes dont l'excentricité est grande, elles sont éloignées de trois ou cinq fois 16 jours afin d'éviter des positions trop proches autour de l'aphélie. Toutes les orbites sont dessinées dans le référentiel héliocentrique. Les positions sont déterminées avec précision permettant de reproduire les orbites elliptiques attendues.

Les apprenants vont alors entrer directement dans l'expérience. Ils vont se déplacer le long de chaque orbite, en écoutant l'animateur taper régulièrement dans ses mains. Ils avancent alors en faisant un pas entre deux sons et en posant leur pied à chaque son sur le chiffre suivant.

Utilisation du planétaire humain

Les éléments du curriculum scolaire qui peuvent être associés au Système Solaire et plus particulièrement au planétaire humain ne sont pas limités à des connaissances en astronomie. L'utilisation du planétaire humain permet ainsi d'entrer dans une démarche de modélisation très présente dans les programmes français de l'école primaire au lycée.

Tout d'abord, la construction de la carte du planétaire ou son observation nécessite de transférer l'observation des déplacements dans le ciel à une figure géométrique. Les élèves peuvent en particulier s'interroger sur les propriétés du cercle et de l'ellipse. Ensuite, les mouvements vécus par les élèves vont permettre de reproduire la cinématique des planètes. Ils peuvent alors reproduire ou prédire des mouvements particuliers qui seront observés ou confirmés par des logiciels tels que Stellarium® ou par l'étude des

éphémérides : l'observation de la rétrogradation de Mars, la variation de la vitesse des comètes le long de leur orbite, la périodicité du transit de Vénus… Ces différents phénomènes vont permettre de questionner les éléments du modèle de la cinématique Newtonienne (référentiel, relativité du mouvement, calcul différentiel) et conduire ainsi aux lois de la dynamique Newtonienne (principe d'inertie, lien entre force et accélération…)

Pour aller plus loin dans la description de ces possibles utilisations, nous renvoyons le lecteur aux publications indiquées sur le site « planetaire.overblog.com ». Nous vous invitons à nous contacter directement en utilisant le formulaire de contact du site.

Références bibliographiques

Abboud, M. et Rollinde, E. (2021). Les Mathématiques du Système Solaire en plein air. Le planétaire humain au collège. Repères IREM, pp.37-62. (hal-03293334)

Bailey, M. E. (2006). The Armagh Observatory Human Orrery, *The Observatory*, 126, 236.

Berendt, B., Barkowsky, T., Freksa, C., et Kelter, S. (1998). Spatial representation with aspect maps, in *Spatial Cognition*. Éd. Springer, pp. 313-336.

Brazell, BD et Espinoza, S. (2009). Meta-analysis of planetarium efficacy research, *Astronomy education review,* 8

Plummer, J.D., Schmoll, S., Yu, K.C. et Ghent C. (2015). A guide to conducting educational research in the planetarium, *Planetarian* 44, 8

Rollinde, E., Couanon, L. et Ballenghien, S. (2020). Incarner la notion de vitesse en classe de 6e. *Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, Union des

professeurs de physique et de chimie, 114 (1023), pp.411-434. ⟨hal-02309246⟩

Tversky, B., Morrison, J.B. et Betrancourt, M. (2002). Animation : can it facilitate? *International journal of human-computer studies*, 57, 247

Méthode d'Aristarque : mesure du diamètre de la Lune

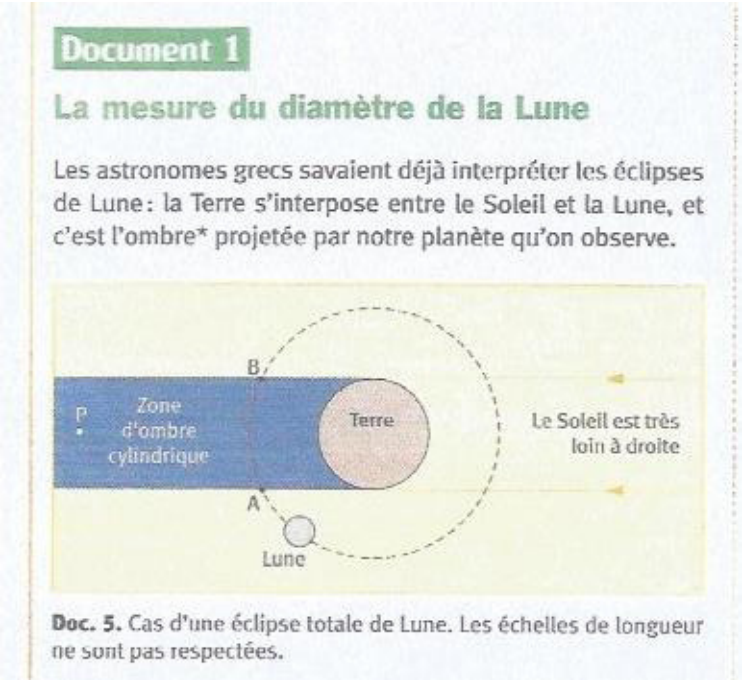
Catherine Angilella,
Collège Pasteur, Saint-Lô, France

J'utilise depuis plusieurs années l'activité sur la méthode d'Aristarque proposée dans le manuel scolaire Physique-Chimie 2e – édition Belin – collection Parisi – 2004, p 206, d'abord dans le cadre du programme de seconde de l'époque, puis dans le cadre d'un EPI en classe de 3e.

La méthode permet en s'appuyant sur le texte des observations d'Aristarque de comprendre que la Lune se déplace d'une fois son diamètre en 1 heure. Puis à partir du temps où elle reste dans l'ombre et du diamètre de la zone d'ombre d'en déduire le diamètre de la Lune. Plusieurs approximations sont faites, dont le diamètre de la zone d'ombre pris égal au diamètre de la Terre.

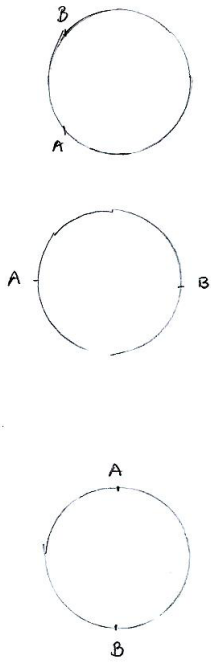
Je me suis heurtée à une difficulté de compréhension des élèves de seconde et de troisième d'une des consignes proposées : « Tracez un cercle de rayon égal à 6 unités (1 unité

= 1 cm) : il représente la zone d'ombre observée depuis un point P (à gauche sur le doc. 5), en regardant vers la Terre et le Soleil. Reportez-y les points A et B » (doc 1).



Document 1. Figure extraite du manuel Belin sus-cité.

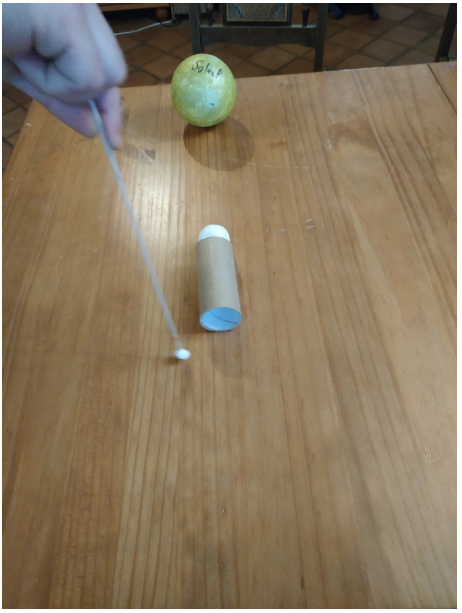
En particulier, il y avait une confusion au niveau de la construction entre le cercle représentant l'orbite de la Lune autour de la Terre (doc. 1) et le tracé d'un cercle représentant le pourtour de la zone d'ombre dans un plan, permettant d'en déduire le diamètre de la Lune (doc. 2). Sur le tracé de gauche du doc. 2, l'élève confond le pourtour de la zone d'ombre avec l'orbite de la Lune. Les deux autres tracés sont corrects, A et B peuvent être inversés.



Document 2. Tracés d'élèves

Cette difficulté s'est aplanie en utilisant 2 maquettes :

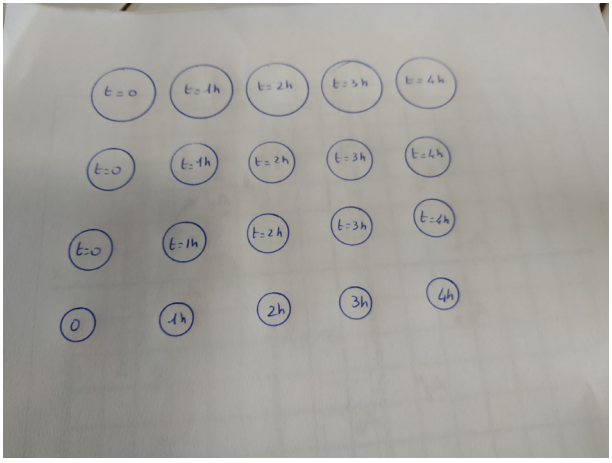
- une première maquette en 3 dimensions avec boules de polystyrène pour représenter la Terre, la Lune et le Soleil et un tube en carton du même diamètre que la Terre pour représenter le cône d'ombre (doc. 3).
- une deuxième maquette en 2 dimensions avec utilisation du même tube en carton pour tracer le pourtour du cône d'ombre et distribution de « lunes » à découper pour trouver le bon diamètre à donner à la Lune en s'appuyant sur le texte des observations (documents 4 et 5).



Document 3. Maquette Soleil, Terre, Lune. Le tube en carton représente l'ombre de la Terre.

Dans la maquette du doc. 3, les échelles de distances et de taille ne sont pas respectées. Il s'agit pour les élèves de se familiariser avec le mouvement de la lune autour de la Terre lors d'une éclipse de Lune et de visualiser le passage dans le cône d'ombre de la Terre. Le cône d'ombre est considéré comme cylindrique, de même diamètre que la Terre. Vu que le doc 1 implique un sens de rotation horaire, je n'insiste pas sur le sens de rotation de la Lune autour de la Terre. Des animations et des vidéos d'éclipse complètent cette partie.

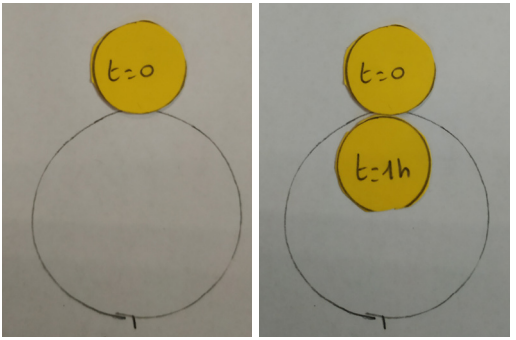
Documents 4. Tracé de l'ombre de la Terre avec le tube.



Documents 5. Utilisation de lunes de différentes tailles.

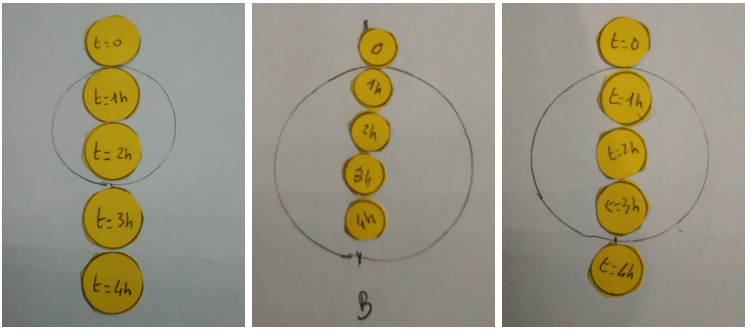
L'utilisation de la deuxième maquette permet d'aborder les consignes suivantes (extraits du manuel scolaire Belin) : « Dessinez la lune quand elle s'approche de la zone d'ombre au point A. Dessinez-la ensuite au bout d'une durée t, d'une durée t+T et d'une durée t+T+t' ». « À partir des données du texte, calculez la durée nécessaire pour que la Lune parcoure une distance égale à son diamètre ».

Avec des collégiens, le temps t étant égal à 1 h, on représente la position de la Lune heure par heure. Le point crucial du raisonnement est de comprendre qu'en 1 h la Lune se déplace d'une fois son diamètre (doc. 6).



Document 6. Illustration du déplacement de la lune de son diamètre en 1 h.

Ensuite, par tâtonnement les élèves essaient différents diamètres pour la Lune (doc. 7), jusqu'à ce que cela corresponde au texte simplifié des observations d'Aristarque : 1 h pour rentrer dans l'ombre, puis 2 h dans l'ombre et encore 1 h pour en sortir.



Document 7. Essais de reproduction des observations d'Aristarque avec des lunes de différents diamètres. Gauche : lune trop grande, milieu : lune trop petite, droite : lune de la bonne taille.

Conclusion

J'ai pu proposer cette activité avec succès, à des élèves de 3e générale et de 3e Segpas.

Pour aller plus loin :

Le calcul donne rayon de la Lune = 6400/3 = 2133 km.

Une discussion peut s'amorcer sur la forme du cône d'ombre et la valeur actuelle du rayon de la Lune 1737 km.

Un autre axe à développer, la valeur connue du rayon de la Terre à l'époque d'Aristarque. Introduction des travaux d'Ératosthène.

Profiter aussi de cette activité pour parler de la forme de l'ombre de la Terre sur la Lune. C'est un disque, projection d'une sphère, contre la théorie des platistes.

Références bibliographiques

Physique-chimie 2e – édition Belin-collection Parisi – nouvelle édition 2004.

Synthèse

Noël Robichon,
GEPI, Observatoire de Paris,
PSL Université, CNRS, France

Contrairement à d'autres ateliers constitués uniquement de présentations, trois quarts d'heure de discussion ont terminé l'atelier « maquettes ». Nous en présentons ici une synthèse.

La maquette en tant que système expérimental

À la question de savoir quel est l'intérêt d'incarner les planètes dans un planétaire humain, Emmanuel Rollinde (dans la suite ER) répond qu'il est double. D'un point de vue théorique, les modèles naïfs de représentation de la réalité sont construits par nos perceptions. Les idées erronées persisteront tant que l'élève n'aura pas vécu au sens corporel les choses. L'autre intérêt d'incarner les planètes est pédagogique et consiste simplement dans une implication accrue des élèves.

Pierre Chastenay (dans la suite PC) rebondit sur l'importance de faire vivre l'expérience aux élèves : le travail de changement conceptuel doit se faire à l'interface entre les conceptions premières des apprenants et les expériences qu'ils vont vivre. Le planétaire humain en est un bon exemple.

De plus, en filmant avec un téléphone portable depuis la Terre, le planétaire humain permet de montrer les phénomènes d'élongations maximales des planètes intérieures et de rétrogradations des planètes extérieures d'un point de vue géocentrique. La confrontation avec la vision extérieure, allocentrique, du modèle permet une meilleure construction mentale des phénomènes.

ER tempère l'importance d'incarner les planètes : une étude menée avec Nicolas Décamp conclut que le planétaire humain n'est pas plus efficace pour fait comprendre un changement de référentiel que le travail avec des calques sur un modèle en papier à deux dimensions.

Importance du choix des paramètres d'une maquette

ER s'interroge sur l'importance à accorder aux paramètres d'une maquette. Dans le cas de la modélisation de cratères présentés par Wulfran Fortin (dans la suite WF), est-il important que les cratères ressemblent à des vrais pour illustrer le lien entre vitesse de l'impacteur et caractéristiques du cratère ? WF répond qu'après plusieurs essais, il apparaît que le paramètre fondamental est la différence de densité entre l'impacteur et le sol. Une bille d'acier trop dense formera un puits dans un sol meuble tandis qu'une boule de pâte à modeler reproduira qualitativement un cratère dans un sol en sable. Les gros cratères à pic central ne sont pas possibles à reproduire car ils supposent une fusion de la roche lors de l'impact. Les expériences réalisées avec les élèves ne peuvent reproduire que de petits cratères – une dizaine de mètres dans la réalité – et pas dans leurs moindres détails car ce sont des

simplifications de la réalité. Une maquette est une caricature qui grossit certains points. L'important est d'identifier les paramètres physiques que l'on veut travailler avec la maquette et de vérifier que les ordres de grandeur sont corrects. Par exemple, dans le cas de la simulation de cratères, la hauteur à laquelle on lance la bille donne son énergie à l'impact qui est proportionnelle au volume du cratère. ER insiste sur l'importance d'expliciter le choix de paramètres fait dans une maquette (sujet abordé dans l'atelier modélisation) et de l'intérêt de faire construire la maquette par les élèves pour qu'ils soient confrontés à cette nécessité de faire des choix, de décider quels paramètres garder ou rejeter et de s'approprier les résultats. WF donne l'exemple du calcul de la hauteur des bords d'un cratère à partir d'une image de la Lune. Les élèves doivent construire une maquette en carton et doivent choisir l'angle sous lequel le bord de la maquette doit être éclairé avec une lampe, la position de l'appareil photographique pour, au final se rendre compte que si le relief paraît très grand sur la photo, ce n'est dû qu'à un éclairage rasant, et qu'un cratère de 8 cm de diamètre n'a un bord que d'un ou deux millimètres de haut. WF donne plusieurs autres exemples de maquettes réalisées par les élèves eux-mêmes (avion en papier capable de voler très loin car l'élève a pensé à doubler l'épaisseur du papier pour l'alourdir, dispositif pour empêcher un œuf de se casser en tombant imaginé par des élèves) dont un intérêt supplémentaire est l'aspect ludique.

Noël Robichon fait toutefois remarquer que certains phénomènes complexes ne peuvent pas être illustrés par des maquettes construites par les élèves. Les laboratoires de physique des lycées sont pleins de maquettes didactiques toutes faites servant à enseigner l'électrostatique ou l'électromagnétisme, etc. WF en donne deux exemples, une sur les phases de la lune et l'autre sur la force de gravitation de la Terre simulée par une petite navette spatiale pendue

à un fil qu'on lance plus ou moins fort autour d'un globe terrestre et qui retombe immédiatement ou tourne autour selon l'intensité de l'impulsion initiale. Là encore, l'aspect ludique apporté par le côté bricolé de la seconde maquette, avec sa navette en pâte Fimo que l'enseignant doit fixer au plafond en escaladant sa paillasse, provoque une émotion positive chez les élèves qui facilite l'apprentissage.

Qu'est-ce qu'une bonne maquette ?

Assia Nechache (AN) pose la question de l'évaluation d'une maquette. Qu'elle soit construite par les élèves ou non, qu'est-ce qu'une « bonne maquette » et comment l'évaluer.

Seconde question, qu'est-ce que les élèves apprennent ? Et comment évaluer ce qu'ils ont appris ?

Pour WF, une maquette, comme un modèle en physique, est une simplification. Tout va se jouer dans le choix des paramètres choisis pour modéliser les phénomènes. Par exemple, une météorite en pâte à modeler permet de simuler des petits cratères. Quant à l'efficacité pédagogique de la maquette, elle peut se mesurer à l'ambiance de la classe, l'enthousiasme des élèves ; le cerveau humain apprend plus par le plaisir que par la contrainte.

Pour Catherine Angilella (CA dans la suite), une maquette est un support pour aider à la compréhension des élèves et l'on peut juger qu'une maquette est bonne si les élèves ont compris les notions abordées avec cette maquette.

Pour NR, il n'y a pas plus de difficulté à évaluer une maquette que n'importe quel autre mode d'enseignement, cours magistral, etc. On utilise et l'on ne construit une maquette que par rapport à un but pédagogique et l'évaluation que l'objectif est atteint peut prendre toutes les formes habituelles d'une évaluation.

ER précise que si l'on considère que la maquette est un modèle au sens scientifique du terme (avec l'avantage de ne pas avoir d'équations mathématiques) alors elle a deux buts. Le premier est de reproduire des observations et de permettre aux élèves de comprendre les observations en les reproduisant. Le second but est de prédire de nouvelles observations et de vérifier qu'elles se produisent. Si oui, le modèle, la maquette, est bon. Sinon, les mauvaises approximations apportées à la maquette la rendent inopérante. Par exemple, un planétaire dans lequel toutes les planètes orbitent autour du Soleil dans le même plan conduit à des observations fausses des passages de Vénus devant le soleil vu de la Terre. Pour synthétiser, le critère de qualité d'une maquette est alors sa capacité d'explication de phénomènes et de prédiction de nouveaux phénomènes.

CA fait remarquer que les maquettes ont l'avantage d'être en trois dimensions et de pouvoir ainsi bien mieux illustrer les concepts que la feuille de papier ou le tableau.

WF ajoute que la construction d'une maquette confronte à la réalité, à l'imprévu, y compris pour l'enseignant. En inventant et construisant ensemble, l'enseignant et les élèves découvrent de nouvelles difficultés au fur et à mesure qui constituent l'essence même de l'expérimentation.

Pour Didier Mathieu, la maquette donne une autre vision du cours et permet à certains d'avoir un regard facilitateur. Pour revenir à la question d'AN, il faut bien faire la différence entre savoir et comprendre et émet des doutes sur la capacité de la maquette à nous faire comprendre les phénomènes. La maquette permet de voir des choses, de bousculer nos connaissances, nous donne un regard différent mais quid de la compréhension des phénomènes ? Par exemple, si l'on pose à des élèves la question de l'origine de la nuit, ils répondront qu'elle est due à la rotation de la Terre. Or, la cause première

en est l'opacité de la Terre. On aura beau les faire travailler avec des maquettes, les boules transparentes et opaques, si on leur repose la question à l'issue de la séance, ils continueront de répondre que la nuit est due à la rotation de la Terre. ER remarque que ceci n'est pas propre à l'utilisation de maquettes mais que toute perception ancrée depuis l'enfance est difficile à bousculer quel que soit le mode d'enseignement.

PC revient sur l'évaluation. Une bonne façon d'évaluer la compréhension que les élèves ont d'une maquette est de leur demander de l'expliquer à quelqu'un d'autre. Quand un élève est capable d'expliquer les phases de la lune à ses parents ou sa fratrie avec une maquette Terre-Lune-Soleil, on peut raisonnablement penser qu'il a profondément compris le phénomène. Les tests papier et autres questionnaires ne sont pas de bons instruments pour évaluer ce qu'un élève a compris à la suite de l'utilisation d'une maquette.

ER rebondit sur des modes dévaluation basés sur des séances où l'élève raconte ce qu'il a vécu. PC mentionne la pratique courante au Québec de demander aux élèves de fabriquer un stop motion ou une vidéo pour expliquer une maquette. NR ajoute l'exemple des forums des sciences aux collèges ou aux lycées qui donnent l'occasion aux élèves d'expliquer à leurs pairs ou aux parents des activités scientifiques dont des maquettes.

Autres applications d'une maquette

Pierre Cruzalébes met en avant deux autres usages des maquettes. D'abord, une maquette permet de faire des mesures, éventuellement avec des incertitudes sur ces mesures. En second lieu, les maquettes permettent une approche historique. Les Grecs ont été les premiers à mécaniser l'Univers et à utiliser des maquettes. ER interroge : n'est-ce pas une limite des maquettes ? Tout n'est pas mécanique. NR insiste sur l'aspect historique : les planétaires (Orreries) ont

historiquement été utilisés pour populariser l'héliocentrisme au XVIIe et XVIIIe siècle.

Florent Cassagne souhaite aborder trois points. D'abord, les maquettes apportent un point de vue kinesthésique en plus de l'auditif et du visuel. Ensuite, les maquettes laissent des souvenirs à l'élève sur le long terme, souvenirs qui peuvent être le germe de futures carrières scientifiques. Enfin, et contrairement à ce qui a été dit précédemment, certaines maquettes peuvent être conçues pour lutter contre certains préjugés ou mauvaises représentations. Une maquette reproduisant l'effet de serre peut aider à sortir de l'idée préconçue que la température d'une planète ne dépend que de la distance au Soleil.

Conclusion

NR conclut en remerciant les participants pour la richesse de leurs interventions et de la discussion. Il met l'accent la grande diversité des maquettes proposées depuis des maquettes très simples en carton jusqu'à l'exploitation détournée de matériel de laboratoire de physique de lycée.

Atelier :
Observer et expérimenter

Gilles Remy,
CY Cergy-Paris Université, France

Objectifs

L'objectif de cet atelier était de faire un état des lieux des pratiques enseignantes en termes d'expérimentation (quels objets observer, avec quels instruments, quels protocoles...), de s'interroger sur les difficultés de mise en œuvre, sur la façon dont les élèves s'approprient les différentes démarches, ainsi que sur les compétences et les objectifs d'apprentissage.

Introduction

Différentes étapes des démarches expérimentales ou pédagogiques (questionnement, formulation d'hypothèses, modélisation, observation, expérimentation, compatibilité ou non d'un modèle envisagé avec des mesures et leurs incertitudes, vérification des conséquences, confrontation à ses propres représentations initiales) font partie intégrante

des programmes du primaire comme du secondaire. En cela l'astronomie offre un champ d'action des plus prisés et des plus pertinents. Cet atelier pluriel, s'appuyant sur un des fondements de la science, a montré la richesse de l'astronomie par sa diversité d'intervenants (du scolaire au supérieur, de l'astronome au médiateur), la diversité de ses cibles (Planètes, Soleil, étoiles, exoplanètes…), la diversité des instruments utilisés (lunette, télescope, radiotélescope, gnomon, sténopé…), et la diversité des techniques employées…

Catherine Angilella (Collège Pasteur – Saint-Lô) : *mesure de la latitude un jour d'équinoxe*

Marthe Desprez (Le donjon de Houdan) : *astronomie au donjon*

Wulfran Fortin (Lycée Jean Mermoz – Saint-Louis) : *observation du Soleil*

Olga Suarez (Obs de la Côte d'Azur) : *Observations de recherche astronomique dans la salle de classe*

Lionel Ruiz (Aix-Marseille Université) : *gnomon – vénus de jour - sténopé - spectroscopie CD*

Laurent Hénaff (Inspection – Villeneuve-sur-Lot) : *les sciences au cycle 3*

Guillaume Coupechoux (Collège Nucéra – Nice) : *sismologie martienne*

Pour autant les freins mentionnés par les différents intervenants ont été nombreux : matériel (cf. le dispositif ministériel Astro à l'école, qui avait pour but de mettre à disposition des enseignants des lunettes et des télescopes, sachant pertinemment que le démarrage se ferait avec les « habitués » mais avec l'idée d'essaimer) ; temps (météo et calendaire) ; observations de nuit dans un établissement

scolaire ; objectifs en lien avec les programmes scolaires… De même la question de savoir où placer le curseur entre TP clé en main et adaptation possible par les enseignants et par les élèves mériterait d'être approfondie. Elle nécessite bien évidemment une préparation en amont et une co-construction entre scolaires et professionnels de l'astronomie, la nécessité de contextualiser les observations, de créer les questionnements.

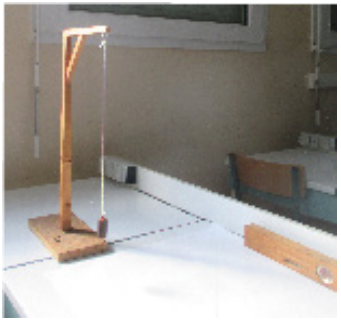
Mesure de la latitude un jour d'équinoxe : Mesure indirecte par l'ombre d'un gnomon ou d'un fil à plomb

Catherine Angilella,
Professeure agrégée de sciences physiques,
Collège Pasteur, Saint-Lô, France

Niveau et prérequis

Classe de 3e ou classe de seconde. Les élèves auront besoin de maîtriser les notions de parallèle et de méridien, de latitude et de longitude vues en mathématiques. On aura vu en classe l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport à l'écliptique. On utilise le fait que les rayons du Soleil sont parallèles au plan de l'équateur à midi solaire un jour d'équinoxe. Midi solaire, passage du centre du Soleil par le méridien du lieu.

Principe de la mesure (effectuée hors temps scolaire)



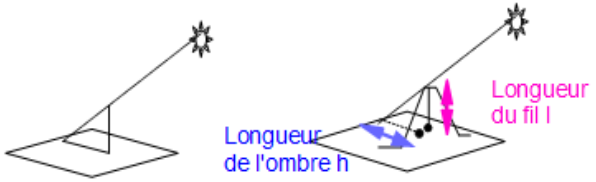
Les élèves doivent utiliser un gnomon ou un fil à plomb dont la longueur est mesurée précisément. Le jour de l'équinoxe à midi solaire on mesure la longueur de l'ombre du gnomon ou du fil à plomb sur un plan parfaitement horizontal. Premier obstacle : la météo, il faut du Soleil. Cette mesure peut être effectuée les 2 jours avant ou après l'équinoxe toujours à midi solaire et donne de bons résultats. La mesure avec un gnomon est délicate, l'épaisseur du gnomon jouant sur la longueur de l'ombre. Je choisis un fil à plomb sur lequel je fais 2 nœuds. Je mesure la longueur du fil entre les 2 nœuds et pareillement pour l'ombre.

Dispositif de mesure en classe

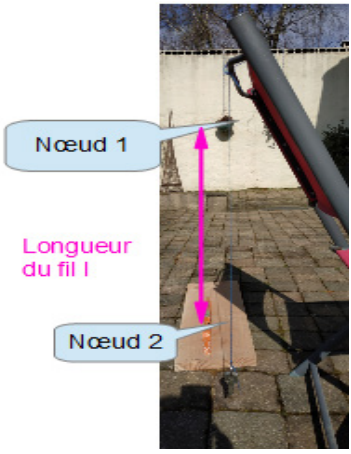
Utilisation d'une potence en classe lorsque les horaires de cours coïncident avec midi solaire le jour de l'équinoxe. Salle bien orientée. Niveau à bulle pour vérifier l'horizontalité de la table. Ce dispositif est toujours présenté aux élèves, pour qu'ils comprennent la mesure à réaliser.

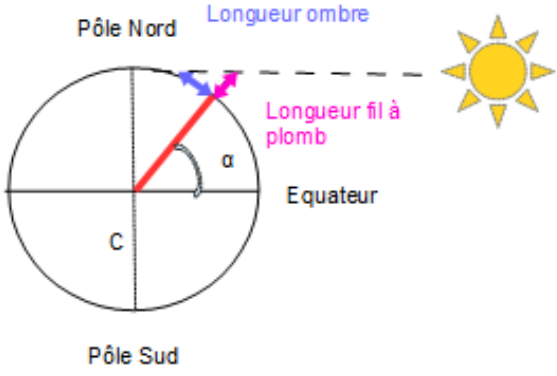
Mesure à la maison

Une chaise, un fil et un trousseau de clés permettent de suspendre le fil à plomb. La planchette pour mesurer l'ombre est horizontale.



Avec un gnomon avec un fil à plomb- images Cécile Rapin



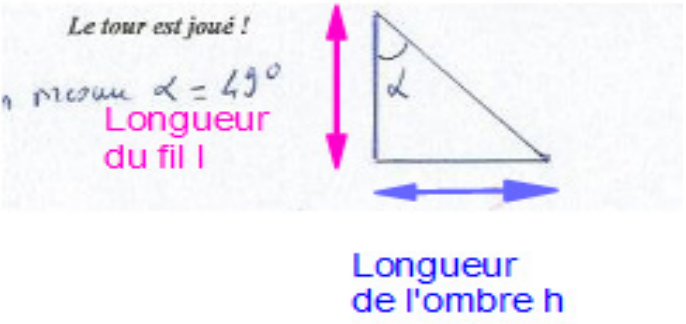


Exploitation de la mesure

Le point C représente le centre de la Terre. Repérer en rouge la verticale du lieu. Placer alors l'angle représentant la latitude du lieu. Dans le triangle rectangle placer l'angle droit, repérer la hauteur l du bâton et la longueur h de l'ombre, s'aider des couleurs. Observer bien et retrouver l'angle représentant la latitude dans ce triangle rectangle. Construire très soigneusement un triangle rectangle de mêmes proportions sur une feuille et mesurer l'angle α à l'aide d'un rapporteur.

Difficultés rencontrées par les élèves

Tous les élèves ne peuvent pas faire la mesure, météo, matériel, disponibilité... Leur donner les valeurs de l et de h. Positionner les longueurs l et h sur le schéma de la Terre est compliqué, certains intervertissent les 2. Le tracé en couleur peut les aider. Retrouver l'angle de la latitude dans le triangle rectangle en utilisant les angles alternes-internes. La construction du triangle de mêmes proportions que celui de côté h et l, est souvent l'occasion pour les élèves de ne pas placer l'angle α au bon endroit.



Validité de la mesure

Les mesures effectuées à Saint-Lô permettent de mesurer un angle α de 49° pour une latitude de 49,11°, soit 0,2 % d'écart relatif. Longueur du fil l = 60 cm. Longueur de l'ombre h = 69,3 cm. Mesures réalisées le 20 mars 2018 à 13 h 11, à Saint-Lô.

Les élèves ont construit un triangle rectangle de côtés 20 cm et 23,1 cm. La précision de leur résultat dépend de la précision de leur construction (longueur des côtés, respect de l'angle droit).

Intérêt de la mesure

C'est une des rares mesures réalisables directement à partir de la planète Terre et de sa position par rapport au Soleil. Permet aussi d'introduire ou de prolonger les travaux d'Eratosthène. Il m'arrive de coupler cette mesure avec celle réalisée en club astronomie de l'angle sous lequel on observe l'étoile Polaire, à l'aide d'un « sextant » fabriqué en classe.

Références bibliographiques

Activité développée avec Madame Cécile Rapin, professeure agrégée sciences physiques, lycée LORITZ, Nancy

sextant fabriqué en classe © 2004 www.science-teachers.com

Astronomie au Donjon de Houdan : Animation et exposition astronomique

Marthe Desprez,
Animatrice du Patrimoine au Donjon de Houdan,
Mairie de Houdan, France

Je suis astronome amatrice depuis plus de 20 ans. Je fais de l'animation astronomique dans les écoles, en club d'abord puis de façon indépendante.

Avec des moyens simples (une lunette, un solarscope) il est possible de montrer aux élèves notre étoile dans de bonnes conditions de sécurité. Afin de rassurer les enseignants.es, je fais l'observation du Soleil uniquement en projection avec les élèves. Je mets en place une zone sécurisée, autour des instruments, dans laquelle les élèves ne rentrent pas. Je peux projeter le Soleil sur un support et ainsi montrer directement à tous les élèves en même temps, les tâches, la rotondité de l'étoile, les grains de riz, si l'image est de bonne qualité, etc. Je fais un travail en amont avec les enseignant.es afin que les élèves soient bien préparé.es à cette séance. Cette préparation

pédagogique est importante car faire une animation sans que les sujets aient été vus au préalable en classe tourne vite à l'attraction.

J'ai constaté que l'astronomie est peu abordée en classe. L'enseignement y est approximatif, les enseignant.es pas bien formé.es, le sujet peu valorisé. C'est pourtant une dimension essentielle pour les élèves, ces futur.es adultes, citoyen.nes, de savoir dans quel espace elles/ils se situent, en tant qu'espèce, dans une histoire universelle, sur une planète dont leur survie dépend.

En mars 2015, une éclipse partielle de Soleil avait lieu en fin de matinée. Je travaillais dans une école dont une des enseignantes était aussi astronome amatrice. Nous avions donc tout ce qu'il fallait pour observer : le matériel, les connaissances, l'expérience. Les élèves allaient pouvoir profiter de cette occasion exceptionnelle. Mais l'inspection d'académie nous a tout simplement interdit de sortir les élèves dans la cour pendant l'éclipse ! Quel message les élèves ont-ils retenu de cette interdiction ? Une éclipse est dangereuse, c'est un événement qu'on ne comprend toujours pas, obscur, voire, de mauvais augure ? Avec cette interdiction, il a sans doute été instillé une peur chez les enfants, en tout cas une incompréhension du phénomène.

Image 1. Observation dans une école maternelle

Je suis aussi l'animatrice du Patrimoine du Donjon de Houdan, qui est monument historique de la fin du XIIe siècle, mais aussi un espace culturel. A l'occasion du projet « Astre en Île de France », auquel je participe avec les bénévoles de l'association Le Donjon de Houdan, je présente pour la seconde fois mon exposition astronomique "Quelle est la place de l'Humain dans l'Espace et le Temps ?

L'origine de cette exposition est le résultat de 20 ans d'animation astronomique, de rencontres avec le public et les scolaires en tant qu'animatrice scientifique. Ces animations m'ont fait comprendre que, finalement, les humain.es ne savent pas où et quand se situer dans l'Univers. Ils/elles se sentent à la fois étrangers.es à cet univers et en même temps se percevant comme l'espèce toute puissante sur l'Histoire de l'Univers, sur leur planète, sur les autres espèces… sur leurs semblables. J'ai eu envie, en créant cette exposition astronomique, de remettre, modestement, les humain.es à leur place, quelle qu'elle soit.

Image 2. Le Donjon de Houdan.

J'utilise tout l'espace du donjon (4 niveaux) pour mettre en scène les différentes échelles de l'Univers, à l'aide de panneaux informatifs, de structures en 3D, de vidéos. Je commence par l'échelle la plus petite : les étoiles, puis les constellations, les galaxies, les amas et superamas de galaxies, le Laniakea, pour enfin finir par l'hypothétique multivers. Une vidéo projetée dans la cuve du château d'eau résume ce voyage en partant de la taille de la Lune, vers l'Univers observable pour finir par l'infiniment grand. J'y parle aussi de l'histoire de l'astronomie, de la vie et mort des étoiles. Pour représenter le temps et y situer l'apparition « tardive » de l'espèce humaine, j'ai illustré un calendrier de Carl Sagan.

Cette exposition se tiendra de mai à septembre 2021 pendant laquelle je pourrais recevoir la visite de 750 à 800 élèves.

Image 3. Salle basse : histoire de l'asronomie, vie et mort des étoiles, tailles comparées des étoiles.

Image 4. Salle Montfort : calendrier de Carl Sagan.

Quand, en ressortant de l'expo, les visiteurs.euses me disent "On est bien petits !", j'ose espérer que cette réflexion sur leur place dans cet univers leur donnera un regard, une conscience différente de notre espèce, de notre planète, de la vie : insignifiantes, rares et… fragiles.

Observation du Soleil au lycée

Dr Wulfran Fortin,
Lycée Jean Mermoz à Saint-Louis,
Académie de Strasbourg, France

Parmi tous les astres visibles avec des moyens modestes, le Soleil est le plus facilement accessible lors des enseignements en lycée. Il est observable de jour, durant le temps scolaire, et seule la météorologie peut interférer dans son étude. Les techniques d'observation suivantes furent utilisées au lycée Jean Mermoz à Saint Louis sur une période allant de 2009 à 2020.

Image 1. Mesure du diamètre apparent du Soleil en lumière visible et à 10 GHz

Image 2. Éclipse partielle de Soleil en mars 2015.

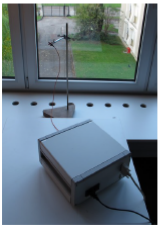
Les élèves ont fabriqué des sténopés de 80 cm de long à partir de boîtes ou de tubes en carton, l'objectif était constitué d'une feuille en aluminium percée d'un petit trou, l'écran était une feuille de papier calque[1]. Le sténopé était fixé sur une potence de mécanique à l'aide d'une pince et d'une

1 http://physicus.free.fr/webphy/astronomie/soleil/Ob_Soleil_Stenope/Ob_Soleil_Stenope.html

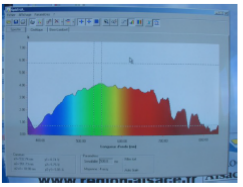
noix de serrage. Cette activité fut testée par l'auteur quelques années plus tôt à Metz lors d'une animation estivale au club d'astronomie de Metz à la MJC du quartier de Devant-Les-Ponts.

Un radiotélescope simplifié a été fabriqué par l'enseignant à partir d'une antenne parabolique de réception de télédiffusion satellite, et d'un dispositif d'aide au pointage (Satfinder) modifié pour être branché sur des voltmètres numériques[2]. On laisse défiler le Soleil devant la parabole et on mesure l'intensité du signal en fonction du temps. On constate alors que le diamètre apparemment mesuré (environ 2°) est trop grand par rapport au diamètre apparent du Soleil (0,5°) car il faut tenir compte du phénomène de diffraction des ondes radio à 10 GHz (tache d'Airy)[3].

Spectre du soleil – température de surface et spectre d'absorption atmosphérique



Spectromètre Ulysse avec sa fibre optique pointée vers le ciel



Allure du spectre solaire, un pic dans le vert et des bandes d'absorptions moléculaires dans l'infrarouge

On utilise le spectromètre du laboratoire du lycée pour enregistrer le spectre de la lumière du jour. Il faut cependant faire attention que le spectromètre soit corrigé de sa réponse spectrale en intensité. On observe alors un maximum d'émission vers 500 nm (corps noir à 5500 °C) mais aussi des bandes d'absorption atmosphériques dans le proche infrarouge dues à l'eau et au dioxygène[4].

2 https://www.scienceinschool.org/2012/issue23/telescope

3 http://physicus.free.fr/terminale_S/terminale-S-TP-radio-telescope.php

4 http://physicus.free.fr/premiere_S/pdf/CHAP-03-TP_spectre_soleil_corps_noir.pdf

Spectre du soleil – raies de Fraunhofer

Spectromètre à prisme, la lumière du jour est focalisée sur la fente d'entrée à droite, on observe à gauche avec la lunette. Le sac en plastique noir permet de protéger la boite porte prisme de la lumière parasite de la salle.

Si le laboratoire du lycée dispose d'un vieux spectromètre à prisme, on peut l'utiliser pour observer les raies de Fraunhofer. Il faut que sa focale soit de l'ordre de 15 à 20 cm et que la fente d'entrée soit assez fine pour s'assurer de bien séparer les raies spectrales. On peut observer par beau temps, quand la lumière du Soleil est vive, plusieurs dizaines de raies sombres, surtout dans la partie verte et bleue du spectre[5].

5 http://physicus.free.fr/premiere_S/pdf/CHAP-03-TP_spectre_soleil_fraunhofer.pdf

Observations de recherche astronomique dans la salle de classe

Olga Suarez,
Quentin Branchereau
Aurélie Marcotto
Lyu Abe
Philippe Bendjoya
Jean-Pierre Rivet
David Vernet

Observatoire de la Côte d'Azur,
Université Côte d'Azur, CNRS, France

EduCosmos est un projet qui a pour objectif de faire des élèves de l'enseignement secondaire des acteurs de la recherche astronomique moderne. En devenant ces acteurs, les élèves appréhendent plus aisément la démarche scientifique et leur goût pour la science se développe plus facilement.

C'est dans ce but qu'EduCosmos forme les élèves en classe entière pour qu'ils soient capables de piloter le

télescope C2PU[1], un télescope d'un mètre de diamètre situé sur le plateau de Calern, de l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), à 1200 m d'altitude. Après plusieurs séances dans la classe durant lesquelles le sujet et le contexte scientifiques sont présentés aux élèves par le personnel de l'Observatoire, ils s'entraînent à la réalisation des observations à l'aide d'un simulateur. Puis vient une séance d'observation à distance en soirée directement dans classe. Lors de cette soirée d'observation, les élèves participent à un programme scientifique : après avoir passé plusieurs années à participer à l'étude d'astéroïdes, depuis 2020 les classes EduCosmos participent au suivi sol photométrique des transits des candidats à exoplanètes détectés par le satellite TESS[2]. Après les observations, une séance de traitement de données dans la classe leur est proposée. Cette séance commence par une approche qualitative à la photométrie des transits, et finit par une analyse sur ordinateur, de la part des élèves, des données obtenues en utilisant le logiciel AstroImageJ.

Un programme du type d'EduCosmos ne pourrait pas avoir de succès sans une formation annuelle des équipes pédagogiques y participant. Lors de cette formation d'une durée de 2 jours, réalisée sur le site de Calern, les enseignants suivent des conférences d'astronomes sur le sujet du programme scientifique, découvrent le matériel pédagogique proposé par l'équipe d'éducation et médiation scientifique de l'OCA et échangent sur les bonnes pratiques pour la diffusion de l'astronomie dans la classe.

EduCosmos a montré son succès depuis presque 10 ans, avec une dizaine de classes participant annuellement. Ce sont déjà plus de 2500 élèves qui ont eu l'occasion de participer à cette expérience. L'investissement nécessaire de la part du

1 https://www.oca.eu/c2pu

2 https://www.nasa.gov/content/about-tess

personnel de l'OCA (chercheurs et médiateurs scientifiques) est grand puisqu'ils accompagnent presque la totalité des séances dans la classe. Mais les retours des enseignants et des élèves sont à chaque fois très positifs, ce qui nous conforte dans l'idée de faire participer les élèves à des programmes de recherche réels, même si ce n'est que d'une manière très partielle.

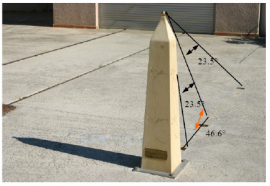
De plus, le programme EduCosmos se développe principalement dans des établissements où les élèves ont un accès plus difficile à la culture scientifique : soit dans des zones d'éducation prioritaire, soit dans des milieux ruraux, ou dans des lycées professionnels. L'expérience nous montre que ces élèves développent une appétence pour les sciences, et en particulier par l'astronomie, qui n'était pas dans leur esprit avant le début du projet. Souvent des élèves « décrocheurs » se réveillent face à l'opportunité de participer à un projet où il n'y a pas de connaissances préalables nécessaires et dans lequel tous les élèves se retrouvent à égalité. Nous comptons mesurer quantitativement ces impressions à l'aide de questionnaires réalisés en début et en fin de la participation au projet et qui ont été distribués cette année.

Figure 1. Gauche : Les élèves imaginent la photométrie d'un transit d'exoplanète avec des images fictives.
Droite : Le télescope C2PU (coupole de gauche).

Observer les astres avec des moyens simples : Soleil, Lune et planètes dans le temps scolaire

Lionel Ruiz,
Association ANDROMÈDE, France

QUELQUES MANIPS FAISABLES AVEC UN PETIT GNOMON



INCLINAISON DE LA TERRE SUR SON ORBITE

-Mesure de l'obliquité de l'écliptique avec l'écartement des ombres de la boule du gnomon à midi solaire au début de chaque saison avec le sommet du gnomon.
L'idée est de pouvoir tirer une ficelle du sommet du gnomon à l'endroit où arrive l'ombre au sol au moment du midi solaire au début de chaque saison.

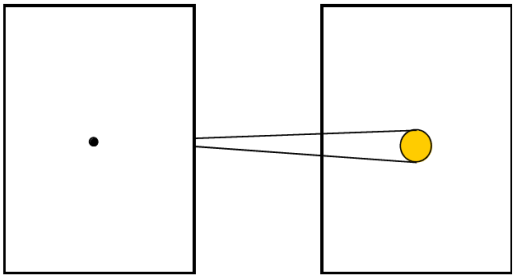
LA LATITUDE DU LIEU

-Mesure de la (co)latitude du lieu.
Angle que fait la trajectoire du sommet de l'ombre du gnomon avec la méridienne du lieu.

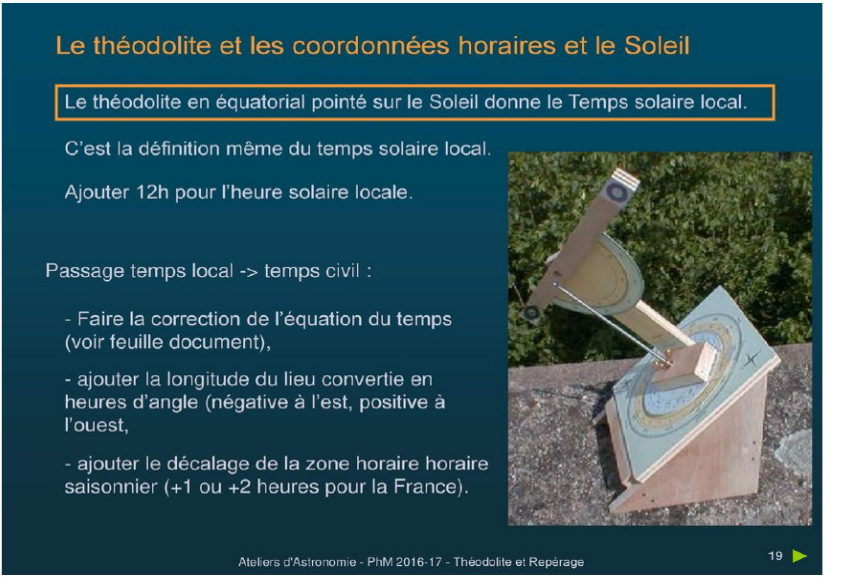
COURSE AU COURS DE LA JOURNÉE

Quand on demande aux enfants de savoir vers où partira le sommet de l'ombre, on obtient le plus souvent ces 6 cas de figure.
-Comme on est le matin, le Soleil va aller vers le Sud donc l'ombre aussi.
-Comme on est le matin, le Soleil va monter donc l'ombre va simplement diminuer.
-Le Soleil monte donc l'ombre augmentera aussi.
-L'ombre va bouger comme la petite aiguille de la montre.
-Le Soleil fait l'inverse de l'ombre donc s'il monte, l'ombre va diminuer et en se dirigeant vers le Sud, l'ombre ira vers le Nord.
-Pareil que bleu mais comme nous sommes entre le printemps et l'été l'ombre à midi se situera entre les deux repères.

En attendant ne serait-ce que quelques petites minutes, on s'aperçoit rapidement de qui a raison.



Le principe du Sténopé est applicable à l'observation du Soleil sans danger à l'aide de deux cartons, l'un troué et dirigé vers le Soleil et l'autre servant d'écran. Possibilité de mesurer le temps de déplacement du disque solaire de son diamètre permettant de calculer sa taille angulaire T. Le tour du ciel faisant 360° et le disque solaire le parcourant de manière apparente en 24 heures. Avec la distance au Soleil (R=150 millions de km) on peut en déduire sa taille réelle par le calcul : 2 pR=T/360. Visibilité de grosses taches solaires sur le disque. Passage de Mercure devant le disque. Éclipse solaire.



Grâce à Stellarium, on peut savoir où chercher pour trouver la position de Vénus en azimuth et altitude. À l'aide d'un théodolite de fabrication artisanale, on peut la repérer comme un petit point blanc sur le fond de ciel bleu. Un ciel laiteux peut rendre l'observation difficile.

Tout pour construire un théodolite grâce aux explications de Philippe Merlin (Obs de Lyon).

https://cral-perso.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/docu_astro/reperage/theodolite/theodolite.htm

L'observation des raies d'absorption dans le spectre solaire en lumière visible est possible à l'aide d'un Cdrom et d'un montage à fentes rudimentaire comme le propose le montage de l'Observatoire Midi-Pyrénées :

http://physiquechimiecollege.eklablog.com/1-bis-construire-un-spectroscope-cd-dvd-a107898802*

Astronomie au cycle 3 : des ressources pour l'enseignement de sciences à l'école

Laurent Hénaff,
Groupe sciences et technologie 47,
Éducation nationale, France

Le site Sciences et Technologie au cycle 3 a été réalisé par un groupe de professeurs des écoles et de professeurs du collège de Lot-et-Garonne, coordonné par une inspectrice et deux conseillers pédagogiques.

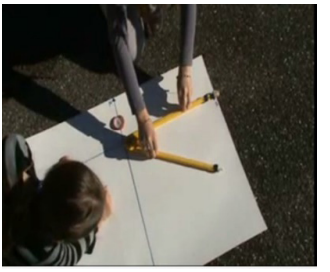
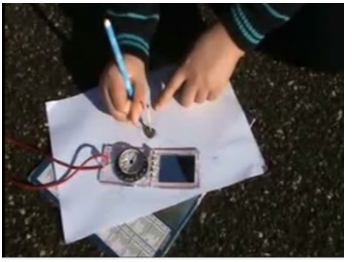
La forte présence des acteurs de terrain répondait aux objectifs affichés : comment amener les professeurs du cycle 3 à enseigner l'ensemble du programme de sciences, alors qu'un grand nombre d'entre eux sont réticents à mener des séances dans cette discipline. Issus pour la plupart de filières non scientifiques, ils expriment ne pas maîtriser les concepts en jeu, avoir des difficultés avec la démarche d'investigation, ne pas se sentir en mesure de faire manipuler les élèves avec pertinence, craindre de ne pas savoir répondre aux questions.

Le parti pris du site s'appuie sur plusieurs axes :

- Donner du « clé en main » pour amener les enseignants à se lancer ; la réflexion, l'appropriation, la réassurance viendront d'une pratique réussie.
- Proposer pour chaque séance un rappel des connaissances de base à maîtriser pour mener les activités, pour savoir répondre aux questions.
- Montrer les moments clés des par le biais de vidéos tournées dans des classes d'enseignants non experts.
- Utiliser le matériel déjà présent dans les écoles, ou facilement accessible à faible coût.

Dans le domaine astronomique, nous avons traité le mouvement de la Terre autour du soleil (rotation, révolution, durée du jour et saisons) et le mouvement de la Lune.

Lors de la mise en place de protocoles d'observation, nous proposons aux enseignants d'utiliser des dispositifs fabriqués avec du matériel de classe, notamment les compas de tableau, pour mesurer les angles horizontaux et verticaux du soleil dans le ciel.

Même si les observations sont faites de façon rigoureuse, elles ne visent pas des mesures précises (que ne permettent pas ces instruments), mais à constater des variations ainsi que des régularités dans celles-ci, pour proposer ensuite une modélisation qui permet des investigations supplémentaires et aboutir aux savoirs que l'on vise.

https://sciences47.ac-bordeaux.fr/

Seul sur Mars, à la recherche d'une zone sismique !

Guillaume Coupechoux,
Collège Nucéra, Nice, France

Introduction

Après une année d'analyse des données de SEIS, les équipes scientifiques de la mission InSight ont détecté de nombreux séismes. Les événements les plus forts ont été localisés dans une région particulière de Mars. Ainsi, pour la première fois dans l'histoire de la sismologie moderne, une zone sismique active a clairement été mise en évidence sur une autre planète.

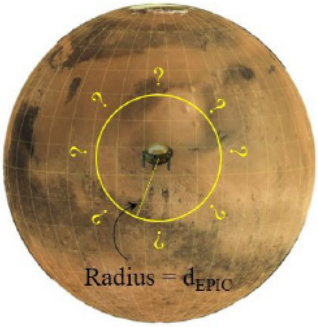


Image 1 : L'épicentre se trouve sur un cercle centré sur SEIS

Étape 1 – Identification d'une onde P et d'une onde S, et estimation de la distance épicentrale.

Données réelles : sismogrammes du marsquake du sol 235.

Travail : identifier ses ondes et noter leur temps d'arrivée respectif ; déterminer la distance épicentrale

Étape 2 – Observer la variation en amplitude des ondes enregistrées par un capteur en fonction de son orientation.

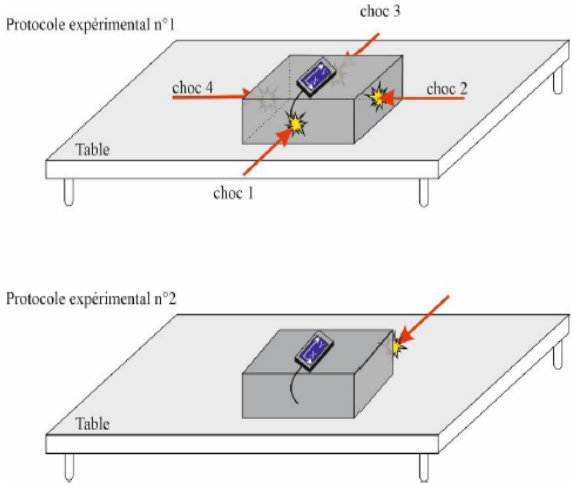


Image 2 : Schémas des deux protocoles expérimentaux

Expériences : enregistrer des passages d'ondes générées en différents endroits autour d'un accéléromètre.

Travail : analyser chaque enregistrement pour mettre en évidence le lien entre amplitude des enregistrements, direction de propagation des ondes, et position du capteur.

Étape 3 – Localisation de l'épicentre à partir de l'analyse de l'onde P sur les trois composantes de SEIS.

Travail : analyser la polarité de l'onde P sur les trois composantes pour déterminer la position de l'épicentre.

Conclusion

La zone martienne sismiquement active est **Cerberus Fossae**. Cette zone correspond à des grabens indiquant un contexte extensif lors de leur formation. Des travaux précédents s'étaient penchés sur une quantification de

l'activité sismique de cette zone, à partir d'images satellitaires HiRISE (Taylor et al., 2013, doi:10.1002/2013JE004469). Cette zone était déjà évoquée comme une source sismique probablement utile pour la mission InSight. C'est maintenant chose confirmée.

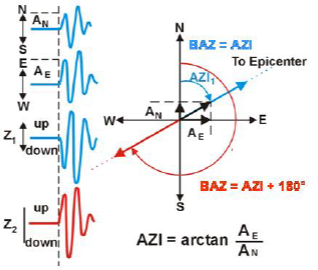


Image 3. Cette figure est issue de la publication (doi: 10.2312/GFZ. NMSOP-2_IS_11.1) de Jens Havskov (Université de Bergen), Peter Bormann (German Research Centre for Geosciences), et Johannes Schweitzer (NORSAR). Elle décrit la détermination de l'azimut et du back-azimut à partir d'un exemple simplifié de l'enregistrement de l'onde P sur trois composantes d'un même capteur.

Atelier : Les ouvrages

Rita Khanfour-Armalé
CY Cergy Paris Université, Université de Paris,
Univ Paris Est Créteil, Univ. Lille,
UNIROUEN, LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

Objectifs

Au cours de cet atelier, le rôle des ouvrages dans la transmission des connaissances en astronomie, à travers différents types de supports (papier, numérique) et sous diverses formes (textes, BD, livres électroniques, illustrations...) a été évoqué. Les participants ont découvert des séquences selon une approche ludique et novatrice. Ces séquences, déjà mises en œuvre auprès d'élèves et d'étudiants, s'inscrivent dans des projets initiés en France, à Genève et au Canada ; elles sont basées sur des ressources disponibles gratuitement en ligne, des ouvrages grand public, des bandes dessinées et des illustrations de science-fiction. Plusieurs notions en astronomie ont été évoquées : les phases de la

Lune, l'alternance jour-nuit, et d'autres notions sur le principe de relativité du mouvement par exemple. Le cas spécifique des ouvrages papier et du rôle des librairies a été également abordé, à partir de l'expérience d'écriture et d'édition d'un livre récemment publié par l'un des intervenants. Les émotions ressenties par les élèves, leurs idées initiales ont été présentées. En fin d'atelier, nous avons échangé sur les enjeux en termes de connaissances astronomiques, ainsi que le rapport aux modèles développés en astronomie.

Les participants à l'atelier

Voici les titres des interventions ainsi que les intervenants qui ont présenté au cours de l'atelier. Les présentations seront détaillées dans la suite du chapitre.

Estelle Blanquet, Marie Laure Saulnier et Eric Picholle sur BD et illustrations pour former les professeurs des écoles en astronomie (voir leur contribution dans les interventions orales)

Baptiste La Vie sur une Enquête d'exoplanètes – Apprendre avec une bande dessinée

Arnaud Cassan sur le rôle des ouvrages d'astronomie grand public.

Isabelle Boisse sur le projet Space Guardians et les deux livres électroniques interactifs

Natacha Toussaint sur l'utilisation de Pièces de théâtre pour approcher l'astronomie

Les références

Plusieurs références ont été évoquées lors de l'atelier par les intervenants ainsi que les participants. Voici quelques-unes de ces références :

BD *Salomé #1: Enquête d'exoplanètes*, éditée par l'Agora d'Hypatie. Projet pédagogique en partenariat avec l'Université de Genève : https://bdsalome.com/

Galilée à la plage, L'astronomie dans un transat d'Arnaud Cassan collection : À la plage, Dunod, juin 2020.

https://www.dunod.com/sciences-techniques/galilee-plage-astronomie-dans-un-transat

La gravitation ou pourquoi tout tombe toujours 2013 de Jean-Philippe Uzan (Auteur), Barbara Martinez (Illustrations)

Pour les 3e : La Vie de Galilée de B. Brecht monté aussi par Antoine Vitez visible sur l'INA et plus récemment à la comédie française. Pour inspirer le jeu de scènes fondamentales.

Livres SpaceGuardians à destination des 3 ans et plus : https://spaceguardians.eu/fr/livres-electroniques-space-guardians

Le premier livre à propos de la Lune : https://spaceguardians.eu/fr/interactive-book

Et le deuxième sur les planètes du Système Solaire : https://spaceguardians.eu/interactive-book-2

Et le livret accompagnateur avec des informations d'astronomie, des activités à faire en classe ou à la maison, des jeux et des coloriages : https://spaceguardians.eu/sites/spaceguardians.eu/files/SG_Facilitators%20Guide_FR-V2.pdf

Séquence autour d'une image de science-fiction : https://somniumeditions.fr/bonus/

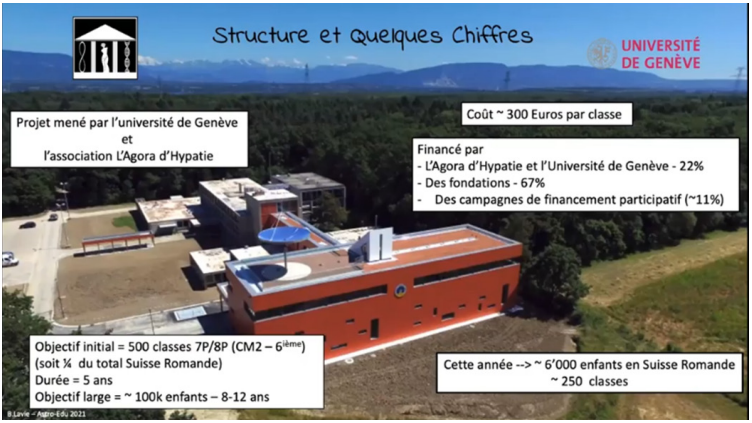
Salomé #1 Enquête d'exoplanètes
Apprendre avec une bande dessinée

Baptiste Lavie

Introduction

Le projet pédagogique "Salomé #1 Enquête d'exoplanètes" est un projet initié au sein du département d'astronomie et du département de didactique des sciences de l'Université de Genève. Il vise à apporter des connaissances en astronomie et notamment sur les exoplanètes dans les classes primaires de 7P/8P (~10 – 12 ans) de la Suisse Romande.

Le projet s'appuie notamment sur une approche ludique et novatrice en utilisant une bande dessinée comme vecteur principal de l'enseignement.



La bande dessinée de 65 pages mélange le contenu scientifique à une histoire fictive. L'enfant est ainsi capté par l'histoire fictive où il retrouve des personnages de son âge et est soumis à des connaissances nouvelles. Le projet se termine par un atelier de 1 h 30/2 h animé par l'enseignant dans lequel les enfants retracent l'enquête menée par les héros de la BD à travers 5 ateliers ludiques et pédagogiques.

Les supports pédagogiques permettent à l'enseignant d'aborder différentes notions au programme du Plan d'Étude Romand (PER) : connaissances scientifiques (système solaire, qu'est-ce qu'une étoile ? une planète ?), savoir lire un graphique, vocabulaire, lecture guidée. Dans un second temps, il permet d'élargir les discussions avec les enfants vers des notions hors programme : méthode scientifique, savoir prendre du recul face à une information, connaissances scientifiques (exoplanètes, galaxies, différents types d'étoiles, etc.), place de l'humain dans l'Univers, etc.

Un soin particulier dans la réalisation de la bande dessinée et des supports pédagogiques a été porté aux biais de genre et à la place des femmes dans la recherche scientifique.

Le projet a aussi pour but de mettre en relation chercheurs, spécialistes en didactique et enseignants afin de proposer des outils les plus adaptés aux enfants et des connaissances à la pointe de la recherche actuelle. Dans ce cadre, les enseignants sont invités à des journées de formation au sein de l'observatoire de Genève.

Une poignée de classe a effectué le projet pédagogique lors d'une phase de test entre mars et juin 2020 (avec les contraintes liées à la situation sanitaire). Un peu plus de 5 500 enfants âgés de 10 à 12 ans des différents cantons romands ont commencé à la rentrée 2020 ce projet pédagogique. Cette année est l'occasion d'itérer entre les différents acteurs du projet (chercheurs et enseignants) afin de rendre le projet le plus efficace possible pour l'apprentissage des enfants.

L'objectif est de toucher la totalité des enfants de niveau 7P (21 000 enfants) à partir de la rentrée 2021 et pour une durée de 5 ans (120 000 enfants). La duplication du projet en Suisse Alémanique et dans d'autres pays est en préparation.

Ouvrages grands publics : l'exemple de *Galilée à la plage*

Arnaud Cassan,
Institut d'Astrophysique de Paris, France

Introduction

Les ouvrages grand public sont un moyen privilégié d'accéder aux connaissances astronomiques car, indépendamment de toute action proactive des professionnels, ils sont en principe accessibles à tous et partout. Leurs formats variés : livres, bandes dessinées, atlas commentés, etc., et le large panel de publics visés : enfants, adolescents ou adultes, en font un important vecteur de savoir en astronomie dans la société. Ils possèdent ainsi un fort potentiel pour susciter l'envie d'étudier l'astronomie dans un cadre scolaire, universitaire ou de formation permanente. L'atelier se propose de réfléchir au rôle des ouvrages grand public dans la transmission des connaissances en astronomie, en faisant intervenir des auteurs d'ouvrages publiés, des enseignants utilisant ces ouvrages dans leur démarche de transmission, et des lecteurs attentifs,

qui pourront non seulement parler de leur expérience de lecture mais aussi proposer des perspectives nouvelles à ce type de support.

Témoignage

À l'automne 2019, j'ai commencé à réfléchir à l'écriture d'un ouvrage d'astronomie pour le grand public, en partant de la figure emblématique de Galilée. Ce projet s'est concrétisé quelques mois plus tard par la publication d'un livre de 240 pages, Galilée à la plage, l'astronomie dans un transat, paru chez Dunod en juin 2020. Cet ouvrage raconte comment les conceptions sur le Cosmos ont évolué au fil du temps, lorsqu'à plusieurs reprises des observations astronomiques sont venues déranger des paradigmes fermement ancrés dans la pensée académique ou admis de longue date dans la croyance populaire, et qu'à mesure que la face du Monde changeait, se dévoilaient des conséquences inattendues sur l'origine des temps et l'organisation même de la matière à l'échelle de l'infiniment grand. J'ai composé cet ouvrage en tissant de nombreux liens entre les époques et les idées, les personnages historiques et les découvertes, afin de montrer comment des idées s'affinent avec les observations, dépérissent d'elles-mêmes face aux évidences des données, ou font un retour imprévu sur le devant de la scène plusieurs siècles ou décennies après avoir été énoncées pour la première fois.

Cette expérience d'écriture m'a conduit entre autres à m'interroger sur la possible utilité des ouvrages grand public comme support à une action éducative, au-delà de la simple lecture d'agrément ou de découverte propre à ce type d'ouvrage. En effet, toute action éducative tournée vers des élèves nécessite de s'appuyer sur un socle de documents de référence qui soit facilement consultable, validé par le corpus universitaire, et accessible, en termes de niveau scientifique, à des éducateurs, intervenants ou médiateurs n'ayant pas nécessairement suivi de formation spécifique dans les sujets abordés. En ce qui concerne l'astronomie (et, dans une moindre mesure pour les publics visés ici, l'astrophysique), les ouvrages grand public ont la particularité de pouvoir jouer à la fois le rôle de source d'information et de mise en contexte du contenu, par le traitement narratif propre au texte long qui en est le support. Cette approche est bien adaptée ici, car l'astronomie raconte tout autant l'histoire des découvertes d'astres nouveaux que celle des changements de paradigmes philosophiques sur le monde qui nous entoure,

ce qui demande de cheminer sans précipitation dans l'histoire de l'évolution des idées.

Un autre avantage de l'ouvrage comme support de connaissances, par rapport à des documents de type encyclopédique, c'est le temps long inhérent à la lecture d'un livre. Quand un article spécialisé peut être lu en quelques heures, voire en quelques minutes pour certaines ressources en ligne de type Wikipédia – dans ce dernier cas, parfois seule « l'information utile » est recherchée, avec toutes les limites que cela place sur la compréhension fine des phénomènes et des relations entre les objets étudiés – un livre demande une lecture étalée sur plusieurs jours, ou plusieurs semaines si le livre n'est pas lu d'un trait. La proximité du lecteur avec les personnages historiques, les découvertes et les liens tissés entre tous ces éléments s'en trouvent fortement renforcés.

Pour ces raisons, il m'apparaît également important que les professionnels de l'astronomie écrivent des livres pour le grand public, car en constituant un corpus d'ouvrages de référence présents dans les rayons des libraires, ils aident à limiter l'impact d'ouvrages imposteurs qui utilisent l'astronomie pour porter des messages erronés voire complotistes. Et malheureusement le cas n'est pas rare en astronomie, car il s'agit par essence d'une science qui interroge notre place dans l'Univers. Les expériences d'écriture de Galilée à la plage puis de présentation de l'ouvrage à divers publics m'ont confirmé l'importance de cette démarche. Il nous faut saisir les opportunités qui se présentent, sous peine qu'elles soient laissées au soin d'auteurs moins compétents, et dans certains cas moins bienveillants.

Pièces de théâtre scientifiques pour enfants

Natacha Toussaint

Présentation

Je travaille au Jardin des sciences de l'Université de Strasbourg, une structure qui a pour mission la coordination et la mise en œuvre d'activités de culture scientifique. Située au cœur de l'Université, elle organise un grand nombre de manifestations diverses permettant un débat science-citoyen et la valorisation du patrimoine universitaire. Parmi ses nombreuses activités, l'offre pédagogique offre un programme complet d'activités : des expositions, des animations scientifiques adaptées dans les diverses structures de l'Université comme le Planétarium, l'Atelier des sciences, les structures muséales, mais aussi des interventions dans les établissements scolaires.

L'offre périscolaire

Ici, je vais vous présenter une toute petite partie de son offre périscolaire : les ateliers de théâtre scientifique. Il s'agit des pièces écrites pour des enfants, et jouées par des enfants. Mettre en scène les sciences et l'astronomie en particulier permet de démystifier le monde de la science, de toucher non seulement « les têtes » des enfants, mais aussi « leurs cœurs ». Quoi de mieux que le théâtre pour montrer à quel point la science est comme nous tous : curieuse, tâtonnante, éprise de doutes.

Les textes des trois pièces scientifiques sur l'astronomie

J'aimerais partager les textes de trois pièces scientifiques sur l'astronomie. Ses pièces ont été testées et montées et les spectacles ont eu un franc succès.

« Silence elle tourne » : pour 13 enfants de 9 à 12 ans, durée 35-40 minutes

Comment ça ? La Terre n'est-elle pas le centre de l'Univers ? Nous voici replongés dans le passé, à l'époque où Galilée

observe pour la toute première fois les satellites de Jupiter et leur magnifique danse cosmique. Quelques sauts dans le temps nous permettent de voir les hommes préhistoriques, les astronautes sur la Lune ou encore des journaux télévisés extraterrestres. Un exemple à quoi peut ressembler la mise en scène : https://www.flipsnack.com/JdsUnistra/silence-elle-tourne.html

« Constellaventures » : pour 10 enfants de 7 à 11 ans, durée 20 minutes.

Quand papy raconte aux petits une légende des constellations, les personnages prennent soudainement vie. Mais ils restent invisibles pour les adultes… En est-on vraiment si sûr ? Cette pièce amène les enfants à découvrir quelques constellations, tout en répondant à bien des questions : les étoiles d'une constellation sont-elles réellement liées entre elles ? Ou encore : y a-t-il un âge pour pouvoir imaginer des personnages s'animer dans le ciel ?

« Annette et les planètes » : pour 12 enfants de 6 à 8 ans et un adulte, durée 15 minutes.

Quelle est la différence entre une étoile et une planète ? Pourquoi la Terre est-elle si exceptionnelle ? Combien de fois a-t-elle fait le tour du Soleil depuis ma naissance ? Oui, on peut aborder ces questions même quand on n'a que 6 ans. Cette pièce a été imaginée pour des enfants à partir de 6 ans, ne sachant pas lire. Le texte, à la fois simple et amusant, peut être appris en jouant.

Voici le lien vers le PDF du livre Étincelles avec les textes de ces trois pièces : https://seafile.unistra.fr/f/51320bed65234c5c89c6/?dl=1

Space Guardians

Isabelle Boisse

Présentation

Isabelle Boisse a présenté deux livres en ligne à destination des 3-8 ans. Ils sont disponibles en ligne gratuitement sur le lien suivant : https://spaceguardians.eu/fr/livres-electroniques-space-guardians et ils sont accompagnés par un guide utilisateur avec des informations d'astronomie, des activités à faire en classe ou à la maison, des jeux et des coloriages accessible ici :

https://spaceguardians.eu/sites/spaceguardians.eu/files/SG_Facilitators%20Guide_FR-V2.pdf

Ce projet va être poursuivi par un jeu à destination des 8 ans et plus.

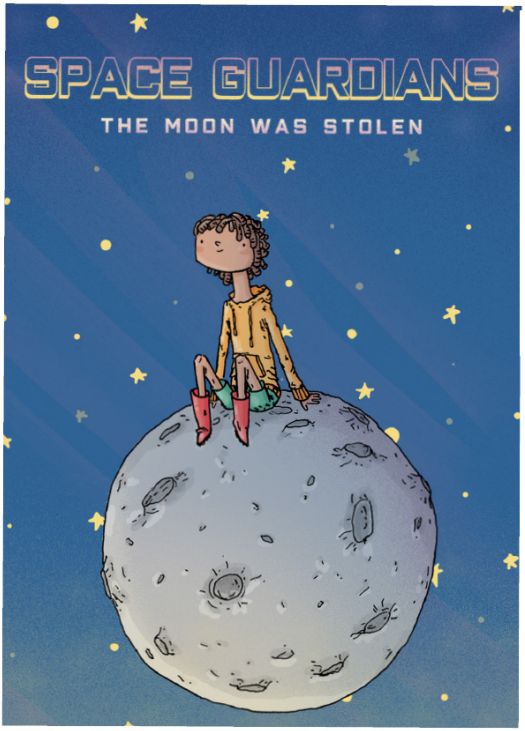
Le projet et les livres électroniques

Le projet SpaceGuardians a développé une pédagogie innovante pour améliorer les connaissances en astronomie

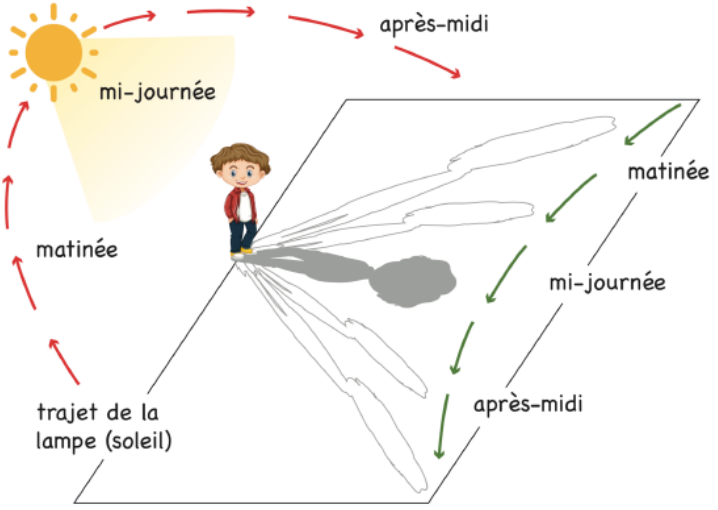
des enfants (3 à 6 ans) et pour susciter leur intérêt pour les STEM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques), basée sur deux livres électroniques d'apprentissage interactif.

En tant que livre électronique interactif, il intègre des fonctionnalités interactives, des mini-jeux, des puzzles et d'autres éléments intégrés dans l'histoire.

L'objectif du guide est de maximiser les possibilités d'apprentissage offertes par le livre électronique interactif en expliquant comment le livre électronique est utilisé ; en proposant des sujets de réflexion, des exercices et des activités. Ce guide peut être utilisé par les enseignants et les parents d'enfants.



« La Lune a été volée » est l'histoire d'une jeune fille appelée Rita qui essaie de découvrir qui a volé la Lune. Au cours de son aventure, elle trouve différents indices et amis en cours de route. Rita découvrira qui a volé la Lune et sera invitée à rejoindre l'équipe des Space Guardians. Les SG sont des scientifiques, des aventuriers et des protecteurs qui étudient l'espace et partent en mission dangereuse pour protéger la planète, alors bien sûr Rita acceptera et deviendra une Space Guardian.



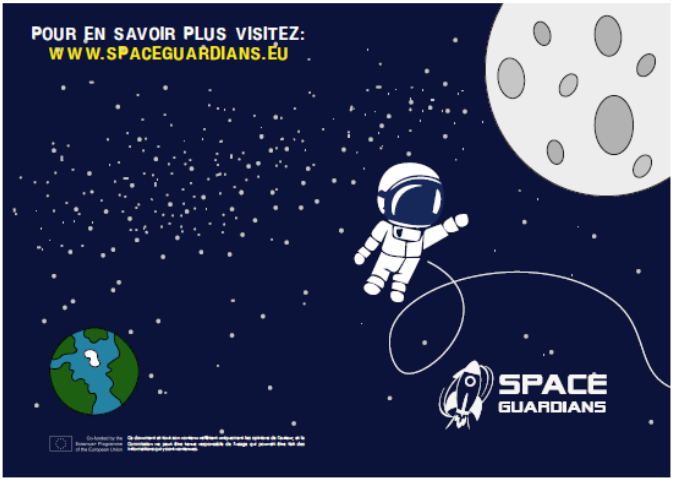
Ce livre électronique est disponible en anglais, français, portugais et grec.

La suite de « La lune a été volée » s'appelle « Y a-t-il quelqu'un ailleurs ?". Dans ce livre, l'équipe des Space Guardians détecte un signal étrange provenant de quelque part dans le système solaire et décide d'aller dans l'espace pour vérifier par eux-mêmes.

Ils se rendent vite compte que le signal vient de Mars et, pendant leur voyage, les lecteurs peuvent effectuer un certain nombre d'activités, notamment arranger les chiffres de 1 à 10 pendant le décollage, habiller Rita de sa combinaison spatiale et mettre les planètes dans le bon ordre depuis le Soleil.

Une fois sur Mars, ils se rendent compte qu'un météore a endommagé un télescope et ils travaillent ensemble pour le réparer.

Ce livre électronique est disponible en anglais, français, portugais et grec.



Après le succès du premier projet Space Guardians, nous avons commencé à travailler sur Space Guardians 2.

Ce nouveau projet a pour but de développer une démarche d'apprentissage ludique pour l'enseignement de l'astronomie à l'école primaire. L'objectif sera atteint en créant : un cadre d'apprentissage pour l'enseignement de l'astronomie à l'école primaire, que les éducateurs peuvent utiliser pour aborder des sujets liés à l'astronomie ; un jeu de plateau avec des contenus relatifs à l'astronomie, comprenant des animations numériques et un kit de construction sur le thème de l'espace, afin de créer une expérience d'apprentissage mémorable et hors du commun ; des ateliers sur l'astronomie pour les enseignants, les formateurs, les parents et les enfants, capables de générer un impact sur la connaissance et encourager de nouvelles initiatives sur l'enseignement de l'astronomie.

La première réunion de l'équipe du projet Space Guardians 2 s'est tenue virtuellement en février 2021. Les représentants de toutes les organisations se sont réunis pour discuter des objectifs, des activités et des résultats attendus du projet. Ils ont également discuté des étapes à suivre pour atteindre les objectifs du projet et ont défini les premières activités à réaliser.

Toutes les mises à jour du projet seront publiées sur le site web. Restez à l'écoute ! https://spaceguardians.eu/fr/news/space-guardians-2-officiellement-commence

Table des matières

Le colloque AstroEdu-FR 2021 7

Jean-Claude Pecker, passion de découvrir, passion de transmettre
Pierre Léna 9

L'astronomie dans les programmes scolaires
Anne-Amandine Decroix, Nicolas Decamp, Rita Khanfour-Armalé 17

Un état des lieux des démarches
Jean Strajnic, Emmanuel Rollinde 22

Communications orales 31

L'enseignement des concepts liés à l'astronomie au Burkina Faso :

état des lieux et perspectives
Donatien Dahourou 33

Bande dessinée et illustrations de science-fiction : des outils pour former les professeurs des écoles en astronomie et développer leur compréhension du principe de relativité
Estelle Blanquet, Marie-Laure Saulnier, Éric Picholle 39

Enseignement et étude des mouvements de la Terre à l'école primaire française. Comparaison de situations d'enseignement et d'étude avec des objets tangibles et des objets numériques
Géraldine Boivin-Delpieu 50

Projet AstroDuclaux : un projet pluri-inter-trans-disciplinaire autour de l'astronomie avec une classe de seconde.
Hugues Amalric, Emmanuelle Boyer 65

Le développement des connaissances en astronomie chez l'enfant d'école élémentaire.
Valérie Frède 75

(Astro)physique pour intéresser les jeunes aux sciences : retour d'expériences au CRAL-Observatoire de Lyon
Isabelle Vauglin.....83

Vingt ans de formation des professeurs à l'Observatoire de Paris
Noël Robichon.....97

Faire de l'astronomie à la manière des astronomes : L'effet d'un programme de formation des maîtres à propos des phases de la Lune sur les apprentissages en astronomie et le sentiment d'auto-efficacité des enseignants participants et de leurs élèves
Pierre Chastenay.....105

Ateliers.....121

Atelier : Astronomie et égalité des chances
Olga Suarez.....123

Astronomie et égalité des chances à l'Académie de Nice : projet MEDITES
Olga Suarez, Martina Ferraris, Anne-Sophie Coldefy.....126

Vingt ans d'Astronomie dans les prisons
Danielle Briot, Régis Courtin.....130

SpaceBus France, une initiative de médiation scientifique nationale
Raphaël Peralta, Diane Bérard.....136

Organiser une journée astronomie : une chance de développer l'égalité scolaire et le lien école-parents
Vincent Heussaff.....141

Inciter les filles à faire des sciences
Isabelle Vauglin.....146

Le jeu de cartes éducatif « La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie », un outil pour lutter contre les inégalités de genre dans l'accès aux sciences.
Quentin Branchereau.....152

Atelier : Lien école-chercheurs
Frédéric Pitout, Noël Bichon 155

Les liens école-chercheurs : présentation de l'atelier
Noël Robichon 157

Les parrainages de classe : Accompagner un enseignant dans sa classe sur un projet en astronomie
Alain Doressoundiram 161

Planètes en Guyane : exploitation pédagogique d'une grande mission spatiale dans une région défavorisée
Alain Doressoundiram 167

Le Comité de liaison enseignants et astronomes (Clea) : L'enseignement de l'astronomie et la formation des enseignants depuis plus de 40 ans
Frédéric Pitout 174

La recherche en éducation à l'astronomie en France : état de lieux
Frédéric Pitout, Paulo Bretones, Emmanuel Rollinde, Valérie Frède 182

Structuration de la communauté francophone autour du Bureau de l'astronomie pour l'éducation (OAE)
Frédéric Pitout, Thomas Appéré, Nathalie Brouillet, Olga Suarez 189

L'association France-HOU
Emmanuel Rollinde 193

Synthèse 197

Atelier : Plus-values et limites des projets interdisciplinaires en astronomie
Clément Maisch, Assia Nechache, Caroline Leininger, Didier Mathieu 200

Projet AstroDuclaux : un projet pluri-inter-trans-disciplinaire autour de l'astronomie avec une classe de seconde.
Hugues Amalric, Emmanuel Boyer 202

MERIA scénario : l'ellipse et l'application en astronomie
Vesna Županović, Željka Bošnjak, Zvonimir Drvar, Marin Belamarić 206

L'aventure d'ASMAÉ, un petit être venu d'ailleurs
Nathalie Witczak, Laetitia Casse.....213

Impliquer les lycéens dans l'exploration spatiale via des projets interdisciplinaires
Thomas Appéré.....221

Schools Tune Into Mars
Fatima Moujdi-Menauge, Fanny Bouvet.....227

Astro-philo-histoire, un enseignement pluridisciplinaire de l'astronomie
Jean-Jacques Rives.....231

Synthèse.....235

Atelier : Les images en astronomie
Jean Strajnic, Emmanuel Rollinde.....237

Mise en œuvre de la démarche scientifique à travers le classement d'images : Nébuleuses et galaxies
Vincent Heussaff.....239

L'astronomie en école d'ingénieurs : une passerelle vers le monde de la recherche (exoplanètes)
Anica Lekic.....244

Quel est le statut de l'image astronomique ?
Roger Ferlet.....247

Synthèse.....252

Atelier : Les logiciels et jeux sérieux
Julian Alvarez, Gilles Remy, Anne-Amandine Decroix.....254

Le jeu comme facilitateur de l'apprentissage des sciences
Marine Vallier.....258

Le jeu de cartes éducatif « La Frise Chrono des Pionnières de l'Astronomie », un outil pour lutter contre les inégalités de genre dans l'accès aux sciences.
Quentin Branchereau, Olga Suarez.....263

Jouer Spatial
Yaël Nazé.....266

Un escape game pour réinvestir ses connaissances en astronomie. Retour d'expérience auprès de jeunes enseignants et d'enseignants expérimentés
Anne-Amandine Decroix, Albine Courdent.....270

Utilisation de logiciels de simulation des phénomènes astronomiques dans l'enseignement. Retour d'expérience sur l'utilisation d'un planétarium mobile avec le logiciel Stellarium
Gilles Remy.....274

Un MOOC sur les cadrans solaires : Une nouvelle approche pour transmettre les connaissances sur la théorie et la construction des cadrans solaires particulièrement adaptée au milieu scolaire
Roger Torrenti.....279

Atelier : Modélisation
Emmanuel Rollinde.....286

La modélisation dans l'enseignement de l'astronomie. De la démarche scientifique à la modélisation (lien réel/théorie). Comment transposer dans les classes ? Une vision d'astronome
Noël Robichon.....293

Principes de modélisation dans le contexte scolaire, à l'école primaire
Géraldine Boivin-Delpieu.....302

La modélisation mathématique dans le cadre de situations extramathématique
Sonia Yvain-Prébiski.....308

Synthèse.....314

Atelier : Difficultés rencontrées
Valérie Frède, Frédéric Pitout.....320

Enseignement de l'Astronomie en Tunisie : Rôle de la Société Astronomique de Tunisie.
Ridha Zarai.....323

Bilan de 18 années de stages de formation en astronomie à l'Académie de Nice.
Pierre Le Fur 329

An Astronomical Observatory in Djebel Orbata (Gafsa): A Academic project between Tunisia, UNIPDF, INAF (Italy) and IAP (France)
Mayssa El Yazidi 339

Synthèse 341

Atelier : Maquettes
Noël Robichon 345

Maquettes didactiques : pourquoi, comment ?
Noël Robichon 347

Des usages de maquettes en astronomie au lycée
Wulfran Fortin 353

Le planétaire humain
Emmanuel Rollinde 358

Méthode d'Aristarque : mesure du diamètre de la Lune
Catherine Angilella 364

Synthèse
Noël Robichon 371

Atelier : Observer et expérimenter
Gilles Remy 378

Mesure de la latitude un jour d'équinoxe : Mesure indirecte par l'ombre d'un gnomon ou d'un fil à plomb
Catherine Angilella 381

Astronomie au Donjon de Houdan : Animation et exposition astronomique
Marthe Desprez 386

Observation du Soleil au lycée
Dr Wulfran Fortin 391

Observations de recherche astronomique dans la salle de classe
Olga Suarez, Quentin Branchereau, Aurélie Marcotto, Lyu Abe, Philippe Bendjoya, Jean-Pierre Rivet, David Vernet.....395

Observer les astres avec des moyens simples : Soleil, Lune et planètes dans le temps scolaire
Lionel Ruiz.....398

Astronomie au cycle 3 : des ressources pour l'enseignement de sciences à l'école
Laurent Hénaff.....402

Seul sur Mars, à la recherche d'une zone sismique !
Guillaume Coupechoux.....405

Atelier : Les ouvrages
Rita Khanfour-Armalé 409

Salomé #1 Enquête d'exoplanètes.
Apprendre avec une bande dessinée
Baptiste Lavie 412

Ouvrages grands publics : l'exemple de *Galilée à la plage*
Arnaud Cassan.....417

Pièces de théâtre scientifiques pour enfants
Natacha Toussaint 421

Space Guardians
Isabelle Boisse.....424

Sous la direction d'Emmanuel Rollinde

L'Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone

Le colloque *Astronomie pour l'éducation dans l'espace francophone* (AstroEdu-FR) s'est tenu du 7 au 9 janvier 2021, en hommage à Jean-Claude Pecker et sous le patronage de l'Académie des sciences de France. Son objectif était de proposer un état des lieux des pratiques et des objectifs qui se cachent derrière les termes « astronomie à l'école ». Cette première édition a réuni 258 participants, essentiellement des enseignants et des chercheurs, ainsi que des formateurs et médiateurs, tous francophones, venant de France métropolitaine, d'outre-mer et de 16 autres pays.

Cet ouvrage, conçu à partir des différentes contributions au colloque, couvre plusieurs thèmes autour des pratiques enseignantes et de la formation : liens écoles-chercheurs ; pluridisciplinarité ; modéliser ; observer et expérimenter ; images ; maquettes ; logiciels et jeux sérieux ; livres, manuels et BD ; difficultés rencontrées ; égalité des chances.

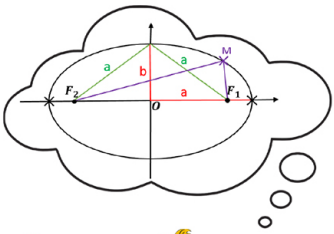


Photo de couverture : © ESO
33,90 €
ISBN 9782304052633

9 782304 052633

Éditions
Le Manuscrit Savoirs
ASTRONOMIE POUR L'ÉDUCATION