Livret de l'exposition

Observatoire de la CÔTE d'AZUR

VILLE DE NICE

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ASTRONOMIE & D'ASTROPHYSIQUE

Région Provence Alpes Côte d'Azur

CULTURE SCIENCE PACA

Modalités de prêt de l'exposition

L'Observatoire de la Côte d'Azur se fera un plaisir de vous prêter cette exposition. Cette mise itinérance répond également aux souhaits de la Région PACA de faire profiter de ces ressources à tout organisme intéressé pour diffuser la culture scientifique et technique.

Modalités :

- Prêt à titre gratuit

- Convention de prêt à élaborer entre l'organisme « prêteur » et le bénéficiaire

- L'organisme intéressé viendra retirer l'exposition et la ramener selon un calendrier clairement établi entre les deux partis

- Possibilité de prévoir une ou plusieurs conférences autour des thématiques de l'exposition - Possibilité d'un accompagnement pédagogique (sur demande)

Contact :

Service Culturel

Pavillon de Physique

Bd de l'Observatoire

CS 34229

06304 NICE Cedex 4

exposition@oca.eu

A propos de l'exposition

Une image peut être belle au premier abord, mais pour en saisir toute l'essence il est parfois nécessaire d'avoir une explication plus approfondie. C'est ainsi que l'idée de cette exposition est venue à l'esprit d'Albert Bijaoui, astronome émérite à l'Observatoire de la Côte d'Azur, lors d'une visite au musée Picasso d'Antibes. Pour comprendre les œuvres du peintre au-delà d'une approche superficielle, la présence d'un guide les expliquant était essentielle. Le rapport a aussitôt était fait avec l'astronomie : une image astronomique est certes belle, mais derrière elle il y a un phénomène physique à expliquer. Cette exposition, Beautés du Ciel et Phénomènes Cosmiques, a donc pour vocation de donner du plaisir au public en lui montrant des images choisies et d'expliquer la nature des phénomènes physiques associés.

Beautés du Ciel et Phénomènes Cosmiques est segmentée en différentes parties: nature de l'information captée (la lumière), instrumentation, système solaire, évolution stellaire, cosmologie, art et science. Un aperçu des panneaux est disponible sur le site internet de l'Observatoire de la Côte d'Azur : http://www.oca.eu/ExpoBeauteduCiel, et à la fin de ce guide.

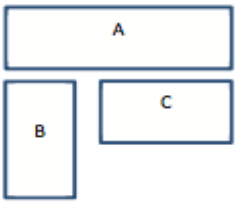
Format des panneaux

L'exposition est constituée de vingt-cinq panneaux (imprimés sur bâche). Les panneaux ont trois tailles différentes : 4 sont au format 125 cm x 250 cm (format A), 4 sont au format 125 cm x 180 cm (format C), et 17 sont au format 110 cm x 180 cm (format B).

A = 125 H x 250 L

B = 180 H x 110 L

C = 125 H x 180 L



Les grands panneaux (format A) sont constitués d'une image, d'une explication du phénomène associé et d'un témoignage de chercheur. Les panneaux C sont constitués d'une grande image et d'une explication, ou d'une grande image et d'une légende. Les bâches sont constituées d'une image et d'une explication, ou bien d'une citation littéraire sur fond noir.

Un accompagnement pédagogique de l'exposition peut également être mis en place.

Détails sur le conditionnent et le transport de l'exposition :

Notre exposition est conditionnée dans 25 tubes en carton **rigide** d'environ **8,50 cm** de diamètre et dont les longueurs varient de **1m10** à **2m50**.

La référence du panneau (étiquette de couleur) se trouve à la fois inscrite sur tube et sur le panneau (comme vous pouvez le voir sur l'image ci-dessous)

← Tube de rangement avec ses références (référence + miniature du panneau)

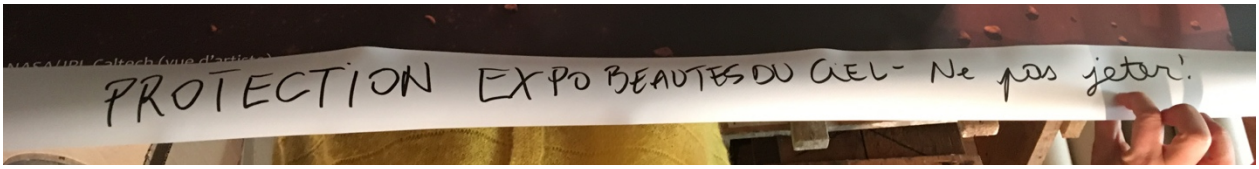
← Panneau (référence)

Nous vous remercions par avance de bien vérifier au moment où vous ré-emballerez l'exposition que chaque tube porte la même référence que celle du panneau qu'il contient.

Attention très important ! Pour le transport prévoir un véhicule capable de d'accueillir des tubes rigides d'une longueur minimale de 1,10 et maximale de 2,50 m environ (si vous empruntez la totalité des panneaux).

Au moment où vous déballerez l'exposition, vous trouverez un petit morceau de bâche à l'intérieur chaque panneau sur lequel est inscrit « protection expo Beautés du ciel- ne pas jeter ». Cette protection empêche la barre de lestage d'abîmer le panneau.

Nous vous demandons de le conserver pour l'emballage du retour.



NB : nous vous conseillons de le stocker dans son tube de référence.

Détails sur l’installation

Chaque panneau est équipé d’une barre et de deux systèmes d’attaches. Ceci se déplaçant indépendamment l’un de l‘autre le long d’un rail au niveau de la hauteur du panneau (image ci-dessous). Néanmoins, prenez garde : ils ne doivent pas être démontés ! Au bas de chaque panneau est fixée une barre de lestage.

Système d’accroche

Vous pouvez la fixer au mur comme vous le souhaitez (vis, clou, crochets, etc.)

Détails sur le retour

Le système d'accrochage n'étant pas amovible et les panneaux fragiles, nous vous demandons de rouler les panneaux un par un, et ce en commençant l'enroulement par le bas, comme indiqué sur les photographies ci-dessous.

⚠ Remettre le morceau de bâche de protection (comme sur la photographie)
Vous ne pouvez pas vous tromper ! En haut du panneau vous trouverez un sens interdit.

Nous vous conseillons de rouler le panneau au plus serrés afin qu'il puisse rentrer dans le tube.

Nous vous rappelons que chaque panneau possède son propre tube. La référence du tube doit correspondre à celle du panneau. Nous remercions d'avance de bien y faire attention lors de l'emballage de l'exposition.

Une fois les panneaux rangés dans leur tube et les tubes fermés, l'exposition est prête pour le retour.

Contenu succinct des panneaux, par galerie

Entrée :

(1) **Bienvenue** (bâche 180 cm x 110 cm) : Présentation de l'exposition. Explication de l'utilité scientifique de l'imagerie en astronomie. Petit mot d'accueil.
(2) **Citation de René Barjaval** (bâche 180 cm x 110 cm) : « Tout homme plongé dans l'obscurité écarquille les paupières comme si de plus de ténèbres absorbées pouvait naître la lumière. »

Nature de l'information captée :

(3) **L'onde en connaît un rayon** (bâche 180 cm x 110 cm) : Explication de la nature de la lumière par comparaison avec les ondes radio, micro-ondes etc. Précision sur la nature de ces signaux énergétiques. Explication des limites de sensibilité de nos yeux et de la nécessité d'observer les phénomènes cosmiques dans les autres longueurs d'onde que le visible.

Instrumentation et atmosphère :

(4) **Ouistiti** (bâche 180 cm x 110 cm) : Explication de l'évolution des connaissances en lien avec évolution des techniques. Petit historique passant par la première photographie du Soleil, la première carte du ciel, l'apparition des capteurs CCD supplantant la photographie classique et pouvant capter des longueurs d'onde invisibles à nos yeux. Brève présentation sur les filtres employés par les astronomes suivant les observations qu'ils effectuent.
(5) **Citation de Anatole France** (bâche 180 cm x 110 cm) : « Ce qui est admirable, ce n'est pas que le champ des étoiles soit si vaste, c'est que l'homme l'ait mesuré »

Le système solaire :

(6) **La France mesure un pixel** (bâche 180 cm x 110 cm) : Grande image montrant à l'échelle la taille des planètes du système solaire, vis-à-vis du Soleil.

(7) **Le cercle des planètes est très fermé !** (bâche 180 cm x 110 cm) : Présentation des planètes telluriques et des géantes gazeuses. Mention que ce ne sont pas les seuls corps en orbite autour du Soleil et qu'une nouvelle catégorie a été créée, les planètes naines. Mention également du fait que les exoplanètes ne peuvent porter le nom de planète.

(8) **Un plan sur la comète Mc Naught ?** (bâche 180 cm x 110 cm) : Brève présentation de la comète McNaught prise en photo en 2007. Mention de l'origine et de la composition des comètes ainsi que leur deux queues lorsqu'elles se rapprochent du soleil suite à leur orbites elliptiques. Explication du pourquoi elles brillent suite à l'ionisation des particules par les UV solaires.

(9) **La cuisine solaire** (bâche 125 cm x 250 cm) : Présentation de la formation du système solaire à la manière d'une recette de cuisine. Explication de la platitude du disque protoplanétaire et apparition de grumeaux (planétésimaux). Distinction liée à la ligne de glace entre les géantes gazeuses et les telluriques. Enfin explication du Grand Bombardement Tardif.

(10) **Une histoire alunissante** (bâche 125 cm x 250 cm) : Questionnement sur la taille, la distance et l'origine de la Lune. Pourquoi a-t-elle autant de cratères? Explication de l'hypothèse de Théia et de sa collision à la proto-Terre. 600 Ma après, Grand Bombardement Tardif. Géante dans configuration plus compacte et résonante. Déséquilibre lié à ceinture d'astéroïde extérieur et rupture de la résonance entre Jupiter et Saturne, résultant au bombardement.

(11) **Un chef de rayon lunatique ?** (bâche 125 cm x 180 cm) : Quelques chiffres sur notre étoile la plus proche et que nous nommons le soleil. Mention qu'il est loin d'être paisible et immobile. Explication brève de son fonctionnement interne par fusion nucléaire. Rapide présentation de sa structure profonde via le parcours d'un photon et la durée de son voyage. Explication de l'origine et de la formation des aurores polaires.

(12) **Un réveil aux aurores** (bâche 180 cm x 110 cm) : Image d'une aurore boréale prise depuis la station spatiale internationale.

(13) **Citation de Antoine de Saint-Exupéry** (bâche 180 cm x 110 cm) : « D'une lave en fusion, d'une pâte d'étoile, d'une cellule vivante germée par miracle nous sommes issus, et, peu à peu, nous nous sommes élevés jusqu'à des cantates et à peser des voies lactées. »

(14) **Jeu d'ombre et de lumière** (bâche 125 cm x 250 cm) : Présentation de la vue d'artiste de Beta Pictoris, de son disque de matière gauchi et son exoplanète en orbite. Précisions sur le cache de la photo et le nombre d'exoplanètes répertoriées actuellement. Impact sur la compréhension du système solaire, la recherche de la vie extraterrestre et les critères de la zone habitable.

Galerie Stellaire :

(15) **Les brumes célestes** (bâche 125 cm x 180 cm) : La Montagne Mystique est une pépinière d'étoile composée de gaz et de poussières située à 7500 années-lumière. Elle regorge d'étoiles jeunes et chaudes qui ionisent ses masses gazeuses.

(16) **Pas de feu sans fumée ?** (bâche 180 cm x 110 cm) : La nébuleuse d'Orion, située au cœur de la constellation du même nom, est un vivier de jeunes étoiles. Ce nuage de gaz et de poussières est particulièrement visible à l'œil nu dans le ciel sans pollution lumineuse.

(17) **Citation de Charles Baudelaire** (bâche 180 cm x 110 cm) : Ouvrait d'une façon nonchalante et cynique Son ventre plein d'exhalaison

(18) **Quand les étoiles gazouillent** (bâche 125 cm x 250 cm) : Description de la nébuleuse et de ses caractéristiques (température, taille et vitesse des gaz, + masse de la naine blanche en voie de naine noire). Mention de la nucléosynthèse finale et de la dissémination dans le milieu interstellaire des éléments lourds.

(19) **Les stars savent s'éclater** (bâche 125 cm x 180 cm) : La nébuleuse du Crabe est un rémanent de supernova résultant de l'explosion d'une étoile. Cet évènement a été observé sur Terre, en Chine, il y a environ 1 000 ans et pendant 23 jours l'explosion resta suffisamment lumineuse pour être visible en plein jour. Sa vitesse d'expansion actuelle est estimée à 1 500 km/s.

(20) **Même le ciel bulle et nébule** (bâche 180 cm x 110 cm) : Description de l'image composite et brève explication du phénomène de supernova à l'origine des étoiles à neutrons et des trous noirs. Mention de la diffusion des éléments lourds dans l'espace interstellaire et des perturbations gazeuses permettant des formations de nouvelles étoiles.

Cosmologie :

(21) **Dans les bras de Morphée** (bâche 180 cm x 110 cm) : La galaxie du Tourbillon est une galaxie spirale régulière massive. Elle est de taille comparable à notre Voie Lactée.

(22) **Les lunettes cosmiques** (bâche 180 cm x 110 cm) : Abell 1989 est l'un des amas de galaxie les plus grands et les plus massifs. Comme Abell 2218, il présente un effet de lentille gravitaionnelle révélant une forte concentration de matière noire ou manquante.

(23) **Citation de Christian Bobin** (bâche 180 cm x 110 cm) : Nous sommes des aveugles dans un palais de lumières.

(24) **Le trou noir est-il troublant ?** (bâche 180 cm x 110 cm) : Vue d'artiste de Cygnus X-1 et son trou noir. La masse de ce dernier est tellement importante qu'elle attire toute matière environnante ainsi que les rayons lumineux, d'où la dénomination "trou noir".

OCA :

(25) **Présentation OCA** (bâche 125 cm x 180 cm) : présentant les thématiques de recherche de l'OCA et la production d'images astronomiques

BIENVENUE !

Ce n'est pas la lumière qui manque à notre regard,
c'est notre regard qui manque de lumière.
(Gustave Thibon)

Vous entrez dans une exposition qui vous donnera des clés pour comprendre quelques spectacles célestes.
La légende de chaque image met en relief les phénomènes cosmiques associés et devrait renforcer votre émerveillement devant ces tableaux de la nature.

Les astronomes sont souvent émerveillés par les images acquises par leurs télescopes. L'expression « **Quelle belle image !** » peut leur échapper à la vue d'une nébuleuse planétaire ou d'un paysage martien. Ce jugement esthétique est subjectif ; mais, si l'astronome s'émerveille, par exemple devant l'image d'un amas de galaxies avec une lentille gravitationnelle, c'est qu'il possède quelques clés de **lecture**. Cette exposition vous propose d'en découvrir certaines à l'aide d'une sélection d'images spectaculaires, tout en établissant un parallèle entre le plaisir esthétique des astronomes et leur interprétation basée sur la nature des phénomènes physiques associés.

De nos jours, **l'imagerie** joue un rôle essentiel dans l'étude de l'Univers. Le télescope spatial Hubble a fourni des images remarquables du ciel, bouleversant notre connaissance sur de nombreux phénomènes cosmiques. Acquises dans un ciel dégagé de toute lumière et sans l'agitation atmosphérique troublant la vision au sol, ces images ont révélé des **informations essentielles** sur la création, l'évolution et la mort des astres.

L'**Observatoire de la Côte d'Azur** est depuis plusieurs décennies un lieu d'importance internationale pour l'imagerie astronomique. Des détecteurs, des méthodes d'acquisition, des logiciels de traitement et d'analyse y ont été conçus, développés et mis en œuvre. Des travaux pionniers ont été menés autour de **l'imagerie à haute résolution** et en particulier dans la perspective de l'étude des planètes extrasolaires. Ils sont poursuivis dans le cadre de nombreux projets scientifiques internationaux au sol ou dans l'espace.

L'Observatoire de la Côte d'Azur est ainsi heureux de vous offrir cette exposition et vous souhaite une bonne visite !

Nébuleuse IC 5146 « Le Cocon »
Constellation du Cygne
Distance : 11 300 années-lumière

Crédits images : © Image C2PU www.c2pu.oca.eu - Observatoire de la Côte d'Azur

Tout homme plongé dans l'obscurité écarquille les paupières comme si de plus de ténèbres absorbées pouvait naître la lumière.

René Barjavel
Colomb de la lune
1962

L'ONDE EN CONNAÎT UN RAYON

C'est l'oeil qui fait la lumière.
(René Barjavel – La faim du tigre)

Qu'y a-t-il de commun entre un œil, un poste de radio et un plat cuisiné au four à micro-ondes ?

Ces éléments reçoivent tous les trois des **rayonnements électromagnétiques**. Le plat les reçoit sous forme d'**ondes** qui agitent les molécules d'eau produisant ainsi de la chaleur. Le poste de radio capte des ondes transportant un **signal codé** par les stations d'émission. L'œil quant à lui capte la lumière, la gamme d'onde électromagnétique du **spectre visible**. Il existe d'autres signaux électromagnétiques, comme les ondes radar, les rayons X, Gamma, ultraviolets (UV) ou infrarouges captés par les caméras thermiques.

Einstein a associé à l'onde électromagnétique des particules, **les photons**, dont l'énergie est proportionnelle à la fréquence de l'onde. Ainsi, les ondes X, ayant une gamme de fréquence plus grande que celle des ondes visibles, pénètrent plus dans la matière que la lumière visible.
Nos yeux ne peuvent capter que les couleurs **du rouge au violet**.

Les astres peuvent émettre des rayonnements électromagnétiques dans toute la gamme des fréquences. Il est donc extrêmement important de chercher à **capter tous ces signaux**. Les ondes de fréquences différentes permettent d'apporter des informations complémentaires essentielles sur les **phénomènes physiques** associés. En les captant, nous obtenons une vision plus complète de ces objets, ce qui permet de mieux comprendre ce qui se passe au cœur de ces **phénomènes grandioses**. En décomposant la lumière avec un **spectroscope**, il est possible d'analyser avec plus de précision la nature des phénomènes physiques à l'œuvre dans les astres étudiés.

Aujourd'hui, la connaissance du ciel nous est aussi dévoilée par plusieurs canaux, comme par exemple l'analyse des **météorites**, les missions sur le terrain pour le **Système solaire** ou la détection d'autres particules que le photon **(rayons cosmiques, neutrinos)**. Néanmoins les ondes électromagnétiques restent la source d'information la plus importante pour comprendre la nature des astres.

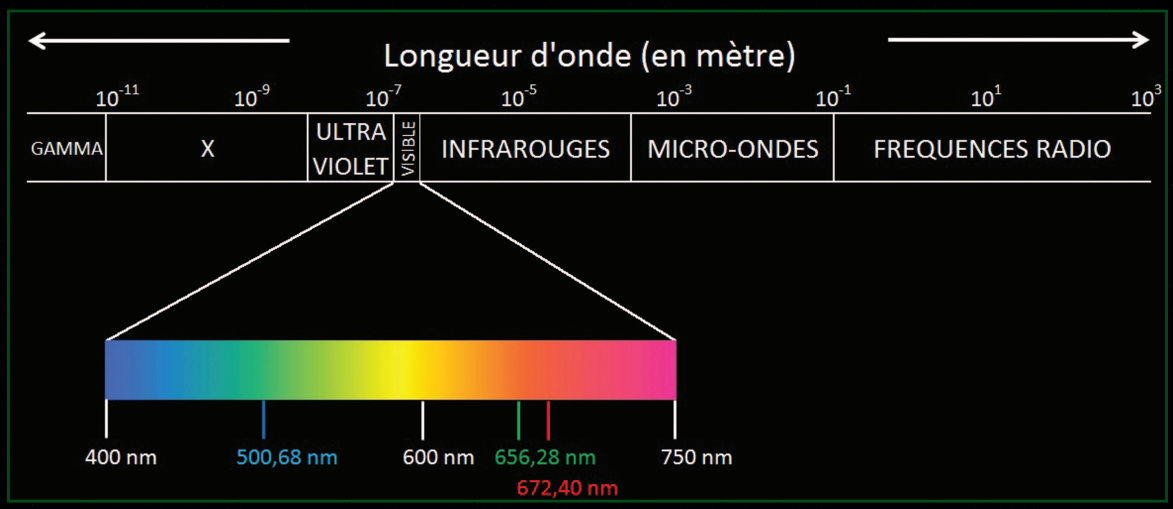
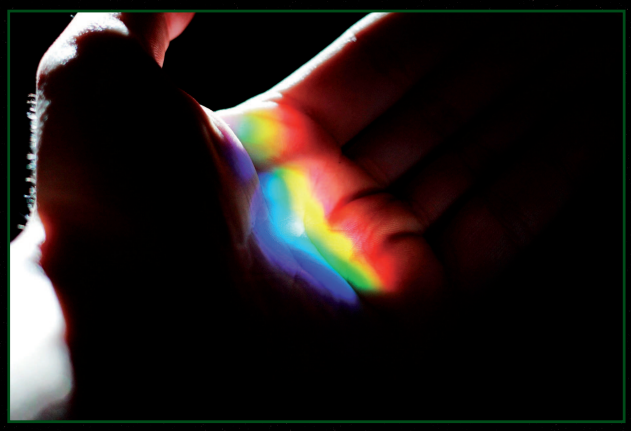


Schéma du spectre électromagnétique (longueurs d'ondes en mètre)



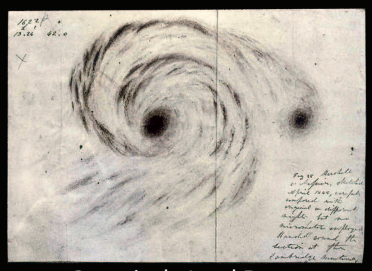
Crédits images : Creative commons

OUISTITI !

La couleur est la gloire de la lumière.
(Jean Guitton - Mon testament philosophique)

Comme le montre l'illustration de la galaxie M 51, l'évolution de notre connaissance du ciel est intimement liée à l'évolution des techniques d'observation. Du croquis aux images numériques en passant par la photographie, la recherche astronomique a fait un bond en avant considérable.

Evolution de la représentation de la galaxie du tourbillon (M51) de 1845 à nos jours



Croquis de Lord Rosse
avril 1845

Photographie de 1991

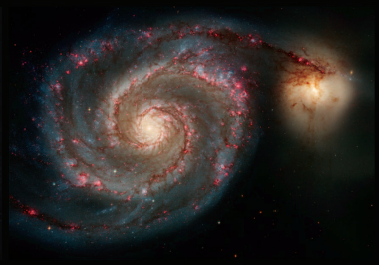


Image capturée par le télescope spatial Hubble en janvier 2005

Depuis la première photographie du Soleil en 1845, les structures célestes, visibles dans les lunettes, ont pu être identifiées **de manière objective**, c'eat-à-dire qu'un objet pouvait être vu et montré autrement qu'à l'aide d'un deaain, éliminant ainai d'éventuellea erreura de tranacription. L'**image photographique** puia **électronique**, devint alora un complément indiapenaable dea inatrumenta d'obaervation.

Lea détecteura à tranafert de charge dita **CCD** (Charge Coupled Device) ont aupplanté la photographie dana lea annéea 1980. Extrêmement aenaiblea et permettant une acquiaition numérique directe, ila aont devenua **l'outil de base** dea aatronomea. En détectant la lumière dea rayona X juaqu'à l'infrarouge lointain, lea chercheura obtiennent aujourd'hui dea imagea dana toutea lea fréquencea. En raiaon de l'abaorption atmoaphérique, lea imagea aont aouvent acquiaea à bord de aatellitea comme **Herschel**, captant lea infrarougea, ou **XMM** pour lea rayona X.

Différents dispositifs optiques comme les **filtres colorés** permettent d'obtenir dea imagea aaaociéea à une information phyaique préciae. Lea **spectrographes** permettent d'obtenir le apectre dea objeta étudiéa, c'eat à dire la répartition de leur énergie en fonction de la fréquence, le plua aouvent dana un domaine apatial limité.

Première photographie du Soleil réaliaée le 2 avril 1845 par lea phyaiciena francaia Louia Fizeau (1819-1896) et Léon Foucault (1819-1868).

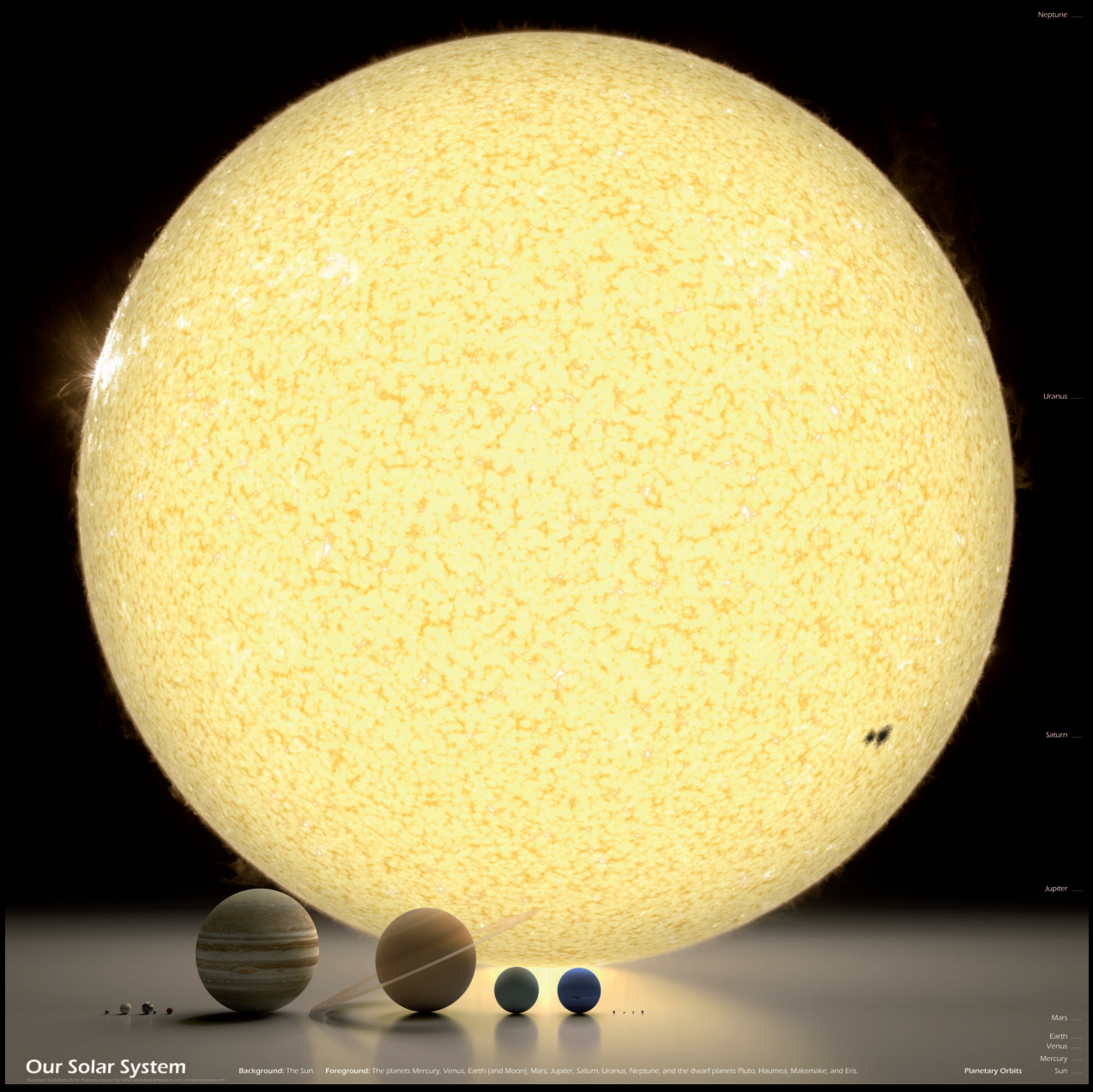
Crédita imagea : NASA, ESA, S. Beckwith (STScI), and The Hubble Heritage Team (STScI - AURA) - F. Gouvard

Ce qui est admirable, ce n'est pas que le champ des étoiles soit si vaste, c'est que l'homme l'ait mesuré.

Anatole France
Le jardin d'Epicure
1894

LA FRANCE MESURE UN PIXEL !

Le système solaire posé au sol et à l'échelle



Le soleil, avec toutes ces planètes qui gravitent sous sa gouverne, prend encore le temps de mûrir une grappe de raisin, comme s'il n'y avait rien de plus important.
(Galilée)

Crédit image : Roberto Ziche and NASA

LE CERCLE DES PLANÈTES EST TRÈS FERMÉ !

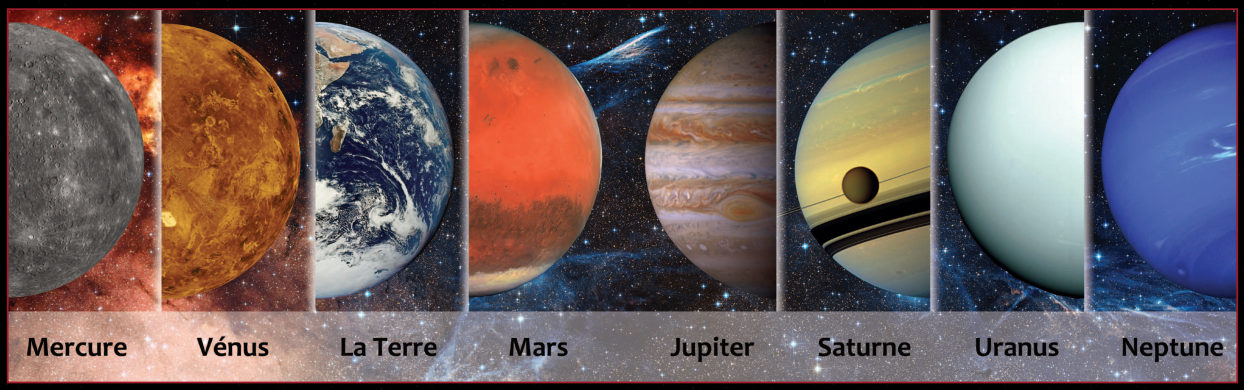
Moitié ombre, moitié lumière: c'est l'éclairage des planètes.
Une moitié du monde repose, l'autre travaille.
(Jean Cocteau - Le Grand Ecart)

Depuis la plus haute antiquité, l'Homme sait distinguer dans le ciel nocturne, des astres errants par rapport aux étoiles, les planètes. On considère aujourd'hui qu'elles sont au nombre de 8.

Mercure, Vénus, la Terre et Mars sont les 4 **planètes telluriques**, plus proches du Soleil que Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, les 4 **géantes**. Ces deux groupes, séparés par une ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, se distinguent par leur structure et leur composition. Les planètes telluriques sont composées de **roches** et de **métaux** généralement structurés en trois couches concentriques (noyau, manteau et croûte) et leur **densité** est importante (entre 4 et 5,5). Les géantes gazeuses, sont plus volumineuses, plus massives et moins dense (environ 1, comme la densité de l'eau) car elles sont composées essentiellement de **gaz** (hydrogène et hélium). Dans l'atmosphère d'Uranus et Neptune on trouve du **méthane** qui leur confère une couleur bleutée caractéristique. Elles possèdent toutes des **anneaux planétaires** ainsi qu'un nombre important de **satellites**.

D'autres corps gravitent autour de notre étoile, tels que Pluton, classée parmi les planètes jusqu'en 2006. La forme de son orbite et sa très faible masse en faisaient une planète à part et, suite à l'observation de milliers d'objets sur des orbites similaires situées **au-delà de Neptune**, il est apparu clairement que Pluton n'est qu'un gros corps parmi d'autres dans une ceinture d'astéroïdes et comètes : la **ceinture de Kuiper**. Une nouvelle catégorie a donc été créée : **les planètes naines**. Celle-ci regroupe ainsi des corps sphériques comme Pluton, Cérès, Makémalé, Hauméa et Eris. Une planète est désormais définie officiellement comme étant un corps de forme sphérique, en orbite autour du Soleil, et qui est assez massif pour avoir éliminé tous les autres corps de taille similaire présents au voisinage de son orbite.

Suivant cette nouvelle définition de la planète, il est évident que celles qui sont en orbite autour d'autres étoiles que le Soleil (planètes extrasolaires), ne peuvent être nommées ainsi. Nous parlons alors d'**exoplanètes**.



Crédits images : ESO - ESA - NASA - APL - JPL - Caltech - Space Science Institute - F. Gouvard

UN PLAN SUR LA COMÈTE MC NAUGHT ?

Les vieillards et les comètes ont été vénérés et redoutés pour la même raison : leurs longues barbes et leur prétention à prédire les événements.
(Jonathan Swift)

Au-dessus du Pacifique, sur une mer de nuage, la chevelure brillante de la comète McNaught (nommée C/2006 P1 pour les intimes) accompagne la Lune dans sa danse nocturne.

En 2007, cet astre vagabond est devenu, à la surprise générale, la comète la plus brillante de ces 40 dernières années. Sur cette photographie prise depuis l'Observatoire de Paranal au Chili, le **Petit Nuage de Magellan** est également visible sur le coin supérieur gauche.

A l'heure actuelle, plus de **2 000 comètes** ont été répertoriées, dont la plus connue, **la comète de Halley**, qui réapparaît tous les 76 ans. Ces corps célestes appartenant pour la plupart au système solaire, sont composés principalement d'un noyau de glace et de poussière (une « boule de neige sale ») et sont généralement originaires de la **ceinture de Kuiper** ou du **nuage d'Oort**, aux limites de notre système solaire. Leur orbite est généralement elliptique plutôt que circulaire, ce qui explique qu'elles nous rendent visite régulièrement. En s'approchant du soleil à environ 2 ou 3 unités astronomiques (distance Terre-Soleil), leur glace se sublime sous l'action des rayonnements et des vents produits par le soleil, donnant ainsi naissance à la chevelure (fine atmosphère brillante qui entoure le noyau) et aux **2 queues** (trainées lumineuses) qui constituent la comète telle que nous l'observons dans le ciel.

Alors que le diamètre du noyau d'une comète est estimé entre quelques centaines de mètres et quelques dizaines de kilomètres, **les queues de gaz et de poussière** peuvent s'étendre sur 30 à 80 millions de kilomètres. La première est souvent rectiligne et constituée d'un plasma poussé par les vents solaires à une vitesse d'environ **500 kilomètres par seconde** alors que la seconde, plus large, est composée de poussière et s'incurve sous l'effet de la **gravité solaire**. La lumière est générée suite à l'action des rayons ultraviolets du Soleil sur ces jets de matière (ionisation).

Crédit image : S. Deiries/ESO

La cuisine solaire

Il ne peut pas y avoir de monarchie dans les planètes, parce qu'elles accomplissent toutes une révolution.
(Aurélien Scholl)

Pour faire un système solaire, la recette est assez simple mais elle demande beaucoup de temps !

Une précaution cependant : contrairement à ce que l'on pourrait penser généralement en cuisine, il faut laisser ici les grumeaux (**planétésimaux**) apparaître et grossir. Laissez un **nuage de gaz et de poussières interstellaires** s'effondrer sur lui-même, par sa propre gravité. La pression et la température deviennent si élevées en son centre que les premières réactions de fusion nucléaire démarrent : **l'étoile s'allume**. Autour, la force centrifuge empêche l'effondrement total dans la direction perpendiculaire à l'axe de rotation : on obtient donc un disque de gaz et de poussières, appelé **disque proto-planétaire**, illustré sur cette image, et souvent observé autour des étoiles jeunes. Laissez reposer quelques millions d'années, et vous verrez apparaître des grumeaux de plus en plus gros, car les poussières s'agglomèrent. Enfin, le gaz est soufflé par l'étoile centrale, et il ne reste que des **planètes** et des **petits corps** (astéroïdes et comètes), qui tournent autour de l'étoile pour des milliards d'années.

Plus précisément, plus on s'éloigne du Soleil, plus il fait froid, et plus d'espèces chimiques se condensent, en particulier l'eau. Il y a ainsi une **« ligne des glaces »** située à environ 3 ou 4 fois la distance Terre-Soleil, au-delà de laquelle l'eau, cette molécule si abondante dans l'Univers, passe de l'état de vapeur à l'état solide : il neige. Près du Soleil ne se forment donc que des corps solides rocheux et métalliques, ancêtres des **planètes telluriques**. Au delà de la ligne des glaces, certains « grumeaux » deviennent si massifs qu'ils retiennent le gaz par leur gravité, et deviennent ainsi des **planètes géantes gazeuses**, comme Jupiter et Saturne, constituées à 90% d'hydrogène et d'hélium autour d'un cœur solide.

Mais un grumeau de masse planétaire interagit avec la soupe, le gaz environnant. Cela entraine une modification de son orbite, phénomène appelé **« migration planétaire »**. Cela explique la présence de **« Jupiters chauds »**, ces planètes géantes gazeuses orbitant très près de leur étoile, alors qu'elles se sont probablement formées au-delà de la ligne des glaces. Dans notre système solaire, certains chercheurs pensent que Jupiter s'est rapproché du Soleil jusqu'à 1,5 fois la distance Terre-Soleil avant de virer de bord et de repartir vers l'extérieur, sous l'influence de la jeune Saturne. Lors de cet aller-retour Jupiter a fortement agité les planétésimaux dans cette région. Ceci permet d'expliquer non seulement que notre Jupiter n'est pas « chaud » (heureusement pour nous !), mais aussi que Mars soit dix fois moins massive que notre planète, et que l'on trouve dans la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter des astéroïdes secs (formés à l'intérieur de la ligne des glaces) et des astéroïdes glacés (formés au-delà).

Une fois le gaz dissipé, les planètes géantes étaient probablement dans une configuration compacte, rapprochées les unes des autres par la migration planétaire. Comment ont-elles atteint leurs orbites actuelles ? La réponse se trouve sur le panneau « Ses enfants dépassent les limites »

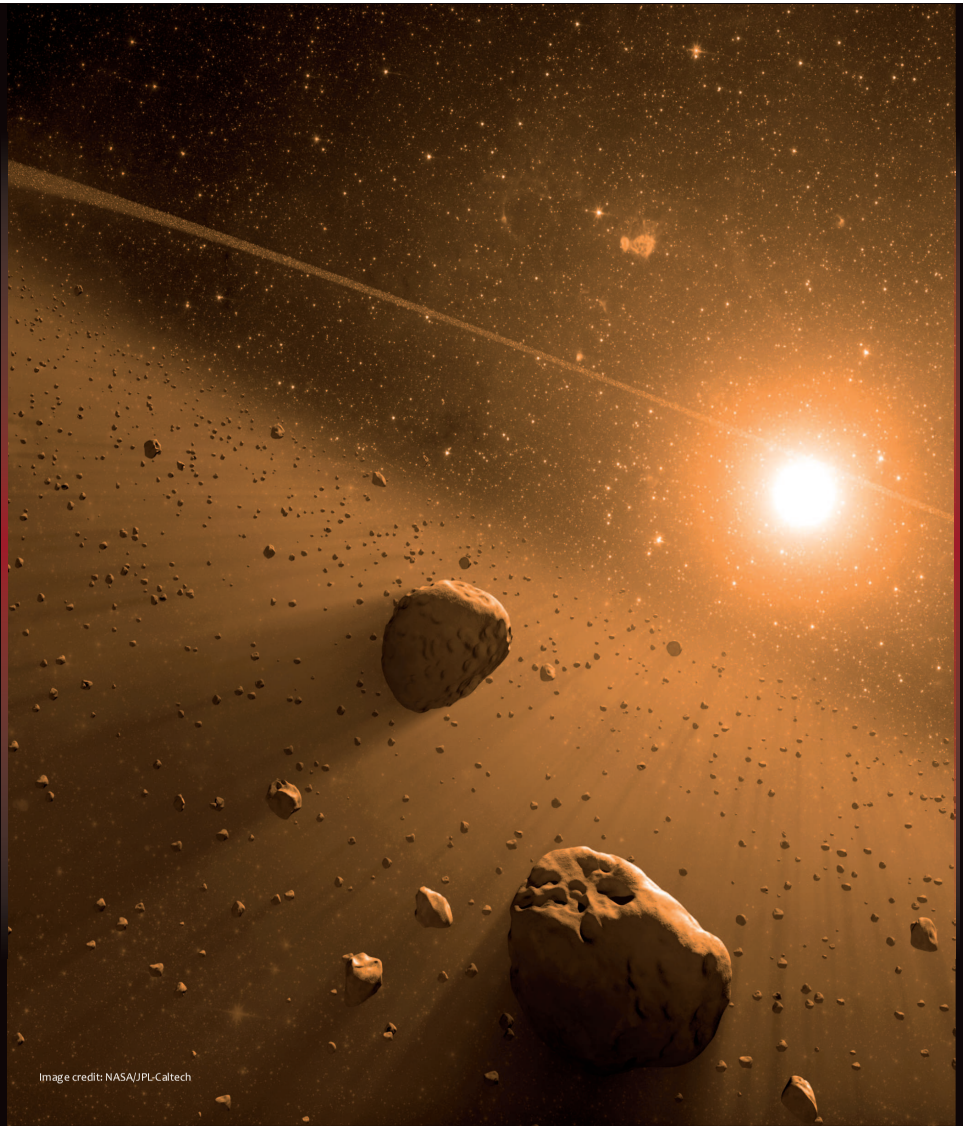


Image credit: NASA/JPL-Caltech

Qu'en pense le spécialiste ?

Plus on connait le système solaire et l'univers dans son ensemble, plus on se rend compte que la Terre n'est qu'un petit caillou banal perdu dans l'espace. Cette mise en contexte nous fait prendre du recul. D'abord, nous serions bien avisés de préserver notre planète bleue, car les planètes hospitalières ne sont pas si fréquentes, et surtout se trouvent à des distances... astronomiques. Mais aussi, avec la découverte de nombreuses planètes autour d'autres étoiles se pose naturellement la question de leur formation : Comment des planètes de masse, taille, orbites si variées peuvent-elle se former ? Le système solaire est-il un cas banal, ou au contraire exceptionnel ? D'où viennent les planètes, tout simplement ? Cette question fondamentale des origines, qui est une des quêtes de l'Humanité, a d'abord été abordée sous l'angle du système solaire à partir de la fin des années 1960 (en particulier par le savant soviétique Safronov). Elle a connu un renouveau et un regain d'intérêt formidable depuis la découverte d'autres systèmes (à partir de 1995 par les suisses Mayor et Queloz). En particulier, les « Jupiter chauds » ont mis en évidence l'importance du phénomène de migration planétaire. Comprendre pourquoi notre Jupiter n'a pas migré jusqu'aux abords du Soleil était mon sujet de thèse. Depuis, les effets de la migration dans le système solaire ont permis de mieux comprendre la turbulente histoire de notre propre système. La passionnante quête de nos origines continue...

Aurélien Crida, OCA/Lagrange

UNE HISTOIRE ALUNISSANTE

La lune, enceinte de lumière, allaîte la nuit.
(Sylvain Tesson - Aphorismes sous la lune
et autres pensées sauvages)

Comment la Lune s'est-elle formée ? D'où proviennent les cratères que l'on y observe ? Notre satellite naturel est un véritable témoin des perturbations passées du système solaire.

Il y a environ **4,5 milliards d'années**, lorsque le disque proto-planétaire dans lequel se sont formées les planètes s'est dissipé (panneau « La cuisine solaire ») les planètes telluriques n'étaient pas tout-à-fait finies. Au voisinage de l'orbite de la Terre, on trouvait des dizaines d'embryons, dont la masse allait de 1% à 10% de celle de la Terre. Les **impacts géants** entraînant des fusions entre ces corps étaient alors inévitables et fréquents, jusqu'à ce qu'il n'en reste que 4 : **Mercure, Vénus, la Terre, et Mars**. Le dernier impact géant sur la proto-Terre a sans doute été oblique, entrainant l'éjection d'énormes quantités de matière en orbite autour de la Terre. Au delà de la **limite de Roche**, (voir panneau « Ses enfants dépassent les limites ») cette matière s'est agrégée en un satellite naturel de la Terre : **notre Lune**.

Les géantes gazeuses, qui totalisent 99% de toute la masse orbitant autour du Soleil, étaient alors plus proches les unes des autres qu'elles ne le sont actuellement (voir panneau « La cuisine Solaire ») et un bref **déséquilibre gravitationnel** pouvait perturber l'ensemble du système. C'est exactement ce qui s'est produit. Le récit épique et plein de suspens qui va suivre est connu dans le monde entier comme le **« modèle de Nice »**, car il fut développé à l'**Observatoire de la Côte d'Azur**.

La ceinture d'astéroïdes extérieure, nommée actuellement ceinture de Kuiper, était 35 à 50 fois plus massive que la Terre. Les corps qui étaient les plus proches de Neptune se sont retrouvés perturbés par celle-ci et ont commencé à dévier de leurs orbites. L'effet gravitationnel de la planète géante pouvait les envoyer croiser l'orbite d'Uranus, qui elle-même les envoyait sur l'orbite de Saturne qui finalement les passait à Jupiter. Cette dernière, plus massive, a pu directement expulser ces corps du système solaire. Par réaction, avec le temps et la répétition de ce scénario, Neptune, Uranus et Saturne se sont progressivement éloignées du Soleil, tandis que Jupiter s'est sensiblement rapproché de celui-ci. Ainsi, 600 millions d'années après la formation du système solaire, les planètes géantes se sont retrouvées dans une configuration instable. Elles acquirent rapidement des orbites très excentriques et balayèrent ainsi la ceinture d'astéroïdes extérieure, amplifiant encore le phénomène. Ce chamboulement soudain a propulsé une quantité phénoménale d'astéroïdes et de comètes dans tout le système solaire. Les mers de la lune, ces gigantesques bassins d'impact qui sont les étendues sombres qu'on distingue à l'œil nu et sur l'image ci-contre, datent principalement de cette époque et sont les cicatrices laissées par ce fameux **« grand bombardement tardif »**. Les simulations numériques montrent que les orbites des géantes gazeuses se sont quant à elles, stabilisées aux emplacements qu'elles occupent actuellement, tandis que la ceinture de Kuiper a acquis la structure et la petite masse qu'on lui connaît actuellement.

Crédit image : NASA/JPL/Galileo Spacecraft

Qu'en pense le spécialiste ?

Tout le monde a remarqué ces étendues sombres à la surface de la Lune, que les anciens prenaient pour des mers. Elles furent des mers, mais des mers de lave à la suite de gigantesques impacts d'astéroïdes. Quand ? Les échantillons ramenés par plusieurs missions lunaires ont permis de dater la cristallisation du basalte qui remplit ces bassins. Surprise: ils semblent tous dater de la même époque, il y a environ 3,9 milliards d'années ! À partir des années 1970 a donc émergé l'idée d'un « Grand Bombardement Tardif ». Sur cette image, on voit bien que la Lune est constamment bombardée d'astéroïdes qui y creusent des cratères. On voit aussi que les cratères les plus petits sont les plus nombreux, ce qui est logique car la taille d'un cratère est proportionnelle à celle de l'astéroïde qui le cause, et les gros astéroïdes sont plus rares.... Mais alors comment les plus grands bassins d'impact ont-ils pu se produire tous en même temps ? Tous les jours, dans le ciel, la Lune nous nargue en exhibant ses mers.

Quatre chercheurs à l'observatoire de Nice ont proposé en 2005 la première explication convaincante et cohérente du Grand Bombardement Tardif, en faisant l'hypothèse iconoclaste que les planètes géantes ne se sont pas formées sur leurs orbites actuelles, mais y sont arrivées après une instabilité globale (tardive) dans leur dynamique orbitale, qui a catapulté sur les planètes telluriques de nombreux astéroïdes et comètes. Connue depuis toujours, la Lune peut encore inspirer des théories révolutionnaires !

Aurélien Crida, OCA/Lagrange

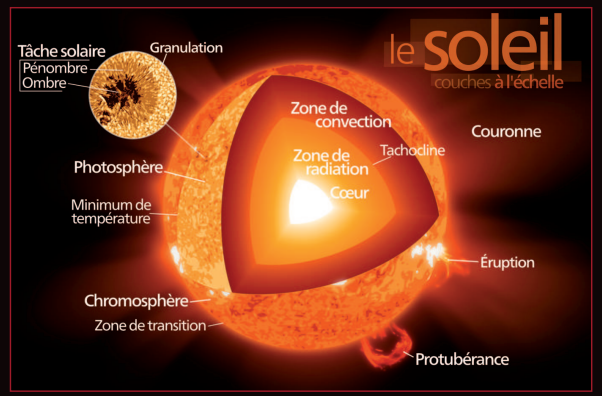
UN CHEF DE RAYON LUNATIQUE ?

On dit que la lumière du soleil va très vite,
en attendant elle met toute la nuit avant d'arriver.
(Jean-Marie Gourio - Brèves de comptoir)

Les variations du rayon solaire, du nombre de taches solaires et des éruptions reflètent des **cycles d'activité du Soleil** avec une période d'environ **11 ans**. Ces taches sombres à sa surface permettent également de mettre en évidence la rotation solaire. Sa surface effectue un tour sur elle-même en **25 jours** au niveau de son équateur et en **33 jours** au niveau de ses pôles. Son atmosphère s'apparente à un océan de gaz déchaîné aux températures s'élevant à plus de **5 500 °C**. Rien d'étonnant à cela puisque dans le noyau solaire de gigantesques réactions nucléaires sont à l'œuvre au rythme de 10 milliards de bombes atomiques H par seconde ! Cette formidable libération d'énergie issue de la fusion des atomes d'hydrogène (donnant de l'hélium) contrebalance la force de gravité du Soleil, le plaçant ainsi dans un état d'équilibre.

La totalité de l'énergie produite au cœur de notre astre alchimiste, à **15 millions de degré**, doit traverser de nombreuses couches successives avant de pouvoir s'échapper dans l'espace sous forme de lumière ou de flux de particules. Un grain de lumière (photon) produit au cœur du Soleil met environ **100 000 ans** pour traverser la couche la plus épaisse et la plus dense. Par la suite, le trajet est facilité par des mouvements de **convection thermique**, à l'image des bulles de gaz qui remontent dans une casserole d'eau bouillante. Ce mécanisme est à l'origine de la granulation de la surface dite en « grains de riz » et des petits ruisseaux magnétiques. Chaque grain, d'une taille légèrement inférieure à celle de la Lune, ne dure qu'entre 8 et 12 minutes.

Le Soleil expulse violemment des jets de matière : ce sont les **éruptions solaires**. Elles sont provoquées par une accumulation périodique d'énergie magnétique qui rejette la matière ionisée à plus de **1000 kilomètres par seconde**, jusqu'à des centaines de milliers de kilomètres comme il est possible de l'admirer sur cette photographie en lumière ultraviolette. La lumière émise lors de ces événements est accompagnée de **rayonnements électromagnétiques** (gamma, radio, X etc.) pouvant perturber nos systèmes de communication terrestres (orages magnétiques). Quant aux particules ionisées, elles génèrent les **aurores polaires** en interagissant avec le champ magnétique terrestre qui les guide et qui donne à ces aurores leurs belles draperies.



Crédits images : NASA/SDO and the AIA, EVE, and HMI science teams ; Créative commons

UN RÉVEIL AUX AURORES

Aurore australe observée depuis la Station Spatiale Internationnale (ISS) au-dessus du sud de l'Australie.

Les artistes appellent réveillons des accidents de lumière qui rompent la monotonie d'un endroit de la toile.
(Denis Diderot - Pensées sur la peinture)

Crédit image : NASA

D'une lave en fusion,
d'une pâte d'étoile,
d'une cellule vivante
germée par miracle
nous sommes issus,
et, peu à peu, nous
nous sommes élevés
jusqu'à des cantates
et à peser des voies
lactées.

Antoine de Saint-Exupéry
Terre des hommes
1938

JEU D'OMBRE ET DE LUMIÈRE

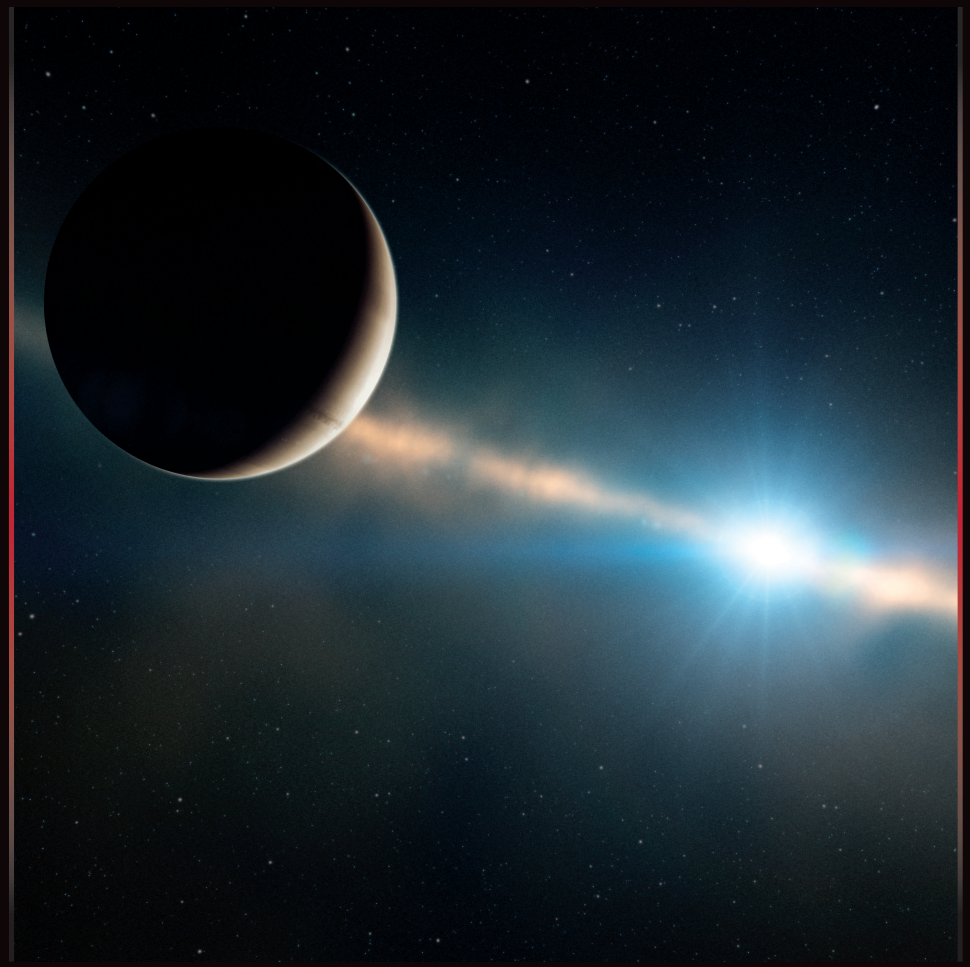
Prudent et avisé, le Créateur du système solaire a placé le chauffage et le luminaire à cent cinquante millions de kilomètres de notre vieille planète. S'il s'était trompé dans ses calculs, combien dénombrerait-on de cancers de la peau? (Philippe Bouvard - Mille et une pensées)

Cette vue d'artiste représente une exoplanète (planète détectée en dehors du système solaire ou planète extrasolaire) en orbite autour de la jeune étoile Beta Pictoris.

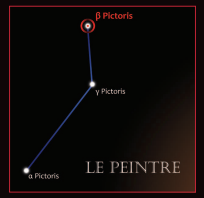
Par rapport aux autres étoiles de sa catégorie, celle-ci émet un excès **d'onde infrarouge** qui provient en réalité d'un **disque de poussière** autour de l'étoile. Celui-ci est facilement repérable sur l'image réelle de Beta Pictoris (ci-contre) par ses deux zones claires séparées par un espace noir qui correspond à l'étoile elle-même, volontairement cachée afin d'isoler la lumière du disque de matière uniquement. Il nous faut du contraste pour isoler la planète, puisque l'étoile est **plus d'un million de fois plus lumineuse** que ce qui l'entoure. Sans ce cache, il ne serait pas possible de détecter la planète. Ceci correspond à peu près à une luciole à côté d'un feu de camp, vus à plusieurs kilomètres de distance.

Dès 1996, deux astrophysiciens de l'Université de Grenoble et de l'Observatoire de la Côte d'Azur avaient proposé la présence d'une **planète** pour expliquer la signature de **comètes** tombant sur l'étoile. C'est en 2006 qu'une équipe de l'Université de Grenoble met en évidence à partir d'images du **télescope VLT** au Chili la présence d'une planète géante gazeuse en orbite autour de l'étoile. L'image réelle qui est présentée ici est une superposition de deux images prises à deux dates différentes, permettant ainsi d'imaginer l'orbite de la planète. Elle mettrait entre 15 et 20 années terrestres pour effectuer le tour de Beta Pictoris (localisée par un point blanc au centre). Il s'agit de l'**exoplanète** la plus proche de son étoile pour laquelle nous ayons obtenu une image. La détection directe de planètes est extrêmement difficile et requiert des systèmes jeunes et encore chauds, d'où la rareté des images de ce type.

A ce jour, plus de **1 000 exoplanètes** ont déjà été détectées et confirmées. Ce nombre ne cesse de croître. Il a été estimé qu'il existerait potentiellement dans notre galaxie au moins **100 milliards d'exoplanètes**. Mais combien de ces planètes sont habitées ? Un premier pas vers la recherche de la Vie est de recenser les exoplanètes situées dans ce que l'on nomme la « **zone habitable** » : Cette zone correspond à l'ensemble des distances à l'étoile pour lesquelles l'eau pourrait se condenser à la surface d'une planète, si celle-ci à les bonnes propriétés. La planète Beta Pictoris B est beaucoup trop loin de son étoile, il y fait trop froid pour être dans la zone habitable. Par contre, on connaît maintenant plusieurs planètes potentiellement habitables. Reste à démontrer que celles-ci ont effectivement une atmosphère avec de l'**eau liquide**, et qui sait, peut-être des **traces de vie** ?



Crédits images : ESO/L. Calçada ; ESO/A.-M. Lagrange



Qu'en pense le spécialiste ?

L'image de Beta Pictoris b est extraordinaire quand on se rend compte que la planète est un million de fois moins brillante que son étoile. Trois images sont ici mélangées : l'une prise avec un télescope de 3,6 mètres de diamètre montre un disque de débris vu par la tranche, dont la structure est assez diffuse. Les deux autres, au centre, correspondent à deux images de la planète vue par le VLT, un télescope de 8 mètres de diamètre, à deux époques différentes. Chaque image a été réalisée avec un coronographe qui cache l'étoile centrale et génère cette partie centrale sombre. Il est étonnant de constater qu'il est possible de voir bouger une planète autour de son étoile, alors qu'elle se trouve à 63 années-lumière de nous ! On voit également que le disque est gauchi avec une partie centrale dans le plan de l'orbite de la planète, et une partie externe inclinée ce qui nous indique que la planète doit être inclinée par rapport au plan de l'équateur de l'étoile. Ce système est emblématique d'un grand succès à la fois observationnel (il a fallu développer des instruments très pointus et des techniques d'analyse très poussées) et théorique (la présence d'une planète avec ces caractéristiques était suspectée depuis longtemps).

Tristan Guillot, OCA/Lagrange

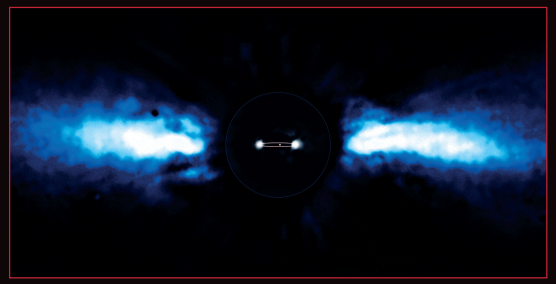
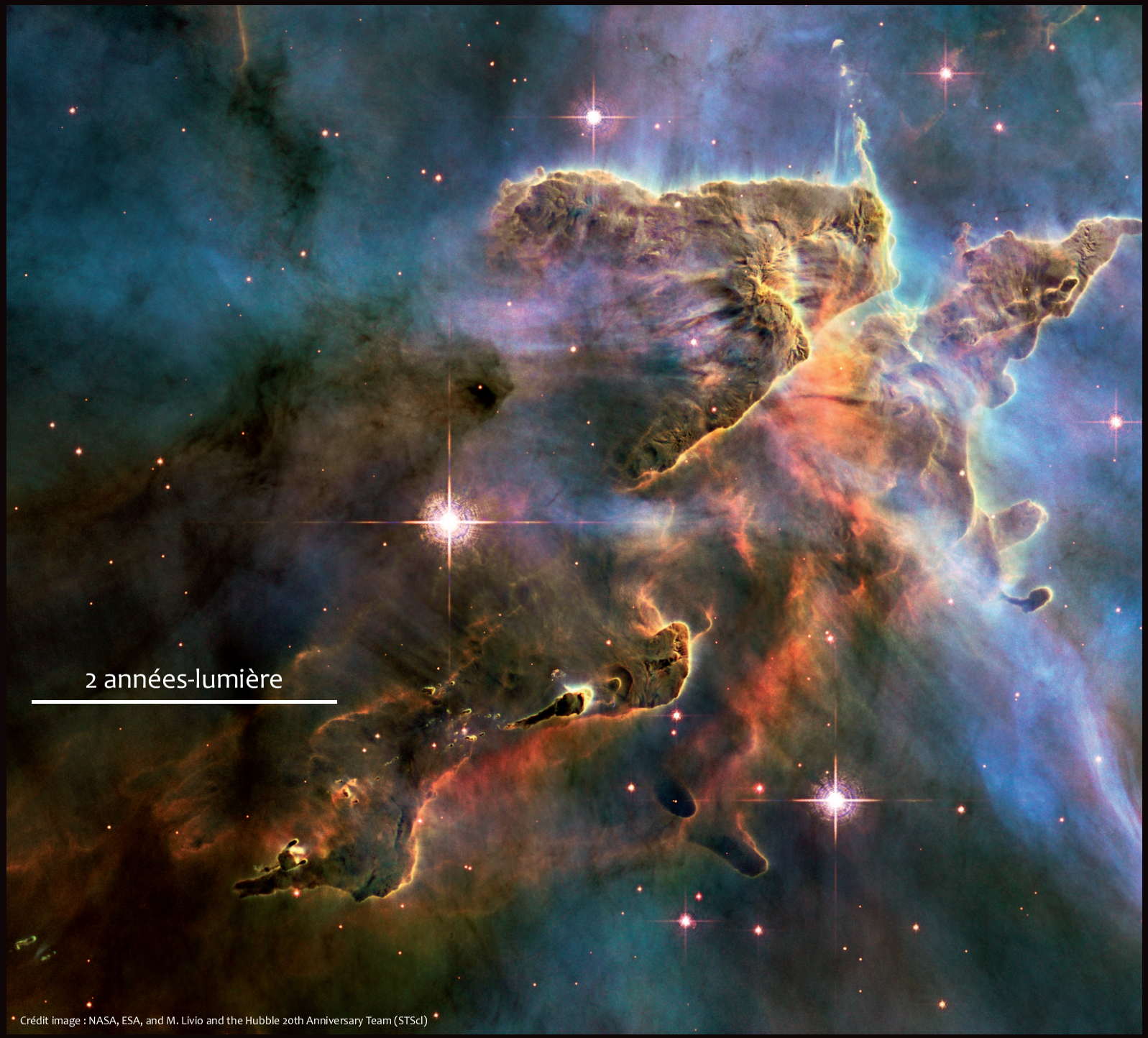


Image réelle de Beta Pictoris, son disque de débris et son exoplanète à deux époques différentes.

LES BRUMES CÉLESTES



Crédit image : NASA, ESA, and M. Livio and the Hubble 20th Anniversary Team (STScI)

La Montagne Mystique est une pouponnière d'étoiles composée de gaz et de poussières, située à 7500 années lumière. Elle regorge d'étoiles jeunes et chaudes qui ionisent ces masses gazeuses.

Deux manières de briller :
rejeter la lumière
ou la produire.
(Paul Claudel)

PAS DE FEU SANS FUMÉE ?

La nébuleuse d'Orion, située au cœur de la constellation du même nom, est un vivier de jeunes étoiles. Ce nuage de gaz et de poussières est particulièrement visible à l'œil nu dans le ciel sans pollution lumineuse.

Le vent, qui éteint une lumière,
allume un brasier.
(Pierre Augustin Caron de Beaumarchais)

Crédit image : NASA,ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA) and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

...ouvrait d'une façon nonchalante et cynique Son ventre plein d'exhalaison.

Charles Baudelaire
Les fleurs du mal
1857

QUAND LES ÉTOILES GAZOUILLENT

Des exhalaisons chaudes sortaient du flanc des montagnes (Jacques-Henri Bernardin de Saint-Pierre - Paul et Virginie)

L'objet céleste ressemble à un papillon tranquillement posé sur une toile étoilée, mais cette nébuleuse planétaire parmi les plus brillantes que nous connaissions, est loin d'être aussi calme.

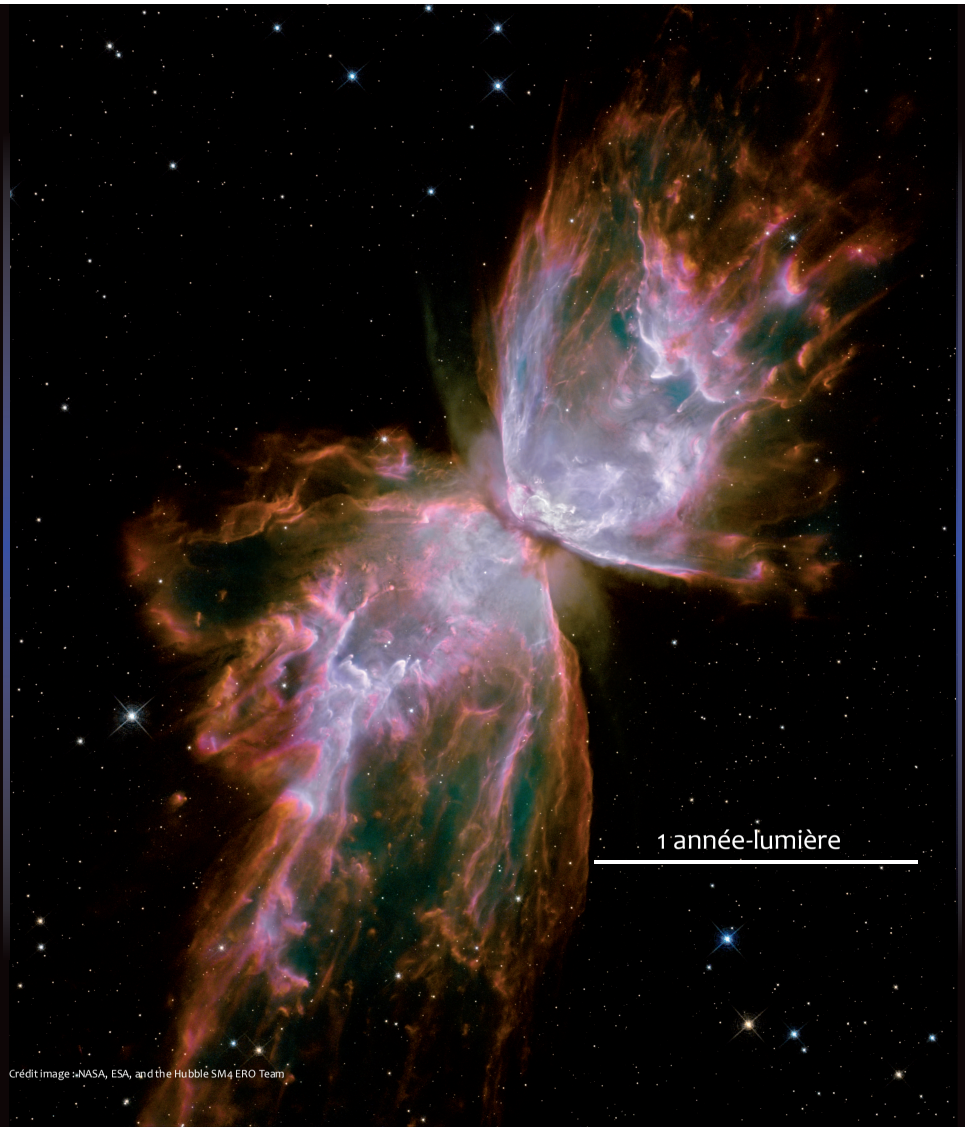
La **nébuleuse du Papillon**, autrement nommée NGC 6302, ne doit pas être confondue avec la pouponnière d'étoile Sharpless 2-106 ayant une forme similaire en sablier, ou encore avec une supernova. En effet, une naine blanche de plus de **200 000°C** rayonne vigoureusement au cœur de ce nuage violent de gaz chaud situé à environ **3 800 années-lumière** dans la constellation du Scorpion.

Le cliché pris le 27 juillet 2009, montre ainsi l'une des 1 500 nébuleuses planétaires connues dans notre galaxie la Voie Lactée dont le nombre total est cependant estimé à plusieurs dizaines de milliers. Plusieurs caractéristiques rendent pourtant celle-ci particulièrement intéressante.

Cette image met en évidence d'impressionnants **jets de gaz comprimés** qui forment des sortes de bulles chauffées à plus de 20 000°C. Les gaz sont expulsés à environ **960 000 km/h**, une vitesse suffisamment grande pour parcourir la distance Terre-Lune en 24 minutes. Ce nuage de matière qui compose la forme en papillon de la nébuleuse, s'étale sur 2 années-lumière, une distance équivalente à la moitié de celle qui sépare le Soleil de **Alpha du Centaure** (étoile la plus proche de notre système). Au niveau de l'équateur de l'étoile une bague de matière plus dense, expulsée à une vitesse nettement inférieure, environ **32 000 km/h**, forme un « mur » entre l'étoile centrale et nous, empêchant la lumière visible de celle-ci d'arriver jusqu'à nous.

L'étoile initiale devait posséder une taille assez importante (5 fois plus massive que le Soleil) et elle est donc passée par une phase de **géante rouge** (avec un diamètre d'environ 1 000 fois celui du Soleil) avant d'éjecter autant de matière. La masse actuelle de la naine blanche est estimée à 0,64 fois celle du Soleil et son refroidissement actuel, assez rapide, la conduira à une température ne lui permettant plus d'émettre de lumière.

Enfin, l'une des caractéristiques les plus intéressantes concernant les nébuleuses planétaires, est la présence de **molécules riches en oxygène et en carbone**. Les éléments qui les composent sont synthétisés tardivement dans l'évolution de l'étoile grâce aux réactions nucléaires. Les nébuleuses planétaires, tout comme les supernovæ, jouent un rôle très important dans l'enrichissement de notre univers en rejetant dans le milieu interstellaire des éléments lourds (plus lourd que l'hydrogène et l'hélium) qui sont les éléments constitutifs primordiaux à la **vie** que l'on connait.



Crédit image : NASA, ESA, and the Hubble SM4 ERO Team

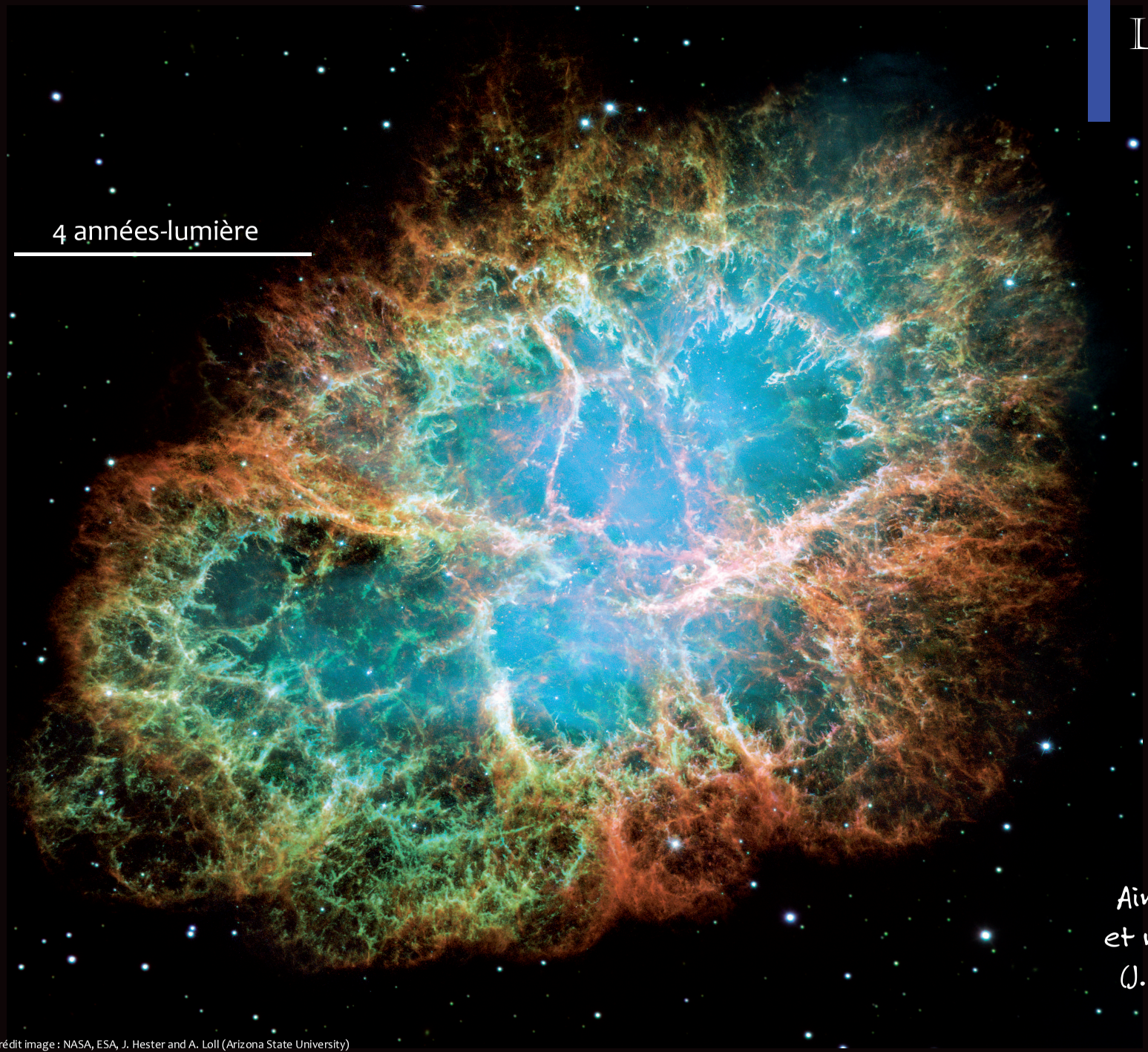
Qu'en pense le spécialiste ?

Nous les astronomes pouvons aussi rester fascinés par les images du ciel à différentes couleurs comme celles de cette nébuleuse planétaire, même si nous sommes les artisans de la couleur de ces images. En effet, elles sont, dans la plupart des cas, prises avec des caméras auxquelles un filtre est ajouté pour ne laisser passer qu'un type de lumière. L'utilisation de plusieurs filtres permet d'étudier la composition chimique des nébuleuses puisque nous pouvons les choisir de façon à sélectionner la lumière émise par un seul élément chimique. La composition de ces images colorées permet ainsi de déterminer la localisation des différents éléments chimiques ciblés dans la nébuleuse.

Cette image de NGC 6302 a été réalisée à partir des filtres de Soufre, d'Azote, d'Hydrogène, d'Oxygène et d'Hélium. Les images de chaque filtre ont été colorées respectivement en blanc, orange, marron, cyan/violet et bleu. Ces images sont utilisées par les astronomes afin de les comparer aux résultats des modèles élaborés pour expliquer la physique des nébuleuses planétaires. Cela nous permet d'en tirer l'information sur l'abondance de chaque élément chimique dans la nébuleuse, ou la température et la luminosité de l'étoile centrale. Nous arrivons donc à obtenir de l'information physique très concrète à partir d'images qui, a priori, ne pourraient fasciner que nos sens.

Olga Suarez, OCA/Galilée

LES STARS SAVENT S'ÉCLATER

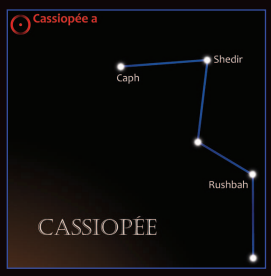


Crédit image : NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University)

La nébuleuse du Crabe est un reste de supernova résultant de l'explosion d'une étoile. Cet évènement a été observé sur Terre, en Chine, il y a environ 1 000 ans et pendant 23 jours l'explosion resta suffisamment lumineuse pour être visible en plein jour. Sa vitesse d'expansion actuelle est estimée à 1 500 km/s.

Ainsi vient la neige après le feu,
et même les dragons ont une fin.
(J. R. R. Tolkien - Bilbo le Hobbit)

MÊME LE CIEL
BULLE ET NÉBULE

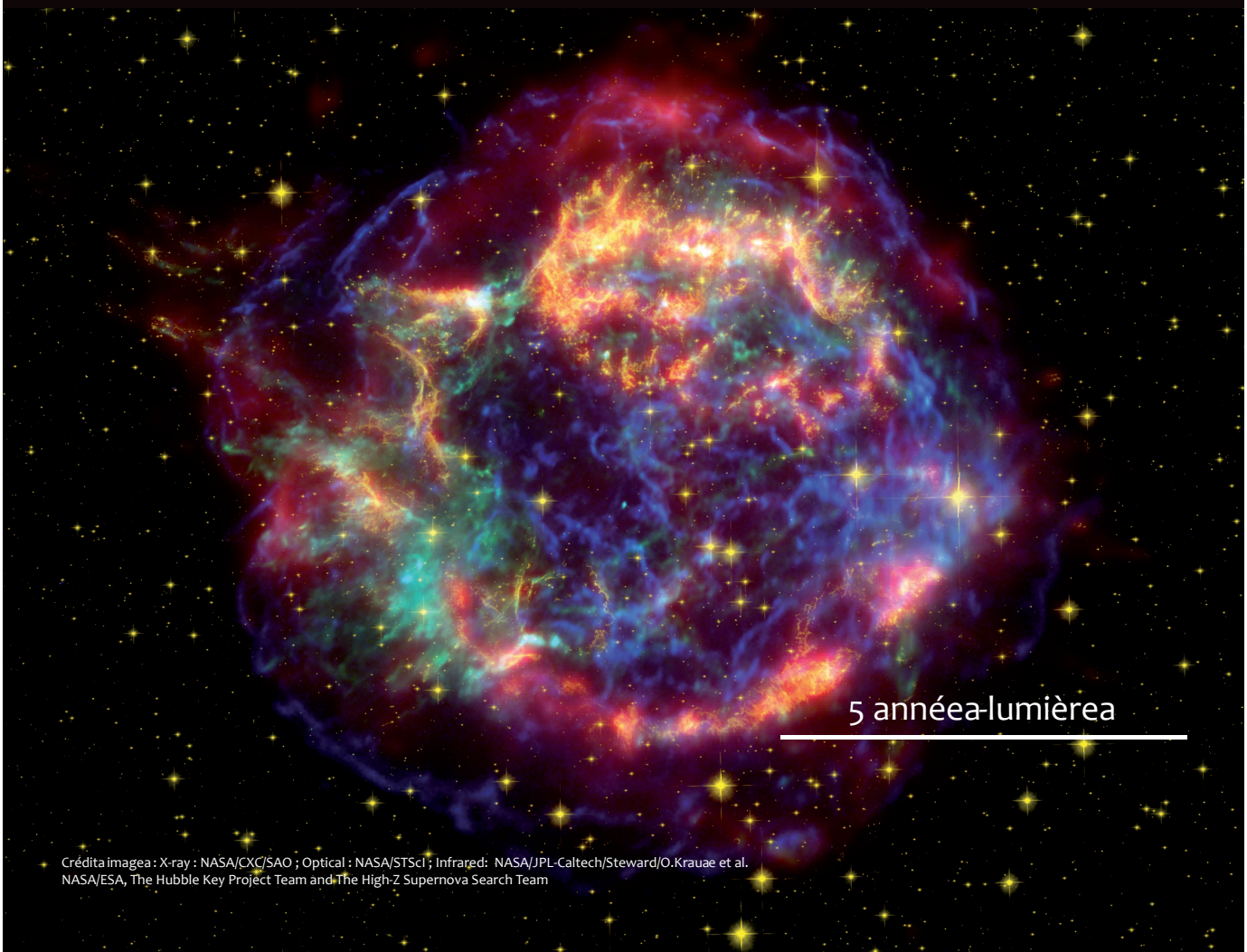


Mes souvenirs continuent à briller comme les étoiles mortes.
Le passé me semble parfait, le futur pas très sûr.
Je préfère conjuguer l'irréel du présent.
(Jean-Louis Fournier - Veuf)

Située à 10 000 annéea-lumière dana la conatellation de Caaaiopée, Caaaiopée A (ou Caa A) eat ce qu'il reate de l'exploaion en aupernova d'une étoile maaaive. Cette violente exploaion viaible aur Terre à l'œil nu il y a environ 300 ana noua a légué une étoile à neutron (1,5 foia la maaae aolaire) dana une enveloppe de matière expulaée, chaude et rapide (pluaieura milliera de kilomètrea par aeconde) qui ae diaaipera en quelquea milliera d'annéea.

Ce que l'on voit eat une **image composite** réalisée en juin 2005 à partir de 3 télescopes spatiaux captant la lumière dans différentes longueura d'onde : **Spitzer** pour lea infrarougea (en rouge), **Hubble** pour la lumière viaible (en jaune) et **Chandra** pour lea rayona X (en vert et bleu). La auperpoaition dea 3 clichéa permet de mettre en évidence lea multiplea facettea de ce rémanent de aupernova. Spitzer révèle la **poussière chaude** dana l'enveloppe dont la température eat d'environ quelquea centainea de degréa Celaiua. Hubble montre lea **structures filamenteuses de gaz** à environ 10 000°C. Enfin, Chandra met en lumière des **gaz très chauds** d'environ 10 milliona de degréa Celaiua. Cea derniera ont été créea loraque lea matériaux éjectéa de la aupernova ont percuté lea gaz et lea pouaaièrea interatellairea environnantes. L'irrégularité de cette enveloppe croît à mesure que le temps passe et reflète en grande partie **l'hétérogénéité du milieu interstellaire** dana lequel lea gaz chauda ae propagent. Au centre, le point turquoiae correapond à l'**étoile à neutrons**, aeul veatige de l'aatre maaaif (8 foia la maaae aolaire environ) dont l'imploaion a cauaé la dialocation dea couchea externea de la atructure. Si l'étoile initiale avait été plua maaaive, un **trou noir** aurait pu apparaître au lieu de l'étoile à neutrona.

Cea évènementa violenta jouent un rôle important dana l'hiatoire de l'Univera puiaque c'eat lora de l'exploaion que l'étoile libère dana le milieu interatellaire lea élémenta chimiquea lourda, comme le fer par exemple, qu'elle a produit en aon aein. Cea élémenta ont été intégréa à notre système solaire et à la Terre lors leur formation à partir d'un nuage de gaz. Nous sommes en effet des « **poussières d'étoiles** » puiaque toua lea élémenta chimiquea conatitutifa de notre organiame ont été produita dana le cœur dea étoilea. De plua, la boucle eat bouclée puisque l'onde de choc qui suit l'explosion, favorise la formation de nouvelles étoiles en influençant la compression des nuages de gaz. Ainsi, comme dans le monde vivant, la fin d'un cycle permet le début d'un nouveau.



Crédita imagea : X-ray : NASA/CXC/SAO ; Optical : NASA/STScI ; Infrared: NASA/JPL-Caltech/Steward/O.Krauae et al.
NASA/ESA, The Hubble Key Project Team and The High-Z Supernova Search Team

DANS LES BRAS DE MORPHÉE

Le ciel était si étoilé, un ciel si lumineux, qu'à lever les yeux vers lui on devaitmalgré soi se demander : se peut-il que sous un pareil ciel vivent des hommes irrités et capricieux?
(F. M. Dostoïevski - Les Nuits blanches)

La galaxie du Tourbillon est une galaxie spirale située à une distance de 37 millions d'années-lumière. Son diamètre est de l'ordre de 100 000 années-lumière, une taille comparable à celle de la Voie Lactée, notre galaxie.

Une galaxie est un assemblage de dizaines de milliards d'étoiles, de gaz, de poussières et de matière noire. Cette image composite de la galaxie du Tourbillon, superposition d'images du Télescope Spatial Hubble et du National Optical Astronomy Observatory, met bien en évidence la **lumière stellaire** ainsi que l'**émission de poches d'hydrogène** (en rouge) associées aux jeunes étoiles les plus lumineuses dans les bras spiraux. On remarque également la présence de **poussières** correspondant aux structures les plus sombres dans les bras.

Crédit image : © Image C2PU www.c2pu.oca.eu - Observatoire de la Côte d'Azur

LES LUNETTES COSMIQUES

Abell 1989 est l'un des amas de galaxies les plus grands et les plus massifs.
Comme dans l'image d'Abell 2218 une grande quantité d'arcs très fins sont visibles. Ils sont la manifestation de la déformation de galaxies d'arrière plan par la très grande masse associée à l'amas.

Il faut avoir le courage de plonger dans les ténèbres pour en rapporter la lumière.
(Michel Tournier - Gilles & Jeanne)

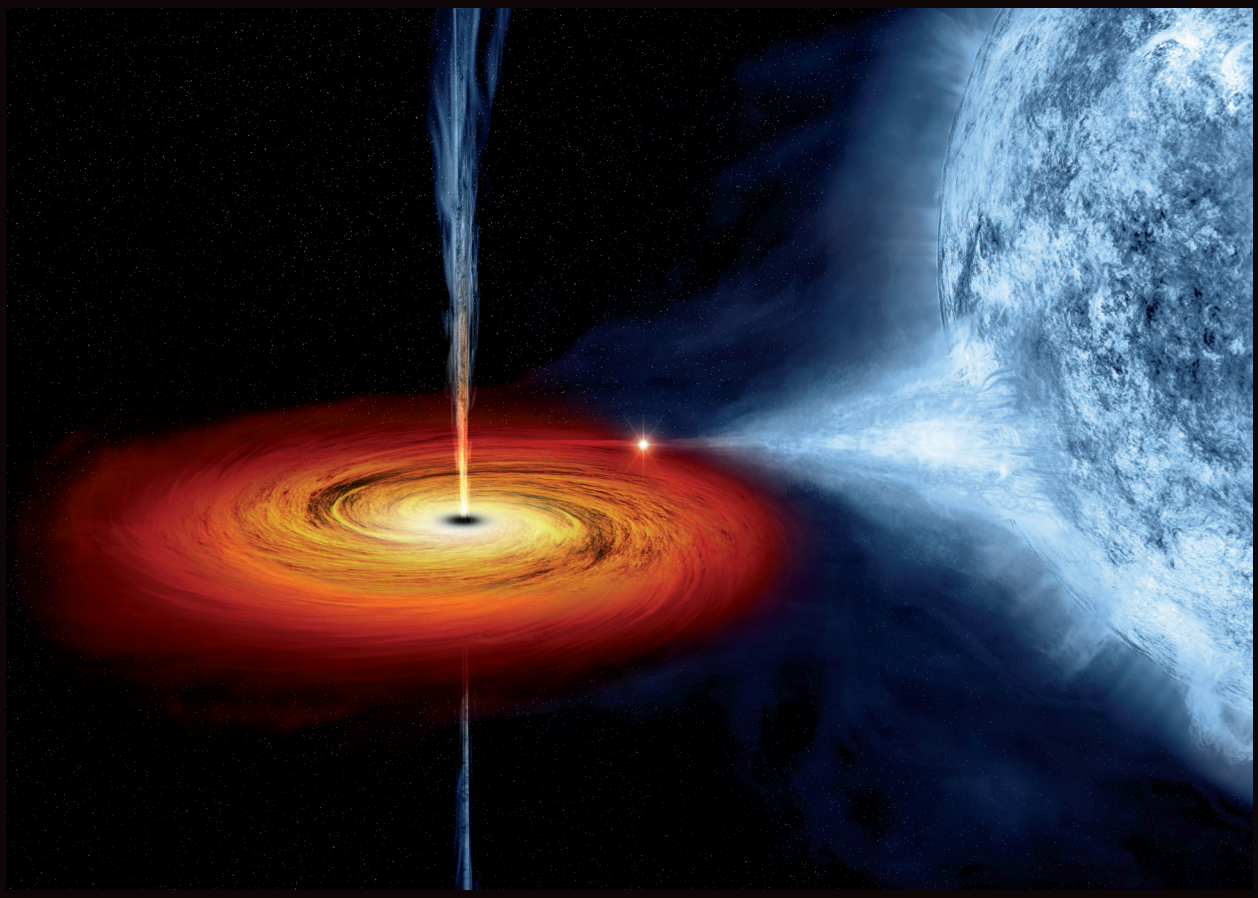
Crédit image : NASA, N. Benitez (JHU), T. Broadhurst (Racah Institute of Physics/The Hebrew University), H. Ford (JHU), M. Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), G. Illingworth (UCO/Lick Observatory), the ACS Science Team and ESA

Nous sommes des aveugles dans un palais de lumières.

Christian Bobin
Les Ruines du ciel
2009

LE TROU NOIR EST-IL TROUBLANT ?

Vue d'artiste de Cygnus X-1 et son trou noir. La masse de ce dernier est tellement importante qu'elle attire toute matière environnante ainsi que les rayons lumineux, d'où la dénomination « trou noir ».



Le doute, terrible trou noir de l'esprit,
là où l'univers perd confiance en lui-même.
(Louis Gauthier)

Crédit image : NASA/CXC/SAO

L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE AU SERVICE DE LA CONNAISSANCE

L'Observatoire de la Côte d'Azur possède un patrimoine architectural et scientifique remarquable, ouvert au public. Mais loin d'être tourné vers le passé, l'OCA est un opérateur de recherche en sciences de la Terre et de l'Univers reconnu internationalement. Aujourd'hui, les bâtiments construits par Charles Garnier côtoient les salles blanches, la mécanique de précision et les centres de calcul intensif.

Avec quelques 450 agents localisés sur 4 sites géographiques (Mont-Gros et Valrose à Nice, Sophia Antipolis et le site d'observation du plateau de Calern) l'OCA est un des 25 Observatoires des sciences de l'Univers français chargés du recueil continu et systématique de données observationnelles. Son rôle est d'explorer, de comprendre et de valoriser les sciences de la Terre et de l'Univers, mais aussi les sciences connexes comme la mécanique, le traitement du signal, ou l'optique. Pour produire et exploiter les données recueillies par les grands instruments au sol et dans l'espace, l'OCA met en œuvre une approche globale combinant théorie, modélisation, observation, analyse et constitution de banques de données.

Trois unités mixte de recherche composent l'Observatoire de la Côte d'Azur :

- **Géoazur** : Sciences de la terre et de l'univers proche, approches combinées terre-océan-espace.
- **Lagrange** : Astrophysique, dynamique des fluides et traitement du signal.
- **Artémis** : Astrophysique multi-messagers, ondes gravitationnelles.

En partenariat avec l'UNS et le Centre Pédagogique Planète Univers (C2PU), l'OCA donne l'opportunité aux étudiants, de la licence au doctorat, de se former par la recherche. Très impliqué dans sa mission de diffusion des connaissances vers tous les publics, l'OCA profite d'une combinaison unique entre son patrimoine exceptionnel et ses recherches de haut niveau.

Dans le cadre de cette exposition, des visites guidées peuvent être organisées pour les groupes et les scolaires.

groupenice@oca.eu

M20, la Nébuleuse Trifide / © image C2PU - c2pu.oca.eu

- **Commissaire de l'exposition :** Albert Bijaoui, astronome émérite à l'Observatoire de la Côte d'Azur
- **Avec la collaboration de :** Olga Suarez, Aurélien Crida, Christophe Benoist, Frédéric Morand, Tristan Guillot.
- **Réalisée par :** Florent Gouvard, Clémence Durst, Christine Julienne, Carolyn Robert, Marc Fulconis.
- **Installation / Fabrication :** Services techniques de l'OCA

Impression AlphaPrint

Observatoire de la Côte d'Azur
CS 34229
F 06304 Nice cedex 4
Tél : 04 92 00 30 11
com@oca.eu

@ObsCoteAzur
Observatoire de la Côte d'Azur

www.oca.eu

Observatoire de la CÔTE d'AZUR · VILLE DE NICE · Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE · SFA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ASTRONOMIE & D'ASTROPHYSIQUE · Région Provence Alpes Côte d'Azur · culture science EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Pour le savant, la connaissance sort de l'ignorance comme la lumière sort des ténèbres - *Gaston Bachelard* « La philosophie du non »