

Savoir(s)

N° 46 | mai 2023

le magazine d'information de l'Université de Strasbourg

L'Univers,
cet infini
si proche



Sommaire

Invité de la rédaction

- 4 Comment rendre l'incommensurable mesurable ?

Recherche

Toujours plus loin, toujours plus proche

- 8 Une boîte à outils pour cartographier les étoiles
- 11 Les météorites et les métaux simples à l'origine du vivant ?
- 12 Observation conjointe Terre-Espace
- 13 L'espace au service de la Terre
- 15 L'espace et l'économie entrent en phase
- 16 Synthèse des éléments au cœur des étoiles
- 17 Musique et *kosmos*, la quête d'une théorie unifiée

Formation

Rendre l'accès aux étoiles possible

- 18 Faire vivre la science en classe
- 20 Une invitation à découvrir le ciel
- 21 Astrophysicien et au-delà
- 22 L'astrophysicien est passé à la banque
- 23 Des parfums d'espace
- 25 Répertorier les étoiles

Vivre ensemble

Un espace partagé et imaginé

- 26 Un peu plus près des étoiles
- 28 Nouveau Planétarium : embarquement immédiat pour l'espace
- 29 La face cachée du Planétarium
- 30 « Elle est où la planète Arium ? »
- 31 Et au centre, le public
- 32 Voyages dans l'espace : science ou fiction ?
- 33 « L'espace permet de tout comprendre »
- 34 Petit bestiaire des monstres de science-fiction

Et ailleurs

Une construction internationale

- 36 Le Centre de données astronomiques de Strasbourg, chef de file au niveau mondial
- 40 Une université dédiée à l'espace

Patrimoine

Observer, analyser au fil du temps

- 42 L'Observatoire astronomique, l'architecture au service de la science
- 45 Météorites en vitrines
- 46 Balade dans les collections de l'Observatoire astronomique
- 49 Une grande lunette pas du tout obsolète

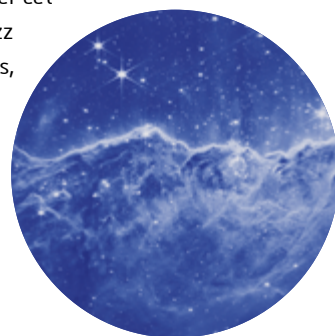
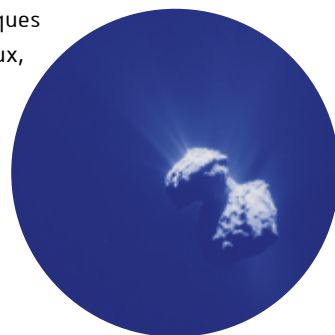
Ils auront la tête dans les étoiles, les heureux visiteurs du Planétarium, lorsqu'ils pénétreront, au terme d'un parcours presque initiatique, dans la nouvelle salle hémisphérique du boulevard de la Victoire. Sur le dôme-écran de quinze mètres de diamètre, incliné à 18 degrés et constitué de plaques de tôle d'aluminium finement perforées – une technologie à la pointe du savoir-faire actuel –, ils feront un voyage au cœur des anneaux de Saturne ou aux confins de l'Univers, avec une précision et un réalisme époustouflants. Ils ressentiront, toutes proportions gardées, ce que vivent au quotidien nos astronomes et nos physiciens qui, sur les écrans de leurs supercalculateurs et à partir des millions de données collectées, tentent de percer les mystères du monde dans lequel nous vivons. Ce parallèle n'est pas qu'une facile métaphore : c'est une réalité, car notre Planétarium est aujourd'hui en capacité d'exploiter les données de notre Centre de données astronomiques et de partir de la science pour expliquer et reconstituer l'espace. L'astrophysicienne Agnès Acker en avait eu l'intuition dès le début des années 1980 en défendant le projet d'un Planétarium universitaire : la science ne s'explique que par elle-même. Notre nouveau Planétarium sera donc plus universitaire que jamais car il donnera la science à voir et à éprouver.

Le ciel, l'espace et l'Univers ne sont pas seulement des objets d'étude. Ils sont, depuis le siècle dernier et la conquête spatiale, devenus des enjeux humains : militaires d'abord, politiques ensuite, économiques enfin. Si l'on n'a toujours pas abandonné les programmes spatiaux, en dépit de leurs coûts exorbitants, malgré les crises financières et nonobstant les alternances politiques, c'est bien parce que l'homme s'imagine un futur, ou tout du moins un possible, dans l'espace. Il y a tout lieu de croire que tout cela relève encore de la spéculation, mais celui qui aura trouvé le moyen d'habiter ou d'investir (dans tous les sens de ce terme) l'espace aura indéniablement une longueur d'avance dans la compétition effrénée et parfois déraisonnée au profit et à la domination qui anime les grandes puissances aujourd'hui.

N'est-il dès lors pas plus commode d'abandonner sur Terre la petitesse de ces ambitions pour se laisser happer par le vertige de la grandeur céleste ? Pour chercher dans l'Univers à retrouver cet émerveillement candide qui sidéra notre planète tout entière lorsque Neil Armstrong et Buzz Aldrin firent les premiers pas sur la Lune ? Pour se prendre à revivre l'arrivée de Micromégas, ce géant de 39 kilomètres de haut ? Ou pour s'imaginer vivre dans les improbables États et empires de la Lune et du Soleil de Cyrano de Bergerac ? Ou juste pour s'étourdir à imaginer ce que pourrait être le néant avant le Big-Bang ? L'Univers, on le voit, donne rapidement le vertige à qui s'y projette. Mais à celles et ceux qui assisteront aux projections de notre Planétarium, je promets de garder *in fine* les pieds sur terre.

Mathieu Schneider
Directeur éditorial

*Notre nouveau
Planétarium sera donc
plus universitaire que
jamais car il donnera
la science à voir et
à éprouver.*





Comment rendre l'incommensurable mesurable ?

Pierre-Alain Duc, directeur de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, nous entraîne dans l'univers de l'astrophysicien, domaine où les échelles spatiales et temporelles semblent dépasser l'entendement. Une immersion dans les sciences de l'Univers ou comment rendre l'incommensurable mesurable ? Comment représenter cet incommensurable ?

Dans l'imaginaire populaire, le personnage de l'astronome s'apparente parfois à celui du Pierrot lunaire, perdu dans les étoiles, hors du temps, de l'espace et des contraintes matérielles. A contrario,

↑ **Pierre-Alain Duc**, directeur de l'Observatoire astronomique de Strasbourg.

on le représente comme un être hyperconnecté, en communication avec l'Univers, capable, grâce à la technologie, de s'affranchir des limites temporelles et spatiales. Ces deux images figurent dans les œuvres cinématographiques : l'astronome est au choix le professeur Barbenfouillis (Georges Méliès, *Le Voyage dans la Lune*), Sheldon Cooper (Jim Parsons, *The Big-Bang Theory*), Dr Randall Mindy (Leonardo DiCaprio, *Don't look up*) ou Dr Eleanor Arroway (Jodie Foster, *Contact*). Le véritable chercheur a lui bien du mal à se reconnaître dans ces clichés.

Le personnage de l'astronome des films de science-fiction qui lui, voyage plus qu'il n'observe, franchit toutes les barrières, passant quasi instantanément d'un système planétaire à l'autre ou hibernant pour les voyages intergalactiques qui de fait prennent un peu plus de temps. En réalité, l'homme n'a pas dépassé la Lune, et la femme la station spatiale internationale.

Nous toutes et tous, enfin, avons fait un jour ou plutôt une nuit, à la campagne, loin de la pollution lumineuse, cette expérience extraordinaire, pour d'aucuns mystique, de la contemplation

du ciel étoilé et de ce sentiment de vertige qui graduellement nous envahit au fur et à mesure que l'œil s'adapte à l'obscurité et perçoit cette immense traînée blanche, notre Voie lactée. En la découvrant, comment ne pas s'interroger sur notre place dans l'Univers, notre (in)signifiante face à l'immensité du temps et de l'espace ?

Mesurer l'immensité est la tâche dévolue au chercheur en astrophysique. Elle ou il arpente l'espace, jalonne le temps et ce faisant, briseur de rêves, déconstruit les mythes et décrédibilise les scénarios de science-fiction. Mais l'astrophysicien n'en est pas moins contemplateur du ciel, mystique quand il prie pour obtenir un financement, un peu astrologue dans ses théories les plus spéculatives, s'imaginant spatonaute, le devenant même parfois - la dernière promotion d'astronautes de l'Agence spatiale européenne (ESA) comporte une astrophysicienne -, fervent lecteur d'ouvrages de science-fiction, et bien sûr astronome qui observe, parfois en amateur. Prenant conscience de son abyssale ignorance du cosmos, il ne peut que s'éclipser. Malgré ou grâce à ses colossaux instruments d'observation, il n'a identifié que moins de 5 % du contenu énergétique de l'Univers ; le reste (matière, énergie, trou) étant tout aussi noir que les peintures du très regretté Pierre Soulages.

Représenter l'incommensurable en développant des outils de visualisation

Alors, pour malgré tout conduire ses travaux, le modeste chercheur a cherché à s'adapter à sa petitesse. Il a pu représenter l'incommensurable en développant des outils de visualisation. Pour rendre cet incommensurable mesurable, il avait dû auparavant transiger pour s'appropriier des échelles spatiales et temporelles autrement inhumaines. Quelles sont d'ailleurs ces grandeurs qui semblent dépasser l'entendement ?

Considérons tout d'abord les échelles de temps, à commencer par celles qui nous sont familières. Quelques dizaines de secondes, le temps d'admirer les photos de cette édition de *Savoir(s)*, ont suffi pour composer, peu après le Big Bang, le noyau de l'atome d'hydrogène, l'élément chimique de loin le plus répandu dans l'Univers. La nucléosynthèse primordiale qui a produit les éléments les plus légers, en particulier l'hélium, s'est déroulée en quelques minutes, le laps de temps de parcourir cet article. Les sursauts gamma, événements les plus énergétiques de l'Univers liés à l'effondrement gravitationnel d'étoiles massives, ou la fusion d'étoiles à neutrons ou trous noirs, persistent

au plus le temps d'une pause-café de durée raisonnable. Il aura probablement fallu juste une demi-journée de travail pour former notre satellite, la Lune, à partir de l'agglomération d'éjecta expulsés dans l'espace suite à la collision entre la proto-Terre et une autre proto-planète.

Si la Terre met un an pour tourner autour du Soleil, la planète Uranus fait sa révolution en une vie humaine, soit 84 ans. Les étoiles les plus massives vivent environ dix millions d'années, temps qu'il a fallu pour que les premiers hominidés terrestres deviennent sapiens. Notre propre étoile, de masse moyenne et à l'espérance de vie nettement plus grande, met environ 250 millions d'années pour orbiter autour de sa galaxie, notre Voie lactée.

Les galaxies se percutent et s'accouplent en quelques centaines de millions d'années. Selon le modèle cosmologique standard, un processus graduel de fusions galactiques successives explique leur croissance.

Ainsi lorsque, peu après le Soleil, la Terre s'est formée il y a 4,6 milliards d'années, la Voie lactée devait être quelque peu différente de cette belle spirale qu'on étudie aujourd'hui à l'Observatoire astronomique de Strasbourg. Il y a quelques semaines, le tout neuf télescope spatial James-Webb (JWST) a révélé que dès 300 millions d'années après le Big Bang, de grosses galaxies existaient déjà. Ce résultat inattendu bouleverse quelque peu nos modèles de formation des galaxies et les échelles de temps associées. Quant au Big Bang, cet acte de naissance symbolique de l'Univers, sa date a été précisément mesurée : 13,8 milliards d'années.

Se rendre compte de l'immensité de l'Univers

Le temps est, avec l'espace, l'une des dimensions d'un continuum qui gouverne la théorie de la relativité générale. Temps et espace sont ainsi étroitement liés. Les distances astronomiques sont d'ailleurs communément mesurées en année-lumière, exploitant la finitude de la vitesse de la lumière. Ainsi, la distance d'un astre donné est mesurée par le temps mis par la lumière qu'il émet pour atteindre la Terre : 1 seconde pour la Lune,

« Nous ignorons encore si l'Univers est borné, fini, fini sans frontières, infini, voire si ces notions topologiques ont un sens mathématique, physique, ou métaphysique. »

8 minutes pour le Soleil, 2,5 millions d'années pour Andromède, la galaxie massive la plus proche, donc située à 2,5 millions d'années-lumière. Mais, pour se rendre compte de l'immensité de l'Univers, convertissons toutes ces mesures dans une unité de distance qui nous est habituelle, le kilomètre.

Depuis plus de 30 ans, le télescope spatial Hubble orbite autour de la Terre à une altitude oscillant entre 500 et 600 kilomètres. Le James-Webb capture depuis neuf mois des images extraordinaires de l'espace depuis le point de Lagrange L2, situé à 1,2 million de kilomètres. Si, il y a déjà plus de cinquante ans, l'homme a réussi à parcourir 384 000 kilomètres pour rejoindre la Lune, il n'est pas encore près de voyager vers la planète Mars, distante d'au moins 56 millions de kilomètres. 150 millions de kilomètres nous séparent du Soleil. Notre étoile étend son influence sur 15 milliards de kilomètres.

Les distances deviennent vertigineuses et inévitablement se pose la question de la taille du cosmos

Aujourd'hui éloignée de près de 25 milliards de kilomètres, la sonde Voyager 1, lancée en 1977, est donc sortie du système solaire, mais encore bien loin de l'étoile la plus proche, Proxima du Centaure, située à 40 000 milliards de kilomètres. Autant dire que les voyages interstellaires relèvent de la science-fiction.

Pour accéder aux confins de la Galaxie, l'utilisation des puissances de 10 devient inévitable ; son rayon approximatif en kilomètres est de trois fois 10 à la puissance 17. Juste un facteur cent supplémentaire, et nous parvenons à notre voisine Andromède, presque un saut de puce au regard des distances mutuelles entre étoiles d'une même galaxie.

Localement, au sein de groupes ou d'amas, les galaxies ne sont finalement pas si éloignées les unes des autres ; c'est d'ailleurs la raison pour laquelle elles peuvent entrer en collision. Mais dans le vaste Univers aujourd'hui en expansion accélérée, les galaxies s'éloignent globalement de plus en plus rapidement. Les distances deviennent vertigineuses et inévitablement se pose la question de la taille du cosmos. Le diamètre de l'Univers dit observable, celui accessible à nos télescopes, est de cent milliards d'années-lumière, soit environ 10 puissance 24 kilomètres. L'Univers réel s'étend bien au-delà. Nous ignorons encore s'il est borné, fini, fini sans frontières, infini, voire si ces notions topologiques ont un sens mathématique, physique ou métaphysique.

De telles distances dépassent les capacités d'appréhension d'un cerveau humain, mais n'empêchent pas les astrophysiciens de travailler. Incapables de se remémorer le nombre de zéro nécessaires pour chiffrer les distances de leurs objets fétiches en kilomètres, ils ont réduit les échelles de grandeur afin qu'elles deviennent commensurables et inventé des unités élémentaires. Nous avons évoqué plus tôt l'année-lumière comme unité de distance. À vrai dire, elle n'est pas utilisée par les chercheurs dans leurs publications. Ils lui préfèrent le parsec (1 pc = 3,26 années-lumière), dont la définition repose sur la notion complexe de parallaxe. En tout cas, avec cette unité quelque peu absconse, l'étoile Proxima Centauri est située à environ un parsec. Jouant avec les préfixes pour s'affranchir des puissances de 10, Andromède se rapproche à un peu moins d'un megaparsec (Mpc), et le Soleil à huit kiloparsec (kpc) du centre de la Galaxie. La Terre est, elle, à 5 10⁻⁶ pc de son étoile, de nouveau un nombre pas facile à retenir. Fixons alors arbitrairement la distance Terre-Soleil à 1 ... Unité astronomique (UA), et sur la lancée la masse du Soleil à une masse solaire, plutôt que 21 030 kg.

Autre astuce pour diminuer des nombres autrement astronomiques, utiliser les logarithmes. Plutôt qu'en ergs/s/cm²/angström, le flux des astres se détermine ainsi en magnitude, avec une échelle allant de 34 pour les objets les plus faibles que pourra détecter le JWST à 1- 4 pour les étoiles visibles à l'œil nu.

Les temps longs ne dépassent guère les quelques milliards d'années

Quant aux mesures temporelles, les astronomes n'ont pas estimé nécessaire de leur imposer une remise à l'échelle. En effet, les temps longs ne dépassent guère les quelques milliards d'années. Le Big Bang s'est produit il n'y a pas si longtemps...

Rapetissé à cerveau d'homme, notre Univers devait ensuite pouvoir être représenté avec des outils ou

« Face à l'incommensurabilité de l'espace et faute de pouvoir le parcourir, les astronomes ont mis l'Univers à l'échelle (humaine) en adaptant leurs unités de mesure. »

médias adaptés. Ce fut longtemps les cartes du ciel, telle celle qui tapisse le globe restauré de Coronelli qui fait la fierté de l'Observatoire astronomique de Strasbourg. De grands sondages du ciel - des images prises dans toutes les directions, couvrant l'ensemble de la voûte céleste - sont désormais accessibles à toute la communauté des chercheurs professionnels ou amateurs via des outils plus modernes. Pour explorer ce flot de données, ils disposent de protocoles de partage, ceux de l'observatoire virtuel, et d'outils de navigation développés, entre autres, par le Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS), plateforme hébergée par l'Observatoire astronomique. Ainsi Aladin, sorte de Google Maps du ciel, permet de parcourir l'Univers depuis son ordinateur ou son smartphone. Il fournit aussi, tel Google Street, les images *in situ* acquises avec de multiples télescopes, terrestres ou spatiaux, et stockées et partagées dans les serveurs du CDS. Très bientôt, le nouveau Planétarium de l'Université de Strasbourg, permettra d'accéder aux données du CDS en mode immersif. Ses outils de projection, combinant images réelles et virtuelles, offriront aux spectateurs avides de *Savoir(s)* un voyage cosmique spectaculaire à travers l'espace, et ce à moindres frais.

Si certains phénomènes astrophysiques se déroulent avec des échelles de temps courtes - c'est le cas des explosions d'étoiles que l'on peut suivre en direct quand elles se produisent -, d'autres processus sont nettement plus lents. Ainsi, les fusions qui déchirent les galaxies prennent des centaines de millions d'années pour s'achever, mettant à mal la patience des astronomes qui les étudient. Ils ont alors inventé dès les années 1970 les simulations numériques. Elles accélèrent les phénomènes cosmiques tout en reproduisant à un instant donné les vrais objets du ciel. Au XXI^e siècle, les images générées par les ordinateurs à partir de codes implémentant les lois de la physique et intégrant désormais des méthodes dites d'intelligence artificielle, atteignent un niveau de réalisme qui les rendent quasi indiscernables des images issues des observations. Pour certains phénomènes comme les collisions galactiques, les simulations les dépassent même par leur finesse et niveau de précision. Changeant les paramètres initiaux, les cosmologues triturent les lois de l'Univers à leur guise, faisant fi de ses dimensions, mais oubliant parfois la complexité des phénomènes en jeu, qui rend leurs modèles vulnérables.

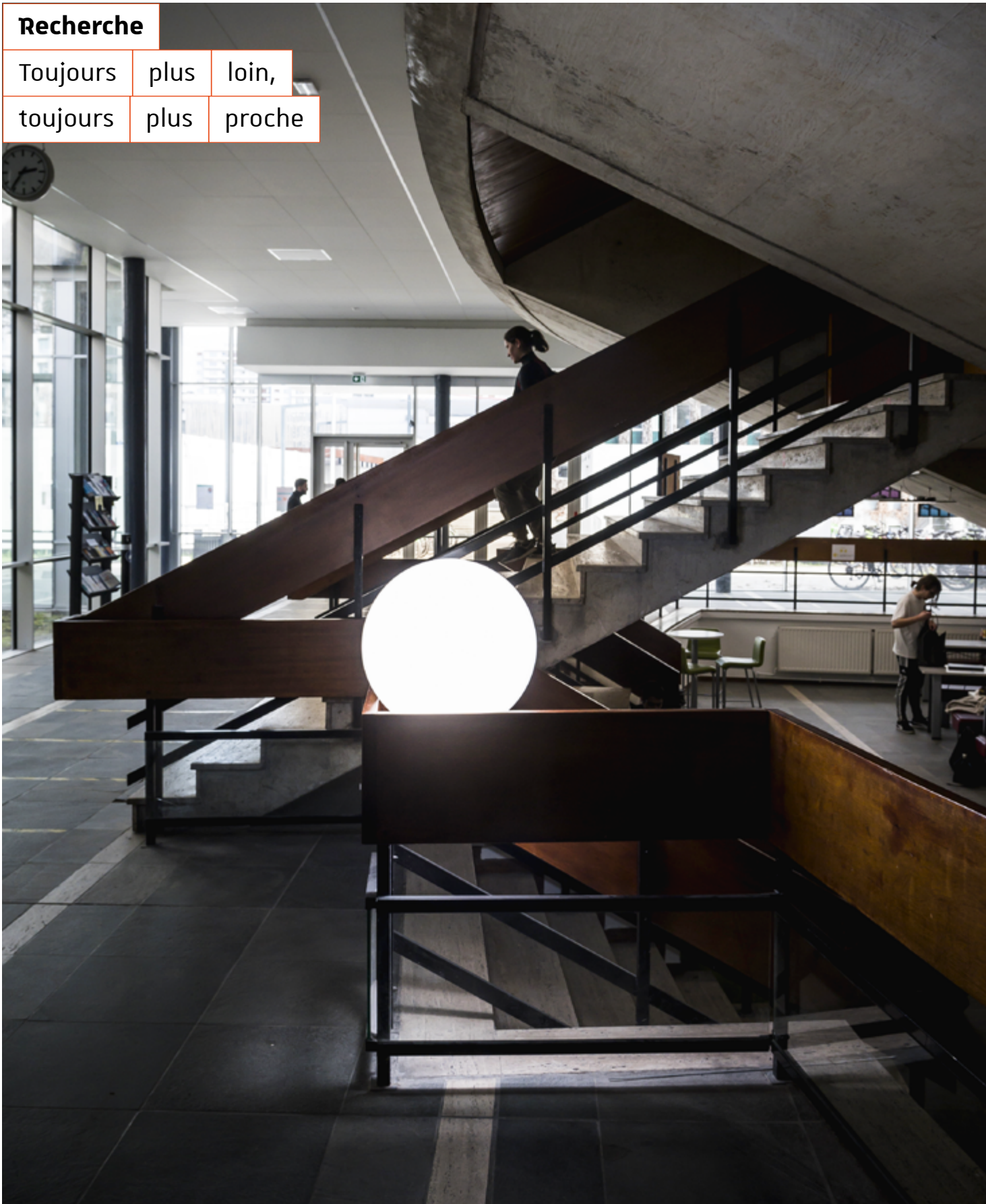
Ainsi, pour faire face à l'incommensurabilité de l'espace et faute de pouvoir le parcourir, les astronomes ont mis l'Univers à l'échelle (humaine) en adaptant leurs unités de mesure. Grâce à l'observatoire virtuel et ses outils de navigation, ils l'ont mis aux normes. Finalement démiurges, ils l'ont reconstitué et mis en boîte dans des supercalculateurs. Mais l'incommensurable oblige à la modestie, celle de reconnaître que tout n'est pas encore mesurable (comme sa taille), et qu'avec une connaissance parcellaire de seulement 5 % de son contenu, les modèles cosmologiques de référence demeurent très fragiles.

■ Pierre-Alain Duc



Recherche

Toujours plus loin,
toujours plus proche



Une boîte à outils pour cartographier les étoiles

Tout comme les galaxies, constellations et autres nébuleuses, les outils servant à les cartographier portent des noms propres à susciter la rêverie et titiller l'imaginaire... Pierre Fernique, ingénieur informaticien au Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS), nous fait décoller vers l'espace... depuis son écran d'ordinateur !

Pierre Fernique fait partie de la « maison » CDS depuis 27 ans. En trois décennies, il a vu les outils de manipulation de données évoluer, « *leurs capacités croître de façon exponentielle* ». Ce qui n'a pas varié en revanche, c'est la mission de collecte et de partage des données astronomiques, attribuée au CDS depuis sa création, en 1972. « *L'ouverture des connaissances à toute la communauté scientifique et même au-delà est dans l'ADN de cette discipline* », souligne l'ingénieur informaticien.

Comme souvent quand il est question de l'espace, tout est question d'échelle : « *Plus on zoome dans la carte, plus on a accès à des informations détaillées.* » Petit tour d'horizon.

Aladin

Cet atlas interactif offre une vision à 360 degrés sur le ciel digitalisé. L'accès est libre et gratuit, « *en version Lite dans un simple navigateur web, ou dans un logiciel dédié plus poussé Alladin Desktop, pour un public averti* ». Principal intérêt de l'outil : « *Il permet de superposer et combiner la plupart des données scientifiques et relevés images en astronomie.* » Pour offrir l'accès à une masse de données considérable, la technologie qui a été trouvée par les développeurs est celle de « *l'assemblage d'images sous forme de tuiles hiérarchiques* », façon puzzle multicouche (lire l'encadré).

Les données récoltées proviennent des télescopes et satellites des grandes missions d'observation internationales, unies derrière un protocole d'échange, sous l'égide de l'International Virtual Observatory Alliance (Ivoa).

VizieR

Ce service recense plus de 20 000 catalogues astronomiques, dont l'emblématique Gaia. Issu du télescope spatial du même nom, ce catalogue nous renseigne sur la position de plus de 1,8 milliard d'astres, principalement de notre galaxie, « *proche banlieue de la Terre à l'échelle de l'Univers* », souligne Pierre Fernique. Il s'agit donc essentiellement d'étoiles, pour lesquelles sont déterminés le plus précisément possible la position et le mouvement. En revanche, nous n'avons pas d'images du ciel pour Gaia, car le volume d'informations aurait été bien trop important, et seuls les paramètres de mesures sont transmis sur Terre.

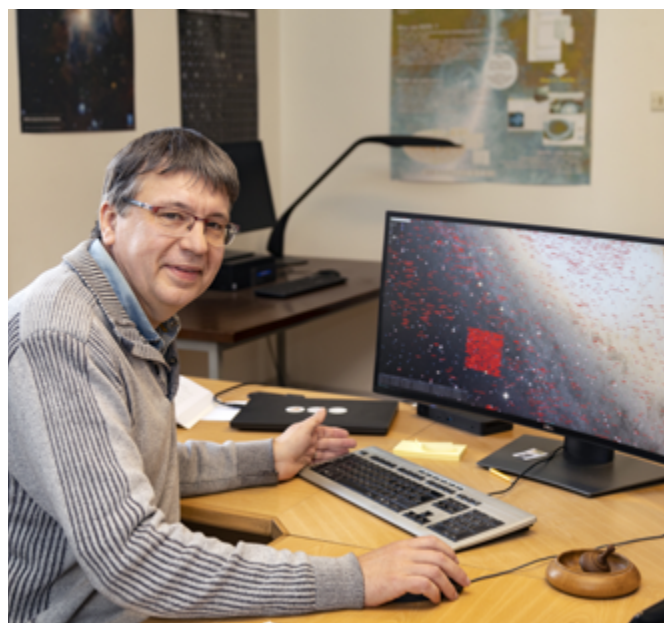
Développement maison

Les outils associés aux services Simbad, VizieR et Aladin sont des développements « maison » élaborés, réalisés et maintenus par les ingénieurs du CDS, avec les suggestions, recommandations et retours des astronomes et documentalistes du CDS ainsi que des utilisateurs.

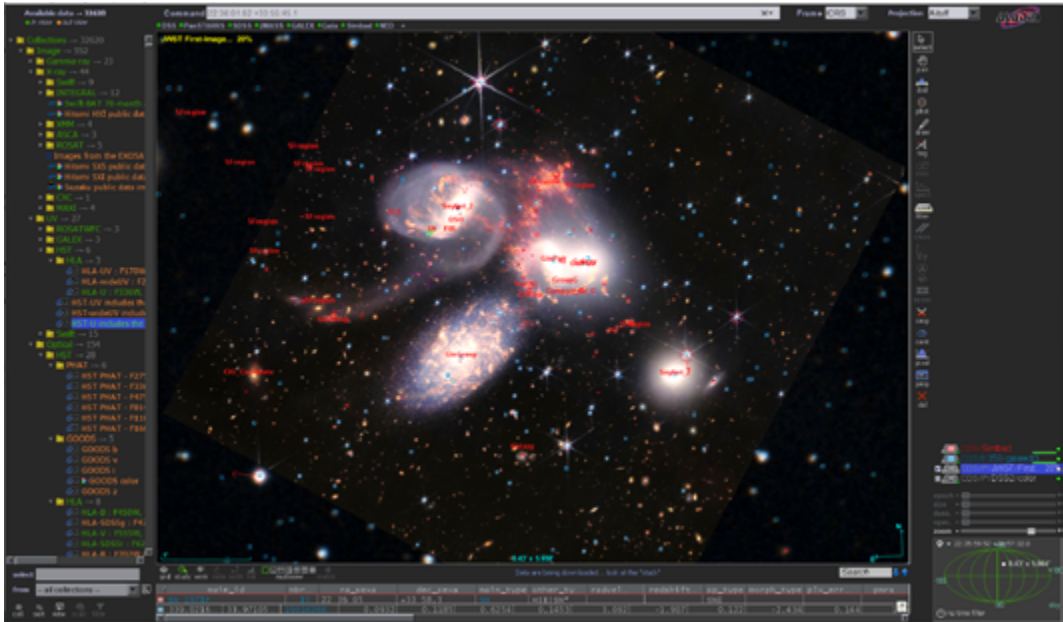
2,5 millions
de requêtes
journalières (contre
1 million en 2018)

Les données images
représentent plus de
400 000 milliards
de pixels

600 To
de données
sont stockés
à l'université



Le CDS fonctionne selon un triptyque de compétences complémentaires : astronomes, ingénieurs en informatique et documentalistes. « *Nous ne sommes qu'une quarantaine, et ça change tout quand on a juste un couloir à franchir pour discuter, en commençant par prendre un café ensemble !* » s'enthousiasme Pierre Fernique, lui-même ingénieur en informatique.



Aladin Desktop : visualisation du relevé image hiérarchique Digitized Sky Surveys (STScI/NASA) avec, en superposition, les toutes premières images obtenues par le nouveau télescope spatial JWST centrées sur le groupe de galaxies Stephan's Quintet, ainsi qu'en surimpression les données de Simbad et de Gaia.

Simbad

Cette base de données recense les objets astronomiques étudiés dans la littérature scientifique. Dans Simbad, le travail des documentalistes est clé : *« Ils sont chargés d'extraire des publications scientifiques les informations sur ces objets d'intérêt. »* Bien moins que le 1,8 milliard de Gaia, cela représente tout de même plus de 14 millions d'objets. Mais alors, pourquoi ces objets en particulier ? *« Globalement, tout ce qui sort de l'ordinaire intéresse les scientifiques. Par exemple, c'est en analysant les premières photos du ciel et leurs milliers de points plus ou moins lumineux formés par les étoiles que les astronomes se sont intéressés à certaines taches étranges, qui sortaient de l'ordinaire : ils découvraient les galaxies. L'analyse ultérieure de ces objets a permis de déterminer que ceux-ci se situaient à des millions d'années-lumière, bien plus loin que les étoiles de notre galaxie. »*

■ Elsa Collobert

Évolution technologique : retour vers le futur

Imaginé à Strasbourg, le système de maillage du ciel sous forme de tuiles hiérarchiques est aujourd'hui largement repris dans les outils de cartographie spatiale. Et probablement, dans un avenir proche, ce type d'outils pourrait entrer dans une nouvelle dimension : *« On ne va plus raisonner à plat, en 2D, mais en 3D, manipuler des cubes de données, tels que ceux que va nous fournir la mission Square Kilometer Array. La manipulation de tels volumes nous met face à de nombreux défis. »*

Bien souvent, la technologie prévue dans les missions en cours d'élaboration prévoit des volumes deux à trois ans en avance par rapport aux capacités de traitements et de transmissions disponibles aujourd'hui. *« C'est un peu un pari ! Mais si on retourne le problème, dans dix ans, cela nous paraîtra probablement ridicule, tout comme les mémoires de nos petits smartphones d'aujourd'hui ont largement la capacité de mémoriser les "énormes" bases de données de mes débuts au CDS. »*

Les météorites et les métaux simples à l'origine du vivant ?

Qui est apparu en premier, les enzymes ou le métabolisme ? Selon certains scientifiques, le métabolisme pourrait se créer de manière spontanée, apportant un éclairage nouveau sur l'apparition de la vie sur Terre. Des chercheurs de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Isis), montrent que l'hydrogène associé à des métaux simples ou des météorites permet d'activer le cycle de Krebs inverse, une voie métabolique essentielle.



Joseph Moran, directeur du laboratoire de catalyse chimique de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Isis).

L'apparition de la vie il y a quelque 3,5 milliards d'années est l'un des plus grands mystères de la science. Les organismes vivants sont d'une telle complexité, qu'il est difficile de comprendre de quelle manière ils sont apparus sur Terre. Toutes les cellules vivantes comportent différentes voies métaboliques qui leur permettent de transformer une source d'énergie telle que la nourriture en éléments indispensables à la vie. Ces processus nécessitent

un système sophistiqué pour fonctionner, avec notamment l'intervention de molécules très complexes, les enzymes. Dès lors, il est légitime de se poser la question : qui est apparu en premier, les enzymes ou le métabolisme ?

Partant du postulat que les voies métaboliques pourraient s'opérer en l'absence de ces molécules complexes et avoir été ainsi à l'origine de la série d'événements qui a conduit à la naissance de la vie sur notre planète, les scientifiques de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Université de Strasbourg/CNRS) se sont intéressés à un processus cellulaire fondamental, le cycle de Krebs inverse, qui est apparu pour la première fois dans des cellules très anciennes. « *Nous avons choisi le cycle de Krebs qui est particulièrement intéressant pour deux raisons, c'est un réseau de réactions dit autocatalytique, dont le catalyseur figure parmi*



Météorite issue des collections du Musée de minéralogie de l'Université de Strasbourg.

les produits de la réaction. Chaque fois que le cycle tourne, une nouvelle molécule est générée. De plus, les produits de ce cycle sont tous essentiels à la vie », souligne Joseph Moran.

Une combinaison idéale, hydrogène et météorites

En 2017, l'équipe de Joseph Moran avait déjà montré que le fer métallique associé à des ions de zinc et de chrome permet de faire tourner plus de la moitié du cycle de Krebs inverse. Une avancée prometteuse qui nécessite cependant des conditions trop chaudes et acides pour être pertinentes à l'origine de la vie.

Dans cette nouvelle étude, les chercheurs se sont penchés sur l'hydrogène, qui non seulement est produit aujourd'hui de la même façon qu'il y a quelques milliards d'années, mais est aussi utilisé par les bactéries modernes comme par les organismes les plus anciens. Pour se rapprocher au mieux des conditions primitives, les scientifiques ont utilisé des météorites et des métaux simples présents lors de la formation du système solaire. Avec cette combinaison idéale, hydrogène et météorites, les scientifiques ont réussi à enclencher une partie du cycle de Krebs inverse sans enzyme, sans le vivant.

Ces résultats, publiés en octobre dernier dans la revue *Angewandte Chemie*, permettent de mieux comprendre l'apparition des processus dynamiques du vivant. Les chercheurs vont maintenant étudier d'autres voies métaboliques présentes dans les cellules du vivant pour voir si, elles aussi, peuvent s'opérer dans ces mêmes conditions.

■ Mathilde Hubert

Observation conjointe Terre-Espace ?

Observer depuis le sol ou depuis un satellite dans l'espace... Les deux missions internationales Euclid et Svom, auxquelles participe l'Observatoire astronomique de Strasbourg, associent les deux méthodes pour étudier l'expansion de l'Univers, les galaxies proches et les sursauts gamma. Leur lancement aura lieu en 2023.

Euclid : l'opportunité de l'observation de l'Univers local par celle de l'Univers lointain



Pierre Maggi, astronome adjoint au Centre de données astronomiques.

Euclid est une importante mission européenne impliquant 1500 personnes dans le monde, dans plus de 200 laboratoires de seize pays. Ce télescope de l'ESA, l'Agence spatiale européenne, sera lancé en juillet 2023 pour étudier l'accélération de l'expansion de l'Univers sous l'effet de l'énergie noire, cette force encore mystérieuse. Il observera, en lumière visible et dans le proche infrarouge, des milliards de galaxies lointaines, avec une couverture importante du ciel de 36 %.

« Une chance incroyable »

Six chercheurs de l'Observatoire astronomique sont impliqués dans le programme. Ce qui les intéresse n'est pas l'Univers lointain, objectif de la mission, mais l'Univers local, proche de nous. « Observer dans l'infrarouge depuis le sol est très difficile en raison de l'atmosphère terrestre. C'est une chance incroyable pour nous d'avoir ce télescope infrarouge dans l'espace. Nous exploiterons les données relatives aux étoiles et aux galaxies proches, qui n'intéressent pas les chercheurs du programme principal », explique Ariane Lançon, enseignante-chercheuse en astronomie. Autrement dit, le non-désiré pour les uns est une ressource pour les autres.

Étoiles « fossiles »

« Nous pourrions observer les parties externes des galaxies, où se trouvent des traces de leur histoire, de leurs interactions avec leurs voisines. S'y trouvent aussi les amas globulaires, mon champ de recherche. Ces groupes de 100 000 étoiles, nées en même temps, gravitent autour des galaxies. Elles sont très précoces, parmi les premières formées, elles sont un peu comme un fossile riche d'informations. Tout ceci nous renseigne sur l'évolution stellaire », poursuit-elle.

Euclid est mené en collaboration avec des missions au sol, comme les télescopes Canada-France-Hawaï et Vera-Rubin au Chili. Ces observations dans le spectre visible complètent et précisent celles réalisées dans l'espace, par exemple pour qualifier le type de galaxie. « C'est une première, à ma connaissance, que la réussite d'une mission spatiale soit si dépendante d'observations au sol et que ce soit planifié dès le départ », souligne l'astronome.

Participants de l'Observatoire astronomique au programme : Mathieu Béthermin, Pierre-Alain Duc, Katarina Kraljic, Ariane Lançon, Mathias Urbano, Karina Voggel.

« C'est une première, à ma connaissance, que la réussite d'une mission spatiale soit si dépendante d'observations au sol et que ce soit planifié dès le départ. »

Svom : les sursauts gamma, phénomènes les plus énergétiques depuis le Big Bang

La mission franco-chinoise Svom (Space-based multi-band astronomical Variable Objects Monitor) est consacrée à l'étude des plus lointaines explosions d'étoiles, les sursauts gamma. Ce sont les objets cosmiques les plus brillants et riches en énergie depuis le Big Bang. Ils sont aléatoires, rares et brefs. Ces explosions de rayons gamma (photons de très haute énergie) dégagent une puissance équivalente à plus d'un milliard de milliards de soleils. Découverts par hasard en 1967, ils sont

expliqués dans les années 1990. Les très courts (moins de 2 secondes) seraient liés à la collision d'étoiles à neutrons, les plus longs (quelques minutes) à l'explosion d'étoiles massives en fin de vie, les supernovas.

Stratégie sol-espace

Svom combine un télescope spatial en orbite autour de la Terre (nécessaire pour les détecter, car les rayons gamma sont absorbés par l'atmosphère), et des instruments dédiés au sol pour observer le phénomène dans le visible, les rayons X et l'infrarouge. « Les appareils sont interconnectés. Quand un sursaut gamma est détecté quelque part dans le ciel, l'information est transmise en temps réel vers les autres instruments pour les repointer vers ce sursaut », explique Pierre Maggi, astronome adjoint. « Notre expertise porte sur un des quatre instruments embarqués, le télescope MXT pour l'observation dans les rayons X. Plus précisément, elle porte sur l'analyse de ces données. Nous réalisons la chaîne de traitement pour mettre en commun les données (collecte, calibration, images...) »

Sondes cosmologiques

Les scientifiques prévoient de détecter au moins 50 sursauts gamma par an. Les observations permettront de mieux connaître leur origine et



Le satellite Svom embarque quatre instruments d'observation, dont le télescope MXT (cube gris en haut à gauche), domaine d'expertise de l'observatoire.

leur distribution. « L'intérêt scientifique est aussi de les utiliser comme sondes cosmologiques : situés dans des galaxies très lointaines, ils fournissent des informations sur les débuts de notre univers », souligne Pierre Maggi. Lancement prévu en décembre 2023.

Participants de l'Observatoire astronomique au programme : Patrick Guillout, Alexis Lorang, Pierre Maggi, Laurent Michel, Christian Motch.

■ Stéphanie Robert

 Pour en savoir plus : svom.eu

L'espace au service de la Terre



Stephen Clandillon, directeur du Service régional de traitement d'image et de télé-détection.

Inondations, incendies, cyclones, séismes... aucune catastrophe n'échappe au Service régional de traitement d'image et de télé-détection, capable de traduire les images satellite en informations géographiques compréhensibles et utiles aux acteurs de la gestion

des risques et des crises. Explications avec son directeur, Stephen Clandillon.

À quoi sert le Service régional de traitement d'image et de télé-détection (Sertit) ?

Le Sertit, créé en 1986, est une plateforme technologique et de services du laboratoire ICube (Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie). Sa mission est de transformer des images spatiales en informations géographiques : il offre des solutions aux problématiques de gestion des risques, d'aménagement du territoire, et de gestion des ressources naturelles. Son service de cartographie rapide, opérationnel 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, 365 jours sur 365, intervient en urgence lors de catastrophes naturelles ou industrielles, afin d'aider les gestionnaires de la crise dans la prise de décision. Les cartographies produites sont utilisées pour dimensionner les équipes de secours, les orienter sur le terrain, prioriser les zones d'intervention, calculer le coût d'un événement, et en retour d'expérience pour prévenir tout nouvel événement. Le Sertit est intervenu lors du tsunami en Asie du Sud-Est en 2004, sur le

séisme en Haïti en 2010, et plus récemment lors des incendies en Gironde durant l'été 2022. Grâce à sa collaboration avec les agences spatiales française (Centre national d'études spatiales) et européenne (Agence spatiale européenne), et le Cogic (Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises), le Sertit est devenu un pionnier du domaine.

Qui sont vos clients ? Comment vous sollicitent-ils ?

Dans le domaine spécifique de la gestion des risques et des crises, plusieurs types de clients « utilisateurs » font appel à nous : les services de

sécurité civile, ceux de l'État chargés de la gestion des risques ou encore les assurances. Nous sommes opérateur du dispositif européen Copernicus *emergency management service – Rapid mapping*, de la Commission européenne, aux côtés de huit partenaires. En parallèle, le Sertit est sous contrat avec le Centre national d'études spatiales (Cnes) pour intervenir dans le cadre de la Charte internationale espace et catastrophes majeures.

D'où proviennent les images ? Quelles compétences utilisez-vous pour les interpréter ?

Les images utilisées proviennent principalement du dispositif européen Copernicus *emergency management service* et de la Charte internationale espace et catastrophes naturelles majeures. Copernicus est sous contrat avec de nombreux fournisseurs de données mondiaux, et les agences spatiales membres de la Charte internationale se sont engagées à acquérir et fournir gratuitement et en très peu de temps

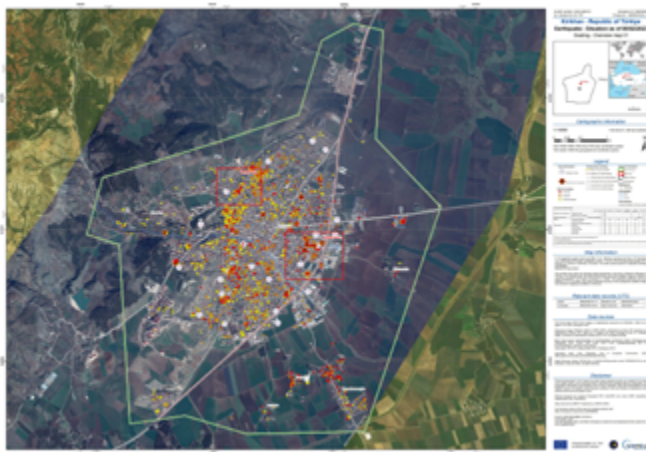
les images satellites que nous leur demandons lors de catastrophes. Sur des bâtiments, la résolution de l'image peut être de 50 centimètres, voire moins. Au contraire, sur des zones beaucoup plus vastes, par exemple lors d'inondations, nous utilisons des images avec une moindre résolution. Pour les incendies, Copernicus peut nous livrer des images aux canaux moyen infrarouge : elles ne sont pas aussi précises, mais elles mettent en évidence les feux actifs et permettent de lire à travers les voiles de fumée. Au Sertit, ces données sont traitées par des géographes, des géologues, des informaticiens, des *data scientists*. Aujourd'hui, l'informatique prend de plus en plus de place et permet de traiter plus rapidement beaucoup plus de données.

■ Propos recueillis par Jean de Miscault

« Les cartographies produites sont utilisées pour dimensionner les équipes de secours, les orienter sur le terrain, prioriser les zones d'intervention, calculer le coût d'un évènement. »

En première ligne sur le séisme en Turquie et en Syrie

Le premier séisme en Turquie et en Syrie a eu lieu le 6 février 2023, à 1 h 17 du matin. Le Sertit en a été informé dans l'heure suivante. Son service de cartographie rapide a été « activé » par la Commission européenne à 4 h 43. « Notre principal défi a été de savoir immédiatement quelles zones avaient été les plus impactées, raconte Stephen Clandillon. À la réception des premières images, huit collaborateurs se sont immédiatement mis au travail et relayés nuit et jour pour analyser les quatre zones d'intérêt attribuées au Sertit. En parallèle, nos partenaires européens s'activaient sur d'autres secteurs, c'était un vrai travail d'équipe ! En même temps, l'organisme était mobilisé sur les mégafeux du Chili. » Les premières cartes ont été livrées dès le 7 février. Il a notamment fallu composer avec des conditions météorologiques défavorables : nuages masquant les zones d'intérêt et neige couvrant les dégâts. Au fur et à mesure de l'arrivée de nouvelles images, jour après jour, les résultats ont pu être affinés. « Mais on ne voit pas toujours tous les dommages à partir des images satellites, regrette le directeur du Sertit. Les observations étant faites à la verticale, un bâtiment peut paraître intact si le toit ne présente pas de dommage, alors que plusieurs étages se sont en réalité affaissés ; dans ce cas, seuls les débris alentour fournissent un indice. »



Cartographie du niveau de dommages des bâtiments à Kirikhan (Turquie) suite au séisme du 6 février 2023, effectuée par le Sertit dans le cadre de Copernicus.

L'espace et l'économie entrent en phase

Des prémices de la conquête spatiale jusqu'à la mise en orbite de constellations de satellites, les soixante dernières années ont vu l'émergence du secteur spatial. Initialement tourné vers l'exploration scientifique de notre Univers, il est devenu un secteur économique à part entière, qui repousse sans cesse ses frontières.



Laurent Bach, membre du Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta).

« Historiquement, en Europe, les pouvoirs publics ont toujours été à la source des financements du secteur spatial, via de grands programmes budgétés sur plusieurs années, procurant ainsi une certaine stabilité », explique Laurent Bach, maître de conférences à la Faculté des sciences économiques et de gestion et membre du Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta). Depuis les

années 1970, l'impact économique des programmes spatiaux en Europe est l'une des thématiques de recherche de ce laboratoire rattaché à l'Université de Strasbourg. Un sujet où le Beta a su développer une expertise reconnue, grâce à ses nombreuses études, lui permettant de nouer des partenariats avec de nombreuses institutions, comme récemment pour le financement d'une thèse* avec le Centre national d'études spatiales.

« La majeure partie des financements provient du budget de l'Agence spatiale européenne, l'ESA, auquel tous les pays membres contribuent. Cette agence lance de grands programmes de recherche et de développement qui impliquent la participation de laboratoires et d'entreprises disséminés sur tout le continent. Ces acteurs œuvrent de concert, le plus souvent sous la forme de consortiums. Ceci a permis de structurer toute une industrie qui fonctionne en réseau et a aussi donné naissance à quelques grands groupes », précise l'économiste. Lorsque les

technologies arrivent à maturité, les entreprises privées, riches des compétences et connaissances qu'elles ont acquises, prennent le relais. Le meilleur exemple en la matière est celui d'Arianespace.

Le secteur spatial, partie émergée d'un iceberg

Eurospace, une des associations qui représente les entreprises du secteur, évalue à 53 000 le nombre d'emplois directs en 2021 en Europe, et des financements publics annuels de l'ordre de 10 milliards d'euros. Ces chiffres ne sont que la partie émergée d'un iceberg car les effets de l'exploration spatiale sur l'économie vont bien au-delà. Il existe une multitude d'impacts indirects qui ont tendance à s'accroître et se diversifier de plus en plus : accumulation de connaissances scientifiques dans les laboratoires, développement de compétences dans l'industrie, transferts de technologies et de procédés de fabrication innovants, process de management de projets internationaux de grande envergure... La liste est longue mais ces répercussions sont difficilement quantifiables tant elles sont disséminées.

« Le phénomène que l'on observe à l'heure actuelle est celui d'un développement considérable de nouveaux usages du spatial. »

« Le phénomène que l'on observe à l'heure actuelle est celui d'un développement considérable de nouveaux usages du spatial. De nombreuses entreprises recourent à des données issues de l'espace pour bâtir des services destinés aux professionnels ou aux particuliers : imagerie satellitaire, géolocalisation, observation du climat... En France on compte 200 à 300 start-up qui proposent des applications innovantes pour des secteurs comme l'agriculture, l'assurance ou la logistique. De grands groupes en font également usage. Google, par exemple, est un gros consommateur d'informations provenant de l'espace, notamment la géolocalisation, pour les intégrer à ses services et enrichir l'expérience de ses utilisateurs. »

Ce mouvement, appelé « New Space », a émergé aux États-Unis. Désormais l'initiative ne vient plus de la puissance publique mais d'entreprises privées qui tirent le marché du côté de la demande. « On a connu une première phase avec des transferts de la Terre à l'espace. On est entrés dans une deuxième phase, où l'espace vient à son tour nourrir l'économie. »

■ Edern Appéré

* Accompagner les mutations des secteurs commerciaux exploitant les infrastructures spatiales : analyse économique et développement d'indicateurs économiques.

Synthèse des éléments au cœur des étoiles

Comment se forment les éléments qui constituent la matière ? Marcel Heine, chercheur au sein du Département de recherches subatomiques de l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien (IPHC) s'intéresse aux réactions de fusion nucléaire qui se tiennent au cœur des étoiles et plus particulièrement la fusion du carbone.



Marcel Heine, chercheur au sein du Département de recherches subatomiques de l'Institut pluridisciplinaire Hubert-Curien (IPHC).

Les étoiles naissent, brûlent et meurent. Elles se forment à partir de nuages de gaz composés principalement d'hydrogène et d'hélium. Le premier, majoritaire, est le combustible des astres. Au cœur de l'étoile, l'endroit le plus chaud, les atomes fusionnent pour former des particules de masse plus élevées. Cet ensemble de réactions est appelé nucléosynthèse, elles permettent de former l'ensemble des atomes présents dans l'Univers. « Au cours de sa

vie, l'étoile traverse différents stades. La fusion du carbone correspond à la troisième des cinq étapes de fusion de la nucléosynthèse », explique Marcel Heine. Dans les étoiles de masse suffisante, se forment par fusions successives l'ensemble des éléments connus et nécessaires à la vie sur Terre : hélium, béryllium, carbone, oxygène, etc. jusqu'à l'atome de fer. « L'énergie dégagée par ces réactions de fusion est colossale, mais ce n'est rien comparé à l'explosion d'une supernova, la phase finale de nucléosynthèse permettant de créer les atomes les plus lourds à partir des réactions de fusion du fer », poursuit-il.

La formation et la combustion du carbone sont précisément les réactions qu'étudie l'équipe du Département de recherches subatomiques. « Nous nous intéressons aux étoiles qui sont actives et qui ont une masse suffisante », précise Marcel Heine. Seule une étoile de huit à dix fois la masse solaire

peut initier la combustion du carbone. « En 2015, grâce à un financement Initiative d'excellence (Idex) de l'Université de Strasbourg, j'ai contribué en tant que post-doc à la construction de Stella (Stellar Laboratory), un appareil permettant de mesurer les rayonnements issus des réactions de fusion nucléaire reproduites expérimentalement », relate le chercheur. Pour ce faire, l'appareil est hébergé au Laboratoire de physique des deux infinis Irène Joliot-Curie (IJCLab) à Orsay à proximité de l'accélérateur de particules Andromède, nécessaire aux expérimentations.

Une excellente résolution temporelle

La spécificité d'Andromède est sa capacité à produire des faisceaux de haute intensité, avec une bonne sous-pression de bruit de fond, pendant des semaines de mesure. C'est seulement à ces conditions que les chercheurs peuvent mesurer le rayonnement gamma issu de la fusion de deux atomes de Carbone 12 en Magnésium 24. « Stella est l'appareil de mesure le plus avancé techniquement dans le domaine aujourd'hui. Il permet notamment une excellente résolution temporelle », se félicite Marcel Heine. Stella désigne à la fois l'appareil de mesure et l'équipe interdisciplinaire qui collabore sur le projet.

Années après années, des étudiants de master et doctorants rejoignent l'équipe pour travailler au développement des détecteurs, étudier des simulations et effectuer des mesures.

Alors que les étoiles sont des objets gigantesques qui dégagent une énergie colossale, il faudra des semaines d'observation à Stella pour enregistrer la preuve d'une réaction de fusion de deux atomes de Carbone 12 en Magnésium 24. « L'énergie dégagée par les étoiles trouve son origine dans des réactions de fusion ayant lieu à l'échelle de l'atome. Il est saisissant de penser que la nucléosynthèse, à l'origine de tous les éléments qui constituent la matière, ne peut avoir lieu que dans ces étoiles de taille gigantesque », conclut le chercheur.

■ E. A.

« Il est saisissant de penser que la nucléosynthèse, à l'origine de tous les éléments qui constituent la matière, ne peut avoir lieu que dans ces étoiles de taille gigantesque. »

Musique et *kosmos*, la quête d'une théorie unifiée

Sylvain Perrot est archéologue, philologue et historien, spécialiste de la musique dans la Grèce antique. Parmi ses sujets d'étude, une théorie scientifique mêlant musique et astronomie : la théorie de l'harmonie des sphères.



Sylvain Perrot, chargé de recherche au sein du laboratoire Archéologie et histoire ancienne : Méditerranée – Europe (Archimède)*.

« Il n'existe aucune activité humaine qui ne se fasse sans musique. » C'est en ces termes que la place prépondérante de la musique dans la Grèce antique est décrite par Aristide Quintilien, musicographe du II^e siècle, dans son traité *Sur la musique*. Pour les Grecs, la musique est un objet sensible qui rythme le quotidien : le sport, les cultes, le théâtre, etc. La musique est également un objet d'étude. Parmi les différentes approches scientifiques,

l'école des Pythagoriciens se distingue par son approche mathématique. « Pour ces philosophes et scientifiques, le monde peut être expliqué par le nombre, explique Sylvain Perrot. De leur point de vue, la musique est comprise comme un ensemble de rapports mathématiques. »

Il y a des points de convergence entre la démarche des Pythagoriciens et celles des

astronomes

contemporains.

Lorsqu'ils étudient la musique, les Pythagoriciens s'intéressent en premier lieu aux intervalles agréables à l'oreille appelés consonants, soit la quarte, la quinte et l'octave. En examinant la différence de longueur des cordes correspondant à chaque intervalle sur le monocorde, instrument de mesure gradué, ils remarquent qu'en plaçant le curseur à la moitié de la longueur, ils obtiennent la même note, mais à l'octave supérieure. Ainsi, l'octave a un rapport de 2/1. De même, la quinte équivaut à

un rapport de 3/2 et la quarte de 4/3. Chacun de ses rapports peut être formalisé de la façon suivante : $(n+1)/n$. « Le fait que les trois intervalles consonants soient agencés dans l'espace selon le même type de proportion constitue pour les Pythagoriciens une preuve de l'existence d'un juste ordonnancement du monde. C'est un signe de perfection, de vérité. »

Une « idée de juste agencement et d'accord »

C'est avec la même approche mathématique que certains Pythagoriciens étudient l'astronomie. Dans leur théorie de l'harmonie des sphères, ils appliquent la mécanique des rapports numériques de distance entre les notes aux distances entre les astres. « Le terme harmonia en grec comprend à la fois l'idée de juste agencement et d'accord, et même d'octave. Les sphères désignent les astres. La théorie de l'harmonie des sphères tente de faire la démonstration que les planètes sont agencées dans le kosmos en suivant les mêmes règles qui régissent l'agencement des notes dans une échelle musicale », conclut Sylvain Perrot.

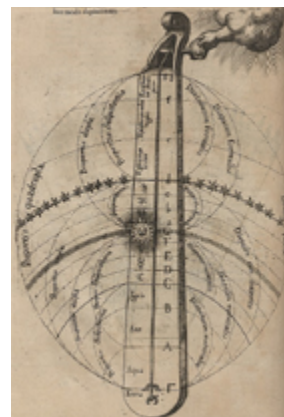
Cette idée fera son chemin de Platon jusqu'à Kepler. Elle connaît également des détracteurs, parmi lesquels Aristote. Certes, elle se base sur un modèle planétaire géocentrique et les Grecs n'avaient pas connaissance de l'existence de Pluton, Neptune ou Uranus. Il y a pourtant des points de convergence entre la démarche des Pythagoriciens et celles des astronomes contemporains. Le ciel reste une source d'inspiration vers laquelle les hommes de la Grèce antique et ceux de nos jours lèvent les yeux à la recherche d'une théorie unifiée leur permettant de comprendre le monde.

■ Fanny Cygan

* rattaché au Centre de recherche et d'expérimentation sur l'acte artistique (Institut thématique interdisciplinaire CREAA).

Le monocorde du monde

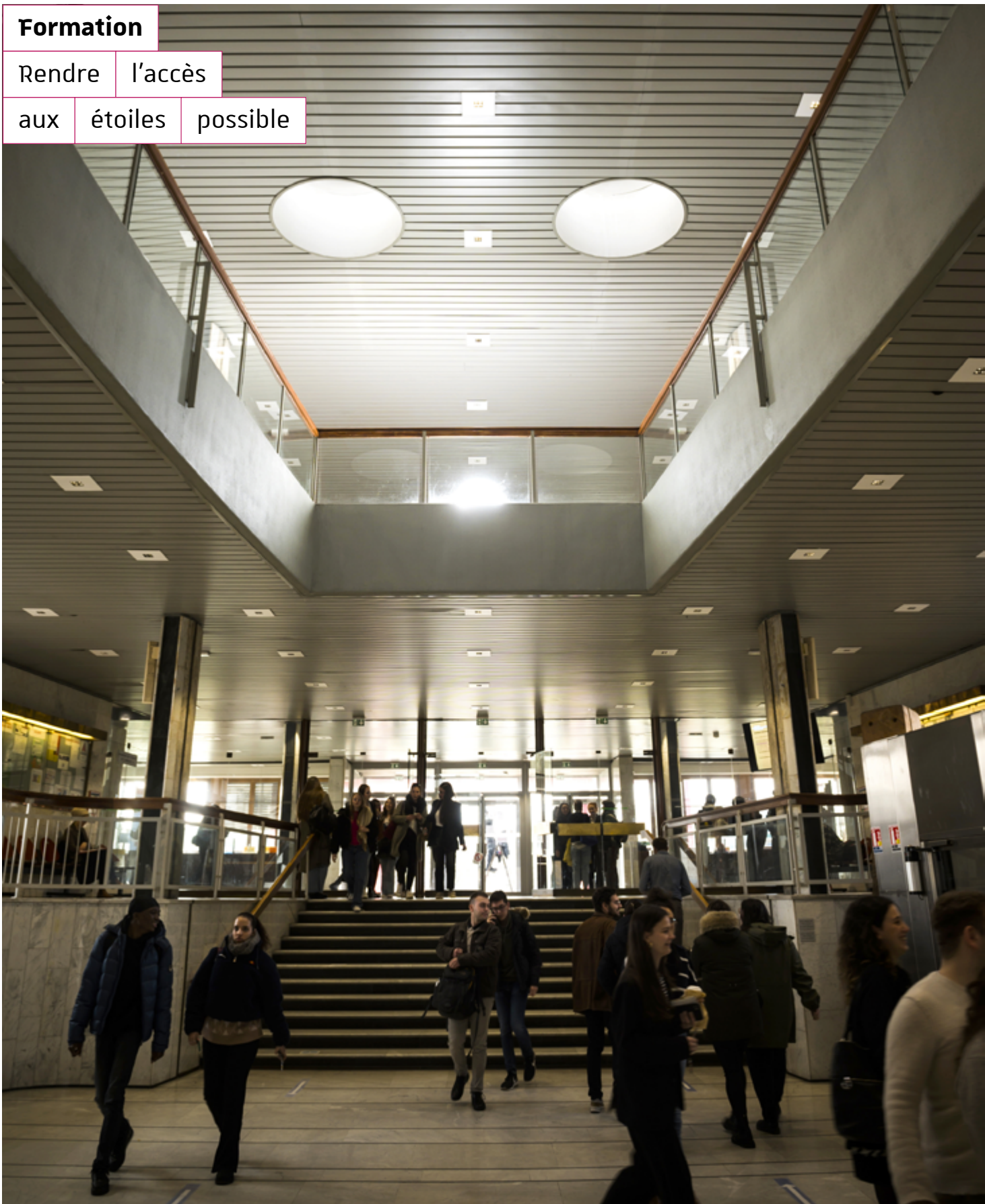
Cette gravure est extraite de *Histoire technique, physique et métaphysique du macrocosme et du microcosme* (Chapitre 3) de Robert Fludd, 1624. Le monocorde représenté au centre de l'image est une illustration de la théorie de l'harmonie des sphères. Sur l'instrument de mesure sont indiqués d'un côté les planètes et en regard les notes de musique (en notation alphabétique). Les proportions numériques ou distances sont figurées par les arcs de cercle.



Formation

Rendre l'accès

aux étoiles possible



Faire vivre la science en classe

Parce qu'on apprend mieux la science en la pratiquant, la Maison pour la science en Alsace (MSA) propose des actions de développement professionnel à des enseignants du premier et du second degré.

« Allô la Terre ? Ici l'espace ! » C'était l'intitulé d'une action de la MSA, destinée à des enseignants du second degré. Au programme de cette session de 18 heures : des interventions de spécialistes du domaine spatial,

« 85 % des enseignants du primaire ne viennent pas de filières scientifiques et certains ne font plus de science dans leur classe parce qu'ils ne s'estiment pas compétents ! »

la visite de l'Université internationale de l'espace (ISU) et une vidéoconférence avec des scientifiques du Centre national d'études spatiales et de l'Agence spatiale européenne...

Mais aussi des ateliers de fabrication de fusées et de télescopes : la MSA place l'expérimentation au cœur de sa philosophie et de ses actions. « Ce qui nous intéresse, c'est de montrer la science telle qu'elle se fait et se vit, de chercher et vérifier ensemble à partir des questions que l'on se pose. Et le domaine de l'espace se prête particulièrement bien à la pluridisciplinarité et aux regards croisés », souligne Emmanuel Baroux, coordonnateur de l'ingénierie de formation. C'est pourtant loin d'être la seule

thématique des formations proposées par la MSA, qui abordent toutes sortes de sujets scientifiques, comme les risques naturels, les maladies infectieuses, le climat, la technologie avec les objets du quotidien ou encore le son et la musique...

Des changements de pratiques

Un vrai besoin, constate François Bernier, professeur de biologie végétale à l'Institut de biologie moléculaire des plantes et directeur de la MSA : « 85 % des enseignants du primaire ne viennent pas de filières scientifiques et certains ne font plus de science dans leur classe parce qu'ils ne s'estiment pas compétents ! »



Emmanuel Baroux, directeur adjoint et François Bernier directeur de la Maison pour la science en Alsace.

Leurs élèves n'entendent donc jamais parler de science et la pratiquent encore moins. Par ailleurs, les sources d'information sont tellement diversifiées de nos jours que les enseignants ont besoin d'être solidement outillés pour développer le sens critique de leurs élèves. »

Quand l'enseignant revient en classe, il peut tester ses nouveaux acquis. Les évaluations montrent que les formations ont un réel impact sur les pratiques professionnelles. L'exemple qui réjouit particulièrement Emmanuel Baroux est celui de ce professeur de technologie qui, au retour d'une session, a révolutionné son cours en mettant sa classe en mode projet !

Pour compléter les formations, « où l'on manque toujours de temps », des tutoriels sont mis à disposition. Des malles pédagogiques sont également disponibles, dont celle dédiée à l'astronomie qui va aussi remplir sa mission dans le cadre du nouveau Planétarium. De plus, des éléments de l'action « Allô la Terre ? Ici l'espace ! » ont été repris pour des formations assurées par la MSA dans le cadre du plan académique de formation de l'Éducation nationale.

■ Myriam Niss

Un réseau

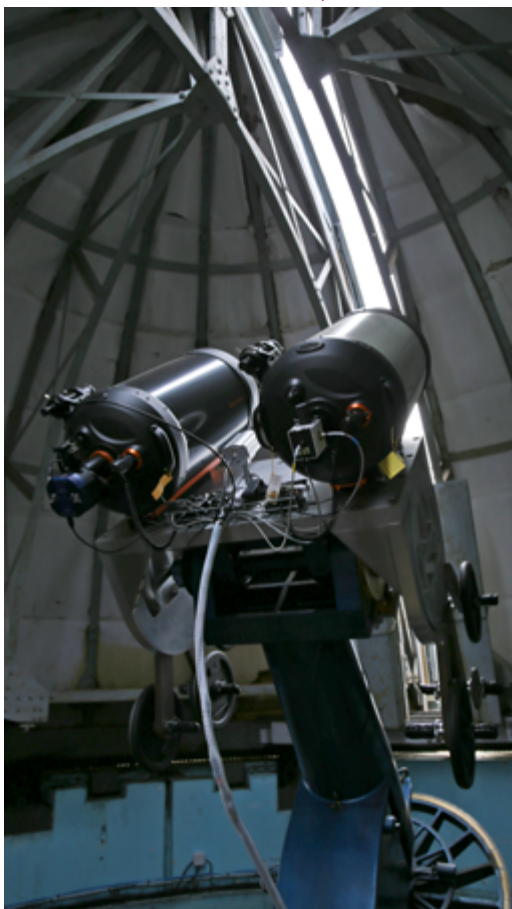
La Maison pour la science en Alsace est liée au Jardin des sciences. Elle fonctionne en partenariat avec le rectorat de l'académie de Strasbourg et la fondation La main à la pâte. On compte dix collèges pilotes La main à la pâte en Alsace. En 2021-2022, 827 enseignants du primaire et du secondaire ont participé à 25 actions (formations, colloques et conférences) de la MSA. Depuis 2012, douze Maisons pour la science ont été créées en France, formant un réseau.

Une invitation à découvrir le ciel

En plus de ses recherches sur les étoiles et les structures jeunes du voisinage solaire et de ses enseignements, Patrick Guillout partage sa passion avec enthousiasme au sein de l'Université populaire européenne (UPE).

Dans les années 2000, Patrick Guillout, astronome adjoint à l'Observatoire astronomique de Strasbourg, débute son engagement au sein de l'Université populaire européenne. Vingt ans après, il est toujours à pied d'œuvre et continue d'innover avec de nouveaux projets. En plus du cours d'astronomie débutant déjà en place, il instaure rapidement un cours d'initiation à l'astrophysique. « *Exercice délicat où il faut s'adapter au niveau du public sans trop entrer dans les détails, ce qui*

Le 2T36, installé dans l'une des deux coupôles de l'observatoire.



oblige souvent à prendre quelques raccourcis, sans pour autant sacrifier la physique et ainsi rester au plus juste des phénomènes astrophysiques », explique-t-il.

« De la physique avec les mains »

Le cours débutant, qui rassemble de 30 à 40 personnes par an, est une invitation à découvrir le ciel. On y parle des constellations et des merveilles qui s'y cachent avant de découvrir le système solaire et la théorie de sa formation. Dans le cours avancé, qui réunit de quinze à 20 personnes, il est plus question de physique autour de la caractérisation des étoiles via la spectroscopie, l'évolution stellaire qui trace leur vie depuis la naissance dans les pouponnières galactiques jusqu'à leur fin en cadavres stellaires que sont les naines blanches, étoiles à neutron, pulsars ou autres trous noirs. « *Pour rester accessible, peu d'équations posées mais de la physique avec les mains.* »

Une immersion dans la démarche scientifique d'un astronome

Cette année, Patrick Guillout propose également un stage intitulé « Astrophotographie CCD & astrophysique ». Créé pour L'Année mondiale de l'astronomie en 2009, renouvelé en 2017 et cette

Le 2T36, quésaco ?

Installé dans l'une des coupôles jumelles de l'Observatoire astronomique, le 2T36 est une plateforme d'observations astronomiques – constituée de deux télescopes et d'une instrumentation semi-professionnelle – financée à hauteur de 60 000 euros par l'Observatoire astronomique de Strasbourg, l'Unistra et l'Eurométropole. Dédiée à l'apprentissage d'acquisitions de données astronomiques (images et spectres) pour les étudiants en master 2 Astrophysique, elle sert également de support pour l'enseignement (stage licence, master Physique et école d'ingénieur), mais est aussi utilisée plus ponctuellement pour des observations ou stages grand public. Patrick Guillout qui s'est chargé de sa conception et mise en œuvre, lui a aussi trouvé son nom : 2T36. Rien à voir avec R2D2, mais plutôt avec les deux télescopes de 36 centimètres d'ouverture qui constituent le cœur de l'instrumentation.

année, ce stage propose une immersion dans la démarche scientifique de l'astrophysicien. Le principe ? Un problème est posé et différents outils sont mis en œuvre pour le résoudre. Avec un passage obligé au zT36 (voir encadré) pour les participants, afin de recueillir des données qui sont ensuite dépouillées et analysées lors de huit rendez-vous les samedis après-midi entre janvier et juin... en plus des observations nocturnes.

« *Monter de tels projets est très chronophage mais au final, quel enrichissement ! Les questions soulevées peuvent paraître basiques mais apportent une réflexion et une façon d'aborder les choses auxquelles nous n'avions pas forcément pensé avec les collègues de l'Observatoire astronomique. Autre différence : pas de crédits*



Photographie d'objets célestes réalisée avec le zT36.

européens à la clé pour le public de l'UPE mais juste une nouvelle passion qui n'a pas de prix ! »

■ Frédéric Zinck

Astrophysicien et au-delà

Seul parcours à l'Université de Strasbourg entièrement dédié à l'astrophysique, le master éponyme forme des scientifiques spécialisés en astrophysique et en traitement de données massives. Un parcours passion aux débouchés larges.

« *Nous limitons volontairement les promotions pour permettre à un maximum d'étudiants de poursuivre leur parcours en thèse.* »

Ils sont une quinzaine chaque année à suivre le master de physique parcours Astrophysique. « *Pour certains, l'attrait pour la discipline est déjà là, pour d'autres c'est une spécialisation passion avant d'entrer dans le monde professionnel. Nous avons une pression forte de candidats mais nous limitons volontairement les promotions pour permettre à un maximum d'étudiants de poursuivre leur parcours en thèse. C'est aussi une limite à la capacité de la communauté en astrophysique à absorber les étudiants* », explique Dominique Aubert, responsable du parcours depuis cinq ans et

professeur des universités. Sa spécialité ? La formation



Pierre Maggi, responsable du parcours à partir de septembre 2023, à la suite de Dominique Aubert.

des premières grandes structures de l'Univers au travers de la simulation numérique.

Une ouverture à l'international

La moitié des étudiants viennent du master de physique et l'autre moitié de l'école d'Ingénieur Télécom physique Strasbourg, auxquels s'ajoutent un à deux étudiants internationaux. Une mobilité entrante facilitée par le passage de la totalité des cours en anglais depuis trois ans. « *C'est une ouverture à l'international et une manière d'être cohérent avec la pratique linguistique de nos disciplines, l'astronomie professionnelle se pratiquant exclusivement en anglais. Cela représente également une opportunité pour nos étudiants pour leur stage de recherche ou leur thèse* », souligne Pierre Maggi, astronome adjoint à l'Observatoire astronomique qui va prendre la direction du parcours à la rentrée. Ce dernier étudie l'astrophysique des hautes énergies au travers de l'observation.

Un panorama très large de la discipline

La première année de master, commune à tous les parcours de master de physique, fournit des bases solides en physique générale et fondamentale. La deuxième se déroule intégralement à l'Observatoire astronomique, et est consacrée à la spécialisation en astrophysique. « *Les étudiants acquièrent un socle de base en astrophysique avec un panorama très large de la discipline. La spécialisation se fait en cours d'année, particulièrement lors du stage de recherche qui est souvent fait à l'international en Corée, en Allemagne, aux États-Unis...* », souligne Pierre Maggi.

En lien fort avec le Centre de données astronomiques de Strasbourg – une référence internationale dans l'organisation et la distribution de données –, le traitement massif des données, leur gestion et leur exploitation, est largement abordé dans les enseignements. « *Notre objectif est d'emmener de six à neuf étudiants en thèse chaque année. Pour les autres, les métiers ne manquent pas : dans le conseil, le monde*

L'observation : passage obligatoire

L'observation reste une étape appréciée par les étudiants et obligatoire pour les astrophysiciens. Durant leur formation, ils utilisent le 2T36 (deux télescopes de 36 cm), la plateforme pédagogique de l'Observatoire astronomique. De plus, les étudiants effectuent un stage d'une semaine à l'Observatoire de Haute-Provence en collaboration avec les étudiants du master d'astrophysique de l'Université de Grenoble. « *C'est un très gros plus : leur permettre une pratique sur un petit télescope avant d'en exploiter un plus grand. Une manière également de se plonger dans le travail collaboratif qui est par défaut, celui de la recherche* », souligne Dominique Aubert.

bancaire ou certaines ONG. Le besoin de data scientists est bien là », explique Dominique Aubert.

■ F.Z.

L'astrophysicien est passé à la banque

Comment passe-t-on d'un doctorat en astrophysique à la gestion de données pour un grand établissement bancaire de la place strasbourgeoise ? Réponse parfaitement assumée et « heureuse » avec Mathieu Powalka.

Mathieu Powalka a toujours été passionné par l'astronomie : « *Le ciel me faisait rêver. J'avais un petit télescope et, comme j'habitais à la campagne, je pouvais observer les étoiles. Très vite, j'ai voulu comprendre.* » Le jeune Lorrain passe un bac S, suit une préparation aux écoles d'ingénieurs à Nancy, intègre l'École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, avant de très vite revenir à ses premières amours et de rejoindre la troisième année de licence de la Faculté de physique et d'ingénierie, dans l'idée précise de faire de l'astrophysique et de poursuivre par une thèse intitulée « Étude multi-longueurs d'onde d'amas globulaires pour caractériser le lien entre



Mathieu Powalka, doctorant de l'Unistra et aujourd'hui responsable d'une équipe de data science.

leur environnement et leurs propriétés ». Plus simplement : un amas globulaire est un amas d'étoiles très denses orbitant autour d'une galaxie, par exemple dans l'amas de la Vierge. L'idée était de les étudier dans une autre galaxie et dans un autre environnement que la nôtre.

Le voilà docteur en 2017, à 26 ans. Il n'a jamais été aussi proche de la piste aux étoiles. Sauf qu'il

« Je sais coder, analyser un échantillon de données, tirer des conclusions, modéliser... Pourquoi ne pas utiliser ces compétences dans un autre domaine ? »

réalise que pour vraiment tutoyer ces dernières, il va devoir poursuivre par des post-doctorats, avec plusieurs nouvelles années d'études et de recherche. « Et au bout de six ans, précise aujourd'hui le jeune trentenaire, une incertitude sur mon futur et les postes qui me seront proposés. » Il prend donc une décision radicale et choisit d'utiliser ses compétences en *data science* dans un domaine beaucoup plus terre à terre que les grands espaces intersidéraux : la banque. « Je sais coder, analyser un échantillon de données, tirer des conclusions, modéliser... Pourquoi ne pas utiliser ces compétences dans

un autre domaine ? Ce qui fonctionne dans les étoiles fonctionne aussi dans l'univers de la banque. »

Il intègre alors Euro-Information, la filiale technologique du Crédit Mutuel.

L'expérience de l'autonomie

Question : qu'est-ce qui, dans son parcours de thésard, a séduit ses nouveaux employeurs ? « Il faut bien reconnaître que dans mes études, je n'avais pas du tout été préparé aux processus de recrutement, à la manière de me présenter. Je pense que ce qui a plu, c'est mon expérience dans des collaborations internationales, l'autonomie acquise durant ces trois années de préparation de ma thèse et puis, bien sûr, mes compétences en *data science*. » Aujourd'hui, Mathieu Powalka est responsable d'une équipe de *data science*, comptant une dizaine de personnes.

Et les étoiles alors ? Il ne les oublie pas. Il y a quelques mois, avec d'anciens camarades de l'université, il a fait une présentation sur les amas globulaires devant un public d'astronomes amateurs. Exercice qu'il avait déjà réalisé à l'occasion d'une « conférence sandwich », à l'heure du déjeuner, devant des salariés d'Euro-Information. Quant à son avenir, il ne se lance pas dans de grandes circonvolutions : « J'ai simplement envie d'être heureux. » Avec juste peut-être, un peu de poussière d'étoiles dans la tête...

■ J. d. M.

Des parfums d'espace

Après un itinéraire trépidant, Léo Baud, 25 ans, exerce aujourd'hui un métier hors du commun : il est à la recherche d'odeurs... pour les envoyer dans l'espace !

Enfant, il rêvait déjà d'espace, mais travailler dans le spatial lui paraissait inaccessible. « Alors, je me suis tourné vers la biologie. » À la fin de sa première année de licence à l'Unistra, Léo Baud a décidé de participer au concours ActInSpace, organisé par le Centre national d'études spatiales et l'Agence spatiale européenne. « Le challenge était d'imaginer un porte-bonheur pour la prochaine mission de Thomas Pesquet. » Les équipes avaient 24 heures pour réfléchir à une idée originale. La sienne découlait d'un simple constat : « Dans une station spatiale qui se trouve en orbite depuis 20 ans et dont personne n'a jamais ouvert la fenêtre, de mauvaises



Léo Baud, chef de projet de la thématique « odeurs » dans le Laboratoire international de recherche en neuropsychologie aérospatiale (Lirnas).

odeurs se retrouvent piégées. Les astronautes qui y demeurent pendant six mois d'affilée souffrent du manque de diversité d'odeurs. » Or, les parfums sont interdits dans l'espace parce qu'ils encrassent les

systèmes de filtration de l'air et de l'eau et peuvent constituer des risques. L'idée, c'était donc de trouver un moyen de proposer des odeurs choisies par les astronautes... mais compatibles avec les conditions

L'idée : trouver un moyen de proposer des odeurs choisies par les astronautes ... mais compatibles avec les conditions de l'espace .

de l'espace. Et la proposition « d'apporter du bonheur grâce à des odeurs » a été classée première par le jury.

La possibilité de concrétiser cette idée, voire d'en faire une entreprise, commence à faire son chemin dans la tête de Léo Baud. Dès sa deuxième année de licence, il passe au statut d'étudiant entrepreneur, est suivi dans le cadre de Pépite Etena (Étudiants entrepreneurs en Alsace), bénéficie de formations et a accès à des locaux de *coworking*. À la fin de l'année, il décide de suivre le programme d'été de l'ISU (Université

internationale de l'espace), « un réseau incroyable et une vue d'ensemble sur tous les aspects du spatial, théorique, physiologique, juridique et économique ».

Un métier créé sur mesure

Il termine sa licence de biologie en 2020. Il poursuit son parcours universitaire en préparant un Diplôme d'étudiant entrepreneur (DEE). Son projet de start-up entre en incubation individuelle à Semia, en collaboration avec l'ISU. Il accède alors à un laboratoire au Biotech-Lab du campus d'Illkirch. Son objectif est, dans un premier temps, de réaliser un prototype d'un système permettant d'avoir accès à toutes les odeurs, en partant d'une banque de données de molécules odorantes et en s'aidant d'outils d'analyse chimique. Léo Baud suit également une formation à Grasse, « capitale mondiale de la parfumerie », ajoutant ainsi une dimension artistique à ses compétences. Pour pouvoir payer cette formation, il n'hésite pas à participer à un concours de nez... qu'il gagne.

Son dernier prototype obtenu, Léo Baud se voit rapidement proposer un poste dans le Laboratoire international de recherche en neuropsychologie aérospatiale (Lirnas), créé par l'entreprise parisienne Coreod Space. Ce laboratoire se consacre au thème de la santé mentale dans l'espace, en lien avec les astronautes et les voyageurs spatiaux. Il en est le chef de projet de la thématique « odeurs ». « *Un métier que j'ai créé sur mesure. Mais qui n'existerait pas sans toutes les structures qui m'ont accompagné dans mon parcours et auxquelles je dois beaucoup.* »

■ M.N.



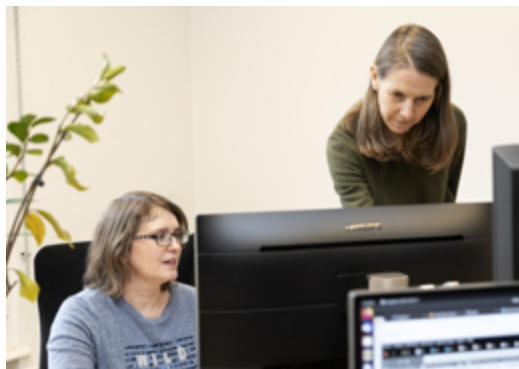
Répertorier les étoiles

Elles et il font un métier unique au monde : documentaliste au Centre de données astronomiques de Strasbourg. Ils répertorient tous les objets astronomiques (étoiles, galaxies...) publiés par et pour les chercheurs du monde entier. Rencontre avec Aline Eisele et Catherine Brunet pour quelques explications.

Ils sont treize, douze femmes et un homme. C'est l'équipe de documentalistes* du Centre de données astronomiques de Strasbourg. Elle travaille main dans la main avec les astronomes et les informaticiens du centre. Au total, ils sont 40 pour gérer notamment les services Simbad, la base de données de référence mondiale en astronomie, VizieR (catalogues astronomiques), Aladin (atlas interactif du ciel) et le dictionnaire de nomenclature (règles d'appellation des objets).

Simbad est alimentée par huit documentalistes, dont Aline Eisele et Catherine Brunet. Cette base est librement accessible sur internet, par tous, et en particulier par les astronomes du monde entier. Elle compte aujourd'hui quatorze millions d'objets astronomiques hors système solaire : étoiles, galaxies, quasars, nébuleuses, etc.

Aline Eisele et trois consœurs épiluchent les articles scientifiques en astronomie publiés dans les revues européenne, japonaise, chinoise, britannique et américaine. Elle explique : « Je mets en lien dans Simbad l'article et l'objet astronomique cité. Ainsi, si un chercheur s'intéresse à telle étoile, il pourra retrouver



Aline Eisele et Catherine Brunet, documentalistes au Centre de données astronomiques de Strasbourg.

Cristal collectif du CNRS

Créé en 1972, le Centre de données astronomiques de Strasbourg est un pionnier de la science ouverte. « Nous servons de modèle à l'échelle nationale et internationale sur la manière de gérer et mettre à disposition les données de la recherche, pour d'autres centres », souligne Aline Eisele. Les documentalistes ont reçu le Cristal collectif 2022 du CNRS, distinguant leur maîtrise technique, leur esprit collectif, leur innovation et leur rayonnement.



L'équipe de documentalistes du CDS : Marianne Brouty, Catherine Brunet, Mihaela Buga, Esther Collas, Aline Eisele, Ana Fiallos, Coralie Fix, Magali Neuville, Emmanuelle Perret, Evelyne Son, Patricia Vannier, Philippe Vonfille, Katia Van Der Woerd.

les articles publiés à son sujet. Certains articles contiennent des listes d'objets avec leurs mesures. Lorsqu'il y en a plus de 100, nous les redirigeons vers une sous-équipe dédiée car ils demandent une expertise supplémentaire. » Catherine Brunet en fait partie : « Pour ces grandes tables de données, nous utilisons un logiciel pour identifier les objets dans Simbad. Parfois, les résultats donnés par le programme ne suffisent pas, je fais alors des recherches d'images dans Aladin, je consulte des catalogues et je compare. Je traite environ un million d'objets astronomiques par an. »

« Je traite environ

un million

d'objets

astronomiques

par an. »

Rigueur, méthode, patience

Le métier exige une double compétence : un diplôme scientifique et un en documentation. Ajoutons également une formation en interne et une autoformation en astronomie, car évidemment le domaine est très pointu.

Leur maître-mot est la rigueur. Rigueur, méthode, organisation, patience sont essentielles. Les deux femmes ont un haut sens du service à la science. Et une fascination pour l'astronomie. « C'est un travail d'investigation. C'est très intéressant. Et valorisant, car je facilite la vie des chercheurs qui ont ainsi toutes les sources, les mesures. L'astronomie est fascinante, c'est l'humain qui dépasse ses limites. C'est une science universelle, tous les humains peuvent observer le ciel. »

■ S.R.

Vivre ensemble

Un espace partagé
et imaginé



Un peu plus près des étoiles

Depuis que l'humanité existe, l'Univers questionne, inquiète, attire, magnétise. Comment expliquer cette fascination ? Éléments de réponse avec Milène Wendling, responsable du Planétarium.

Vous faites un métier atypique. Les étoiles et vous, cela a commencé comment ?

J'ai eu la chance d'être élevée dans un village de l'Aveyron. Il n'y avait pas de pollution lumineuse, et nous jouions souvent dehors tard le soir en été. Quand je levais les yeux, je me sentais

« Je pense aussi que cette fascination est liée à des questionnements plus existentiels :

sommes-nous vraiment seuls dans l'Univers ? »

profondément connectée avec le ciel étoilé. Puis en grandissant, j'ai eu envie de comprendre l'Univers. J'ai bénéficié d'un contexte familial favorable : mes parents étaient libraires, ils ont nourri mon intérêt avec des livres. Puis je me suis intéressée au cinéma de science-fiction : *Rencontre du troisième type*, *Blade Runner*, *Contact*... Au moment de choisir mes études, je me suis naturellement dirigée vers l'astrophysique. Plus tard, j'ai évolué vers la médiation scientifique

appliquée à l'espace. J'ai travaillé à la Cité de l'espace à Toulouse, puis j'ai pris la responsabilité du Planétarium du Jardin des sciences à l'Université de Strasbourg. Aujourd'hui, je me dis que j'ai eu beaucoup de chance de pouvoir faire un métier qui colle au mieux à ma passion pour les étoiles !

Cette fascination pour l'Univers, elle est assez partagée dans l'humanité, dans toutes les cultures, comment l'expliquez-vous ?

Il y a l'immensité du ciel, la brillance des étoiles, le Soleil et la Lune, qui rythment nos jours et nos nuits, les saisons, les marées, et bien d'autres choses encore. Tout ceci est déjà fascinant en soi. C'est un espace mystérieux, attirant, un peu inquiétant aussi et qui appelle l'exploration. Mais je pense aussi que cette fascination est liée à des questionnements plus existentiels : sommes-nous vraiment seuls dans l'Univers ? Existe-t-il d'autres

formes de vie ? À quel endroit ? Pourrons-nous un jour établir le contact ? Le ciel porte aussi nos aspirations métaphysiques et spirituelles. En regardant vers les étoiles, nous sommes tirés vers le haut, nous prenons de la hauteur de vue.

Est-ce à dire qu'il y a une forme d'antagonisme entre le ciel et la Terre ?

Non, c'est tout le contraire, le ciel et la Terre sont profondément connectés. Toute la matière qui existe sur Terre, la moindre particule, est issue de l'Univers. Tout ce qui est vivant aussi, à commencer par les humains ! Le lien est donc extrêmement puissant. C'est aussi depuis la Terre qu'on voit le mieux le ciel, et pas dans l'espace, enfermé dans un vaisseau, comme on pourrait le penser. De ce point de vue, le développement de la pollution lumineuse est vraiment regrettable. En occultant le ciel étoilé à de plus en plus d'humains, elle détruit cette relation si particulière, elle nous coupe de nos origines. Enfin, plus nous apprenons sur l'Univers grâce à la science et plus nous voyons à quel point notre Terre est unique, et en même temps, nous avons pris conscience qu'elle est seulement un tout petit caillou, près d'une étoile dans une galaxie, elle-même perdue au milieu de milliards de galaxies. C'est aussi ce que j'aime dans l'astronomie : c'est une science qui rend les êtres humains humbles ou qui devrait.

■ Propos recueillis par Caroline Laplane



Milène Wendling, responsable du Planétarium.

Nouveau Planétarium : embarquement immédiat pour l'espace

Avec sa silhouette atypique, son revêtement en bois brûlé, son toit incliné en métal, le nouveau bâtiment du Planétarium du Jardin des sciences ne passe pas inaperçu sur le boulevard de la Victoire, posé au milieu d'un nouveau jardin public entre les instituts de zoologie et de minéralogie. Avant tout théâtre cosmique, le bâtiment se veut aussi une porte d'entrée vers le quartier culturel scientifique de Strasbourg.

« Le nouveau Planétarium, c'est d'abord une salle de spectacle dédiée principalement à l'Univers », explique Milène Wendling. Responsable du Planétarium depuis 2009, elle a été très impliquée dans ce projet

Le planétarium lors de ces dernières phases de travaux juste avant son ouverture durant la période estivale 2023.



au long court, engagé par l'université pour faire évoluer l'équipement vers « une version XXI^e siècle ». De fait, le bâtiment s'organise autour de la salle de projection, ses 134 sièges (deux fois plus que dans l'ancien Planétarium), son dôme-écran suspendu, ses six projecteurs qui se combinent pour créer une image parfaite projetée sur le dôme. De quoi embarquer les spectateurs pour un fabuleux voyage dans l'espace.

« Le Planétarium existe depuis 40 ans. C'est un équipement qui a une vraie notoriété, qui a accueilli au fil des années un public très nombreux. C'est également une structure inédite car c'est le seul planétarium universitaire de France, pose Milène Wendling. Nous espérons lui faire passer un cap grâce à cette nouvelle installation, conquérir de nouveaux publics, parmi les personnels de l'université, les étudiants, les touristes. » Outre l'attractivité liée au nouveau bâtiment et à la nouvelle salle, l'augmentation du nombre de séances et l'ouverture le samedi, l'équipe mise également sur le simulateur de ciel numérique Digistar 7, qui va remplacer la simulation optique, qui était aussi quadragénaire ! Le nouveau simulateur est très performant. Il utilise de vraies images scientifiques, qui sont mises à jour à mesure que de nouvelles données sont découvertes. Il permet d'aller explorer les confins de l'Univers, de traverser les anneaux de Saturne sans bouger de son fauteuil et sans souffrir de la pollution lumineuse.

Un voyage émotionnel autant que cognitif

« Le dôme-écran descend très bas, il est au raz des fauteuils afin que les spectateurs soient totalement immergés dans le ciel. Le voyage est aussi émotionnel que cognitif. Bien sûr, l'objectif final reste que les publics sortent de la séance en ayant mieux compris l'Univers, et c'est le rôle du médiateur présent dans la salle d'apporter les éléments de connaissance. Mais nous évitons de les noyer sous un amas de données

Des siestes cosmiques pour les personnels

Comment attirer les personnels de l'université dans le Planétarium, simplement, efficacement et à leur bénéfice exclusif ? Et pourquoi pas organiser des séances de sieste cosmique ? Sur la pause déjeuner, après avoir mangé un morceau, on amène sa couverture, on s'installe dans la salle sous le grand dôme, et pendant 20 minutes, on ne fait rien d'autre que regarder le ciel du soir en musique. Petite pause magique qui permet sans doute de renforcer l'efficacité de l'après-midi ?

qu'ils ne comprendront et ne retiendront pas. Le plus important, c'est que le soir même, ils lèvent la tête vers les étoiles pour essayer de repérer la Grande Ourse ou de voir la Voie lactée. »

Pour les publics plus avertis, il y aura aussi des séances très pointues et très scientifiques, car le logiciel Digistar 7 permet d'intégrer les données de recherche du Centre de données astronomiques tout proche. Des données vraiment à la pointe de la recherche!

Le nouvel accueil du Jardin des sciences

Le bâtiment n'héberge pas seulement cette version ultra-moderne du Planétarium : c'est aussi le nouvel accueil du Jardin des sciences. Il s'agit de rendre visible un véritable quartier culturel dans la Neustadt où cohabitent un planétarium, des musées et des jardins. On y vient pour observer les étoiles, admirer les collections patrimoniales, participer à des ateliers et

des parcours guidés, rencontrer les acteurs du monde scientifique ou tout simplement flâner dans les jardins. Pour accompagner ce nouveau positionnement et en développer les actions, le Planétarium va s'associer avec des festivals comme Le Curieux Festival ou Jazz d'or et ainsi accueillir dans ses murs des spectacles et actions culturelles qui s'éloignent d'une médiation scientifique classique. Une diversification voulue et assumée, dans l'objectif de développer le lien entre art et science.

Autre élément d'animation du nouveau site, propre à attirer lui aussi de nouveaux publics : le jardin qui entoure le bâtiment est ouvert à tous. Conçu comme un passage entre les deux campus (historique et Esplanade), il proposera une petite forêt plantée à l'arrière du bâtiment et une pelouse avec bancs et souches d'arbres pour s'asseoir et pique-niquer, papoter ou rêver, le nez tourné vers le ciel.

■ C. L.

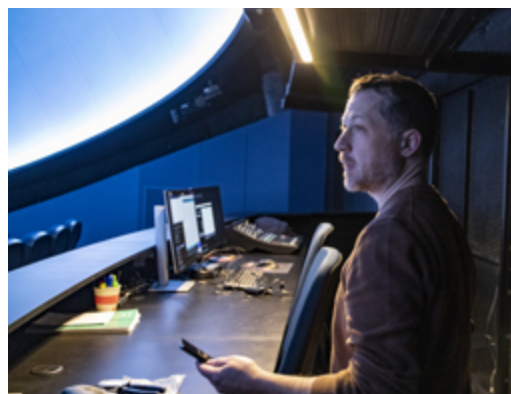
La face cachée du Planétarium

Derrière le spectacle astronomique, un environnement informatique de pointe qui permet de coordonner de nombreux outils. Plongeon dans le cœur du Planétarium : Digistar 7.

« Avec ce nouveau système on peut tout faire », introduit d'emblée Benjamin Rota, régisseur technique

au Jardin des sciences. L'ancien Planétarium était doté d'un projecteur unique et d'un écran-dôme de huit mètres. Aujourd'hui, six projecteurs projettent simultanément les images sur un écran-dôme de quinze mètres. D'une résolution de deux millions de pixels, on est passé à 32 millions de pixels, l'équivalent d'une image 8K. La différence est nette, la qualité d'image et le contraste aussi. Le Planétarium de Strasbourg entre dans la cour

des grands planétariums internationaux. « Digistar 7, un environnement pour la médiation astronomique en



Benjamin Rota, régisseur technique au Jardin des sciences.

temps réel, permet de tout régir simultanément, de la projection en temps réel, à la gestion du son spatialisé, jusqu'au système de sécurité », explique Benjamin Rota. Digistar 7, c'est aussi une bibliothèque d'objets qui contient tout ce que la science a répertorié, élagué des métadonnées scientifiques. « C'est comparable aux environnements de développement de jeux vidéo. Ici, tous les objets de l'Univers y sont modélisés, à nous d'en faire émerger le scénario voulu. » Autre performance rendue possible grâce à un travail conjoint avec le Centre de données astronomiques (CDS) : « Nous pouvons puiser directement dans les données du CDS et projeter des relevés scientifiques en temps réel. » De quoi imaginer très bientôt des conférences de médiation avec des données de la recherche. Que le spectacle commence!

■ F. Z.

Le Planétarium de Strasbourg entre dans la cour des grands planétariums internationaux.

« Elle est où la planète Arium ? »

Après 34 ans passés dans ses allées, Jean-Yves Marchal, médiateur scientifique au Jardin des sciences, quitte l'ancien Planétarium de Strasbourg, pour un modèle plus moderne. Il revient sur les évolutions qu'a connu ce lieu, précurseur en son temps.

« C'est un sentiment étrange, je suis à la fois triste de quitter l'ancien Planétarium et heureux de pouvoir terminer ma carrière dans le nouveau. Nous sommes peu nombreux en termes de médiateurs à avoir expérimenté plusieurs générations de planétariums », raconte Jean-Yves Marchal qui rejoint l'aventure en 1988. Animateur de séances, ce passionné d'astronomie qui n'a jamais raté une Nuit des étoiles, prend en charge, à son arrivée, les événements et la communication de la structure.

Construit dans le bâtiment est de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, le Planétarium est inauguré en 1981. Devenant ainsi le cinquième de France, et le premier du pays à être rattaché à une université et un observatoire astronomique.

Des fondus-enchaînés manuels

Nous sommes alors dans la première génération de planétariums avec un système opto-mécanique américain appelé Spitz 512. Sous ce nom digne d'un film

de science-fiction se cache une grande boule percée de trous, chacun éclairé d'une lampe, projetant des étoiles sur le dôme-écran. L'environnement multimédia de l'époque se fait via un système de diffusion de diapositives. Les effets spéciaux sont effectués grâce à des projecteurs destinés à réaliser des nuages, ou encore faire passer une comète.

Un système loin d'être une sinécure pour Jean-Yves Marchal obligé de jongler entre les boutons et les appareils.

« Animer une séance était parfois folklorique. Il fallait notamment veiller à démarrer la bande audio à un top

bien précis pour qu'elle corresponde aux diapositives passées à la main », explique le médiateur qui se souvient d'avoir changé plusieurs fois par mégarde l'ordre des planètes en intervertissant des paniers de diapositives.

Une quarantaine de spectacles différents sont diffusés chaque année à destination du grand public mais aussi des scolaires. « À cette époque, les planétariums sont peu connus, des enfants disaient en venant, elle est où la planète Arium ? » Jean-Yves Marchal se souvient aussi de concerts réalisés dans la salle avec une quinzaine de musiciens. Ou encore de la Pierre de Lune « empruntée par le Planétarium et qui fit débarquer quelques agents de sécurité américains pour vérifier que tout était conforme ».

En 2014, le Spitz 512 donnant des signes de fatigue, le Planétarium passe à l'ère du numérique via un projecteur relié à un système informatique utilisant le logiciel Stellarium. De nouveaux spectacles programmés en interne sont proposés et le million de visiteurs dépassé.

À l'étroit

Mais dans la petite salle de huit mètres de diamètre permettant d'accueillir 62 spectateurs, l'équipe se sent à l'étroit. « Il y avait aussi un problème d'accessibilité. » L'idée d'un nouveau bâtiment commence à germer.

Les travaux débutent en septembre 2020. Plus grand, le nouveau Planétarium dispose de 138 places dont quatre pour les personnes à mobilité réduite. La configuration hémisphérique est troquée au profit d'une disposition plus classique. « Comme au cinéma avec un dôme-écran de quinze mètres de large. »

Fermé au public en novembre dernier, le Planétarium a tiré sa révérence en décembre après quelques séances à destination des scolaires. Les locaux seront investis par l'Observatoire astronomique de Strasbourg.

■ Marion Riegert

« Animer une séance était parfois folklorique .»



Jean-Yves Marchal et le Spitz 512.

Et au centre, le public

Benoît Zeller, président de la Société astronomique de France groupe Alsace :
« Observer le cosmos en direct, c'est émouvant »

« À la Société astronomique de France groupe Alsace (Safga), nous sommes un groupe de passionnés d'astronomie. Nous avons fêté les 90 ans de l'association en 2022. Nous organisons des conférences, des sorties d'observation, nous avons un atelier scolaire d'astronomie destiné aux collégiens et lycéens. Nous sommes également présents lors d'événements comme l'observation de l'éclipse partielle de Soleil en octobre 2022, organisée par le Planétarium, ou chaque année lors de la Nuit des étoiles. Ce sont des événements fédérateurs attendus par le public. En leur montrant le ciel, on sent un intérêt croissant des personnes pour comprendre ce qui nous entoure. On a beau être abreuvés de photos splendides, observer en direct le cosmos, c'est émouvant. Dans le public, comme dans les membres, certaines personnes préfèrent des explications pour bien comprendre, d'autres préfèrent observer, photographier ou construire. Moi j'aime bien dessiner, cela permet d'apprendre à observer et d'expliquer. Adolescent, je me suis passionné d'astronomie dès que j'ai reçu en cadeau d'anniversaire une petite lunette d'observation. J'ai adhéré à la Safga il y a quinze ans. »

Bruno Rhinn, médiateur scientifique au Planétarium : *« On joue les passionnés »*

« J'anime des séances de Planétarium et des ateliers scientifiques auprès des publics scolaires ou lors d'événements comme la Nuit des étoiles ou l'observation de l'éclipse partielle du Soleil, organisée en octobre 2022 par le Jardin des sciences, avec la Région Grand Est et en partenariat avec deux autres planétariums de la région : celui d'Épinal et celui de Reims. Lors de cet événement, nous avons réuni environ 400 personnes dans les jardins de l'observatoire et 20 000 vues sur la retransmission Youtube. C'était un public très familial. Nous avons proposé des ateliers pour tous les âges et avons mené des observations du Soleil avec des filtres ou des projections indirectes du Soleil par sténopés. En plus des observations astronomiques grand public et des séances de planétarium, en fonction du public, nous

utilisons des outils différents : des illustrations, des photos, des logiciels, des jeux, des dessins, ou encore de la pâte à modeler lors d'ateliers scientifiques... On joue les passionnés. Pour vulgariser des concepts abstraits nous avons recours aux métaphores. Certaines personnes sont bien documentées et viennent avec des questions très pointues. À nous ensuite de remettre les informations dans l'ordre et de les resituer dans un contexte général pour que tout le monde puisse comprendre. Dès que nous organisons un événement sur le thème de l'astronomie, cela attire toujours du monde. Le public est émerveillé à tout âge. Parfois, nous rencontrons aussi des personnes sceptiques qui nous disent "À quoi ça sert de savoir tout ça ?" Mais c'est intéressant de discuter avec des profils très différents... »

Patrick Guillout, astronome adjoint à l'Observatoire astronomique :
« Il faut être passionné »

« Il y a des astronomes qui ont plus la fibre de l'enseignement que d'autres. C'est toujours un plaisir de partager sa passion avec des familles, des étudiants, des curieux d'astronomie. Pendant des années, lors des Journées du patrimoine, j'ai fait découvrir la coupole de l'Observatoire astronomique et sa lunette en introduisant l'évolution de l'astronomie au fil du temps. Plus récemment, lors de l'éclipse partielle de Soleil en octobre 2022, nous avons monté une observation en direct avec l'un des équipements de l'observatoire, le 2T36. Un instrument d'observation semi-professionnel composé de deux télescopes qui sert autant au cours de master Astrophysique qu'à des stages pour le grand public ou de telle manifestation. Nous avons pu suivre cet événement remarquable avec une retransmission en direct sur plusieurs sites du Grand Est, en plus de celui de Strasbourg dans les jardins de l'observatoire. Le Jardin des sciences est l'organisateur de l'évènement et pour ma part, j'ai programmé toute l'infrastructure qui a permis le direct. Déambuler lors d'une telle manifestation et, au gré des rencontres et des publics divers, amateurs, curieux, jeune public, expliquer le phénomène qui est en train de se passer est toujours une belle expérience. C'est une grande satisfaction si j'ai pu susciter des vocations ou révéler une passion. »

■ Propos recueillis par Julie Giorgi et F. Z.

Voyages dans l'espace : science ou fiction ?

Star Wars, 2001 L'odyssée de l'espace, Alien, Wall-E... autant de récits où des humains parcourent l'Univers à bord de vaisseaux spatiaux. Largement présent dans la culture populaire, le voyage spatial restera-t-il à l'état de fantasme ou peut-il devenir réalité ? Frédéric Marin, astrophysicien à l'Observatoire astronomique de Strasbourg, cherche des réponses à cette question.

Sérendipité et curiosité ont toujours fait bon ménage en sciences et peuvent mener à des sujets d'études intéressants, en témoigne l'expérience de Frédéric Marin. « *En 2018 j'ai lu par hasard un article sur le poids psychologique qu'auraient à supporter des voyageurs embarqués pour un long trajet dans l'espace. Cet article a éveillé ma curiosité. Je me suis demandé comment des populations pourraient survivre à un voyage spatial au long cours. C'est devenu un sujet de recherche parallèle à ceux que j'étudie au quotidien* », explique l'astrophysicien.

« *Pour aborder ce nouveau domaine, j'ai mis à profit mes compétences scientifiques et informatiques. J'ai développé sur mon temps libre un logiciel de simulation de cohorte de voyageurs spatiaux baptisé Héritage. Cet outil intègre une multitude de paramètres pour caractériser une population, représenter son état de santé biologique et génétique et simuler des événements imprévus auxquels elle pourrait être confrontée comme des épidémies ou des accidents à bord du vaisseau. Le logiciel réalise tous les calculs et produit des données chiffrées sur l'espérance de vie à bord, le taux de mutations génétiques et plusieurs autres indicateurs importants.* »

Frédéric Marin a depuis été rejoint par d'autres chercheurs qui élargissent le panel de disciplines scientifiques mobilisées dans cet exercice. La petite équipe informelle compte désormais un anthropologue, un sociologue et une physicienne pour couvrir ce champ disciplinaire qui ne porte pas encore de nom mais pourrait s'apparenter à de



Frédéric Marin, astrophysicien à l'Observatoire astronomique de Strasbourg.

« l'étho-astronomie » ou « anthropologie de l'espace profond ».

Des résultats probants

Les résultats de ces simulations apportent un éclairage sur les conditions à réunir pour parvenir, un jour, à rallier une exoplanète. L'hypothèse la plus réaliste, selon Frédéric Marin, est de constituer un équipage multigénérationnel de 500 personnes ayant une variété génétique maximale au départ de la Terre. Même en faisant subir à cette population des épidémies et autres imprévus, elle serait mathématiquement capable de survivre pendant plusieurs siècles.

Ces calculs ne portent que sur la composition d'un équipage qui pourrait atteindre en bonne santé les exoplanètes détectées par nos télescopes, mais les étapes à franchir pour concrétiser un tel voyage sont encore colossales. « *Avant de construire un vaisseau, il va falloir franchir un certain nombre d'étapes que nous ne maîtrisons pas encore comme l'extraction de matériaux sur des astéroïdes, l'installation d'usines sur la Lune, la construction de bases relais dans l'espace...* » indique Frédéric Marin. Tout cela sans parler du coût d'une telle entreprise : « *Le budget de ce projet serait équivalent à l'ensemble du PIB des États-Unis, la première économie mondiale. Il faudrait nécessairement une entente et un financement globalisés pour y parvenir !* »

S'il est un point que ces simulations n'abordent pas, c'est la dimension humaine et sociale liée à la perspective d'un voyage de plusieurs siècles. Les passagers supporteraient-ils psychologiquement d'être enfermés pendant un temps aussi long ? Quelle organisation politique ou religieuse pourraient-ils mettre en place à bord ? Il reste encore bien des problématiques à résoudre pour concrétiser ce vieux rêve de l'humanité...

■ E. A.

« L'espace permet de tout comprendre »

Dans sa pièce *La chute des comètes et des cosmonautes*, l'écrivaine et traductrice d'origine russe Marina Skalova, utilise les métaphores spatiales pour évoquer les effondrements personnels et politiques et les rêves d'évasion.

En résidence à l'Université de Strasbourg en novembre et décembre 2022 dans le cadre du cycle littéraire Écrire l'Europe, Marina Skalova, a écrit

« L' Univers permet de parler du télescope de l'infiniment petit et de l'infiniment grand , de l'individuel et du collectif . »

La chute des comètes et des cosmonautes en 2019. Une pièce qui part de deux images : la chute des cosmonautes représente l'effondrement de l'URSS et la chute des comètes symbolise le choc amoureux. L'histoire de deux dislocations qui se rencontrent et qui s'entrechoquent. Au cours d'un road trip de Berlin à Moscou, deux personnages partent à la dérive : un père exilé suite à la chute de l'URSS et sa fille, une jeune astrophysicienne, minée par une rupture

amoureuse. « *L'espace permet de comprendre tout ce qu'on peut vivre à notre échelle d'être humain. Les métaphores spatiales expliquent les mouvements d'attraction, de collision, d'éparpillement entre les corps, d'atomisation... et l'Univers permet de parler du télescope de l'infiniment petit et de l'infiniment grand, de l'individuel et du collectif* », explique Marina Skalova.

Deux dimensions, deux espaces

Pour travailler sur cette pièce, l'auteur a regardé des documentaires consacrés à l'astronomie et s'est plongé dans des livres de vulgarisation. Elle s'est aussi inspirée de ses souvenirs d'enfance en Russie et de sa visite au Musée mémorial de l'astronautique à Moscou. « *L'espace urbain en Russie est imprégné de références à cette période : il existe une place Gagarine, une Allée des cosmonautes à Moscou. L'URSS a aussi envoyé des chiens dans l'espace qui ne sont jamais revenus. C'est tout cet héritage que je voulais questionner. Héritage*

Écrire l'Europe-Prix Louise Weiss

En 2022, Marina Skalova a travaillé en résidence à l'Université de Strasbourg dans le cadre du programme Écrire l'Europe-Prix Louise-Weiss, avec la dramaturge ukrainienne Neda Nejdana. Les deux artistes partagent la pratique d'un art exigeant et engagé, et la volonté de témoigner sur le passé et le présent. Elles sont aussi les marraines de la 10^e édition du prix Louise Weiss, concours annuel d'écriture trilingue ouvert aux étudiants, dont le thème cette année est « Libres ».

qui contient à la fois une dimension naïve et utopique et une dimension très violente, symptôme de la démesure colonisatrice et impérialiste. Ces questions restent très actuelles. »

Selon les metteurs en scène de la pièce, les images de l'espace diffèrent. Lors de la première mise en scène en Suisse en 2019, l'espace était représenté par des vidéos du système solaire et de chute des astres, entrant en friction avec l'espace très réaliste de la voiture qui était sur scène. Dans une mise en scène en Allemagne en 2022, les deux personnages étaient habillés en cosmonautes, voguant dans des formes de capsules spatiales à travers l'espace imaginaire généré par le langage. Ici, l'astrophysique côtoie la poésie et la philosophie pour une expérience théâtrale des plus originales.

■ Julie Giorgi

Lors de la première mise en scène en Suisse en 2019.



Petit bestiaire des monstres de science-fiction

Martial Guédron, historien d'art au laboratoire Arts, civilisation et histoire de l'Europe (Arche) se plaît à étudier les monstres de science-fiction et autres créatures imaginaires. Il nous invite à un voyage à travers les représentations de ces êtres hybrides, projections de nos peurs mais aussi reflets de nos fantasmes.

Représenter l'extraterrestre c'est, par définition, représenter l'inconnu ?

L'idée que nous ne sommes pas seuls dans l'Univers est très ancienne. Les tentatives de représenter l'extra-terrestre le sont donc aussi. Et multiples.



À partir des années 1920, l'imaginaire populaire autour d'un monstre de SF menaçant et une pin-up se développe, ultime déclinaison du conte de fées et de la demoiselle en détresse. Ici affiche promotionnelle pour le film américain *Planète interdite* (*Forbidden Planet*), sorti en 1956.



Martial Guédron, historien d'art au laboratoire Arts, civilisation et histoire de l'Europe (Arche).

Pour dépasser cet obstacle de l'inconnu, nous reprenons des formes qui nous sont familières : crustacés, fourmis, insectes, pieuvres - on aime beaucoup les tentacules. L'accent est mis sur le gigantisme : géants, cyclopes, vers (à l'image des « faiseurs » de *Dune*)... Ces monstres peuvent aussi avoir forme humaine, ce qui les rend potentiellement encore plus inquiétants, ainsi mieux dissimulés... Dans le film *Le village des damnés* (1960), d'adorables chérubins se retrouvent cannibalisés par une force surnaturelle. La seule manière de reconnaître les envahisseurs dans la série américaine du même nom (diffusée en France dans les années 1970), est qu'ils ne parviennent pas à plier le petit doigt... Souvent, ces êtres sont anthropoïdes, avec une forme humaine mais un détail qui cloche : ce sont de petits hommes verts, ils ont une antenne, de grandes oreilles... Un cerveau surdéveloppé, comme dans le *Mars Attacks!* de Tim Burton (1996). Les hybrides sont aussi nombreux : machine à tentacules dans *La Guerre des mondes* de Wells ; créature mi-insecte mi-robot de la série *Alien* (premier volet en 1979) de Ridley Scott.

Ces créatures sont-elles forcément agressives ?

Non, pensons par exemple au Petit Prince de Saint-Exupéry : il a forme humaine, on n'a pas coutume de l'imaginer comme un extraterrestre, mais il vient bien d'une autre planète (l'astéroïde B612). E.T., créature imaginée par Steven Spielberg est plutôt sympathique voire attachant, devenant même une mascotte pour enfants, avec ses déclinaisons marketing. Sans oublier l'univers foisonnant de *Star Wars* (qui compte des populations pacifiques) et ses innombrables

déclinaisons... Dans les premiers récits d'explorations imaginaires vers la Lune, comme chez le grec Lucien de Samosate au II^e siècle de notre ère, les voyageurs rencontrent des créatures plutôt aimables, d'apparence proche de la nôtre. Finalement, ce n'est qu'à partir du XIX^e siècle, sous l'effet d'un double mouvement, que l'image de monstres menaçants prend de l'ampleur. *Les Envahisseurs, Godzilla...* Beaucoup de ces récits de premier plan sont à resituer dans le contexte de la Guerre froide. La menace extraterrestre est finalement une transposition de la menace nucléaire, du péril rouge, puis jaune... C'est assez paradoxal, mais ces représentations sont les héritières du mouvement de sécularisation

« Tout comme dans la mythologie ou les contes de fées, le monstre sert de révélateur à nos obsessions, nos pulsions, nos travers. À nos espoirs aussi, peut-être. »

débuté au XIX^e siècle. À mesure que la science et le positivisme progressent, qu'on cesse d'attribuer les épidémies à une punition divine, par un effet de compensation, les scientifiques se prennent à rêver : Camille Flammarion (1842-1925) tenté par l'occultisme ; Isaac Asimov (1920-1992) auteur de certains des morceaux les plus fameux de la science-fiction (SF)...

Ces créatures nous apprennent finalement surtout des choses sur nous...

Une chose est certaine, c'est que ces récits sont

très anthropocentrés. Je n'ai pas connaissance d'une histoire de rencontre qui se déroulerait uniquement entre Martiens et Vénusiens ! Dans le mouvement inverse « nous vers eux », c'est notre comportement vis-à-vis des populations qu'on va découvrir qui est scruté à la loupe. *Avatar* (2009) de James Cameron peut être compris comme une fable écologique sur le racisme, le colonialisme, dénonçant la façon dont les humains se conduisent de façon déplorable et destructrice vis-à-vis d'un peuple pacifique et bienveillant, et de leur planète. D'autres récits mettent en scène la découverte de mondes extraterrestres luxuriants, préservés, où les dinosaures n'ont pas disparu... Il s'agit d'un jeu de miroir métaphorique, de projections de nos propres comportements, de tensions géopolitiques, de notre peur de ce que la science est capable de faire. Tout comme dans la mythologie ou les contes de fées,

le monstre sert de révélateur à nos obsessions, nos pulsions, nos travers. À nos espoirs aussi, peut-être.

Quel serait selon vous, le monstre de SF d'un nouveau type ?

L'univers de la SF reste encore très masculin, et les monstres archétypaux. J'aime imaginer un univers gouverné par des entités féminines monstrueuses en faisant baver aux hommes ! À l'image des deux figures féminines d'*Alien 2*, dont l'héroïne incarnée par Sigourney Weaver, j'ai le sentiment que cela donnerait lieu à des représentations bien plus intéressantes, et matière à réflexion !

■ Propos recueillis par Elsa Collobert

À noter : *Les Monstres. Créatures étranges et fantastiques, de la préhistoire à la science-fiction*, Paris, Beaux-arts Éditions, 2018, de Martial Guédron.



Et ailleurs

Une construction internationale



Le Centre de données astronomiques de Strasbourg, chef de file au niveau mondial

Créé en 1972, le Centre de données astronomiques de Strasbourg a été l'un des premiers centres dédiés à la gestion de données numériques. Grâce à un esprit pionnier et à des collaborations internationales étroites, cette infrastructure s'établit rapidement comme une ressource vitale pour les astronomes du monde entier et joue depuis toujours un rôle de premier plan dans l'avancement de la recherche.

« L'astronomie est un petit monde, où pour être efficace et ne pas dupliquer ses actions, il faut se coordonner entre institutions et organisations. C'est pourquoi, le rôle international du centre a été naturellement présent dès son origine », explique Mark Allen, son directeur depuis 2015. Internationale, cette institution l'est jusque dans son ADN : *« Allemands, Espagnols, Italiens... les collaborateurs de l'équipe sont issus du monde entier,* souligne le directeur, *lui-même australien. Hautement qualifiée, passionnée par l'astronomie et la gestion des données, notre structure, qui dépend de l'Observatoire astronomique, comprend des astronomes, des documentalistes, des ingénieurs informaticiens et du personnel de support administratif. C'est une équipe complète en interface avec des institutions du monde entier. »* L'équipe collabore avec l'International Virtual Observatory Alliance (Ivoa) pour développer notamment des normes d'échange et de partage de données ou encore avec l'Astrophysics Data System (ADS), l'Observatoire européen austral (ESO), l'Agence spatiale européenne (ESA), le Centre national d'études spatiales (Cnes) et la National Aeronautics and Space Administration



Mark Allen, directeur du Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS).

(Nasa) pour accéder à un large éventail de données et d'expertise et pour mettre ses propres ressources à la disposition des scientifiques.

Au service de ses utilisateurs

Pour développer des outils et des interfaces intuitifs et conviviaux, la priorité du Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS) est donnée avant tout à ses usagers. Cela a permis d'attirer un large éventail d'utilisateurs, des astronomes amateurs aux chercheurs professionnels, dans le monde entier. L'Atlas du ciel Aladin, l'un des outils en ligne les plus utilisés dans le domaine, permet ainsi aux utilisateurs d'accéder à des données astronomiques provenant de sources multiples et de les visualiser. Parmi les services de référence au niveau international développés à Strasbourg, il est indispensable de citer également la base de données Simbad pour l'identification et la bibliographie des

« Nous devons sans cesse faire preuve

d'innovation et rendre les données réutilisables pour la science afin de rester à l'avant-garde des technologies. »

objets astronomiques hors du système solaire. Elle contient, en mars 2023, plus de quatorze millions d'objets et plus de 415 000 références bibliographiques et répertorie plus de 32 millions de liens entre articles et objets. En s'appuyant sur des collaborations internationales, le CDS a par ailleurs digitalisé de grandes collections historiques amenant le prestigieux journal *Astronomy & Astrophysics* à cesser d'imprimer les « longues tables » de ses articles pour les rendre disponibles en ligne dans un service du centre de données strasbourgeois dès 1993, un véritable changement de paradigme. En plus de ces services, le centre de données a développé un outil particulièrement efficace d'identification croisée des catalogues, une opération qui compare deux catalogues pour identifier les objets qu'ils ont en commun. Ces services ont généré en moyenne, en 2023, plus de 2,5 millions de requêtes par jour, soit près de 30 requêtes par seconde.

Engagé pour la science ouverte

Bien avant l'émergence même du concept de science ouverte, le CDS s'est montré un fervent défenseur du libre accès aux données astronomiques. « *L'utilisation de l'informatique commençait tout juste à se développer, raconte Mark Allen, et à l'époque, l'astronomie française ne disposait que d'un ordinateur en France, qui se trouvait sur le campus de Meudon de l'Observatoire de Paris, là où nos services ont démarré.* » Par la suite,

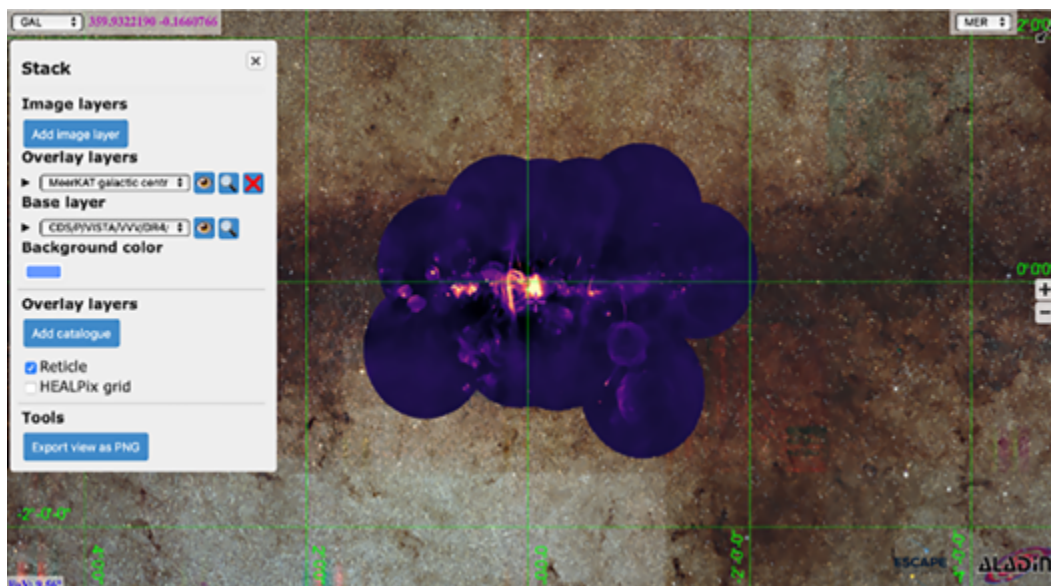
l'institution strasbourgeoise a joué un rôle de premier plan dans l'élaboration de normes internationales pour l'échange et le partage de données et en a mis à disposition une grande quantité par le biais de ses propres interfaces et de collaborations avec d'autres centres de données. Le centre a également développé des politiques de partage des données offrant la priorité à l'accès libre, tout en assurant un crédit et une citation appropriés pour les contributeurs. En 2022, le CDS a été reconnu et identifié centre de référence thématique au sein de l'écosystème national Recherche Data Govu, au service du partage et de l'ouverture des données de recherche.

L'infrastructure strasbourgeoise, qui a fêté ses cinquante ans en 2022, s'établit aujourd'hui comme l'un des éléments majeurs du système international des données de l'astronomie. Grâce à la « FAIRisation » effective des données (lire ci-dessous), des services et des outils, ce système, réparti dans le monde entier, apparaît à l'utilisateur comme une infrastructure de données unique. « *Nous devons sans cesse repousser les frontières, faire preuve d'innovation et rendre les données réutilisables pour la science afin de rester à l'avant-garde des technologies, conclut le directeur du CDS. Car l'astronomie évolue constamment, le contexte de l'activité aussi, avec de nouveaux télescopes, de nouveaux instruments, de nouveaux acteurs, de nouvelles collaborations, les attentes des utilisateurs progressent et nos services doivent rester en phase avec ces évolutions scientifiques.* »

En s'impliquant dans des projets d'envergure comme Escape, le CDS prépare l'avenir

Pour relever les défis de la science ouverte en astronomie, astroparticules et physique des particules, le projet Escape, financé dans le cadre de la Plateforme européenne de science ouverte (Eosc), a rassemblé une trentaine de partenaires à travers l'Europe. Scientifiques, fournisseurs de données et développeurs se sont ainsi réunis pour créer un environnement de données ouvert, transfrontalier et interdisciplinaire. Un projet entièrement basé sur les principes FAIR pour : *findable, accessible, interoperable, reusable*, soit en français : faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables. Mark Allen et son équipe ont été responsables d'un groupe de travail de quinze partenaires. « *Nous avons joué un rôle moteur dans le développement de l'observatoire virtuel, explique Mark Allen, dont l'objectif est de fournir aux astronomes la possibilité*

d'accéder et d'analyser de manière transparente des données provenant de diverses sources, y compris des télescopes terrestres, des télescopes spatiaux et des simulations, indépendamment de l'endroit où les données sont stockées ou du format dans lequel elles se trouvent. » Des ensembles d'informations vastes et complexes peuvent ainsi être analysés pour révéler des modèles et des idées impossibles à découvrir avec des techniques traditionnelles. « *L'accès aux données et l'adaptation des outils de visualisation à de très grands ensembles de données constituaient en effet l'un des grands enjeux de ce projet, détaille Mark Allen. Pour y répondre, nous avons développé une nouvelle version d'Aladin Lite, en améliorant ses capacités et sa vitesse. En plus d'être un outil de visualisation de haute performance, c'est devenu un outil d'analyse scientifique permettant d'utiliser toute la gamme*



Aladin Lite permet de comparer les données en contrôlant la transparence et la dynamique des images. Il permet également d'accéder à des versions multi-résolutions des données afin d'obtenir une vue d'ensemble du ciel ou de zoomer sur des éléments détaillés, comme ici avec les images centrées sur le centre galactique.

dynamique des données. » La nouvelle version d'Aladin Lite donne accès à plus de 1 000 relevés du ciel et ensembles de données et est prête à être mise en œuvre dans les portails d'informations des grandes infrastructures astronomiques. « *Aladin Lite peut être intégré dans n'importe quelle page web et être utilisé dans les carnets de programmation Python, très utilisés en astronomie,* souligne Mark Allen. *La figure ci-dessus montre Aladin Lite en action. Nous voyons, dans la région du centre galactique, les données MeerKA, issues du projet précurseur du radiotélescope géant Ska, superposées sur des images de l'Observatoire européen austral (ESO VVV DR4).* » Aladin Lite permet de comparer les données en contrôlant la transparence et la dynamique des images. Il permet également d'accéder à des versions multirésolution des données afin d'obtenir une vue d'ensemble du ciel ou de zoomer sur des éléments détaillés, comme ici avec les images centrées sur le centre galactique.

Selon le directeur, le projet Escape a permis au CDS de se positionner « *en tant qu'acteur incontournable de l'élaboration des normes et des services à l'international* ». Ce projet venant d'arriver à son terme, il reste au centre à intégrer les données, les normes et les services de l'observatoire virtuel dans le catalogue plus large des ressources de l'Eosc, mais aussi à former les scientifiques aux concepts et techniques FAIR.

■ M. H.



Une université dédiée à l'espace

Il y a bientôt 30 ans, l'Université internationale de l'espace (ISU) installait son campus central à Illkirch-Graffenstaden, à côté de Strasbourg. Découverte avec Pascale Ehrenfreund, sa présidente depuis septembre 2021 et Nicolas Peter, professeur de politiques spatiales et relations internationales.



Pascale Ehrenfreund, présidente de l'Université internationale de l'espace.



Nicolas Peter, professeur de politiques spatiales et relations internationales.

Dans quelles circonstances l'ISU est-elle apparue ? Et comment est-elle arrivée à Strasbourg ?

Ce sont trois étudiants du Massachusetts Institute of Technology (MIT) qui ont eu l'idée, en 1987, de créer cette université de l'espace : Peter Diamandis, Todd Hawley et Bob Richards. C'est aux États-Unis dans le Massachusetts que l'ISU s'est installée dans un premier temps et la première session du programme d'été s'est déroulée au MIT.

En 1994, un appel à projets international a été lancé pour choisir la ville qui allait accueillir le siège de cette université, avec une évaluation rigoureuse des nombreuses candidatures. C'est Strasbourg qui a finalement été choisie en tant que campus central et ce, pour plusieurs raisons. Strasbourg a pour

gros atout d'être une ville très internationale et interculturelle, ce qui est un avantage puisque notre université accueille des étudiants venus du monde entier. Le soutien de la France et de son agence, le Centre national d'études spatiales (Cnes) et de l'Agence spatiale européenne (ESA) ont également été décisifs pour le choix de Strasbourg et ils accompagnent l'ISU depuis près de trois décennies. Ce campus central est relié à un réseau international d'écoles affiliées qui

dispensent des cours dans l'ensemble du monde, sur tous les continents. La présence de l'Université de Strasbourg, une université interdisciplinaire comme nous le sommes également, a constitué un argument favorable. D'ailleurs, au tout début, c'est l'université qui nous a hébergés. Puis l'Eurométropole nous a attribué ce bâtiment sur le campus d'Illkirch-Graffenstaden et nous a apporté, tout au long de ces années, beaucoup de soutien.

L'ISU est très attachée à l'interdisciplinarité. Comment évoluent les sciences liées à l'espace ?

Aujourd'hui, le spatial est partout. On compte maintenant environ 7 500 satellites en orbite ! De nombreux domaines ont un lien avec les données spatiales, sous des formes diverses.

Le spatial, ce n'est pas que « l'homme dans l'espace », mais aussi tout ce qui fait notre quotidien : la robotique, les sciences de la vie, les transports, l'énergie, le climat, la sécurité... C'est un secteur très dynamique, qui évolue beaucoup. On peut même dire que le spatial est un accélérateur de technologies ! D'ailleurs, nous n'accueillons pas que des étudiants, mais aussi des professionnels, des entrepreneurs qui viennent se former aux derniers procédés et méthodes. Cette grande diversité fait que, tout en voulant conserver notre côté interdisciplinaire, nous allons faire une petite révolution, en proposant des cursus de masters plus spécialisés à partir de la rentrée 2023. L'accréditation est en cours. Les candidats devront choisir entre trois filières : l'une plus spécialement axée sur l'ingénierie et ses applications, une autre sur la science et l'exploration, c'est-à-dire les missions spatiales. La troisième branche se focalisera plus particulièrement sur la politique spatiale et l'entrepreneuriat.

Formation, recherche, soutien aux entreprises... Vos projets doivent impliquer une grande diversité de partenaires ?

Notre réseau est vaste et s'ouvre de plus en plus de pays, partout dans le monde, comme tout récemment à la Thaïlande et à l'Équateur. Nos anciens étudiants - 5 400 Alumni en tout - sont devenus chefs d'agences spatiales, astronautes... Nous voulons aussi contribuer à l'écosystème local et notamment démystifier le spatial auprès des

« Nous voulons aussi contribuer à l'écosystème local et notamment démystifier le spatial auprès des collectivités. »

collectivités. L'Eurométropole est un partenaire très proche et dynamique sur ces questions. Du côté de l'université, nous avons des liens suivis avec différentes composantes, à commencer par le Bureau d'économie théorique et appliquée (Beta), avec qui nous entretenons une coopération historique consacrée à évaluer les impacts économiques du spatial. La conception d'un habitat lunaire nous amène à travailler avec l'École nationale supérieure d'architecture de Strasbourg (Ensas). Nous avons aussi découvert des synergies de recherche avec le Laboratoire de catalyse chimique de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires (Isis). L'Observatoire astronomique et le Service régional de traitement d'image et de télédétection (Sertit) font, pour des raisons évidentes, partie de nos partenaires, tout comme l'Institut de recherche contre les cancers de l'appareil digestif (Ircad), qui se penche sur les questions de santé dans l'espace. L'ISU dispose par ailleurs d'un incubateur de start-up, soutenu par des partenaires locaux, dont l'incubateur Semia, et internationaux : plus de 110 start-up ont déjà été créées dans le secteur spatial par des Alumni de l'ISU.

■ Propos recueillis par M. N.

Spatial et estival

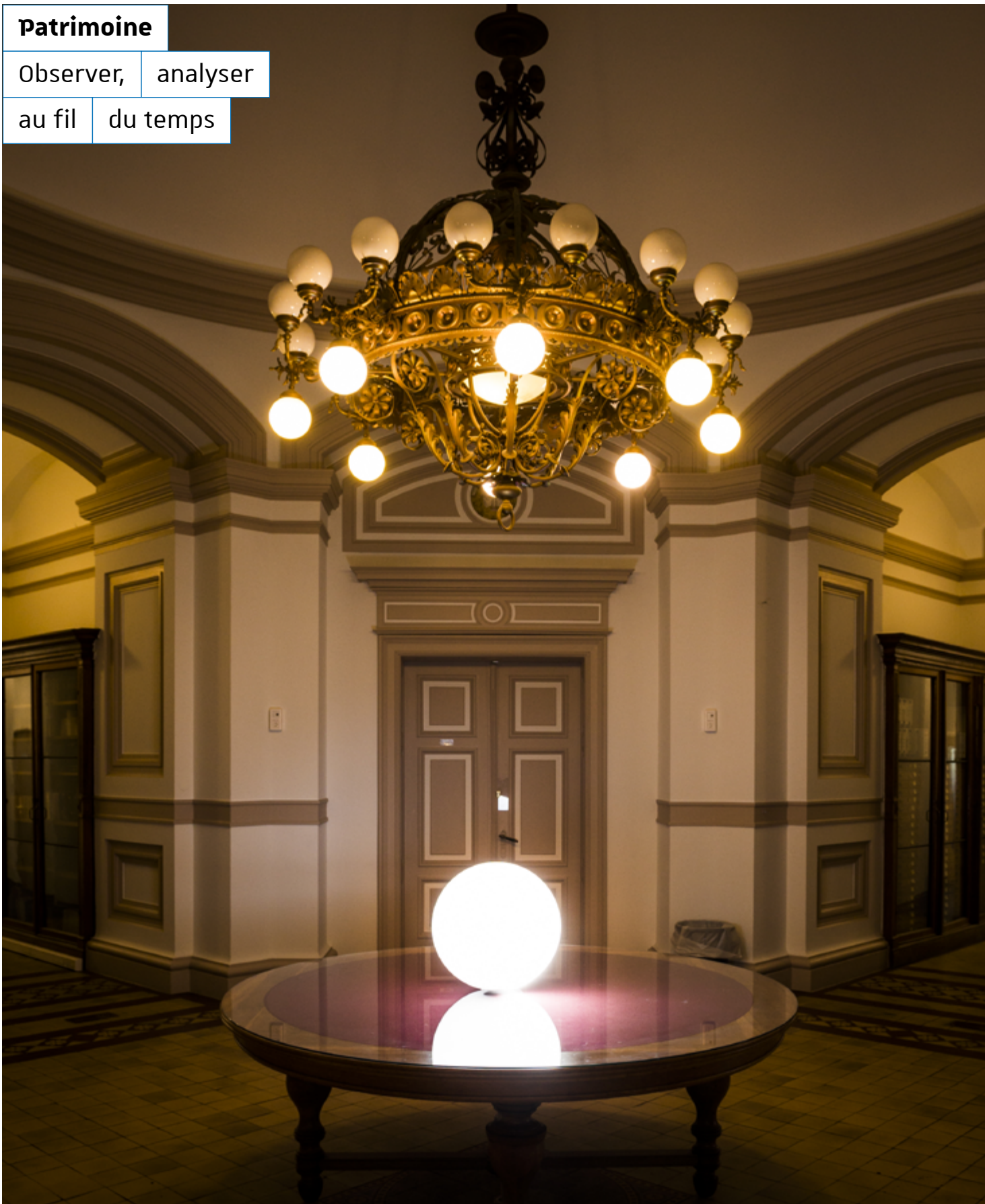
Outre le master d'études spatiales qui se prépare en un ou deux ans, l'ISU propose chaque année, de juin à août, une session intensive de neuf semaines intitulée Programme d'études spatiales (SSP). Elle se déroule à chaque fois dans une autre partie du globe : en 2023, le SSP se tiendra à Sao Jose dos Campos, au Brésil. Ce programme d'été se compose de cours dans tous les domaines liés au spatial, mais aussi de *workshops* et de visites de terrain. Destiné plus particulièrement à des professionnels qui travaillent déjà dans le secteur du spatial ou à des personnes qui souhaitent s'y engager, c'est un programme qui offre la possibilité de toucher à tous les domaines du secteur spatial, et aussi de travailler, concrètement et en équipes, sur des projets qui se focalisent sur les défis présents et futurs du secteur.



Patrimoine

Observer, analyser

au fil du temps



L'Observatoire astronomique, l'architecture au service de la science

Construit en 1881 dans son écrin de verdure sur le campus historique, l'Observatoire astronomique de Strasbourg est voulu comme l'un des fleurons de l'Empire allemand et de son université. Visite guidée de ce lieu singulier et pittoresque, en compagnie de Pierre-Alain Duc, son directeur, et de Delphine Issenmann, responsable des collections au Jardin des sciences.

Avec sa coupole qui s'ouvre sur le ciel, sa grande lunette, son style néorenaissance et ses trois bâtiments reliés par des corridors extérieurs, le lieu est empreint d'un charme certain, mêlant le faste de l'architecture de la fin du XIX^e siècle à l'instrumentation scientifique, avec cette impression de refuge secret gardé par la végétation, en bordure du campus historique et de son Jardin botanique.

C'est un ensemble préservé qui conserve son activité de recherche, de formation et d'observatoire depuis 1881 (voir encadré). Historiquement, c'est le troisième observatoire de Strasbourg : le premier se dressait au-dessus de la tour de l'Hôpital à partir de 1673, le second au sommet de la tour octogonale du bâtiment de l'Académie.¹

Montrer la puissance de l'Empire allemand

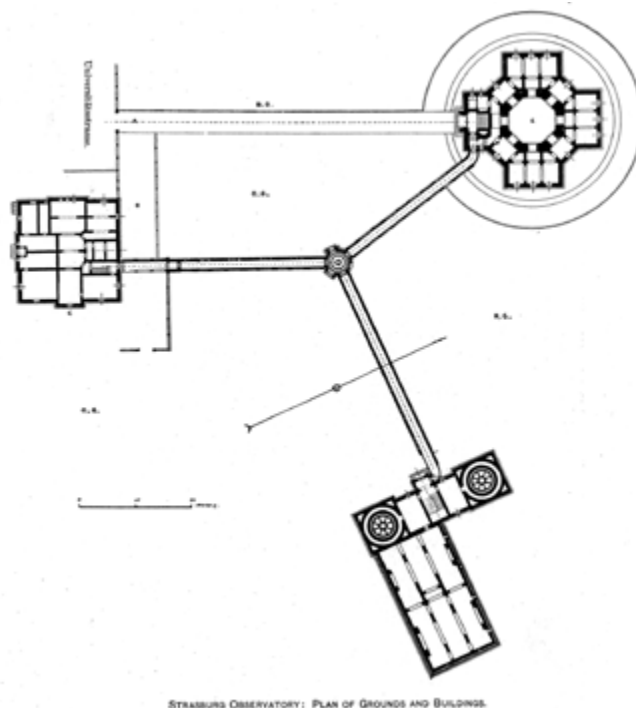
À l'annexion de l'Alsace-Moselle, Guillaume II ordonne la construction d'un nouvel observatoire, digne de son ambitieuse université impériale. *« Il a voulu le doter d'importantes capacités d'observation, d'instruments de pointe, moyennant de grands investissements. Il s'agissait de montrer la puissance de l'Empire allemand. À la fin du XIX^e siècle, on construisait les observatoires à l'écart des villes, sur des collines, comme à Lyon ou Bordeaux, pour s'affranchir de la pollution lumineuse. Ici, ce n'était pas le meilleur site, car trop proche du centre-ville. Mais ce choix résulte d'une volonté politique : placer l'observatoire au cœur de l'université et associer la formation*

à la recherche, selon l'approche allemande », explique Pierre-Alain Duc, directeur de l'Observatoire astronomique.

Une architecture scientifique

L'architecte Hermann Eggert est chargé de concevoir cette nouvelle université, avec une ligne directrice : l'architecture au service de la science. *« Il travaille avec les directeurs des instituts pour concevoir des bâtiments adaptés à chaque discipline, dont l'astronomie. L'observatoire comprend ainsi des salles d'observation avec des équipements scientifiques, des salles de cours, des salles de travail, une bibliothèque, mais aussi un bâtiment d'habitation pour le directeur et des employés »*, expose Delphine Issenmann, responsable du pôle Musées, collections et patrimoine au Jardin des sciences.

Les trois bâtiments de l'observatoire sont indépendants pour limiter les vibrations, et reliés par des corridors (Winterhalter Albert G. 1889).



D'où ce singulier plan en étoile : les trois bâtiments, à savoir la grande coupole, celui des salles méridiennes aux deux coupoles et le bâtiment d'habitation, sont construits à distance les uns des autres, pour limiter les vibrations qui pourraient gêner les mesures. Ils sont reliés par trois corridors, disposés en Y, permettant de se déplacer par n'importe quel temps, et de nuit sans générer de lumières parasites.

« Ce choix résulte d'une volonté politique : placer l'observatoire au cœur de l'université et associer la formation à la recherche selon l'approche allemande. »

La lunette la plus puissante de l'Empire

Témoin de cette architecture scientifique, la grande coupole, en bois, zinc et fer, s'ouvre pour les besoins d'observation à la lunette astronomique. Avec son escalier motorisé monté sur rails circulaires, la lunette peut balayer le ciel dans toutes les directions. Avec le diamètre de son objectif de 49 centimètres et sa focale de sept mètres, elle est la plus puissante de l'Empire au moment de son

installation. Le sol est désolidarisé du pilier de l'instrument pour le protéger des vibrations, car l'enjeu est la précision des mesures.

Héliomètre et mires

À l'Est, le bâtiment d'observation aux deux coupoles se prolonge avec deux salles dites

Since 1881

L'Observatoire astronomique de Strasbourg conserve, sans discontinuer depuis sa création, ses fonctions de recherche, de formation et d'observatoire, ce qui fait de lui un cas particulier dans l'université. Peu de bâtiments de l'époque impériale allemande ont gardé leur fonction originelle jusqu'à nos jours. Il n'est jamais tombé en désuétude, même si plus aucune observation scientifique n'y est menée depuis les années 1960. Encore aujourd'hui, il accueille une centaine de personnes, une unité de recherche, quinze étudiants en master d'astrophysique, un observatoire des sciences de l'Univers (Centre de données astronomiques de Strasbourg) et jusqu'en 2022, un planétarium.

méridiennes, du nom des deux lunettes qu'elles abritent. Le Planétarium était installé dans l'une des deux jusqu'en décembre 2022. Le jardin lui aussi accueille des curiosités : une petite coupole pour un héliomètre, des cabanes en bois pour protéger les mires permettant d'ajuster une des lunettes méridiennes, une cabane coulissante pour des instruments déplaçables... Tous ces trésors se découvrent *in situ*, grâce aux visites commentées du Jardin des sciences.

■ S.R.

1- Ancêtre de l'université, c'est aujourd'hui le lycée Oberlin à la Krutenau.

Point de jonction central reliant les trois corridors.



L'observatoire et ses deux coupoles.



Météorites en vitrines

Parmi les 2 500 pièces exposées au Musée de minéralogie de l'Université de Strasbourg, une cinquantaine de météorites sont présentées au public. Voyage depuis la Terre aux confins du système solaire.

« Voici la météorite carbonée d'Allende : c'est une des météorites les plus étudiées dans l'histoire », annonce Barbara Gollain, chargée de collection, de minéralogie et de pétrographie. C'est un joli morceau de 51,8 grammes, datant d'environ 4,5 milliards d'années. Elle est tombée au Mexique le 8 février 1969, lors d'une chute de milliers de fragments. « Elle a été formée aux confins du système solaire, poursuit la jeune géologue. Elle contient des acides aminés, dont certains sont inconnus sur Terre. On remarque une pellicule noire qu'on pourrait presque gratter à l'ongle : c'est en fait la croûte de fusion qui s'est formée lors de son entrée dans l'atmosphère. Comme la croûte est présente sur tout le tour, cela veut dire que la météorite a été fragmentée lors de son entrée dans l'atmosphère. C'est grâce à ces chondrites carbonées que l'on parvient à dater la formation du système solaire. »

La chondrite d'Allende est une des cinquante météorites exposées dans la grande salle du Musée de minéralogie de l'Unistra. Elle voisine avec la météorite d'Ausson, dans les Hautes-Pyrénées, une autre chondrite de 450 grammes provenant d'une des deux météorites tombées le 9 décembre 1858. Tout aussi intéressante, la météorite de Laigle, dans l'Orne, tombée en 1803. *« On a compté des milliers de fragments, raconte Barbara Gollain. Tous les habitants des environs ont observé la chute et ont ramassé des morceaux. À l'époque, certains ont cru qu'ils provenaient d'un volcan lunaire. »*

Chutes célèbres

Plus spectaculaire : une tranche de la météorite de Gibeon, en Namibie. Elle a été prélevée sur une sidérite, dont la masse totale était de 26 tonnes, éparpillée sur 27 500 kilomètres carrés (trois fois la superficie de l'Alsace). C'est un alliage de fer et de nickel provenant du noyau d'une protoplanète, et dont les habitants du territoire sur lequel elle était tombée se servaient pour fabriquer des pointes



↑↑ **Barbara Gollain**, chargée de collection, de minéralogie et de pétrographie au Jardin des sciences. La météorite carbonée d'Allende, une des météorites les plus étudiées dans l'histoire.

↑ Collections de météorites du Musée de minéralogie de l'Université de Strasbourg.

de flèches. Les amateurs de sensations fortes – mais miniaturisés – admireront les maquettes illustrant quelques chutes célèbres d'objets célestes parfaitement identifiés. Comme le fauteuil sur lequel Ann Elizabeth Hodges faisait tranquillement sa sieste, le 30 novembre 1954, lorsqu'une météorite de près de quatre kilogrammes traversa le toit de sa maison dans la ville de Sylacauga, en Alabama, et lui laissa un gros hématome sur la hanche. Ou la Chevrolet Malibu de Peekskill, dans l'État de New York, dont le coffre arrière fut détruit par un fragment de chondrite tombée le 9 octobre 1992. Géographiquement plus proche de nous, la météorite de Draveil, dans l'Essonne, tombée en juillet 2011 sur le toit d'une maison.

■ J.d.M.

Définition

Les météorites sont des fragments de bolides, corps célestes circulant dans l'espace. Ils sont eux-mêmes des fragments d'astéroïdes, corps de taille supérieure assimilables à des protoplanètes circulant dans la ceinture principale d'astéroïdes localisée entre Mars et Jupiter.

Balade dans les collections de l'Observatoire astronomique

Delphine Issenmann, responsable du pôle Patrimoine, musées et collections au sein du Jardin des sciences et Sébastien Derrière, astronome adjoint à l'Observatoire astronomique de Strasbourg, nous font découvrir quelques trésors cachés de l'Observatoire astronomique.

Du chercheur de comètes...

Équipement atypique mais pas unique, le chercheur de comètes trône aujourd'hui au premier étage de l'Observatoire astronomique de Strasbourg. Il est visible dans le cadre des parcours guidés de l'observatoire proposés par le Jardin des sciences.

« Le chercheur de comètes Merz-Repsold est commandé autour des années 1872 par August Winnecke, premier directeur de l'observatoire, au moment de la création de l'université impériale », raconte Delphine Issenmann. D'abord installé sur la terrasse de l'ancien observatoire français situé à l'emplacement de l'actuel lycée Oberlin, il est déplacé à l'Observatoire astronomique à sa création.

En haut du bâtiment principal, une terrasse avec garde-corps en fer forgé, entoure la grande coupole. Elle est équipée d'un rail circulaire permettant de déplacer le chercheur de comètes, abrité le reste du temps sous une petite cabane.

Doté d'une structure en bois, l'engin est constitué d'un réfracteur de 162 millimètres de diamètre au bout d'une lunette d'1,40 mètre. Un contrepoids permet de faire basculer la chaise azimutale d'avant en arrière et des manettes de le faire pivoter autour d'un axe vertical.

Une aiguille dans une botte de foin

Une fois installé dans la chaise, l'observateur parcourt le ciel poussé sur les rails par un assistant



Delphine Issenmann, responsable du pôle Patrimoine, musées et collections au sein du Jardin des sciences devant le chercheur de comètes Merz-Repsold.

ou un technicien à la recherche d'une comète. Autant dire une aiguille dans une botte de foin « et encore sans être sûr qu'il y ait une aiguille », sourit Sébastien Derrière.

Il faut dire qu'à cette époque, les comètes repérées chaque année se comptent sur les doigts d'une main. « En 1900, on connaît seulement 17 comètes périodiques. En 2023, on est à 456 comètes périodiques vues au moins deux fois et nous atteignons des dizaines de découvertes par an ces dernières années », précise le chercheur.

Un moment d'observation plus favorable avant ou après le lever du Soleil

Pour repérer ces comètes et les distinguer des autres objets visibles dans le ciel, il faut avoir

Top et flop

- Top : « *La monture azimutale est particulièrement avantageuse pour les chercheurs de comètes, car elle permet de parcourir le ciel suivant des parallèles à l'horizon, et cette circonstance, en facilitant les recherches dans les régions les plus voisines du Soleil, augmente les chances de découverte.* » Henri Perrotin, directeur de l'observatoire de Nice, lors de sa visite de l'observatoire en 1881.

- Flop : « *Le système manque de stabilité et les fils de l'oculaire ne permettent que des comparaisons.* » Georges Rayet, futur directeur de l'Observatoire de Bordeaux, en 1878 lorsqu'il voit l'instrument dans l'ancien observatoire.

l'œil avisé. « *Les découvertes sont vraiment le fruit du hasard. L'observateur pouvait chercher confirmation avec la grande lunette* », poursuit Sébastien Derrière. Avec tout de même un moment d'observation plus favorable avant ou après le

« Les découvertes
sont vraiment le fruit
du hasard . »

lever du soleil et en suivant des parallèles à l'horizon.

L'enjeu pour les astronomes étant de pouvoir donner leur nom à la comète débusquée. « *Ily en a*

une du nom de Winnecke-Pons mais nous n'avons pas la preuve qu'elle ait été découverte à Strasbourg », poursuit Delphine Issenmann.

De l'aiguille à la pêche au chalut

Situé au cœur de la ville, souffrant des pollutions lumineuses et du temps souvent nuageux, l'observatoire n'est pas idéalement placé. Il perd ainsi progressivement sa fonction d'observation du ciel. Avec le temps aussi, les lunettes laissent place aux télescopes. Avec des miroirs de grande taille collectant plus de lumière et des champs de vue plus larges, ils permettent de ratisser le ciel de manière plus rapide et systématique en détectant tout ce qui bouge. « *C'est un peu la pêche au chalut* », glisse Sébastien Derrière.

Pour perpétuer la traque de nouvelles comètes un peu plus à l'ancienne, les astronomes amateurs disposent de nos jours de temps et de caméras assez sophistiquées. « *Rétrospectivement, c'était beaucoup de travail pour très peu de résultats* », conclut le chercheur qui précise que l'histoire ne dit pas, si une personne était dédiée au poste nuit et jour...

...aux horloges astronomiques

Dans les sciences expérimentales et en astronomie, la question du temps est essentielle. L'Observatoire astronomique de Strasbourg abrite actuellement une vingtaine d'horloges astronomiques utilisées du temps où le Network time protocol n'existait pas encore.

« *La position des étoiles permet de caler les horloges de précision et ainsi connaître l'heure sidérale* qu'utilisent alors les astronomes pour leurs mesures. Inversement, l'heure permet de connaître la position des étoiles* », souligne Sébastien Derrière.

Dans les salles d'observation, chaque lunette était associée à une horloge et d'autres instruments de mesure (baromètre, thermomètre...) « *Pour analyser une mesure, il faut savoir à quel moment elle a été faite. Une pince reliée aux horloges permettait de déclencher un top au passage d'une étoile. Chaque astronome connaissait son temps de réaction ensuite déduit du temps relevé au top* », poursuit Delphine Issenmann.

Un projet de modernisation

Après la guerre, en 1919, le premier directeur français de l'Observatoire astronomique de Strasbourg, Ernest Esclangon, met en place un projet de modernisation et d'équipement de l'établissement quasiment à l'abandon. Il installe



Sébastien Derrière, astronome adjoint à l'Observatoire astronomique de Strasbourg et l'horloge astronomique Riegler.

l'électricité et le téléphone dans les bâtiments et les coupoles. Sans oublier de créer un système électrique permettant de synchroniser toutes les horloges de l'observatoire via une horloge de référence.

Le système est ensuite étendu à l'ensemble du campus, puis à la ville. « *L'horloge de la station de sismologie est ainsi reliée par un câble passant sous le Jardin botanique à l'horloge mère de l'observatoire* », glisse Delphine Issenmann.

Une pendule à double cadran

Ernest Esclangon élabore également un système permettant de produire le temps moyen à partir du temps sidéral. Et ce, à travers une pendule à double cadran qui affiche les deux temps en utilisant un balancier unique. Le premier exemplaire du « système Esclangon » est installé à Strasbourg en 1921, il équipera également l'Observatoire de Paris et, plus tard, celui de Haute-Provence.

« *De nos jours, le temps est le même pour tous. Le Network Time Protocol (NTP) créé en 1985 permet*

de synchroniser l'ensemble des ordinateurs sur un même temps de référence », ajoute le chercheur.

■ M. R.

* Le temps sidéral est basé sur la rotation de la Terre par rapport aux étoiles. Le temps solaire moyen se fonde de son côté sur la rotation de la Terre par rapport au Soleil.

Focus sur trois horloges visibles à l'observatoire

Le régulateur astronomique Riegler à pression constante

Élaborée en 1904 à Munich, l'horloge astronomique Riegler, du nom de son fabricant, porte le numéro 95. Installée dans une cloche à vide pour garantir une précision supérieure en évitant notamment les frottements, elle est visible au sous-sol du bâtiment de la grande coupole. Elle est dotée de trois cadrans pour les minutes, les secondes et les heures. Avec pas plus de deux secondes de dérive par an, elle compte parmi les horloges les plus précises du monde. « *Utilisée dans les observatoires où les centres nationaux, elle permet de définir un temps de référence* », raconte Sébastien Derrière.

• **Les régulateurs astronomiques Schweitzer**
Installées face-à-face dans le hall de l'observatoire, ces deux horloges sont probablement les premières horloges de précision installées à l'Observatoire astronomique de Strasbourg.

• L'horloge Petit

Trônant dans le bureau de Pierre-Alain Duc, actuel directeur de l'observatoire, l'horloge est dotée d'une aiguille dont le bout est en forme de lune. Ce régulateur provient de l'ancien observatoire situé rue de l'Académie et serait daté de 1840. Il était associé à la lunette Cauchoix, utilisée par les Allemands pour les observations de la Lune et des planètes et pour déterminer l'heure. Il s'agit d'un exemplaire rare de régulateur avec temps sidéral et temps moyen.



Le régulateur astronomique Schweizer.



L'horloge Petit.

Une grande lunette pas du tout obsolète

Elle trône sous la coupole principale de l'Observatoire astronomique depuis 1881, date de l'édification des bâtiments par Hermann Eggert, après l'annexion de l'Alsace par l'Empire allemand. Initialement destinée à l'étude des comètes et les étoiles doubles, la grande lunette fait aujourd'hui le bonheur des astronomes amateurs et des publics curieux.

C'est un équipement impressionnant qui se mérite. Il faut grimper tout en haut de la coupole de l'Observatoire astronomique et affronter des températures tantôt très froides en hiver et très chaudes en été pour le découvrir. La grande lunette accompagnée de son escalier mobile majestueux trône là depuis 1881, à 15,50 mètres au-dessus du

Benoît Zeller, président de la Société astronomique de France groupe Alsace (Safga) dans la grande coupole de l'observatoire.



sol. L'architecture et l'instrumentation témoignent de la volonté impériale de faire de l'Université de Strasbourg la vitrine de l'Empire allemand.

La grande lunette était destinée à l'étude des comètes. Une lunette mobile complémentaire, le chercheur de comètes, pouvait d'ailleurs circuler tout autour de la terrasse à la quête de ces astres chevelus. Le second sujet d'étude concernait les étoiles doubles, c'est-à-dire des étoiles issues du même nuage de gaz initial et liées par gravité. L'étude de leurs trajectoires permettait de déterminer les masses des étoiles, une méthode encore utilisée aujourd'hui.

Plus grande lunette de l'Empire allemand à l'origine, elle reste aujourd'hui la troisième plus grande de France après celles de Paris-Meudon

et Nice. Le doublet de lentilles de 49 cm de diamètre réalisé par l'entreprise Merz (Munich) crée, sept mètres plus loin, une image que l'on grossit à l'aide d'oculaires. La mécanique a été construite par la société Repsold (Hambourg). La lunette est posée sur une

monture équatoriale qui lui permet de balayer l'intégralité de la voûte céleste. L'axe d'ascension droite est rendu parallèle à l'axe de rotation de la Terre pour suivre facilement le mouvement apparent des astres dans le ciel. Il est entraîné par un pendule conique.

« C'est
impressionnant
de penser à toute
l'histoire qu'il y
a derrière ».

Une pièce pour deux

L'escalier mobile permet à l'observateur de suivre les mouvements de rotation de la lunette en circulant sur un rail tout autour de la monture. Sa partie centrale s'élève et s'abaisse en fonction de la hauteur de l'astre observé. Assis sur son siège, l'astronome utilise plusieurs poignées de commande pour orienter la lunette, mettre au point, faire tourner la coupole. Pour trouver sa cible, il utilise une petite lunette « chercheur », ou bien lit les coordonnées de l'objet gravées sur les deux axes de la monture à l'aide de périscoptes. La pièce était prévue pour accueillir deux personnes : l'astronome et son assistant.

Après la Première Guerre mondiale, de 1919 à 1921, Ernest Esclançon, alors directeur de l'observatoire, entreprend des travaux de remise en état de la coupole. Les moteurs succèdent aux contrepoids pour entraîner les 34 tonnes de la coupole. La monture ainsi que l'escalier mobile sont également motorisés. Plus tard, l'opticien français

Jean Texereau corrige l'objectif principal de la lunette de son léger astigmatisme.

Un instrument du patrimoine

Peu après l'inauguration de l'observatoire apparaissent les premières plaques photographiques, bien plus sensibles que l'œil et permettant d'accumuler beaucoup de lumière, puis les premières cellules photoélectriques, ancêtres des caméras numériques. À partir du début des années 1970, les professionnels cessent d'utiliser la grande lunette de l'observatoire. Ils sont aussi gênés par les lumières de la ville. Alors qu'à sa construction à la fin du XIX^e siècle, le bâtiment était à la périphérie de la ville, il a vite été confronté à son extension et l'augmentation de la pollution lumineuse.

Aujourd'hui, la grande lunette est utilisée pour des séances d'observation publiques proposées par le Jardin des sciences lors des Nocturnes, en partenariat avec la Société astronomique de France groupe Alsace (Safga). « *Cela reste plaisant d'observer le ciel avec cet instrument. C'est impressionnant de penser à toute l'histoire qu'il y a derrière* », témoigne Benoît Zeller, le président de l'association. « *Avec le public, nous regardons les planètes et la Lune. C'est agréable surtout au printemps, au son des coassements des crapauds du Jardin botanique* », sourit Benoît Zeller.

■ J.G.

Un astre sur les campus – les lieux de prises de vues :

Devant l'Atrium p. 7, au sein de l'UFR de mathématique et d'informatique p. 8, dans le hall de la Faculté de droit p. 18, dans une salle de cours de l'Institut de physiologie et chimie biologique p. 24, dans les couloirs du Pôle européen de gestion et d'économie p. 26, aux abords de l'Insectarium p. 35 et 39, dans le hall de l'Institut de science et d'ingénierie supramoléculaires p. 36, dans les couloirs du sous-sol de l'Institut Le Bel p. 41, dans le hall d'entrée p. 42 et dans la grande coupole p. 51 de l'Observatoire astronomique de Strasbourg.



Savoir(s)

Université

de Strasbourg

CS 90032 – 67081 Strasbourg Cedex
Tél. : +33 (0)3 68 85 00 00
unistra.fr

Directeur de la publication :

Michel Deneken

Directeur éditorial : Mathieu Schneider

Rédacteur en chef : Frédéric Zinck

Secrétariat de rédaction : Julie Giorgi

Contact de la rédaction :

Service communication de l'Unistra
3-5 rue de l'Université
67000 Strasbourg
Tél. : +33 (0)3 68 85 12 51

Comité éditorial :

Sylvain Diaz, Emmanuelle Gemmrich,
Evelyne Klotz, Alexandra Knaebel,
Caroline Laplane, Michel de Mathelin,
Pierre Mirabel, Alexandre Meny,
Dominique Schlaefli, Laurent Schmitt,
Sébastien Soubiran.

Invité de la rédaction :

Pierre-Alain Duc, directeur de l'Observatoire
astronomique de Strasbourg et
Milène Wendling, directrice du Planétarium.

Ont participé à ce numéro :

Edern Appéré, Elsa Collobert, Fanny Cygan,
Julie Giorgi, Mathilde Hubert, Caroline
Laplane, Jean de Miscault, Myriam Niss,
Marion Riegert, Stéphanie Robert.

Crédits photos :

Pascal Bastien : p. 1, 7, 8, 18, 24, 26, 35,
36, 39 bas, 41, 42, 51.

Catherine Schröder : p. 4, 9, 11, 12, 15, 16,
17 gauche, 19, 20, 21 bas, 22, 25 gauche,
27, 28, 29, 32, 37, 44, 45, 46, 47, 48, 49.

Aladin Desktop Unistra/CNRS : p. 10.

Cnes : p. 13 haut

DR : p. 13 bas, 23

Sertit - Stephen Clandillon : p.14

Robert Fludd - 1617 : p. 17 droite

Patrick Guillout - 2T36 : p. 21 haut

Marianne Brouty et Céline Halter : p. 25 droite

Marion Riegert : p. 30

Samuel Rubio : p. 33

Loew's International : p.34 gauche

Vanessa Narbonne : p. 34 droite

Aladin Lite : p. 39 haut

Université internationale de l'espace : p. 40.

Winterhalter Albert G. - 1889 : p. 43

Conception graphique : Welcome Byzance

Impression : Ott imprimeurs

ISSN : 2100 – 1766

 Pour envoyer vos suggestions
à la rédaction : savoirs@unistra.fr



« Nous ignorons encore si l'Univers est borné, fini,
fini sans frontières, infini, voire si ces notions
topologiques ont un sens mathématique,
physique, ou métaphysique. »

Pierre-Alain Duc, directeur de l'Observatoire astronomique de Strasbourg.