AVEC NOS ÉLÈVES

IRiS, un télescope de 50 cm

Cyrille Baudouin, coordinateur des activités éducatives d'IRiS pour le Labex OCEVU
baudouin.cyr@gmail.com

Stéphane Basa, responsable scientifique d'IRiS, directeur de recherche CNRS
au Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM) stephane.basa@lam.fr

Le télescope IRIS situé à l'Observatoire de Haute Provence peut être piloté à distance. Les élèves demandeurs doivent construire un projet, argumenter leur demande de temps d'observation... Une plongée dans la vraie vie des chercheurs.

Dans la peau de l'astronome du XXIe siècle

Réaliser une image couleur de bonne qualité d'une nébuleuse ou d'un amas, produire une classification de galaxies, effectuer une courbe de transit d'une exoplanète ou encore mesurer la période de luminosité d'une étoile variable… autant de sujets d'astronomie abordables aujourd'hui en-dehors des instituts de recherche avec des instruments « amateurs », et autant d'activités susceptibles d'exercer la curiosité des élèves dans un contexte scolaire ! Cependant, pour y parvenir, les obstacles sont multiples, en particulier pour les débutants: expérience de l'utilisateur, contraintes matérielles (précision du pointage, mise en station), météo défavorable… L'ambition du projet IRiS (Initiation à la Recherche en astronomIe pour les Scolaires) est de permettre à tout enseignant de réaliser ce type de projet en classe avec leurs élèves, en mettant à leur disposition un télescope semi-professionnel pilotable à distance. L'objectif principal d'IRiS est donc d'offrir un outil performant aux enseignantes et aux enseignants pour qu'ils puissent se concentrer sur l'exploitation scientifique des observations. IRiS est ainsi né en 2013 de la volonté de plusieurs laboratoires français d'astrophysique[1], en collaboration avec le dispositif ministériel Sciences à l'école, de faire rentrer l'astrophysique contemporaine depuis les classes de collège jusqu'à l'université, et permettre aux utilisateurs de se mettre dans la peau de l'astronome du XXIe siècle.

Un observatoire professionnel… à distance

IRiS est un observatoire complet localisé sur le site de l'Observatoire de Haute-Provence (04) à une altitude de 650 m. Il est principalement dédié à des observations photométriques dans le domaine visible du spectre grâce à l'équipement suivant :

- un télescope muni d'un miroir primaire de 50 cm et offrant un champ angulaire de 24' (soit environ la taille angulaire de la pleine Lune) ;
- un détecteur CCD de 2 048 × 2 048 pixels offrant une efficacité quantique allant jusqu'à 90 % (FLI ProLine 4240) ;
- 8 filtres spectraux couvrant le spectre visible ;
- une station météorologique dédiée ainsi qu'un ensemble de caméras (Cloudcam et Allsky) permettant de surveiller l'évolution des paramètres environnementaux en temps réel.

L'observatoire est accessible depuis le site internet iris.lam.fr et pilotable via une interface de contrôle en ligne qui permet d'ouvrir la coupole, mettre la caméra à bonne température (refroidie à –25 °C), lancer des acquisitions en choisissant la cible, le temps de pose ainsi que le filtre, et fermer la coupole à la fin des observations. En cas de mauvaises conditions météo, l'observatoire se met automatiquement en sécurité afin de préserver le matériel.

Tout est optimisé pour faciliter la vie de l'utilisateur : une option permet d'autocalibrer les images, ainsi chaque image est automatiquement corrigée de l'offset, du dark et du flat. L'utilisateur récupère ses données le lendemain de l'observation, depuis une

1 Labex OCEVU (Origines, Constituants et Évolution de l'Univers) ; Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM), Labex FOCUS (Focal plane arrays for Universe sensing) ; Observatoire de Paris ; Institut Pythéas-Observatoire de Haute-Provence.

base de données sur laquelle sont stockées toutes les observations menées par IRiS. Cette base est libre d'accès à tous[2].

IRiS peut observer tous les objets du ciel dont les magnitudes apparentes sont comprises entre 4 et 19. Cela interdit formellement l'observation d'objets brillants tels que le Soleil, la Lune, les planètes jusqu'à Saturne ; en revanche, cela ouvre la possibilité à l'ensemble des objets du ciel profond (nébuleuses, amas, galaxies) ainsi que des mesures photométriques sur des objets variables et transitoires (exoplanètes, étoiles variables, astéroïdes, supernovae, etc.).

Mener un projet éducatif avec IRiS, tout le monde peut le faire !

Comme pour un observatoire professionnel, les utilisateurs doivent formuler une demande de temps justifiant l'utilisation d'IRiS pour bénéficier de l'accès au télescope. La construction d'un projet pédagogique et scientifique cohérent est donc indispensable mais à la portée de tout enseignant motivé.

La construction du projet

Un projet mené avec IRiS comporte 3 phases distinctes avec les élèves: la préparation de l'observation, l'observation en tant que telle, puis l'exploitation des données.

La construction du projet consiste à s'interroger sur les objectifs scientifiques et pédagogiques de l'utilisation d'IRiS : qu'est-ce que je veux observer ? Pourquoi ? Est-ce que c'est faisable avec IRiS ? Combien de temps d'observation ai-je besoin ? Pourquoi utiliser IRiS ? Que vont faire les élèves avant, pendant et après l'observation ? Comment allons-nous traiter les données ?

Pour accompagner les enseignants dans cette préparation, un réseau national d'enseignants « relais IRiS » est présent dans plusieurs académies, et des formations inscrites aux PAF de certaines académies sont organisées. Une formation en ligne centrée sur « les observations en astronomie » est actuellement en production en collaboration avec l'Observatoire de la Côte d'Azur et les académies d'Aix-Marseille, Nice et Montpellier sur la plateforme M@gistère. L'ouverture de ce MOOC à l'échelle nationale est programmée pour la rentrée 2018.

La demande de temps

L'appel à temps d'observation est ouvert chaque année au printemps (typiquement en avril-mai)[3]. Les candidats doivent remplir un formulaire en ligne dans lequel ils doivent expliciter les objectifs scientifiques et pédagogiques de leur projet, ainsi que le nombre de nuits d'observation demandées. Ces demandes sont ensuite évaluées par un comité indépendant constitué de représentants des différents partenaires (scientifiques, enseignants, médiateurs). L'accent est mis sur la cohérence et la pertinence du projet. Un retour est fait aux demandeurs avant l'été et le planning pour l'année scolaire à venir est publié en septembre.

En 2017-2018, 50 projets ont été déposés et 40 ont obtenu des nuits d'observation (20 collèges et 20 lycées).

L'observation

Les codes d'accès au contrôle du télescope sont transmis la semaine précédant la soirée d'observation. L'observation avec IRiS constitue le point d'orgue du projet mais ne doit pas être vue comme une fin en soi. Ce serait plutôt « la cerise sur le gâteau ». L'ensemble du travail mené en amont, puis l'exploitation des données sont tout aussi importants. Ainsi, en cas de météo défavorable, la base de données peut permettre de poursuivre le travail sans remettre en cause le projet.

D'un point de vue logistique et pratique, la préparation puis l'exploitation des données peuvent se dérouler en classe entière mais la session d'observation se déroule généralement avec un groupe restreint de 5 à 15 élèves en première partie de soirée.

Le traitement des données

Les images obtenues avec IRiS possèdent le format .fits, standard en astronomie.

La phase de traitement constitue souvent un frein pour les personnes non expertes en astronomie. De nombreux outils existent pour exploiter les données d'astronomie et chacun est libre d'utiliser son préféré. Pour aider les utilisateurs, des tutoriels s'appuyant sur l'utilisation du logiciel AstroImageJ (libre, gratuit et polyvalent) pour réaliser des images couleurs (trichromie) et des courbes de lumière (photométrie), sont mis à leur disposition en ligne.

Des galaxies à la détection d'exo-planètes, des projets diversifiés

Depuis 2014-2015, les porteurs de projets IRiS exploitent l'instrument dans des cadres très variés

2 http://iris.lam.fr/exploiter-ses-observations/base-de-donnees/

3 L'appel à temps d'observation est visible sur iris.lam.fr et est diffusé par les relais IRiS, les rectorats ainsi que Sciences à l'école.

(classes entières, ateliers d'astronomie ou de culture scientifique, TPE, EPI…) et selon deux modes, imagerie ou photométrie.

Imagerie

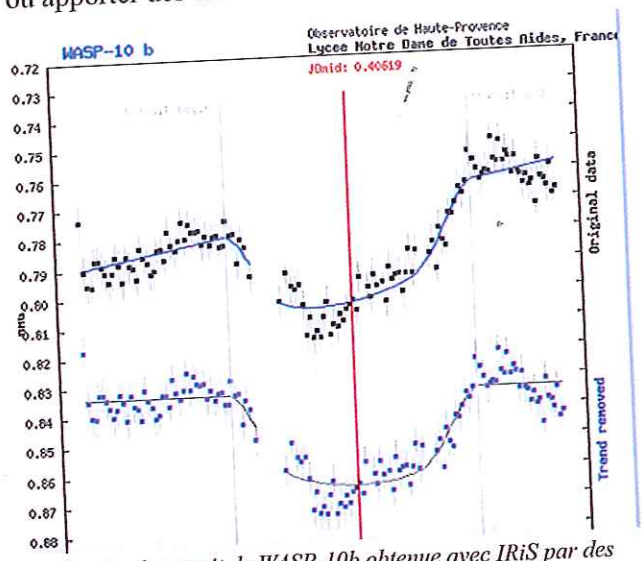
L'objectif est ici d'utiliser la capacité d'IRiS à réaliser des belles images couleur d'objets variés du ciel profond, avec des exploitations diverses et variées : découverte du ciel (catalogue d'objets) ; mise en évidence de processus physiques grâce à l'utilisation d'un filtre adapté (émissions de gaz dans des nébuleuses ou dans des galaxies) ; classification d'objets (galaxies, différentes étapes de la vie des étoiles).

Nébuleuse de l'Aigle (M16) obtenue par des élèves du club d'astronomie du collège Hubert Fillay (41) sous la conduite de Joël Petit.

Photométrie : courbes de lumière

Les projets de ce type s'appuient sur les performances photométriques d'IRiS (qualité du pointage, sensibilité du détecteur) pour réaliser des courbes de luminosité d'objets variables ou transitoires : détection de transit d'exoplanète devant son étoile[4] (sélection d'une cible déjà répertoriée sur la base ETD[5]) ; courbes de lumière d'astéroïdes pour en inférer la forme de l'objet (accompagnement par un astrophysicien partenaire).

La place prise par IRiS dans ces projets est variable. Pour certains, l'utilisation du télescope constitue le cœur du projet. Pour d'autres, IRiS s'inscrit dans un projet plus global mêlant formulation d'hypothèses sur une problématique, réalisation de maquettes pour tester l'idée, observations avec d'autres instruments, et acquisition de données avec IRiS pour comparer ou apporter des éléments de réponse.



Courbe de transit de WASP-10b obtenue avec IRiS par des élèves du Lycée Notre Dame de Toutes Aides à Nantes sous la conduite de Stéphane Le Gars, et enregistrée dans la base ETD.

Renforcer le lien entre éducation et recherche

Un des axes d'amélioration sur lequel un effort particulier est fourni actuellement est de renforcer le lien entre éducation et recherche à travers deux actions :

- production de ressources pédagogiques sur la mise en évidence des processus physiques observés avec IRiS en fonction des filtres utilisés ;
- mise en place de protocoles de sciences participatives pour exploiter scientifiquement les données acquises lors d'observations en classe (exoplanètes, astéroïdes, supernovae).

■

Comment observer le ciel

- De nombreuses associations d'astronomes amateurs proposent des observations publiques ou pour des groupes scolaires.
Liste des associations sur le site de l'AFA (Association Française d'Astronomie) www.afastronomie.fr.

- Astro à l'école propose des prêts d'instruments sur dossier (sciencesalecole.org/astro-a-lecole)

- Il existe des télescopes utilisables à distance comme IriS (iris.lam.fr) ou les télescopes Faulkes (www.faulkes-telescope.com).

4 Un projet de ce type mené par le collège Courrières de Cuxac-Cabardès (11) et Sylvain Bonnafous a remporté le 1er prix «Faites de la science» 2017 sur cette thématique (iris.lam.fr/les-projets-iris/valorisation-resultats/)

5 http://var2.astro.cz/ETD/index.php

AVEC NOS ÉLÈVES

Voyage dans les étoiles

Mme Laborde, Mme Lafrance, M. Pélissier et leurs élèves, collège Jacques Prévert de Saint-Orens de Gameville

Dans le cadre de l'Enseignement Pratique Interdisciplinaire regroupant Arts Plastiques, Mathématiques et Physique-Chimie, deux classes de quatrième s'intéressent, l'une au concept de durée « autour du milliard d'années », l'autre à celui de longueur « autour du femtomètre ». La présentation finale de chaque groupe apparaît sur un châssis de taille définie.

Dans le cadre de l'Enseignement Pratique Interdisciplinaire (EPI), trois disciplines ont été regroupées : les arts plastiques, les mathématiques et la physique-chimie. Le projet «Infiniment petit, infiniment grand» avait été proposé par l'Institut de Recherche pour l'Enseignement des Sciences (IRES) de Toulouse. Les élèves devaient monter un dossier autour d'une grandeur et l'illustrer sur un châssis de taille imposée. Les thèmes choisis furent la durée «autour du milliard d'années» pour les 4e 7 et la longueur «autour du femtomètre» pour les 4e 4. Il était alors logique d'observer ces objets célestes lointains de plusieurs milliards d'années-lumière et au cœur desquels la lumière est générée par des particules aussi petites que les noyaux d'atome, de l'ordre du millionième de milliardième de mètre, soit de l'ordre du femtomètre.

Voici les principales étapes de cet EPI.

Rencontres avec des intervenants extérieurs

Jean-Noël Sarrail, formateur en astronomie, a présenté un exposé sur l'infiniment grand *Des papillons aux galaxies* pour donner une idée des ordres de grandeurs des distances. Frédéric Pailler, ingénieur au CNES, est venu présenter le projet Gaia (cartographie en 3D d'un milliard d'étoiles de notre galaxie). Les élèves ont participé à la projection du film *Les figures de l'ombre*, en présence de Claudie Haigneré et de deux thésardes pour promouvoir les sciences auprès des jeunes femmes.

Soirées d'observation

La première soirée fut animée par deux collaborateurs de l'association Planète Sciences : construction de carte du ciel (trouver le nord et l'étoile polaire), présentation du logiciel Stellarium puis mise en place des deux télescopes de type Newton 200/1200 sur monture Dobson et distribution de jumelles, observation de deux planètes (Vénus en croissant et Mars), la nébuleuse d'Orion, la galaxie d'Andromède ou encore l'étoile Sirius.

Les autres soirées furent animées avec le club d'astronomie de Quint-Fonsegrives. Nous avons pu observer la Lune, les planètes Mars et Jupiter avec ses 4 satellites et différentes galaxies.

Fig.1. *La Lune photographiée avec un smartphone.*

Observation de l'infiniment petit

À l'aide d'un binoculaire ou d'un microscope, les élèves ont observé différents cristaux et les ont photographiés avec leur smartphone (figure 2): les deux faces du papier d'aluminium, des plaques métalliques, de la poudre de fer, différents cristaux (givre, sel, sucre, farine, sulfate de cuivre), la cristallisation rapide et lente de la vanilline.

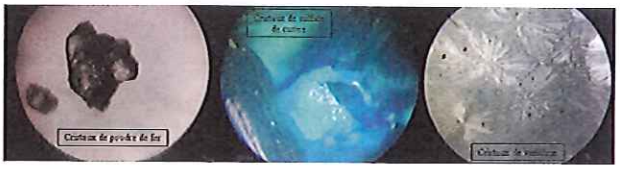


Fig.2. *Cristaux de poudre de fer, de sulfate de cuivre et de vanilline photographiés au smartphone.*

Utilisation d'IRiS

Le projet d'Initiation à la Recherche en astronomIe pour les Scolaires (IRiS) a permis aux élèves de piloter à distance le télescope de l'observatoire de Haute-Provence afin d'obtenir des images d'objets célestes : galaxie du Tourbillon, de l'Aiguille, de la Baleine ou encore la nébuleuse de la Lyre (figure 3).

Les élèves ont aussi écrit quelques articles mis directement sur le site du collège.

Fig.3. Les galaxies M51, M99, NGC4565 et 4631 ainsi que la nébuleuse M57 photographiées avec IriS.

Fabrication des châssis

(réalisés pendant les soirées d'observation, les cours de mathématiques et de physique-chimie). Les élèves ont produit les châssis correspondant à leur grandeur en les commentant, préparé un dossier et un diaporama présentant toutes les étapes du projet. Ils décrivent leur travail dans les deux encadrés qui suivent.

Présentation du projet

Un groupe d'élèves, accompagné de leurs professeurs de mathématiques et de sciences physiques, ont participé au colloque «Infiniment Petit / Infiniment Grand» organisé à l'université Paul Sabatier. Les élèves de différents établissements ont présenté leurs projets allant de l'école primaire jusqu'au lycée : ces projets reproduisaient de manière artistique différents domaines allant de la masse aux distances, en passant par différentes durées.

Quelques élèves sont aussi venus présenter le projet à l'exposcience.

Tout au long du projet, les parents furent très enthousiastes. Nous leur avons proposé de venir découvrir le travail de leurs enfants en fin d'année.

Le femtomètre

Au cœur de Sirius

Le femtomètre (abréviation fm) est une unité de mesure de longueur. Il est égal à 10^{-15} mètres soit un millionième de milliardième de mètre.

Il est fréquemment utilisé pour mesurer le diamètre d'un noyau atomique. Dans les noyaux d'atomes, il y a des protons et des neutrons, particules de la taille du femtomètre, invisibles. Le femtomètre est un milliard de fois plus petit qu'un microbe.

Analyse scientifique et technologique

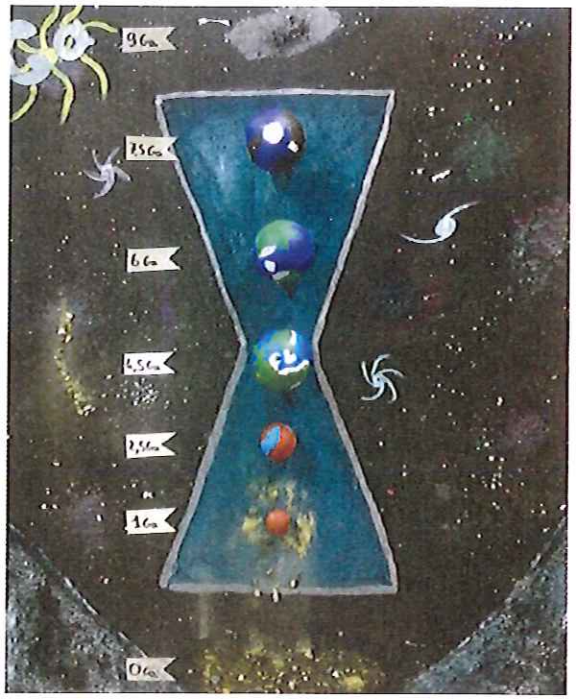
Pour illustrer le femtomètre, nous avons choisi de représenter l'étoile Sirius que nous avions observé en soirée astronomie au collège. À l'intérieur de l'étoile, se trouvent des noyaux d'atomes constitués de neutrons et de protons. La synthèse des atomes d'hélium se fait au cœur de l'étoile par fusion nucléaire à partir de protons. Par fusions successives, l'étoile produira du carbone (C), de l'azote (N), de l'oxygène (O)...

Choix artistiques

Sur la toile, nous avons fait un fond noir étoilé pour représenter l'espace avec de la gouache et des paillettes. Puis après plusieurs minutes de débat nous avons opté pour une demi-sphère transparente qui illustre l'étoile Sirius. Nous avons représenté les noyaux d'atomes (protons et neutrons) car ils sont de la dimension du femtomètre et nous les trouvons dans toutes les étoiles. Nous avons acheté des boules de polystyrène pour modéliser les particules. Nous avons peint les protons en rouge et les neutrons en bleu comme on le voit sur beaucoup d'images d'atomes. Nous avons représenté un noyau d'hélium au centre avec des boules plus grandes que pour les particules avant la fusion.

Nous avons aussi fait un tag « fm » (femtomètre) pour apporter un contraste à la toile et lui mettre un titre. Les traits blancs pailletés de bleu représentent la lumière de l'étoile Sirius.

Le milliard d'années



Du Big Bang à la destruction de la Terre

Le milliard d'années ou giga-année (symbole Ga) est une unité de mesure du temps qui représente 10^9 années. Le milliard d'années est utilisé dans différentes disciplines comme les sciences de la Terre et de l'Univers ainsi qu'en cosmologie. On l'utilise aussi en planétologie pour mesurer des durées géologiques ou astronomiques ; par exemple, l'âge de la planète Terre est de 4,5 milliards d'années et celui du Soleil environ 4,57 milliards d'années.

L'unité Ga permet de réaliser un découpage satisfaisant des grandes périodes de l'histoire de la Terre, du Système solaire et de l'Univers. L'âge de l'Univers est estimé à 13,7 Ga.

«*En regardant loin, on regarde tôt*» Hubert Reeves.

Analyse scientifique et technologique

Nous avons décidé de représenter notre travail à travers la création et l'évolution de l'Univers. Le modèle qui décrit l'évolution de l'Univers s'appelle le Big Bang. Notre production représente l'évolution de notre planète, de sa création jusqu'à sa destruction. Nous avons aussi dessiné certaines galaxies ainsi que des nuages d'astéroïdes afin de visualiser la constitution de l'Univers.

Choix artistiques

Le fond de la toile représente l'Univers, nous l'avons créé avec de la gouache et des paillettes. Nous avons illustré des corps célestes lointains (galaxies, amas...). Après avoir réfléchi tous ensemble, nous avons dessiné un sablier pour montrer le milliard d'années qui est une durée. Nous avons représenté les plaques tectoniques pour l'évolution de la Terre sur des boules de polystyrène peintes. Nous avons fait ressortir la Terre et le Big Bang car ce sont les sujets principaux.

Nos enseignants nous avaient posé une question à laquelle nous devions répondre à la fin de notre projet : « y a-t-il plus de grains de sable sur Terre que d'étoiles dans l'Univers ? ». Nous avons mis du sable pour rappeler cette question. Nous avons écrit notre unité le « Ga » sous forme calligraphique. Autour du logo, nous avons dessiné les branches d'une galaxie. Sur des étiquettes argentées, nous avons indiqué des dates relatives au milliard d'années sur l'évolution de la Terre. Le bleu sur les coins inférieurs représente de l'hydrogène très chaud et des particules, état de l'Univers au début de son expansion.

■

Et encore quelques ressources

Sites Internet et ressources astronomiques

- *Lunap propose notions de base, approfondissement et activités sur de très nombreux thèmes d'astronomie (clea-astro.eu/lunap).*
- *EU-HOU propose des exercices sur l'astronomie à différents niveaux(www.fr.euhou.net)*
- *Le site planet-terre.ens-lyon.fr est très riche en dossiers sur différents sujets scientifiques..*
- *Le site collaboratif «Météo Climat tremplin pour l'enseignement des sciences» propose des livres numériques dont plusieurs sur l'astronomie : saisons, Ératosthène, comètes, volvelles, latitude... (tremplin.climatetmeteo.fr/libTremplin)*
- *La plupart des observatoires proposent des dossiers et des activités sur l'astronomie : Paris-Meudon (obspm.fr), Lyon (observatoire.univ-lyon1.fr)...*
- *Les sites des grands musées scientifiques possèdent aussi des ressources intéressantes : universciences (universcience.fr) regroupant la Villette et le Palais de la Découverte, la cité de l'espace (cite-espace.com)...*
- *N'hésitez pas non plus à fouiller les sites des grandes structures comme le CNES, le CEA, l'ESA, l'ESO ou la NASA.*