
UNE ANNEE A BORD D'ASTRODUCLAUX, PROJET INTERDISCIPLINAIRE ET FEDERATEUR

groupe « Astronomie » (*)
Aurillac
Irem de Clermont-Ferrand

*Ce texte est également consultable
en ligne sur le portail des Irem,
onglet : Repères IREM
<http://www.univ-irem.fr/>*

Introduction

Cet article est un témoignage de l'équipe de professeurs d'une classe de seconde du lycée Émile Duclaux à Aurillac, qui a expérimenté un enseignement pluri-inter-trans-disciplinaire (Mathématiques/Histoire-Géographie/Physique-Chimie/Sciences de la vie et de la Terre/Français/Info-Doc) autour de l'astronomie. Nous avons essayé de mener avec les élèves un projet complet intégrant les cours disciplinaires et des séances d'ouverture interdisciplinaire. Entre les difficultés rencontrées au quotidien, les intenses satisfactions et les périodes de doute ou de motivation, nous avons mené avec nos élèves une belle aventure qui s'est renouvelée chaque année depuis maintenant cinq ans. L'aventure de l'année 2017-2018, *Destination Saturne avec les Cassini* a fourni l'occasion de prendre le temps de présenter ce projet complexe, dont l'ambition nous a parfois dépassés. Nous avons essayé d'en faire un bilan dans cet article, en donnant un éclairage global sur les

activités et documents proposés cette année aux élèves. Ceux-ci, accompagnés de compléments pédagogiques, sont consultables sur le site de L'Irem de Clermont-Ferrand : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Projet-2017-2018-Destination> .

I. — Mise en œuvre

A) Présentation

Le projet pluridisciplinaire AstroDuclaux est d'abord né du souhait de construire un projet fédérateur. Il est le trait d'union entre nos

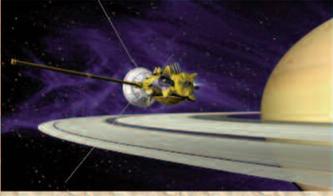
(*) Hugues Amalric (physique-chimie), Emmanuelle Boyer (Mathématiques), Sophie Briat (documentation), Stéphanie Bignon (Histoire-Géographie-EMC), Anne Nély (Sciences de la vie et de la Terre), Édouard Salvy (français, lettres). Professeurs au lycée Émile Duclaux d'Aurillac (15 Cantal). Coordonnateur : emmanuelle.boyer15@orange.fr . Voir la page Irem du groupe : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Astronomie-Aurillac>

Maquette de présentation du projet distribuée en début d'année scolaire

Projet ASTRO

Destination Saturne avec les Cassini

2017 2018



Travail interdisciplinaire autour d'un thème fédérateur

Lycée Emile Duclaux Seconde 3



Lycée Emile Duclaux





Mathématiques
Physique Chimie
Sciences de la vie et de la Terre
Histoire géographie Français

Qu'est-ce que ça donne ? <http://www.astroduclaux.fr>

Phase 1: Découverte (septembre/décembre)



Suivi de l'actualité de la sonde Cassini Huygens

Activités de découverte sous forme de TD en demi-classe en lien avec les objectifs des programmes de seconde pour acquérir des notions nouvelles et des méthodes de recherche.

Sortie pédagogique Sur les pas des Cassini



Séance planétarium

Séance télescope
Télescope offert par la SFZA dans le cadre du Prix remporté par le projet Astronomie du lycée au concours "Découvrir l'univers" en 2016.



Exploitation pédagogique de différents supports:
Documentaires, films, nouvelles...



Phase 2: Recherches (Janvier/avril)



Travail d'approfondissement d'un sujet par groupes de 3 ou 4 élèves.



Travaux de recherches guidés, avec des questions et des problématiques données et bien ciblées.

CDI Salles informatiques Salles de travail




ouvertures

Conférence Alice Le Gall



Marraine Du projet Astro Duclaux 2017 - 2018
Maître de Conférences LA2MOS, UVSQ, Chaire CNRS/UVSQ

Activités de recherche

Étude des surfaces et couleurs planétaires
Objets d'étude : satellites glacés (Titan, Japet, Encelade, etc.) Mars, comètes.

Méthodes d'observation : radar, radiomètre micro-onde, sonde de perméabilité

Compétences travaillées:

Cet engagement d'observation vise à développer notamment les compétences suivantes :

- savoir utiliser et compléter ses connaissances ;
- s'informer, rechercher, extraire et organiser de l'information utile (écrite, orale, observable, numérique) ;
- raisonner, argumenter, pratiquer une démarche scientifique ;
- communiquer à l'aide d'un langage et d'outils adaptés.

Sortie observation étoiles

Une sortie observation des étoiles en extérieur est prévue le soir avec la collaboration des parents pour du co-voiturage dans la période du 24/11 au 01/12, selon la météo.



Productions

REALISER UNE CAPSULE VIDEO



disciplines, dans le cadre du lycée où ce type de travail existe peu, en dehors des TPE et de leur approche bidisciplinaire. Il fédère un groupe classe qui réunit des élèves de seconde issus de collèges très variés, tant par leur taille que par leur environnement (établissements de centre-ville ou petites structures rurales), et de niveau très hétérogène. Il soude une équipe pédagogique travaillant avec une classe à l'année dans un cadre différent des enseignements disciplinaires. Il permet une meilleure connaissance des élèves et un nouveau regard sur nos enseignements, sur leurs apports théoriques comme sur les compétences mises en œuvre.

Le premier objectif de ce projet a d'abord été de donner de la cohérence à nos enseignements. Face à des programmes qui se spécialisent au lycée et qui doivent amener les élèves à faire des choix d'orientation à la fin de la classe de seconde générale, 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 ainsi que les compétences particulières à nos disciplines. Organisé depuis cinq années au lycée Émile Duclaux, le projet AstroDuclaux a cette année encore été aménagé sur deux heures hebdomadaires de septembre à mai et a fait intervenir des enseignants de mathématiques (Math), d'histoire-géographie (Hist-Géo), de Français (FR), de physique-chimie (PH-CH), des sciences de la vie et de la Terre (SVT) et la professeur documentaliste (DOC).

L'astronomie est au centre de ce projet. Elle est abordée autour d'un axe particulier renouvelé chaque année au gré de nos envies ou de l'actualité. Il ne s'agit cependant pas de faire des élèves des spécialistes, ni de créer une discipline qui n'existe pas. Bien au contraire, n'appartenant à aucune de nos disciplines,

l'astronomie nous appartient à tous. Elle sert de carrefour où se croisent nos différents regards. De même, l'essentiel des apports théoriques et des compétences travaillées avec les élèves ne s'arrête pas à ce domaine particulier mais balaie largement les objectifs des programmes de la classe de seconde, qu'ils soient clairement disciplinaires comme en PH-CH ou SVT, qu'ils relèvent d'exemples d'application en Math ou qu'ils soient plus méthodologiques (Hist-Géo, FR, DOC).

Après réflexion de l'équipe et premières tentatives, le découpage chronologique du projet se stabilise en trois phases annuelles, de l'initiation jusqu'à l'autonomie des élèves. La première phase est celle de la découverte générale de l'objet d'étude sous la forme de TP/TD en classe entière ou en demi groupe. La seconde est une phase de recherche des élèves par groupe à partir de dossiers thématiques ciblés. Et la dernière est celle de la réalisation par les élèves d'une production originale à partir des recherches effectuées.

B) Phases du projet

1. *La première phase* du projet est adaptée au sujet choisi et variable selon les années, même si certains TP sont reconduits chaque année car ils traitent de repères indispensables utilisés de façon transversale comme par exemple le repérage sur Terre, les trajectoires des satellites et planètes, l'habitabilité d'une planète et des éléments de science-fiction.

À la rentrée 2017, notre choix a été d'utiliser la riche actualité de la plongée de la sonde Cassini dans l'atmosphère de Saturne. Nous avons eu la chance de rentrer dans le vif du sujet avec une visioconférence en direct de Pasadena avec Alice Le Gall, membre actif de la mission et marraine de notre projet, le 13 septembre 2017, moins de deux jours avant le « Grand Finale » de la



Visioconférence avec Alice Le Gall en direct de Pasadena

sonde. C'est donc dès la prérentrée que nous avons présenté le projet aux élèves, avec l'urgence de leur donner des clés de compréhension pour les principaux enjeux de cette mission et de son achèvement, afin qu'ils puissent être spectateurs privilégiés et acteurs de ce rendez-vous.

Différents TP/TD ont été conduits afin de découvrir Alice Le Gall et son rôle au sein de la mission Cassini, mais aussi de comprendre ce qu'est une sonde et l'extraordinaire histoire de la sonde Cassini Huygens, de sa conception en 1988 à sa fin en 2018. De plus, il nous a semblé indispensable de présenter aux élèves les outils nécessaires à une veille docu-

mentaire permettant de suivre et de comprendre le traitement de cette actualité par les médias, notamment sur internet, principale source d'information utilisée par les élèves. Ces séances ont, pour la plupart, été conduites en demi classe et par deux enseignants. Ceci a permis de montrer aux élèves que le projet AstroDuclaux était un enseignement multidisciplinaire et de nature particulière. Se sont enchaînées : une séance Math/Hist-Géo de questionnement à partir d'une vidéo, des recherches informatiques DOC/Hist-Géo au CDI, une séance Math/PH-CH/SVT autour de la vidéo d'Alice Le Gall, d'un montage documentaire et d'un questionnaire, une séance de pré-

paration à l'intervention d'Alice Le Gall par l'élaboration de questions ciblées sur les différentes disciplines du projet.

Cette phase 1 permet de prendre le temps nécessaire pour réactiver des repères du primaire et du collège qui seront approfondis en cours disciplinaire, mais aussi de découvrir de nouveaux savoirs, de se familiariser avec les instruments présents au lycée (téléscope, planétarium, sismomètre ...) et d'acquérir l'autonomie pour utiliser des logiciels comme *GeoGebra* ou *Stellarium*.

Enfin cette phase permet des modalités de travail variées, dans et hors établissement. Elle a été agrémentée de soirées d'observation des étoiles et planètes, cette année dans l'enceinte du lycée, pour observer Saturne et ses anneaux, ou la Lune et ses phases. Les parents, invités à participer, découvrent alors le projet de façon concrète et sont initiés eux aussi à l'astronomie avec leurs enfants dont les nouveaux acquis sont alors valorisés.

Nous avons choisi aussi cette année de mettre l'accent sur une sortie pédagogique et de partir sur les chemins de la triangulation des Cassini, Aurillac se situant sur la «Méridienne» (méridien de Paris), dans l'objectif de fédérer le groupe classe autour du projet. Ces modules d'enseignement extra-muros sont une occasion de mettre en pratique les savoirs théoriques de façon ludique et attractive pour les élèves. En effet, la richesse d'une sortie sur le terrain permet d'exploiter tous les éléments vus en classe quel que soit le champ disciplinaire. Faire une sortie, c'est suivre un itinéraire, lire des paysages et les analyser dans leur dimension géologique (SVT), géographique et historique (Hist-Géo) ; c'est aussi savoir se repérer sur le terrain en utilisant des principes étudiés en Math et en PC-CH, c'est enfin voir, ressentir et pouvoir en faire le récit en FR.

Cette première phase est donc celle de la découverte ou redécouverte des repères, de l'approfondissement des connaissances et des méthodes, nécessaires à la compréhension par les élèves de notre objet d'étude. Elle est aussi une phase de mise en pratique d'autres modalités de travail pour les élèves, en particulier le travail de groupe, qui nécessite une bonne cohésion entre les participants et permet une relation moins frontale avec l'équipe enseignante, ainsi que la participation à un projet commun.

2. *La seconde phase* repose sur un travail des élèves par groupe de 3 ou 4 à partir de dossiers documentaires thématiques. Il faut proposer un corpus documentaire pluridisciplinaire présentant une approche progressive d'un aspect particulier de l'objet d'étude. Les élèves, guidés dans des tâches de recherches et d'expériences acquièrent ainsi progressivement une plus grande autonomie. Les dossiers présentent le plus souvent une analyse croisée par deux, voire trois disciplines. Ils sont de niveaux hétérogènes à l'image de nos classes. La constitution des groupes s'établit à partir d'un questionnaire permettant de prendre en compte les appétences de chacun des élèves et leurs affinités personnelles. Les dossiers sont donc tous différents et adaptés à l'investissement dont chaque élève est capable. Les cinq années d'expérience ont montré que ce fonctionnement a été plutôt efficace et bien accepté de tous.

Les séances de travail sont organisées pour que chaque groupe soit suivi par les enseignants selon les activités demandées dans le dossier, base de la production ultérieure. L'expérience a montré que les élèves éprouvent cependant des difficultés à se projeter au-delà des questions posées et à s'inscrire dans un processus concret d'appropriation autonome des connaissances. Mais le dossier thématique est construit dans le but de permettre à tous les élèves du groupe de maîtriser l'ensemble des

savoirs et savoir-faire travaillés, car ils doivent être capables d'expliquer et surtout de présenter les enjeux de leur travail à d'autres élèves. La problématique, même si elle est construite par les professeurs et donnée aux élèves dans les dossiers, doit être comprise.

De façon générale, les compétences travaillées sont celles qu'ils devront mettre en œuvre dans toute leur scolarité et notamment en première dans les TPE : lire et comprendre des documents de natures diverses, évaluer leur pertinence, croiser les informations, les reformuler de façon personnelle, utiliser ces sources d'informations variées afin de construire une réponse organisée et personnelle à une problématique.

La conception de ces dossiers sera développée dans la partie « Exemples ».

3. Au cours de la troisième phase, c'est à partir des éléments de recherche collectés que les élèves sont amenés à construire une production finale. Les aspects principaux de leur dossier thématique devront être interprétés de manière personnelle et autonome selon une lecture scénarisée et originale. Le type de

Images de la capsule vidéo « En quête d'Encelade »

production est choisi par les enseignants encadrant afin de donner une unité au projet et d'aider les élèves dans leur réalisation. Un cadre (planning + matrice) est fourni, pour leur permettre de se situer dans l'avancée du travail. Chacun doit participer à la construction d'une œuvre commune à la classe. Nous avons choisi les deux dernières années le format de la capsule vidéo qui a pour avantage d'être à la fois ludique et pédagogique et d'éviter les copier-coller. Des expérimentations de ce type ont par ailleurs déjà été menées au lycée en MPS-SVT. Très variées tant par la forme que sur le fond, les capsules peinent cependant à former un tout cohérent. Un scénario général aurait le mérite de les inscrire dans un même cadre mais limiterait peut-être la créativité de chacun des groupes.



Cette dernière phase est celle qui est la plus chargée en tensions de toutes sortes car elle sort totalement les élèves de leur confort. Si leur première réaction est souvent l'engouement tous les groupes connaissent en effet à un moment ou un autre un épisode de découragement: sentiment d'incapacité à mener à bien cette mission, doute devant les difficultés techniques (les joies de l'informatique, des multiples formats, les pertes de fichiers...), dysfonctionnement du groupe ou plus généralement, difficultés à construire une production qui réponde aux objectifs présentés.

Fait nouveau pour eux, il ne s'agit pas de produire un travail évalué en classe en temps limité mais de réaliser une production de groupe qu'ils présenteront en public, après l'avoir peaufinée, avec une date butoir à respecter impérativement. Malgré le stress parfois généré par cette phase de production, les élèves, qui sont à la fois spectateurs et évaluateurs de leur travail avec l'aide des enseignants, se montrent souvent très soucieux d'améliorer leur création en suivant nos conseils et n'hésitent pas à s'investir bien au-delà des heures dévolues à cet effet. Lors de la remise de la capsule vidéo, ils sont souvent contents d'en avoir terminé, heureux d'avoir pu et su compléter, corriger, amender, enrichir leur travail. Loin des angoisses du départ, le sentiment dominant est souvent la fierté d'avoir, ensemble, surmonté les difficultés et créé une production personnelle et originale qu'ils présenteront à leur marraine.

C) *Notre Grand Finale : conférence et présentation des travaux des élèves.*

Les productions des élèves n'ont pas pour but d'être des objets de représentation, elles servent avant tout à pousser les élèves à se saisir de l'objet étudié et surtout à leur montrer qu'ils sont capables de produire quelque chose par eux-



Affiche des conférences

mêmes, sans paraphrases ni copier-coller. Cependant, ce moment vaut pour le strict cadre de la date de fin du projet et pour les formidables instants qu'il nous fait vivre, élèves, parents, enseignants...

II. — L'interdisciplinarité au cœur du projet

Nous n'entrerons pas dans les différences entre *pluri-trans* et *inter-disciplinarité*, puisque notre projet s'inscrit dans chacune de ces notions sans avoir à les distinguer. Nous utiliserons donc volontairement le terme d'ensemble « interdisciplinarité » et nous nous intéresserons surtout à la façon dont nous avons mis celle-ci au cœur de notre projet.

A) *L'interdisciplinarité* : pourquoi et comment ?

La démarche d'enseignement interdisciplinaire se caractérise par un croisement des regards sur un objet d'étude commun. Notre projet à partir d'un thème autour de l'astronomie a pour ambition de favoriser la recherche des interactions entre les savoirs pour faire percevoir aux élèves leur complémentarité. L'idée n'est pas de faire des élèves des spécialistes d'une science qui n'existe pas en tant que discipline au lycée mais de leur montrer comment chacun de nos enseignements apporte un regard différent et complémentaire. L'interdisciplinarité se justifie par la volonté de travailler ensemble pour reconstruire une réalité morcelée artificiellement par le cloisonnement des disciplines et viser l'acquisition de compétences transversales.

On ne peut cependant se lancer dans une étude interdisciplinaire si on n'a pas clairement défini au préalable les spécificités de nos enseignements et de la même façon, les élèves ne peuvent saisir la richesse d'une étude pluridisciplinaire s'ils ne maîtrisent pas les notions et les outils de chacun des enseignements mis en œuvre. C'est pourquoi l'interdisciplinarité ne se conçoit pas, dans notre projet, sans un travail disciplinaire approfondi. Il nous paraît indispensable, par ailleurs, que ce projet s'achève par des productions des élèves qui peuvent ainsi mettre concrètement en œuvre les compétences acquises, autant que leur regard personnel sur le sujet étudié.

Mais se lancer dans un projet interdisciplinaire peut être déstabilisant pour les enseignants. Cela demande à sortir des sentiers battus, de la sécurité des programmes et des disciplines pour se lancer dans l'inconnu. Ici, pas de référentiel, pas de structures prédéfinies par des autorités nationales, pas de cadre autre que celui que l'on doit créer et construire ensemble en utilisant pleinement notre liber-

té pédagogique. En dehors d'être capable de travailler avec d'autres collègues, il s'agit d'apprendre à connaître leur programme, les compétences travaillées, et de tenter d'approcher, en fonction de notre niveau et de nos appétences, leur discipline. L'essentiel des difficultés vient de la rupture avec l'isolement dans lequel nous travaillons d'habitude en tant qu'enseignants. En nous engageant dans une gestion collective d'une classe de seconde, il nous a fallu présenter le cadre de référence de chacun en ce qui concerne les règles de vie et les pratiques méthodologiques pour arriver à nous mettre d'accord sur un cadre commun.

Mais il existe d'autres obstacles à l'interdisciplinarité : nos établissements ont des structures peu préparées à accueillir un tel projet. Comment trouver des heures communes de réflexion et de préparation pour l'équipe enseignante ? Sur quelle plage horaire travailler, sachant qu'à ce moment-là, la classe entière mais aussi l'ensemble de l'équipe investie dans le projet et enfin les salles spécifiques (salles info, salles de TP...) doivent être disponibles ? Tant d'obstacles se dressent que, sans le soutien et l'implication de l'équipe de direction, des parents, d'autres enseignants et de structures académiques et universitaires (CARDIE, IREM) ce projet n'aurait pu être conduit.

Travailler à plusieurs enseignants avec une classe dans le même cadre horaire, c'est changer notre relation avec les élèves au bénéfice de tous. En effet, les élèves ont avec eux un groupe d'enseignants qui travaillent ensemble, sur un objet commun, avec une même programmation. Ils peuvent ainsi profiter de nos différences, tant dans nos approches disciplinaires que dans nos attitudes personnelles, et nous solliciter selon leurs besoins. La présentation de quelques exemples de mise en œuvre permettra d'illustrer concrètement ce fonctionnement.

B) Exemples

1. Autour de Titan

Cette année, l'objet d'étude *Destination Saturne avec les Cassini* s'articule autour de cinq grandes thématiques interdisciplinaires, à partir desquelles sont construites l'ensemble des activités des élèves. Prenons l'exemple de la thématique de Titan pour montrer comment l'équipe l'a construite de façon interdisciplinaire et comment elle s'imbrique dans le sujet tout entier. L'idée du sujet *Destination Saturne avec les Cassini* est venue en avril 2017, du fait de l'actualité avec la fin de la Sonde Cassini-Huygens programmée en septembre suivant. Travaillant sur Jupiter en 2016-2017, nous savions que nous pourrions réutiliser, adapter et améliorer des dossiers déjà élaborés et piocher dans les archives des années antérieures.

- Pour l'Hist-Géo : Cassini, Huygens, la cartographie et la création de l'académie des sciences sont déjà dans le projet 2014-2015 : *Comprendre la Terre en observant le Ciel*.
- Pour les Maths : accompagner la partie Hist-Géo est une habitude et faire tourner les satellites autour de la planète avec le logiciel *GeoGebra*, avec la notion d'ellipse et d'utilisation des données de l'IMCCE, est déjà un classique des trois projets précédents.
- Pour la Physique : le voyage d'une sonde spatiale a déjà été étudié en 2015-2016 vers Mars, puis avec Juno vers Jupiter en 2016-2017 et les expérimentations à propos de la gravité sur les planètes et les instruments d'observation ont déjà été testés les années précédentes.
- En SVT, l'habitabilité d'Encelade, un autre satellite de Saturne, a déjà été étudiée en 2014-2015.

Nous savions donc à l'avance qu'il y aurait matière à monter un sujet dans ces quatre disciplines. Il restait par contre à trouver des nouvelles de science-fiction exploitables dans toutes les disciplines (l'étude de romans a été tentée précédemment mais abandonnée car trop complexe, d'où le choix de nouvelles). Le collègue de lettres nous a alors soumis un corpus de nouvelles dont nous devons nous saisir : deux concernent Titan (*Saturne Levant* d'Arthur Clarke et *À l'ombre de Saturne* de Renato Pestrinero) et une autre, plus récente, traite d'un vaisseau autour de Saturne et de ses anneaux (*Les marées de Saturne* de Linda Nagata).

Après lecture de ces nouvelles par l'ensemble de l'équipe, la décision est prise « d'embarquer » pour Saturne l'année suivante. Un approfondissement scientifique rapide des résultats de la mission Cassini-Huygens nous montre que Titan sera un des thèmes principaux. Sur internet, nous regardons quels sont les spécialistes de Titan, si possible participant à la mission Cassini-Huygens et tentons alors notre chance auprès d'Alice Le Gall (appuyés par nos anciens parrains Jacques Laskar et Philippe Zarka). Cette marraine permettrait aussi d'aborder le thème « Femmes et sciences » qui nous tient à cœur et ne fut que modestement abordé les années précédentes avec la projection du film *Agora* sur Hypathie d'Alexandrie. L'enseignante-chercheuse accepte aussitôt notre invitation. Il nous reste à préparer des TD phase I destinés à tous les élèves pour qu'ils comprennent les enjeux de la mission et profitent au mieux des explications de notre marraine. Il nous faut maintenant trouver des pistes pour trier, parmi la multitude des informations glanées, celles qui pourront être exploitées avec les élèves.

Autour de la thématique de Titan vont s'agréger toutes les disciplines : les SVT et la PH-CH vont s'intéresser au point triple de l'éthane et du

méthane, à leur cycle et aux lacs d'hydrocarbures. Ces notions donneront lieu à un « TP phare » que tous les élèves devront comprendre pour consolider les connaissances appréhendées dans les documentaires de vulgarisation du début d'année. Le TP sur le rayonnement et la quantité d'énergie reçue pour statuer sur l'habitabilité de ce satellite est repris cette année en redistribuant les parties SVT et PH-CH et en intercalant une partie Math sur la modélisation. En Hist-Géo, la découverte de Titan par Huygens, dont la sonde porte le nom, les progrès techniques et la création de l'académie des sciences, sont associés en géographie au repérage sur Terre, à la cartographie de la dynastie des Cassini et aux méthodes nouvelles pour cartographier Titan à travers son atmosphère à l'aide de radars. En français, il est décidé d'étudier la nouvelle de Clarke en classe entière dans le cadre d'une étude en phase 1 pour tous les élèves, en relation avec un travail sur la vision en physique et en mathématiques ; de ce fait, la nouvelle de Pestrinero sera étudiée en phase 2, couplée aux SVT.

Pour comprendre la remarque de Clarke « finalement Saturne ne peut pas se lever sur Titan », un travail est mené en classe entière sur les positions relatives de la Lune et la Terre, plus facilement abordable par tous les élèves. Les instruments d'observation de Titan et la sonde Huygens seront exploités dans des dossiers de recherches en phase 2. Les détails sont à trouver sur le site dans l'entrée « par grandes thématiques » vers nos fichiers et les documents d'accompagnement.

2. Sortie St Jean de Dône

Cette sortie pédagogique « hors les murs » à pied à partir du lycée, d'Aurillac à Saint Jean de Dône sur une distance de près de 10 km aller-retour, a permis de faire vivre de façon plus concrète notre approche interdisciplinaire auprès des élèves. En plus de décroïsonner les savoirs, cette sortie est l'occasion d'ancrer les acquis scolaires dans des expériences de la vie quotidienne. Inutile de partir loin pour apprendre à regarder, à redécouvrir un environnement qui nous paraît familier mais que l'on ne voit plus par habitude. Pour cela, l'équipe a élaboré un questionnaire interdisciplinaire autour de la lecture de paysage, du repérage géographique et de quelques points d'histoire.

Mais créer un questionnaire interdisciplinaire ne se limite pas à empiler les questions élaborées par chaque professeur et lors de la construction de cette sortie, notre équipe a connu des désaccords en ce qui concerne les modalités de travail proposées aux élèves. Tandis que la collègue de mathématiques concevait la sortie comme une séance disciplinaire « en plein air » afin de travailler et revoir la triangulation, les autres enseignants privilégiaient un travail plus autonome des groupes d'élèves. Il s'agit en effet de deux postures différentes. Soit l'enseignant pilote les activités comme en classe, soit les élèves ont une mission à réaliser selon un protocole défini tant dans la démarche à suivre que dans la réalisation. Les différentes approches sont liées à nos propres



Sur le chemin avec le repérage des signaux de Cassini grâce aux jumelles

représentations pédagogiques mais aussi au niveau d'autonomie estimé pour des élèves de seconde. Nous avons finalement opté pour une juxtaposition de ces deux démarches. Ont été organisés d'une part, des temps d'autonomie par groupe avec recherche d'informations sur le terrain et d'autre part, des temps d'activités à l'aide de documents sur les traces de J-D. Cassini afin de se rendre compte des difficultés rencontrées pour résoudre les problèmes de mesures de grandes distances. Les deux collègues de Math et PH-CH ont eu à affronter en premier lieu la question de l'orientation et de la lecture des cartes fournies : certains élèves n'avaient jamais vu de cartes routières (devenues désuètes à l'ère du GPS).

La sortie pédagogique à St Jean de Dône a par ailleurs été l'occasion d'utiliser un « nouvel outil » pour apprendre : le smartphone. Là aussi, nous savons que de multiples expériences existent, menées notamment en SVT et en géographie, visant à utiliser cet appareil, prolongation quasi naturelle désormais des membres antérieurs des « digital natives », au service des apprentissages. Ainsi le smartphone peut permettre de : prélever des informations (photos, vidéos, sons, traces GPS...), les mettre en commun, produire de l'information, consulter ces productions voire les partager et les commenter. Nous avons donc conçu des activités qui exploitent ces différentes potentialités en Hist-Géo, en SVT et en FR. Au final, cette sortie pédagogique a été une belle réussite, mesurée dès sa réalisation tant par l'ambiance détendue mais studieuse que par la qualité des relations professeurs/élèves. Tous ont apprécié cette demi-journée de sortie hors du lycée, à une semaine des vacances de Toussaint, d'autant qu'un franc soleil l'a accompagnée, permettant de sortir instruments de mesure et calculatrices au milieu des champs et de profiter des lumières de l'automne face aux « signaux de Cassini ».

Enfin cette sortie a été l'occasion pour les élèves de se lancer dans la réalisation de documentaires, véritables galops d'essai avant la phase 3 de production. À cet effet, les élèves devaient récolter, partager, synthétiser et reformuler les informations prélevées et les notions travaillées afin de faire un reportage sur cette sortie. Tous les groupes ont eu à réaliser une maquette sur 4 pages. Ce premier travail de synthèse a été très inégalement réalisé mais a permis à tous de constater que le travail de groupe nécessite organisation, cohésion et initiative. Ensuite, dans le cadre du projet Facebook, il a été demandé aux élèves de créer un post écrit/vidéo/audio traitant d'un moment du projet AstroDuclaux qu'ils souhaitaient mettre en valeur. Différentes productions vidéos présentent cette sortie, et même si leur qualité est parfois inégale, elles ont permis à certains d'exprimer une vraie créativité et de s'essayer à divers logiciels de montage avant la réalisation des capsules finales.

3. La conception des dossiers de recherche interdisciplinaire phase 2

Le sujet d'étude de l'année est choisi par l'ensemble de l'équipe, chacun énonçant les pistes qu'il envisage de poursuivre. Certains croisements sont évidents et prennent naissance naturellement ; d'autres viennent de la volonté d'un professeur d'exploiter un angle plus original. Chacun repart donc de la réunion avec un éventail de pistes à explorer autour du sujet. La conception des dossiers est un moment enrichissant pour le professeur, qui se retrouve en position d'exploration entre revues, sites internet, films, documentaires et romans de science-fiction, pour pêcher des idées et estimer celles qui peuvent être accessibles à des élèves de seconde. Les discussions permettent d'affiner les choix et d'évaluer le contenu nécessaire pour l'ensemble des élèves en phase 1, et celui qui sera approfondi par certains groupes en phase 2.

UNE ANNEE A BORD
D'ASTRODUCLAUX...



Un aperçu des pages de couverture des dix dossiers de recherches

Aux vacances de Toussaint, la plupart des thèmes de recherche des dossiers phase 2 ont été arrêtés puis peaufinés avec des questions qui servent de fil conducteur pour la problématique choisie. Il faut aussi évaluer le temps nécessaire aux élèves pour faire le travail demandé (recherches documentaires, réponses aux questions demandant parfois un effort de raisonnement et de manipulation des formules et des concepts, réalisation des expériences proposées en respectant ou en élaborant le protocole expérimental). L'imbrication des questions des disciplines différentes demande également un long moment d'échanges entre enseignants pour concilier le mode de fonctionnement et les exigences des uns et des autres.

Par exemple, à l'occasion du projet « Destination Saturne avec les Cassini » : les Maths ont été couplées dans le thème 1, « Les images de Saturne », avec le FR en imbriquant les questions pour faire sortir d'un même texte à la fois les analyses littéraires mais aussi les constructions dans les différents référentiels considérés des évocations visuelles détaillées dans le roman ; la partie PH-CH est seulement jointe pour compléter l'approche de la problématique. Les Maths ont été associées dans le thème 3 avec l'Hist-Géo pour « L'aventure cartographique avec les Cassini » mais dans ce cas avec deux parties simplement juxtaposées, même si bien sûr les connaissances des deux disciplines acquises en phase 1 sont présentes dans chacune des parties ; de même pour le thème 8 « Encelade, l'un des satellites de Saturne », dans lequel les deux parties Maths et SVT se succèdent.

Par contre, la deuxième partie du thème 7 « Les astres actifs dans le système solaire » voit les deux disciplines (Maths/SVT) complètement imbriquées pour aboutir à la compréhension de la problématique de localisation des séismes et de propagation des ondes de surface à l'aide de l'exploration simplifiée des logiciels « boîtes noires » utilisés en sciences expérimentales et de l'analyse des sismogrammes.

Dans le thème 5 « Naviguer sur les anneaux de Saturne », les Maths servent d'outil à la Physique pour la compréhension des spectres lumineux reçus de Saturne, tant dans l'aspect géométrique (étude de projection de plans dans l'espace), que dans la manipulation de formules physiques ou la lecture d'échelles de mesure sur les graphiques donnés, tout cela dans une vaste étude entre deux modèles physiques sur la nature des anneaux. Un complément de FR permet d'illustrer ce thème de recherche.

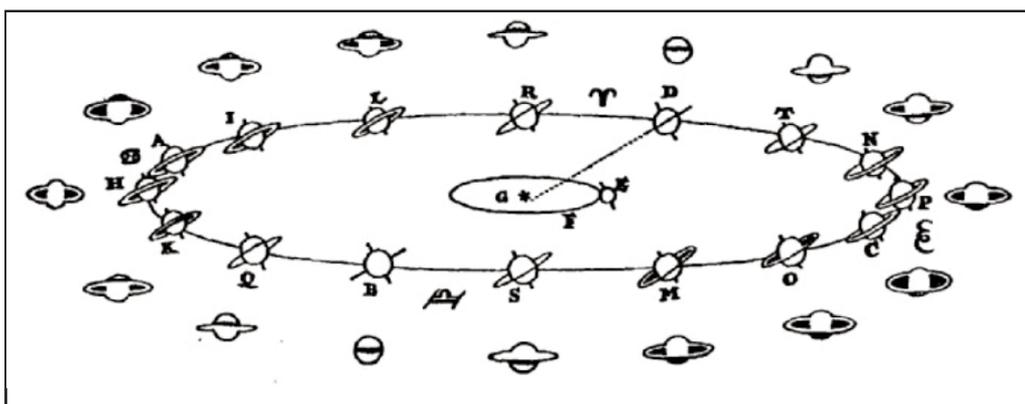
Tous ces thèmes sont détaillés sur le site et il serait trop long de les citer ici mais en général, le croisement des cinq disciplines sur les dix dossiers de recherche donne à chacun des professeurs la charge du suivi de la moitié des groupes, donc environ cinq, avec une participation principale ou annexe. Les dossiers de recherche sont remis aux élèves à la rentrée des vacances de Noël. Des ajustements interviennent souvent pendant la phase 2 selon l'autonomie des groupes soit pour des compléments utiles à la compréhension soit pour des reformulations de questions (d'où la présence peut-être de coquilles dans nos fichiers que nous partageons sur le site avec les collègues intéressés).

4. Quelques exemples illustrant la participation des mathématiques dans le projet AstroDuclaux.

L'ensemble des fiches données aux élèves sont disponibles sur le site. Un premier exemple illustre la complémentarité des deux disciplines mathématiques et physique.

Les deux collègues de mathématiques et physique ont travaillé conjointement sur ce que l'on pouvait « expérimenter » avec les deux logiciels *GeoGebra*(2D-3D) utilisés en cours de mathématiques et le logiciel *Stellarium* utilisé en cours de physique et ont croisé leurs interrogations sur la place de leur utilisation dans leur propre pratique d'enseignement. L'idée est de reconstruire avec le logiciel *GeoGebra* des éléments cachés derrière l'utilisation comme « boîte noire » du logiciel *Stellarium* car même si le logiciel *GeoGebra* est lui-même une « boîte noire », il peut être considéré comme outil pour une étape de compréhension.

La première semaine de septembre, les élèves ont à construire à l'aide du logiciel *GeoGebra*2D une animation de la trajectoire simplifiée des planètes autour du Soleil (selon des cercles parcourus à vitesse uniforme). C'est l'occasion de revoir la notion de proportionnalité ici entre le temps et l'angle au centre. Cette notion n'est toujours pas bien maîtrisée par les élèves de seconde et elle sera au centre de la réflexion des deux collègues. Ils essaieront dans de nombreux TD de clarifier



<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k778636/f313.item.zoom>

Le dessin de Huygens paru en 1659 dans *Systema Saturnium* pour expliquer la nature de Saturne, une planète entourée d'un anneau et l'aspect de ce dernier au cours de la révolution de la planète.

le vocabulaire lié aux deux disciplines dans les énoncés et formules issus de la physique et dans les tableaux du cours de mathématique reliés à la notion de fonction. L'animation réalisée qui a un côté très ludique permet de mettre en évidence le décalage initial correspondant à la position des planètes le jour J (obtenue sur le site du calcul des éphémérides *Miriades*) et donc de revenir à la notion de fonction affine. Cette activité (jointe en annexe) va servir de référence pour le cours de mathématiques en reliant cette notion déjà vue au collège au programme de seconde.

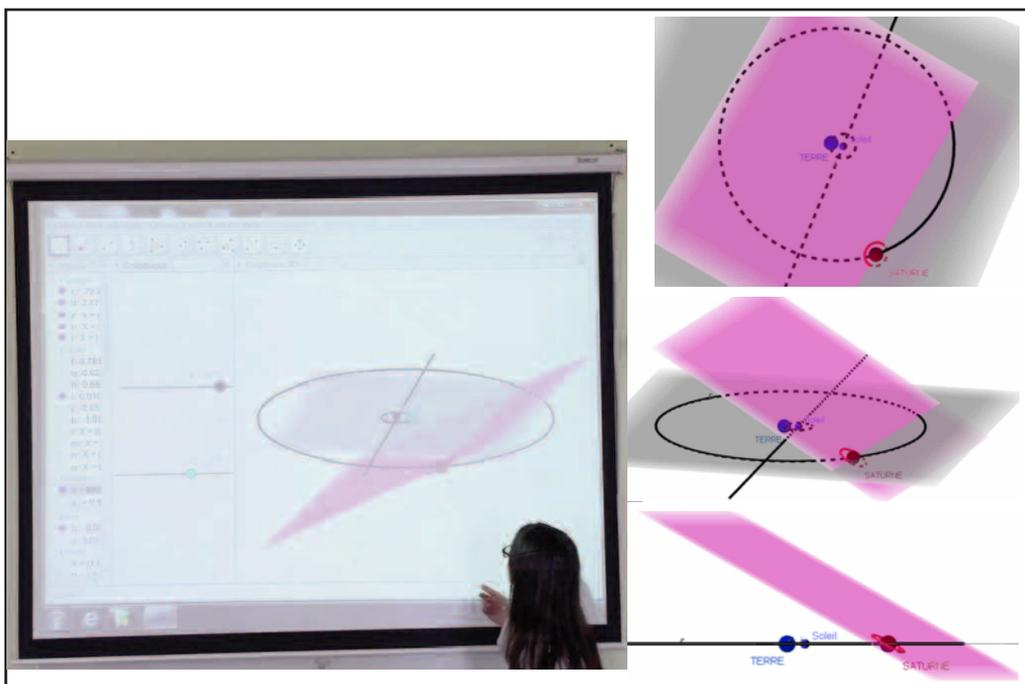
De son côté, le professeur de physique va utiliser le logiciel *Stellarium* pour vérifier/expliciter/comprendre la rétrogradation de la planète Mars qui est un des exemples étudié dans le chapitre *Relativité du mouvement. Référentiel. Trajectoire*. Le but est de comprendre que la nature du mouvement observé dépend du référentiel choisi. Une synthèse de ces notions de changement de référentiels (vu depuis la Terre ou vu « au dessus » du système solaire) sera faite lors de la séance planétarium qui expliquera les « mouvements du ciel » vus depuis la Terre.

La maîtrise par les élèves du logiciel *GeoGebra* se poursuivra avec les nouvelles fonctionnalités 3D dans le cadre du chapitre de mathématiques : *géométrie dans l'espace* (position relative de plans et repérage sur la sphère). L'objectif est de faciliter la « vision » dans l'espace pour exploiter les problématiques abordées dans les dossiers de recherche. Les élèves construisent des animations représentant des planètes et leurs satellites dans différents plans (plan de l'écliptique, plan de l'équateur, vues depuis le plan ou vue de dessus).

L'aboutissement de ce travail fait en phase 1 avec l'ensemble des élèves de la classe voit son aboutissement dans le dossier de recherche « Thème 2 *Aspect des anneaux de Saturne avec Huygens* ». Les trois élèves du groupe :

- ont construit l'animation de la trajectoire elliptique de Saturne à l'aide de *GeoGebra* et des données du site de calcul des éphémérides *Miriades*, ont retrouvé les éléments de l'ellipse à l'aide du logiciel et ont comparé avec les sites généraux type *Wikipedia* (Math)
- ont déduit de l'animation (grâce au passage à la 3D), l'explication de la « disparition » des anneaux vus depuis la Terre et la compréhension du phénomène par Huygens (Physique). Ils ont ainsi étudié l'inclinaison de la l'axe de rotation et ont comparé avec les schémas historiques de Huygens (Histoire).
- ont retrouvé grâce au logiciel *Stellarium*, la vue de Saturne depuis la Terre observée par eux lors de son observation de nuit dans le télescope du lycée mais aussi par Huygens dans les années 1650.
- ont expérimentalement retrouvé la période de rotation de Titan autour de Saturne à l'aide du logiciel *Stellarium*. C'est Huygens qui a découvert ce satellite et ils ont paramétré le logiciel pour reconstituer les observations de celui-ci aux dates correspondant à ses schémas. (Physique/Math/Histoire)

Ce dossier a été confié à des élèves de niveau estimé plutôt moyen-faible. Les difficultés de compréhension ont été réelles mais globalement surmontées avec notre aide. Par contre, la réalisation des schémas et des animations avec les différents logiciels a été très valorisante pour eux. Le passage grâce à *GeoGebra3D* entre la classique vision du dessus du système solaire à la vision par la tranche a facilité la compréhension des explications des phénomènes observés (l'animation est disponible sur le site <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Th2-Huygens>) .



L'étude des anneaux de Saturne est détaillée dans un autre dossier confié à un groupe d'élèves ayant plus d'appétit pour le côté scientifique : vitesse des anneaux et leur composition (en analysant deux modèles : solides ou constitués de particules). <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Th5-Naviguer-sur-les-anneaux> . L'étude physique (avec des mathématiques) est couplée avec une nouvelle de Science Fiction.

Les trajectoires des principaux satellites de Saturne sont étudiées dans le dossier disponible ici : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Th8-Encelade> avec une belle animation *GeoGebra3D* réalisée par les élèves. La partie mathématique (avec de la physique) est couplée avec les SVT (étude du satellite Encelade).

Le deuxième exemple est lié au repérage sur la sphère. En effet, la maîtrise par les élèves des notions de latitude, longitude, parallèle, méridien, échelles, projections... est indispensable dans plusieurs disciplines. Là aussi, l'utilisation par les élèves du logiciel *GeoGebra3D* aide à la compréhension par construction/ visualisation/animation et complète ainsi l'emploi plus classique des logiciels *GoogleEarth* ou *Educarte* en Hist-Géo et SVT.

La construction des cartes du royaume par la dynastie des Cassini ou l'utilisation d'un SIG (système d'information géographique) permet de mettre en évidence la complémentarité des disciplines mathématiques, histoire et géographie. Dans ce sens, les deux collègues soumettent aux élèves plusieurs TD. D'abord,

deux TP communs Math/Hist-Géo sont construits autour du globe terrestre pour revoir les connaissances du collège. Ils sont suivis par un approfondissement dans chacune des deux disciplines : calculs de distances sur la sphère en Math et lecture de cartes en Hist-Geo. Puis suit une séance à deux voix autour d'un documentaire de *Dessous des Cartes* « *Les cartes de Cassini une épopée cartographique* » (voir annexe 1). Celui-ci met en lumière l'enjeu de la triangulation confiée à des astronomes à la fin du XVII^{ème} siècle pour d'une part cartographier mais aussi mesurer la longueur d'un méridien terrestre. Les activités et recherches dans les deux disciplines sont réinvesties lors de la sortie à Saint Jean deône. L'extrait du compte rendu fait par Cassini à l'académie des sciences sur la triangulation autour d'Aurillac est l'occasion de réinvestir la méthode de calcul et d'évoquer les instruments de mesure utilisés (partie mathématique du questionnaire). Certains travaux proposés aux élèves sont totalement créés comme le précédent mais d'autres sont inspirés de fichiers laissés en libre accès sur internet par exemple celui sur la triangulation de Picard dont l'origine est le groupe Irem *Mnémosyne*. Plus de détail sur la thématique de la cartographie et les liens vers les différents fichiers élèves sont ici : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Cartographie-Cassini>

La séance planétarium permet de revenir sur les problèmes de localisation sur la sphère céleste en référentiel géocentrique (ascension droite, déclinaison). Ces transferts de compétences sur le repérage seront mis en évidence en phase 2 dans plusieurs dossiers de recherche. Ils seront nécessaires à la compréhension des données des éphémérides fournies par le site *Mirade* mais aussi pour les problèmes de cartographie de Titan étudiés dans les dossiers « Thème 3 *L'aventure cartographique, des Cassini aux SIG* » et « Thème 4 *Les images radar de la sonde Cassini* ». Dans le dossier « Thème 7 *Des astres*

actifs dans le système solaire », le logiciel *GeoGebra3D* est largement utilisé pour le repérage du lieu d'un séisme à l'aide des ondes de surface (les calculs et constructions sont détaillés dans le dossier). Les élèves de ce groupe ont ainsi utilisé des simulations issues du projet de la mission *Insight* sur Mars pour réaliser eux-aussi une belle animation pédagogique. Tous les dossiers sont accessibles à partir de la page : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Entree-par-les-10-themes-de>

Bien d'autres pistes pour explorer les croisements disciplinaires ont été exploitées et détaillées sur le site, en particulier celle sur la vision entre les disciplines mathématiques, physique et français. Deux TP interdisciplinaires classe entière et un dossier de recherche pour un groupe de trois élèves en sont issus : <http://www.irem.univ-bpclermont.fr/Sciences-et-Fictions>

5. Le rôle de la professeure documentaliste

Dès le début de l'expérimentation il y a cinq ans, la professeure documentaliste a joué un rôle décisif et est devenue une personne pivot du projet. Sa participation est un bon exemple de l'articulation que nous cherchons à établir entre apports disciplinaires, respect des programmes et travail interdisciplinaire. Dès le début de l'année, nous avons ainsi inscrit le projet *AstroDuclaux* dans le cadre de la découverte du Centre de Connaissances et de Culture (CCC) du lycée et de l'initiation des classes de seconde aux recherches documentaires. Les professeures documentalistes et d'histoire géographie ont ainsi construit un TP de découverte des outils et des méthodes de la veille documentaire à partir de l'actualité de la sonde *Cassini*. Cette activité réussit ainsi à atteindre de nombreux objectifs : travailler avec les élèves les compétences documentaires indispensables dans toutes les disciplines afin de mener des recherches,

d'analyser les sources, d'évaluer la pertinence des informations, mais aussi leur faire découvrir l'actualité brûlante de cette mission internationale majeure et ceci dès la rentrée des classes. Enfin, il a été demandé aux élèves de rédiger un court texte présentant une page web traitant du crash de la sonde en justifiant les raisons de ce choix. Ce travail leur a permis de découvrir Padlet, outil collaboratif qui permet de créer, partager et commenter des messages accompagnés d'un fichier (son, image, document, diaporama...).

Cette première production des élèves a révélé de réelles difficultés à lire les informations dans une page web, à la comprendre, à analyser les sources, à prendre du recul et à utiliser son esprit critique face aux informations et ceci malgré de nombreux correctifs. Ce travail a donc montré son utilité et l'absolue nécessité de le reconduire tout au long du projet afin d'aider les élèves à mieux maîtriser ces compétences. De plus, il était la première pierre d'une expérience plus ambitieuse menée cette année afin de trouver un média au service du projet AstroDuclaux.

En effet, dès la fin de l'année scolaire 2017, les deux enseignantes ont cherché un outil capable de mettre en relation les acteurs du projet (élèves, parents, professeurs, marraine...) afin qu'ils puissent communiquer, échanger, partager, commenter. C'est dans ce cadre qu'elles se sont lancées dans la difficile aventure Facebook, un réseau social mis au service d'un projet interdisciplinaire et collaboratif. Ce dernier, s'il n'a pu aboutir suite aux difficultés de fonctionnement liées au choix d'un groupe secret, a été notamment l'occasion de travailler avec les élèves sur les règles à respecter pour un comportement responsable sur les réseaux sociaux et sur le respect des droits d'auteur. Enfin il a permis de préparer la phase 3 de construction de la capsule vidéo.

III. — Bilan

A) *D'une expérience marginale à un projet fédérateur du lycée*

Parti en 2013 d'une expérience marginale menée en histoire et mathématiques autour de l'histoire de la découverte des trajectoires des planètes, le projet a été clôturé la même année par la venue d'un astronome de renom international, Jacques Laskar. Comme il était aussi spécialiste des paléoclimats et de l'évolution du système solaire, s'est ralliée naturellement à l'aventure une collègue de SVT. Dans cette dynamique, les années suivantes, le projet AstroDuclaux a vite été rejoint par de nombreuses bonnes volontés qui ont proposé leur aide, leur soutien et sans lesquelles il n'aurait jamais atteint l'âge, vénérable pour ce type de projet multidisciplinaire, de cinq années.

Le projet AstroDuclaux est donc passé d'un statut expérimental un peu loufoque tentant de rapprocher les sciences « dures » et les sciences humaines à un véritable projet d'établissement. Il faut dire qu'il a rapidement fait des émules et dès la deuxième année, il a été mené sur deux classes de seconde avec pas moins de 11 professeurs. L'équipe de direction a donc été sollicitée pour valider les propositions sur la mise en œuvre de ce projet. Monsieur Vignaud, chef d'établissement du lycée depuis 2012, a soutenu dès le départ cette initiative qui s'inscrivait très bien dans les objectifs dévolus à l'AP au lycée. (<http://eduscol.education.fr/cid54928/presentation-du-dispositif-accompagnement-personnalise.html>). Il a ensuite été amené à aider l'équipe à évaluer et à faire évoluer le projet, notamment grâce au soutien et à la reconnaissance de la CARDIE (Cellule Académique Recherche Développement Innovation Expérimentation). Le projet AstroDuclaux a été positionné comme un des projets phare du lycée dans le cadre du projet d'éta-

blissement par son côté expérimental et novateur. Le proviseur est devenu un acteur majeur et central du projet, gérant les relations avec les autorités compétentes, tant en ce qui concerne la gestion des subventions auprès de la région, des heures avec le rectorat et la CARDIE, mais aussi la gestion de la réservation des salles de conférence avec les services municipaux et collectivités territoriales et enfin la gestion interne à l'établissement pour la constitution des emplois du temps ou les négociations avec l'Intendant... Cette bataille administrative, année après année, dans l'incertitude du renouvellement du projet l'année suivante, nous a demandé beaucoup d'énergie pour rechercher un cadre de fonctionnement à peu près cohérent malgré les « bricolages » successifs.

B) Quelles évolutions sur ces cinq années ?

Des cinq années d'existence du projet AstroDuclaux, aucune ne ressemble à une autre et si son « ancienneté » est gage de meilleur fonctionnement et de plus grande efficacité, chaque année est une nouvelle aventure avec son lot d'espairs fous, de déboires fâcheux et de petits bonheurs inégaux. Les différents bilans de l'expérimentation pour les années 2014 à 2017 sont disponibles sur «expérithèque» dont les liens sont donnés sur la page IREM du groupe. Comme présenté précédemment, l'année 1 du projet a été très différente des autres. Il est né en cours d'année 2013-2014 des échanges entre les deux enseignantes de mathématiques et d'histoire géographie.

- **2013-2014** année 1 : expérimentation ponctuelle et ciblée math Hist géo autour de l'histoire de la découverte des trajectoires des planètes, rejointe ensuite par les SVT avec entre autres comme thématiques les facteurs déterminant le climat et une explication apportée par les variations des paramètres orbitaux, une des spécialités de notre premier parrain,

Jacques Laskar (membre de l'académie des sciences, directeur de recherche au CNRS, membre du groupe *Astronomie et systèmes dynamiques* de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (IMCCE) de l'Observatoire de Paris). Ces notions présentées lors de sa conférence faisaient en 2014 partie intégrante du programme des élèves de Terminale S spécialité SVT qui ont pu ainsi bénéficier de cet apport précieux, donnant un aspect interclasse au projet.

Les élèves ont réalisé des panneaux d'exposition à l'issue de leur travail de recherches.

- **2014-2015** année 2 : Jacques Laskar accepte d'être une nouvelle fois notre parrain ; le projet se précise et commence à prendre sa forme actuelle avec deux classes sur un créneau horaire commun (dans le cadre de l'AP), donc deux équipes enseignantes travaillant de concert pour proposer aux élèves des activités variées en phase 1 (TD Maths, His-Géo, TP de PH-CH et SVT, questionnaires autour de documentaires, par exemple sur la machine d'Anticythère et de films comme *Agora* de Alejandro Amenábar) et des dossiers en phase 2. Le français s'invite alors au menu qu'il pimente avec l'apport de nouvelles (dont *La sentinelle* de Arthur C. Clarke), mais aussi des professeurs de philosophie, de langues et littératures anciennes ainsi que la professeure documentaliste qui deviendra un élément essentiel pour l'expérimentation.

La phase 3 s'est clôturée par la production d'un magazine d'une vingtaine d'articles consultable en ligne (https://issuu.com/duclaux/docs/magazine_24_avril), récapitulant tous les dossiers et amenant les élèves à synthétiser leur travail sous le regard vigilant de notre parrain. Cet essai certainement trop ambitieux en termes organisationnels de par le nombre d'élèves et le

nombre de professeurs impliqués s'est recentré d'un commun accord sur une seule classe l'année suivante.

- **2015-2016** année 3 : L'artiste Franck Watel est notre accompagnateur car il est l'auteur de la série des romans graphiques «*Les îles d'Auvergne*» en 4 tomes dont le dernier est consacré à Mars, avec des cartes et la mise en évidence des enjeux climatiques (Montée des eaux sur la planète Terre, d'où la migration vers Mars). Le projet a désormais un thème fédérateur précis autour duquel vont s'articuler les différentes activités proposées en phase 1 et les dossiers de la phase 2.

Franck Watel est venu en début d'année mettre en scène son roman devant les élèves et leurs parents puis il a été de nouveau présent au lycée en phase 2 pour montrer comment construire un «Carnet de Mission» qui a constitué la production consultable en ligne (https://issuu.com/duclaux5/docs/rapport_eudes_version_2) dans laquelle les élèves se sont particulièrement investis. Les élèves ont également participé à un concours régional «Découvrir l'univers» organisé par la SF2A (Société française d'astronomie et d'astrophysique) dont le premier prix a valu à toute la classe la visite de l'Observatoire de Lyon et de ramener dans leurs bagages un superbe télescope et une maquette de la comète Tchoury.

- **2016-2017** année 4 : Nouvelle année, nouvelle planète ... cette fois-ci Jupiter est à l'honneur avec Philippe Zarka, directeur de Recherche au CNRS (Laboratoire d'Études Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique). La structure est en place et de nouveaux dossiers vont être élaborés. Pour la première fois, une sortie sur le terrain est proposée, associant His-Géo et SVT avec interprétation de la vue s'offrant sur Aurillac depuis le Puy Courny.

La production se fera sur un nouveau support, la capsule vidéo, projetée en préambule de la conférence de notre parrain.

- **2017-2018** année 5 : Cassini-Huygens nous emmène vers Saturne avec Alice Le Gall au poste de pilotage ! Son bilan fait justement l'objet de cet article et sa mise en œuvre est décrite sur le site de l'IREM de Clermont-Ferrand.



Alice le Gall à la fin de sa conférence observe dans le télescope du Lycée.

Le projet devrait se poursuivre avec notre satellite tellurique au programme 2018-2019, qui sera certainement la dernière année de l'expérimentation, suite à la future réforme du Lycée (le bricolage des années précédentes pour supporter les exigences que demande un tel projet pour son organisation n'a pu fonctionner que pour un couplage serré classe/équipe enseignante). Pourtant d'autres destinations étaient envisagées par l'équipe: Vénus ? Uranus ? ... Les exoplanètes ?

C) Difficultés, erreurs et limites du projet

La première difficulté majeure fut de décider quelles heures de la dotation du lycée allaient être consacrées au projet alors qu'aucune ne lui était a priori destinée. Dans un premier temps, nous avons choisi en concertation avec nos collègues d'utiliser les deux heures d'*accompagnement personnalisé*. Ce dispositif, institué sous cette forme en 2010 (<http://eduscol.education.fr/cid54928/presentation-du-dispositif-accompagnement-personnalise.html>), prévoit en effet de laisser les « modalités d'organisation [...] à l'initiative des équipes pédagogiques, de façon à leur permettre de répondre aux besoins des élèves de manière étroite et avec la souplesse nécessaire. Les enseignants de toutes les disciplines ont vocation à participer à ce dispositif ». En outre, « l'accompagnement permet un travail sur les méthodes disciplinaires et interdisciplinaires ». Ainsi, le projet AstroDuclaux constitue une manière originale mais pertinente d'atteindre les objectifs prévus par l'accompagnement : un « soutien aux élèves qui rencontrent des difficultés » ; un « approfondissement des connaissances ou une autre approche des disciplines étudiées » ; une « aide à l'orientation, qui s'appuie sur le parcours de découverte des métiers et des formations » (c'est un des rôles importants joués par les parrains).

Mais le fonctionnement particulier de l'accompagnement sous bannière « AstroDuclaux » n'a pas été sans nourrir des interrogations chez les élèves et leurs familles, surtout en début d'année. Certains se demandaient ainsi pourquoi ils ne pouvaient pas bénéficier, de la même manière que les élèves des autres classes, des ateliers de remédiation explicitement identifiés comme tels. Dans un contexte de restriction budgétaire, ce fonctionnement particulier a pu aussi donner à certains enseignants l'impression que le projet consommait, de

manière peu équitable, plus d'heures qu'il ne le faisait réellement, suscitant ainsi une certaine défiance. La réforme du collège, en 2016, avec notamment la réduction des horaires disciplinaires, nous a ensuite décidés à revenir à un fonctionnement uniforme de l'accompagnement personnalisé, consacré uniquement à la remédiation en tant que telle. Le projet AstroDuclaux a alors intégré l'enseignement d'exploration « méthodes et pratiques scientifiques » qui présente l'avantage, par rapport aux difficultés qui viennent d'être évoquées, d'être choisi par les élèves parmi tous les enseignements d'exploration proposés en classe de seconde.

La deuxième difficulté notable que nous avons rencontrée, et qui est liée à la première, tenait à la manière de constituer notre groupe d'élèves. S'appuyer sur des élèves volontaires, venus de classe différentes, aurait présenté d'indéniables avantages. Mais cela supposait aussi d'abandonner un aspect essentiel de notre projet qui est de lier l'enseignement strictement disciplinaire avec les activités spécifiques du projet. Nous avons donc toujours travaillé avec l'intégralité d'une des classes de seconde du lycée, sans aucun autre profil particulier que, à partir de 2017, le choix d'un enseignement d'exploration scientifique. Le défi fut donc, chaque année, de parvenir à mobiliser des élèves de niveau et de profil très hétérogènes autour d'un projet qu'ils n'avaient pas choisi. Certains débuts d'année, il faut le dire, ont mis sérieusement à l'épreuve la motivation de l'équipe pédagogique...

Enfin, la dernière difficulté majeure résidait dans la charge de travail supplémentaire que le projet a imposée aux enseignants, en regard du faible volume horaire de la présence devant les élèves. Avec l'expérience accumulée, nombre d'activités, de TP, de séances disciplinaires ont certes pu être réutilisés d'une année sur l'autre. Mais il a fallu pour chaque

Une aventure pédagogique
Année 2015-2016
Mots clés du pêle-mêle
Planétarium
soirée nocturne étoiles/planètes
frères d'étoiles
Trajectoires des planètes
gravitation
Film seul sur Mars: vaisseau qui tourne, code ASCII, cartographie
Documentaire: Machine à l'anticyclone archéologie marine, algorithmes
Cartographie et 3D
Distances sur le globe, Eratosthène
Somme du Puy Courty
Montée des eaux... passe/futur
Vallée de Francs (100e)
présentation des Iles d'Auvergne
Spirale d'or
Science-fiction

Les Iles d'Auvergne

Le Continent du Mars

IMAGO SBOVA

Le Méridien transglobe
La trajectoire du vaisseau
1000 Kilomètres
une altitude de mille mètres.

Le Méridien Est
10 Kilomètres
Le Méridien Ouest

Il me décrit avant
deux cause de de lire
l'emplacement des
Labod caches
du savant Weguick.
C'est bien là
ou les hauteurs
de Tharros Hautés.

Page 44-45 du carnet de voyage 2015-2016 sur Mars

nouvelle rentrée définir un nouveau sujet d'étude, construire de nouvelles séances et activités, contacter un parrain ou une marraine et mettre au point avec lui les modalités de sa participation, tout cela en concertation, c'est-à-dire en faisant dialoguer entre elles six disciplines différentes.

D) *Des petites réussites et de grands bonheurs*

S'il faut éviter de tenter de mesurer le temps consacré au projet, entre les moments d'interrogation et ceux de découragement, le projet AstroDuclaux existe depuis cinq années parce qu'il permet de réaliser les principaux objectifs fixés dès le départ et qu'il est source de réussite et d'accomplissement à la fois pour les élèves et les enseignants.

En ce qui concerne l'équipe enseignante tout d'abord, ce projet interdisciplinaire est l'occasion d'enrichir nos connaissances disciplinaires et nécessite une veille d'information permanente. De plus, il nous permet de développer des compétences d'autres disciplines ou, au moins, de les approcher. Ainsi l'enseignante de Math était ravie de découvrir les fonctionnalités d'un «SIG» tel *Géoportail* et expliquait à son tour à la collègue d'Hist-Géo les principes de la triangulation. Chaque année nous partons vers d'autres mondes et d'autres époques grâce au corpus de lecture que nous propose le professeur de français. Nous observons le ciel avec le télescope que le collègue de physique installe les soirs de ciel dégagé et nous pouvons vivre en direct les secousses de notre planète Terre grâce au sismomètre du labo de SVT. Ce projet nous amène aussi et surtout à mieux connaître nos élèves. En effet, le travail en commun dans la classe nous permet de nous consacrer à de petits groupes et donc de mieux cerner les personnalités qui les composent. De plus, nous

avons ainsi l'occasion de travailler de façon différente avec eux, délaissant le cours magistral ou le cours dialogué pour des modalités pédagogiques plus axées sur un travail en autonomie des élèves. C'est aussi un moyen de repérer les élèves restés en retrait, par manque de motivation ou par difficulté de compréhension et de discuter avec eux de leur positionnement par rapport au projet, par rapport au groupe, par rapport à leur souhait d'orientation...

Il est difficile de faire ici le bilan du projet du point de vue des élèves. Même si, chaque année, deux bilans, un intermédiaire et un final, leur proposent de nous donner leur avis et leurs suggestions sur les différents moments et activités du projet, il paraît peu pertinent de parler à leur place. 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 maintenant au sein du lycée, et attendent le sujet étudié par leurs successeurs et la conférence de l'année suivante.

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 d'abord attiré leur attention. C'est ensuite, d'après eux, la qualité du travail réalisé par des élèves de seconde qui les a à chaque fois impressionnés. Leur venue au lycée et les confé-

rences qu'ils ont données à Aurillac, après la relecture attentive et exigeante des travaux des élèves, ont profité au plus grand nombre : les nombreux élèves du lycée qui ont pu participer, dans et hors le projet AstroDuclaux, les parents d'élèves qui étaient aussi conviés, comme l'ensemble de la communauté éducative et des associations locales, participant ainsi au rayonnement du projet à l'extérieur de nos murs. Pour l'équipe enseignante, c'est aussi un peu notre récompense et une source de motivation de pouvoir côtoyer un moment ces «personnages».

Mais la réussite du projet tient aussi à ceux qui, d'un regard extérieur, ont mis à notre service leur expertise afin de nous aider dans nos expériences, nos tâtonnements et nos interrogations. Noura Orloff, chargée de mission de la CARDIE, a fait preuve de beaucoup de patience et d'ouverture d'esprit afin de pouvoir comprendre le fonctionnement de notre projet. Elle s'est déplacée jusqu'au lycée à plusieurs reprises afin de rencontrer l'équipe pédagogique et l'équipe de direction. Elle nous a ainsi aidés à mieux cerner nos difficultés de fonctionnement, à voir les différentes possibilités et enfin à faire les choix qui nous ont permis de continuer. Cette année, c'est Malika More, directrice de l'IREM de Clermont-Ferrand, qui a permis à l'équipe de réaliser une tâche qui nous paraissait jusque-là insurmontable : faire le bilan du projet AstroDuclaux.

À la demande de collègues souhaitant accéder à notre expérimentation et dans le souci de rendre notre travail disponible aux personnes

intéressées, nous avons précédemment laissé nos fiches élèves sur le site de la CARDIE, jointes au bilan de l'expérimentation menée sur l'année. Les dossiers zippés y sont téléchargeables pour les années 2014-2017. Mais la complexité de notre projet, les nombreuses approches disciplinaires et les différents aspects interdisciplinaires ne permettent pas à une personne extérieure au groupe de se les approprier facilement. Nous nous sommes donc lancés dans la réalisation de pages web hébergées sur le site de l'IREM de Clermont-Ferrand pour présenter nos fichiers de l'année 2017-2018, en ajoutant de nombreux compléments pédagogiques et des liens croisés entre les approches disciplinaires, thématiques ou chronologiques et les renvois vers les différents volets du projet (rubriques, articles, fichiers, productions des élèves, les sites de références, etc.).

Avons-nous réussi notre pari de rendre plus accessibles aux collègues intéressés les outils de notre projet? Cet article qui chapeaute l'ensemble du site pour en donner l'éclairage entend en tout cas y contribuer. Il a aussi pour vocation d'être diffusé vers l'ensemble des professeurs de nos diverses disciplines, dans l'objectif de leur donner, si ce n'est l'envie de travailler en interdisciplinarité, au moins le témoignage que c'est possible et fructueux.

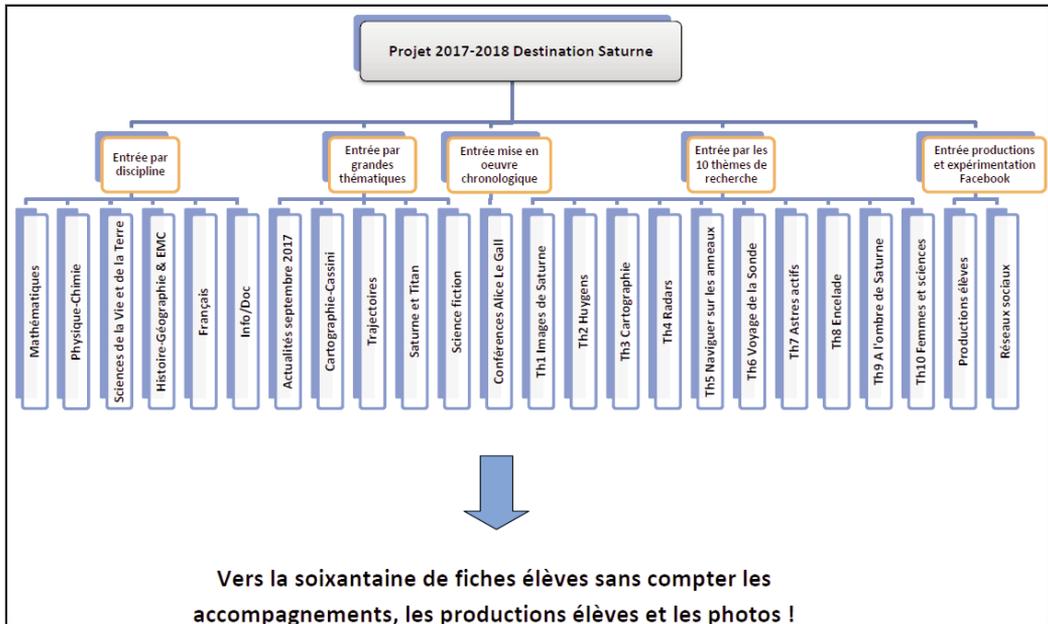
Cet article et la mise en ligne de nos fichiers sur le site de l'IREM n'ont pas pour but de clore le projet AstroDuclaux, puisque nous sommes partis pour la Lune depuis septembre 2018 ! Même si, comme chaque année, nous pensons que ce sera la dernière...

Lien vers l'article de Florence NENY dans le bulletin vert n° 524 (sept/oct 2017) de l'APMEP pour un essai de clarification des termes pluri-inter-trans-co-disciplinarité :

<https://www.apmep.fr/Manifeste-pour-l>

UNE ANNEE A BORD
D'ASTRODUCLAUX...

Le plan du site :



ANNEXE 1

Activité « triangulation »

ARRET 2 **sortie autour d'Aurillac par Saint Jean de Dône**

page 1

Questionnaire partie MATH : repérage et triangulation

Prérequis du cours :

- se rappeler ce qu'est la méridienne verte
- pourquoi a-t-elle été mesurée
- quel est le principe de la triangulation
- pourquoi ce travail a été confié à des astronomes

Sont fournis trois documents d'étude :

Document 1 et 2 : extrait du rapport à l'académie des sciences de la figure de la Terre par Jacques Cassini en 1718 avec la chaine de triangles et la description des points d'observation.
Document 3 : carte Michelin actuelle

A faire sur le lieu d'observation :

1) Repérage du triangle autour d'Aurillac sur les trois documents

- a) Reconnaître le triangle autour d'Aurillac sur le document 1, le retrouver sur le schéma du document 2 en utilisant si besoin les informations fournies dans le descriptif. Quelle est son nom ?
Sur le document 1, repasser ce triangle en rouge et nommer les points.
- b) Pourquoi ces points ont-ils été choisis ?

- c) Retrouver approximativement ce triangle sur la carte Michelin (attention les noms ont sensiblement changé !). le repasser en rouge.
- d) Orienter la carte Michelin à l'aide de la boussole et observer les lieux correspondant aux points F et G. (retrouver à l'aide des jumelles l'antenne de Labastide Du Haut Mont à gauche des éoliennes, et situer à peu près la direction de Montsalvy)

2) La mesure des angles et les calculs de distances dans le triangle EFG.

- a) Retrouver dans le document 2 les valeurs arrondies (arrondies au degré près) des trois angles du triangle EFG obtenues par Cassini.

$$\hat{F} = \quad \hat{G} = \quad \text{donc } \hat{E} =$$

Estimer à l'œil à quel champ de vision correspond l'angle \hat{E} puis se rappeler que vu de Phobos, on voit la planète Mars sous un angle de 42°. Donner votre impression !

- b) Retrouver dans le document 2 les valeurs arrondies « à la toise près » des trois longueurs des côtés du triangle EFG obtenues par Cassini. Convertir ces trois longueurs en mètres en sachant que la toise est de environ 1,947 m.

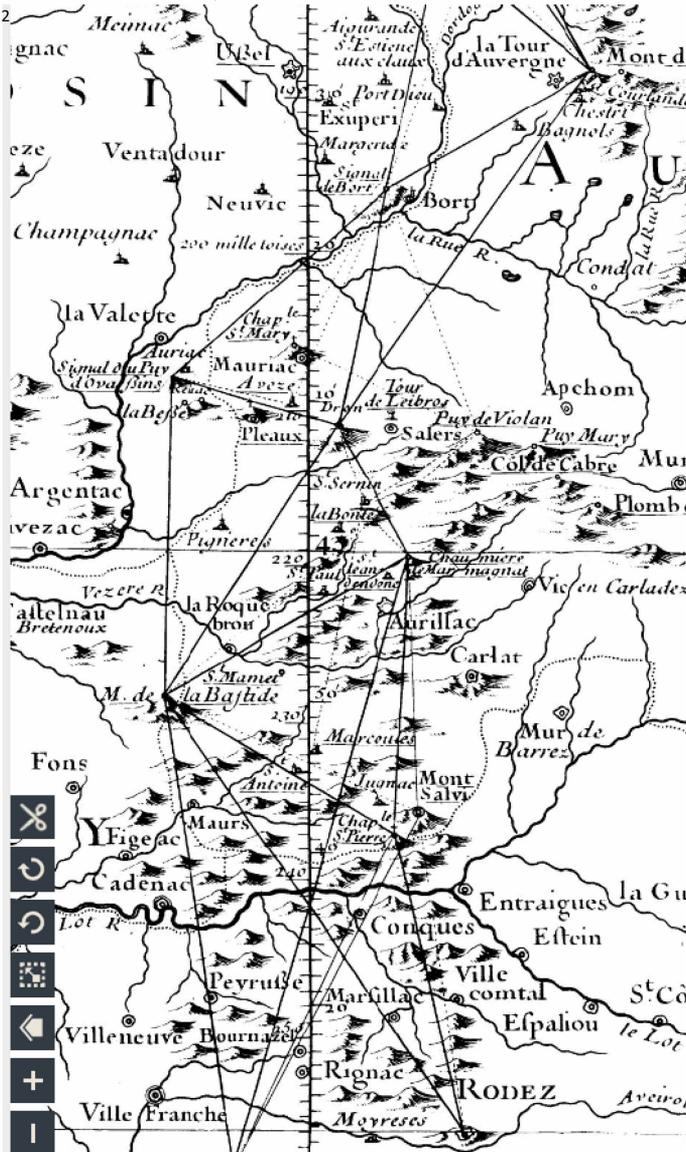
$$EF = \quad \quad \quad EG = \quad \quad \quad \quad \quad FG =$$

Comparer ces trois distances avec celles relevées sur la carte Michelin en mesurant avec votre règle (attention à l'échelle !). (On pourra vérifier par la suite avec un logiciel type géoportail)

Est-ce facile d'estimer une distance à l'œil ?

- c) Pourquoi les triangles sont-ils aussi grands?
- d) Pourquoi ont-ils utilisé d'autres triangles auxiliaires autour d'Aurillac ?

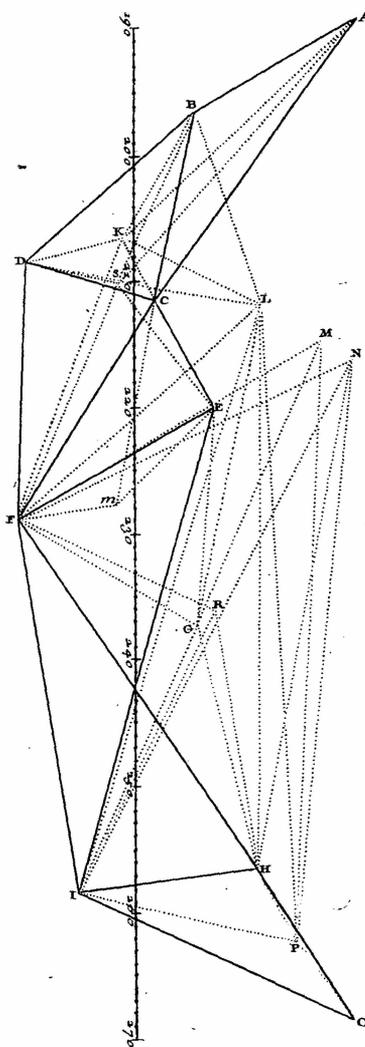
Document 1 : Jacques Cassini, *De la grandeur et de la figure de la Terre*, Paris, coll. « Suite des Mémoires de l'Académie des Sciences, 1718 » disponible sur le site Gallica : page 2



Document 2

6^e Planche

Dans la Sixième Planche.



- A, le sommet de la Courlande.
- B, Signal sur l'extrémité Orientale & la plus élevée de la Montagne de Bort.
- C, le plus Méridional de deux grands Arbres qui sont près du Village de Dron.
- D, le plus gros de deux Arbres qui sont sur le Puy d'Ovassins, à un quart de lieuë du Village d'Auriac.
- E, Chaumière ou Metaisje entourée de plusieurs Arbres sur la Montagne de Marnagnat, à une lieuë de S. Jean Dandone.
- F, la partie Orientale d'une Eglise ruinée sur le sommet de la Montagne de la Balvide près du Village qui porte ce nom.
- H, Tour de la Cathedrale de Rodés.
- I, Clocher de la Chapelle de Saint Jean sur le sommet de la Montagne de Rupeyroux, à un quart de lieuë de la Ville qui porte ce nom.
- O, le milieu de la Chapelle de Saint Jean-le-froid, à une demie lieuë de la petite Ville de Salmiech.
- K, Clocher de la Chapelle de Saint Mary sur une hauteur à un quart de lieuë de la petite Ville de Mauriac.
- S, Tilleuil près du Village d'Aveze.
- L, Puy de Violent, Montagne qui fait partie de celles du Cantal.
- M, Col de Cabre.
- N, Plomb du Cantal, ou la partie la plus élevée de cette Montagne.
- m, Arbre près de la Chapelle de S. Mamet vers le Nord.
- r, Clocher de la Paroisse de Montsalvy.
- G, la partie Meridionale de la Chapelle Saint Pierre ou de los Peires.
- P, le milieu de la Tour de la Tremoille.

Autrement à la place des
deux derniers Triangles
au Triangle EFG.

EF 17426 2

EFG 62 10 5

EGF 61 49 0

Donc EG 17483 4

et FG 16393 3

Au Triangle FGI.

FO 16393 3

GFI 49 58 55

FGI 97 10 0

Donc FI 29984

et GI 23144

Au Triangle GHI.

GI 23144

A faire sur place ou à la maison selon le temps

Page 4

3) Les calculs utilisés pour la triangulation

- a) Jean Dominique Cassini est parti de Paris vers le Sud, quelle est donc le dernier triangle entièrement mesuré avant celui autour d'Aurillac ? _____
 En déduire quelle est la longueur du triangle EFG calculée avec le triangle précédent : _____
 Retrouver sa valeur dans les résultats fournis dans le document 2 : _____
 soit un nombre décimal de toises de :
 Retrouver aussi les valeurs des deux angles \hat{F} et \hat{G} mesurés et convertir le résultat en un nombre décimal de degrés arrondis à 10^{-8} . En déduire l'angle en E
 \hat{F} =
 \hat{G} =
 donc \hat{E} =
- b) Rappeler la formule des sinus vue en classe reliant les côtés du triangle FEG et « l'angle en face »
- c) Refaire page 4 les calculs effectués par J-D. Cassini pour déterminer les deux autres longueurs du triangle FEG à partir de la longueur EF obtenue à l'aide du triangle précédent.

Document 4

- d) **Bonus** : Comment ont-été calculées les valeurs données dans le document ci-dessous ? Quelle mesure d'angle supplémentaire doit-on connaître ? Faire apparaître cet angle sur la carte du document 1. Comment peut-on concrètement mesurer cet angle sur le terrain ?

A l'aide des documents 2 et 3, tracer en vert sur la méridienne du document 1 les segments correspondant à la longueur donnée entre la « Chaumière de Marmanhat » et la « Chapelle de Saint Pierre », puis les segments correspondant à leur distance à la méridienne. Reporter les valeurs.

DE LA TERRE. Partie I.		8 ^e
Distances de divers lieux à la Méridienne de l'Observatoire.		Distances de l'Observatoire à la perpendiculaire tirée de divers lieux sur la Méridienne.
	Toises.	Toises.
Chapelle S. Mary	755	Occ. 206542
Clocher de la Paroisse de Mauriac	382	Occ. 206898
Arbre sur le Puy d'Ovaflins	8365	Occ. 208355
Tilletuil d'Aveze	1223	Occ. 210148
Arbre Meridional de Dron	1693	Or. 211360
Puy de Violent	10043	Or. 211907
Col de Cabre	14796	Or. 214756
Plomb de Cantal	17030	Or. 215951
Chaumière de Marmagnat	6091	Or. 219937
Bois de la Fage près d'Aurillac	4724	Or. 223633
Arbre de S. Mamet	1581	Occ. 227348
La Balfide	8922	Occ. 228784
Maison de Marcoulès	351	Or. 232182
Clocher de S. Antoine	278	Occ. 233571
Clocher de Montfaly	6481	Or. 236128
Chapelle de S. Pierre	5031	Or. 237388
Tour de Rodés	9528	Or. 256495

ANNEXE 2

Activité « trajectoires des planètes »

Mathématiques, astronomie et Geogebra

TP info

Geogebra est un logiciel de géométrie dynamique libre de droit. Il est en accès sur le bureau des ordinateurs dans le dossier « math ». (Il est à télécharger à la maison sur le lien suivant : <http://www.geogebra.org/cms/fr/download/> , cliquer sur geogebra classique)

L'objectif de cette séance est de représenter les mouvements simplifiés des quatre planètes telluriques du système solaire.

Pensez à enregistrer régulièrement votre travail.

I) Quelques informations

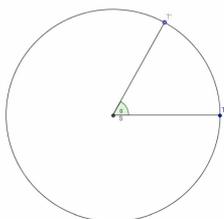
Point info : dans le système de Copernic, appelé héliocentrique, le soleil est au centre du système solaire et les planètes tournent autour selon des cercles et des composées de cercles. Mais les observations précises de la position des planètes a permis à Kepler de modéliser les trajectoires des planètes par des ellipses. Dans un premier temps, pour simplifier, nous allons étudier le système solaire avec des trajectoires circulaires dans le référentiel héliocentrique.

Tableau de données :

Planète	Période de révolution en jours	Distance moyenne au soleil en millions de km
Mercure	87,5	57,9
Venus	224,7	108,2
Terre	365,25	149,6
Mars	687	227,9
Jupiter	4331	778,3
Saturne	10747	1427
Uranus	30589	2870
Neptune	59802	4497

1) Une année « saturnienne » correspond à combien d'années terrestres ? Arrondir un chiffre après la virgule.

2) On a représenté la position de la Terre un jour donné par le point T puis 60 jours plus tard par le point T'. Déterminer une mesure θ de l'angle $\widehat{TST'}$. (valeur exacte puis arrondie à 0,1 ° près).



Sur le schéma ci-dessus, on souhaite placer le point T'' correspondant à la position de la Terre 245 jours après la position initiale T. Déterminer une mesure θ de l'angle $\widehat{TST''}$ (valeur exacte puis arrondie à 0,1 ° près) puis placer le point T'' avec le rapporteur.

De manière générale, pour un nombre entier de jours plus tard noté a, on a $\theta = \dots\dots\dots$

3) Cette formule peut être adaptée à chaque planète et va nous permettre de réaliser une modélisation du déplacement des planètes sur Geogebra (orbite circulaire simplifiée).

Donner l'expression générale de la formule donnant l'angle θ en fonction du nombre de jours « a » :

$\theta =$

Mercure Venus Terre Mars

UNE ANNEE A BORD
D'ASTRODUCLAUX...

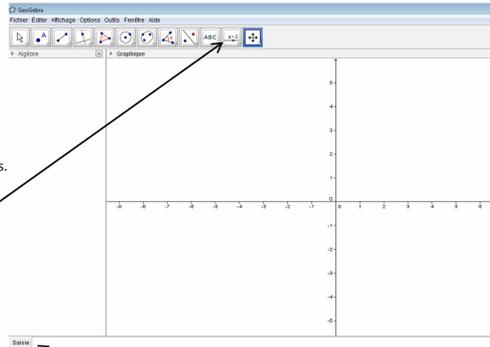
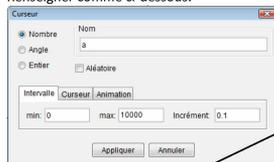
II) Avec Geogebra

Ouvrir Geogebra (bureau , maths)
Cliquez sur le graphique, puis décocher « grille ».
Dans affichage, cliquez sur Algèbre.
Vous obtenez la feuille ci-contre.

On va créer un curseur « a » qui simulera les jours.



Cliquez sur , puis choisir curseur dans le menu déroulant.
Renseigner comme ci-dessous.



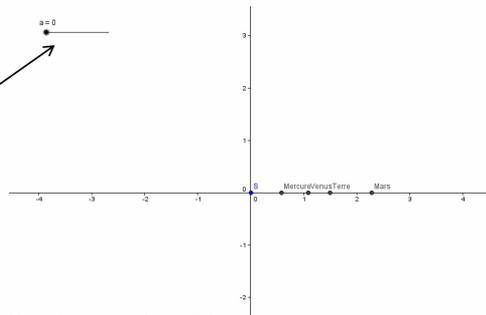
Dans la zone de saisie ,
Taper : S = (0, 0) Ce point S représentera le Soleil.

a = 0

Dans la zone de saisie,
Taper : Mercure = (0.579; 360a ° / 87.5)
Puis
Venus =(1.082 ;360a°/224.7)

Sur le même principe, écrire les commandes pour la Terre et Mars.

Terre = Mars =



Normalement, vous obtenez la figure ci-contre.

Cliquez sur puis animer et admirez votre travail.
Appelez l'enseignant.

III) correction de la position des planètes au départ (15 septembre 2017).

1) Bien sûr, au départ les planètes ne sont pas alignées ! le site de l'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et du Calcul des Ephémérides) permet d'obtenir la position précise des planètes aujourd'hui. <http://vo.imcce.fr/webservices/miriade/?forms>
Au 6 septembre 2016, la longitude des planètes dans le système héliocentrique, c'est-à-dire l'angle de départ entre l'axe des abscisses, le Soleil et la planète est :

Mercure : 74° 01'
Venus : 101° 44'
Terre : 352° 06'
Mars : 146° 07'

Dans la fenêtre « algèbre », modifiez la position des planètes en rajoutant cet angle en deuxième coordonnée (on arrondira au degré près : attention dans 1° il y a 60 minutes).

Exemple : Mercure = (0.579; (360a / 87.5+ 74)°)

Terre=

Venus=(...

Mars=

Animer la figure ...

2) Sur le site de l'IMCCE ci-dessus, chercher l'angle θ pour la planète Saturne le 15 septembre 2017 et en déduire comment la sonde Cassini-Huygens voit les positions du Soleil et des quatre planètes telluriques du système solaire avant son plongeon (267°).