

Stellar ~Scape

22.06²⁴
26.01²⁵

Les nouvelles
Conquêtes
Spatiales

Le carnet scientifique



le pavillon

INTRODUCTION

L'imagination, la faculté à concevoir ce qui n'existe pas encore, à chasser le néant pour donner naissance aux idées, tisse un lien entre l'art et la science, deux domaines pourtant souvent perçus comme diamétralement opposés.

Pour l'artiste, elle est l'outil indispensable pour façonner des univers singuliers, pour donner vie aux rêves et aux émotions. Elle lui permet de transcender les limites du perceptible et de questionner le monde sous des angles nouveaux. Au scientifique, l'imagination permet de formuler des hypothèses audacieuses, de

concevoir des expériences inédites et d'interpréter des résultats complexes avec une approche nouvelle. Vous découvrirez ici des œuvres qui illustrent comment l'imagination s'exprime et se nourrit entre art et science, parfois de manière inattendue, au confluent des savoirs. Laissez-vous transporter par ces créations qui vous invitent à repenser le monde qui nous entoure, à le découvrir sous des angles nouveaux.

Ce livret de visite a été conçu par le Confluent des Savoirs de l'Université de Namur.

FÉLICIE D'ESTIENNE D'ORVES

Soleil (~ 8 MN), Mars (3 à 22 MN),
Uranus (2H23 à 2H55), Série Étalon
lumière

LA LUMIÈRE À L'ASSAUT DU VIDE

À la fin du 19^e siècle, les physiciens tentent de comprendre la nature de la lumière, et leurs expériences démontrent qu'elle se comporte comme une onde. Or, une onde se propage dans un milieu : comme les vagues sur l'eau ou le son dans l'air. Mais si la lumière parvient à traverser le vide de l'espace depuis le Soleil et les étoiles pour arriver jusqu'à nous, dans quel milieu peut-elle alors se propager ?



Ils inventent alors le concept d'éther luminifère "qui porte la lumière", un fluide invisible, présent dans tout l'univers, suffisamment ténu pour que les étoiles et planètes le traversent sans ralentir, mais suffisamment dense pour porter les ondes lumineuses. Cette hypothèse permet d'expliquer de nombreux phénomènes, mais il y a un problème : aucune expérience ne parvient à démontrer l'existence de l'éther luminifère.

Il faut attendre 1905 et les travaux d'Albert Einstein pour revoir cette théorie: il affirme que la lumière n'a besoin d'aucun milieu pour se propager. Elle est une entité autonome, et sa vitesse dans le vide est une constante universelle, la même pour tous

les observateurs, peu importe leur mouvement. Comme si la lumière dictait sa propre vitesse, indépendamment de tout.

D'un point de vue numérique, la vitesse de la lumière dans le vide est de 299 792 458 mètres par seconde, soit presque 300 000 km/s.

Ce qui revient à effectuer un peu moins de 7 fois le tour de la Terre en 1 seconde ou 3 allers-retours Paris-New York en un clin d'oeil. C'est la vitesse limite de transmission de l'information dans l'univers, la vitesse limite à laquelle les causes peuvent provoquer des conséquences.

VÉRONIQUE BÉLAND

Recombinaison



MÉTÉORES, MÉTÉORITES, MÉTÉROÏDES ET ASTÉROÏDES

Les astéroïdes sont des corps célestes de petite taille (entre quelques centimètres et plusieurs kilomètres) en orbite autour d'une étoile. Ils sont composés de roches et de métaux. Dans le système solaire, l'hypothèse la plus probable de leur origine est qu'il s'agisse de débris de planètes n'ayant pas pu se former, notamment à cause de la puissante influence gravitationnelle de Jupiter.

Le vocabulaire entourant ces objets est particulièrement précis et les confusions qui l'accompagnent sont nombreuses. Tout d'abord, si un astéroïde est suffisamment petit, on parlera de météoroïde. Le terme météore désigne quant à lui le phénomène lumineux qui se produit lorsqu'un météoroïde se désintègre en traversant l'atmosphère de la Terre, ce qu'on appelle couramment - et abusivement - une étoile filante. Si le phénomène est suffisamment brillant, on parle même de bolide. Et enfin, s'il survit à sa traversée aérienne, il restera un morceau de roche spatial qui s'écrasera à la surface de notre planète et qu'on appellera une météorite.

En résumé : un météoroïde tombant dans l'atmosphère de la Terre provoquera donc un météore et deviendra une météorite s'il atteint le sol.

KATIE PATERSON

Timepieces



Une journée sur Jupiter

Katie Paterson, Timepieces (Solar System), 2014

QUELLE HEURE EST-IL ?

C'est une question bien anodine aujourd'hui, quand le moindre téléphone peut y répondre sur plusieurs fuseaux horaires. L'humanité a notamment calqué sa mesure du temps qui passe sur deux phénomènes cycliques dont les conséquences sont aisément visibles à la surface de notre planète : la rotation de la Terre sur elle-même (la journée) et sa révolution autour du Soleil (l'année).

Qu'en est-il sur les autres planètes du système solaire ?

La plus rapide à tourner sur elle-même est aussi la plus grande : Jupiter, à peine une dizaine d'heures terrestres pour boucler une rotation. La plus lente est notre voisine Vénus qui met 243 jours terrestres pour effectuer ce mouvement, c'est tellement long que la planète a le temps de compléter une révolution autour du Soleil avant d'avoir terminé sa propre rotation. Ce qui signifie que – sur Vénus – une année est plus courte qu'une journée !

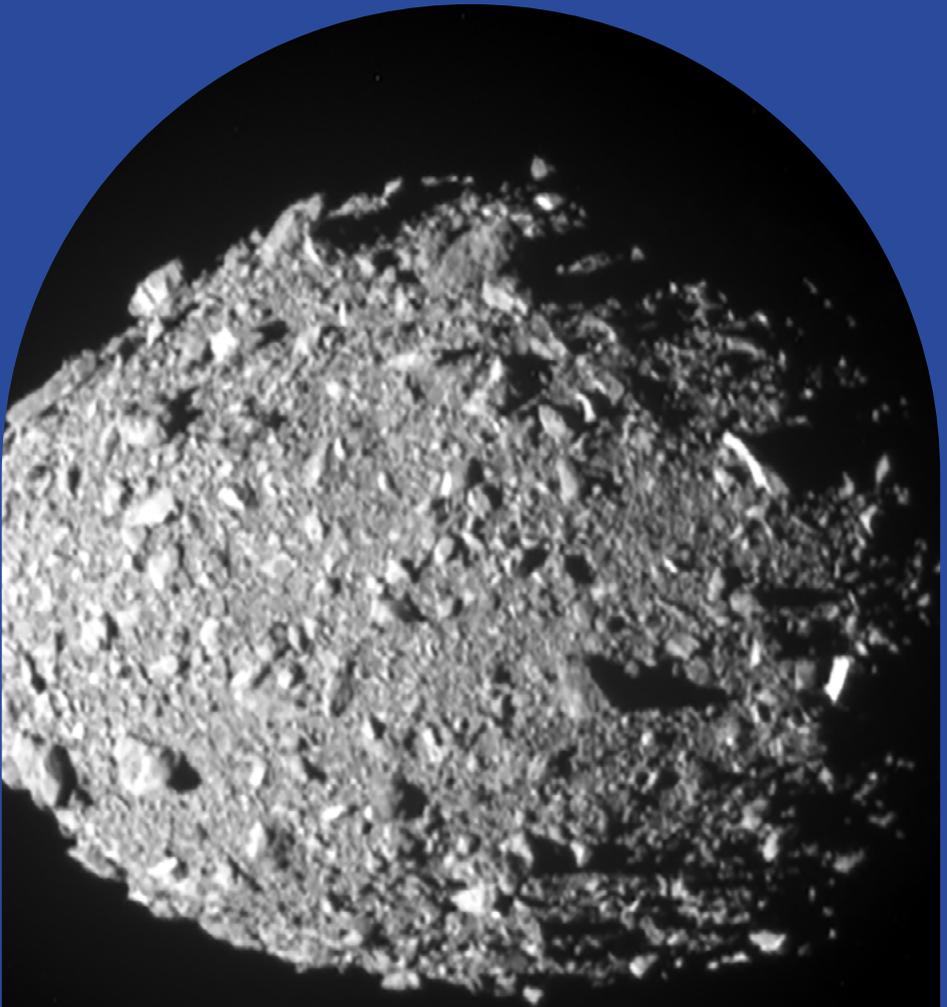
Et ce n'est même pas la plus étrange des rotations du système solaire, la palme revient à Uranus qui tourne sur elle-même

en un peu plus de 17 heures terrestres selon un axe... quasi horizontal. Elle est couchée sur son orbite par rapport aux autres planètes, comme si elle roulait. Elle présente ainsi au Soleil alternativement son pôle sud et son pôle nord tout au long de son année.

Notre Soleil tourne également sur lui-même, cependant il est composé de gaz extrêmement chauds et denses, qui se comportent presque comme un liquide. Ce qui explique que notre étoile tourne à des vitesses variables en fonction de la latitude : son équateur tourne plus vite (24,5 jours terrestres) que ses pôles (38 jours).

AMÉLIE BOUVIER

PHP Potentially Hazardous
Portraits [PHP#3, PHP#13,
PHP#14, PHP#15, PHP#18]



Astéroïde Dimorphos

QUELLE EST LA PROBABILITÉ QU'UN ASTÉROÏDE MASSIF PERCUTE LA TERRE, COMME CELUI QUI A MIS FIN AU RÈGNE DES DINOSAURES ?

Ces astéroïdes dont la trajectoire croise l'orbite terrestre s'appellent des géocroiseurs (ou Near-Earth Objects, NEA en anglais). Ils sont étroitement surveillés pour les identifier et nous prémunir d'une possible collision. On en recense aujourd'hui plus de 10 000, toutefois le risque de collision est faible. Des solutions sont étudiées, non pas pour détruire ceux qui viendraient à nous menacer, mais simplement pour modifier leur trajectoire à l'aide d'un impact faible. Calculé avec précision, ce dernier permettrait d'écarter le fauteur de trouble durablement et à moindre coût.

La mission DART (pour Double Asteroid Redirection Test ou Test de déviation d'un astéroïde double) de la NASA, lancée en novembre 2021, a été surnommée "première mission test de défense planétaire". La sonde a impacté sa cible en septembre 2022, il s'agissait d'un petit astéroïde nommé Dimorphos (150 m de diamètre) en orbite autour de Didymos un autre astéroïde, cinq fois plus grand. Et la mission a été une réussite : l'impacteur de 600 kg a permis de modifier la trajectoire d'un rocher spatial de 5 millions

de tonnes. Il faut noter que la vitesse de la sonde était de 6,5 km/s au moment de l'impact et que l'énergie du choc a été équivalente à l'explosion de 2 tonnes de TNT !

L'acronyme de la mission, DART, signifie "fléchette" en anglais, et ce n'est pas usurpé : la NASA est parvenue à lancer avec succès cette fléchette sur une cible de 150 mètres à 11 millions de kilomètres de distance. C'est l'équivalent d'atteindre un timbre-poste situé en Sicile depuis la Belgique.

KATIE PATERSON

Earth-Moon-Earth

COMMUNIQUER GRÂCE À LA LUNE

Avant l'avènement des satellites, la communication à longue distance était un problème stratégique crucial pour les forces armées. Les ondes radio ont en effet une portée limitée à cause de la rotondité de la Terre : impossible de contacter une unité trop éloignée. L'idée est alors venue à l'armée américaine d'utiliser la Lune comme un gigantesque miroir à ondes radio. Ainsi, même si l'unité à contacter est hors de vue, tant que l'émetteur et le récepteur voient chacun la Lune, ils pourront communiquer. C'est la radio Terre-Lune-Terre ou Earth-Moon-Earth (E.M.E.)



Katie Paterson, *Earth-Moon-Earth*, 2007

Pour ce faire, il faut tout de même disposer d'un émetteur puissant, car la Lune ne reflète pas très bien les ondes radio. De plus, l'astre lunaire est très éloigné de la Terre (en moyenne 384 400 km), et bien que les ondes radio se propagent à la vitesse de la lumière, il faudra 2,5 secondes au signal pour boucler l'aller-retour. Au cours de ce voyage, le rayonnement électromagnétique radio sera soumis à un affaiblissement de propagation (path-loss), une perte de signal causée par les obstacles rencontrés. Le signal obtenu en retour aura donc été principalement modifié par la

réflectivité de la surface lunaire et de son relief, mais aussi par l'éventuelle traversée de précipitations dans l'atmosphère terrestre, ainsi que par la dispersion naturelle du signal.

Il existe également sur la Lune des objets particuliers laissés là par les missions Apollo et les sondes robots soviétiques Lunokhod : de petits miroirs, qu'on appelle les "réflecteurs lunaires". Ils permettent, entre autres, de mesurer la distance Terre-Lune à l'aide d'un laser avec une précision centimétrique.

QUADRATURE

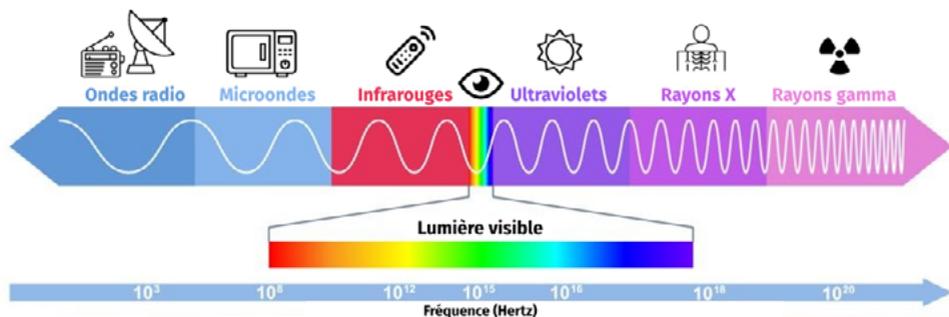
C.R.E.D.O

ONDES ET DANGERS

Le Radiotélescope C.R.E.D.O capte des ondes radio en quête de vie extraterrestre, mais est-ce que les ondes électromagnétiques sont dangereuses ? Tout dépendra de l'énergie transportée par l'onde : plus sa fréquence (le nombre d'ondulations par seconde) est élevée, plus grande sera l'énergie.



LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE



©DR

Si on descend en fréquence, sous le visible, on arrive dans les infrarouges, puis les microondes et enfin les ondes radio et pour tout cela, rien à signaler : l'énergie véhiculée est trop faible pour interagir avec la matière. En revanche, avec une onde électromagnétique au-delà du bleu (ultraviolets, rayons X et rayons gamma), les atomes peuvent perdre des électrons et devenir des ions (des atomes chargés, beaucoup plus réactifs), on parle alors de rayonnements ionisants. Ce sont eux qui sont dangereux, car ils peuvent endommager nos molécules biologiques, dont la plus précieuse d'entre elles : l'ADN, au cœur même de nos cellules. Rassurez-vous cependant, les rayonnements ionisants sont peu fréquents et peu intenses dans notre quotidien, à une exception près : le rayonnement UV du

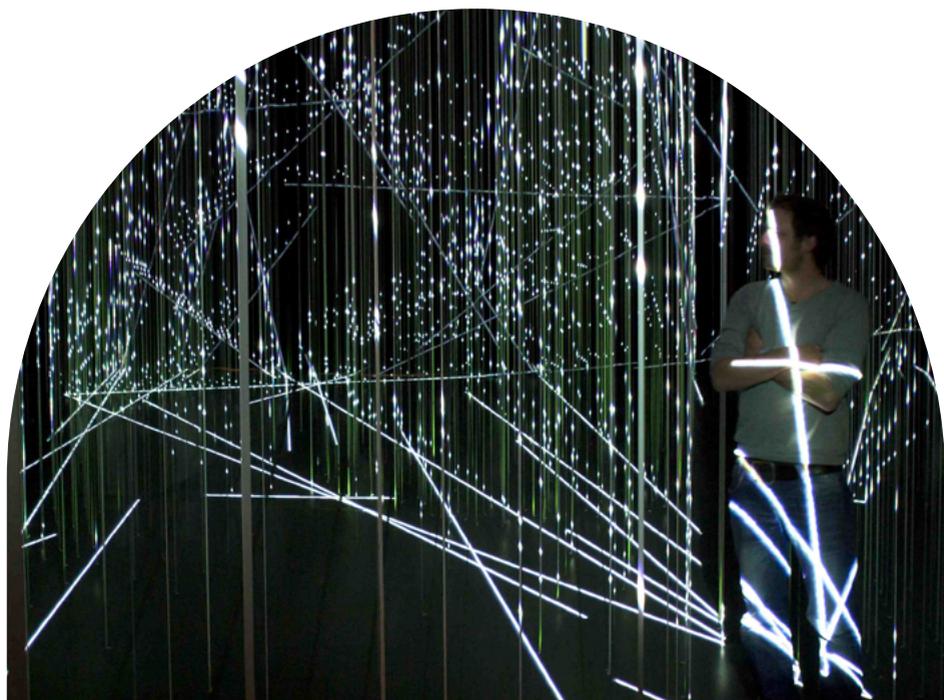
Soleil. Un coup de Soleil, ce n'est pas anodin, c'est un suicide massif de cellules à cause de la détérioration de leur ADN par les UV. Les crèmes solaires sont composées de molécules qui absorbent les photons UV et qui sont détruites à la place de nos molécules. L'exposition au Soleil érode donc progressivement la couche de crème protectrice, raison pour laquelle il faut non seulement en mettre, mais aussi en renouveler l'application toutes les deux heures.

JEROEN UYTTENDAELE

Plane Scape

BIENVENUE DANS LA QUATRIÈME DIMENSION

Le temps est une dimension fondamentale de l'Univers qui permet de mesurer la succession des événements et des changements. Il constitue un cadre dans lequel les phénomènes se déroulent, offrant une notion de séquence et de durée. La nature exacte du temps soulève des questions complexes, tant d'un point de vue philosophique que scientifique.



En physique classique, comme dans notre expérience quotidienne, le temps est considéré comme une dimension indépendante de l'espace, formant un cadre continu (un "continuum") dans lequel les événements se produisent de manière linéaire. Selon cette conception, le temps est absolu, universel et identique pour tous les observateurs. Cette approche accompagne naturellement nos observations du monde qui nous entoure. Mais la réalité est toute autre...

Dans la théorie de la relativité restreinte d'Einstein, le temps et l'espace sont intrinsèquement liés, formant une entité nouvelle : l'espace-temps. Ces notions ne sont plus absolues, mais relatives : elles dépendent de la position de l'observateur par rapport au phénomène observé. Chaque corps possède un temps propre qui s'écoule pour lui toujours de la même manière, un peu comme si nous portions toutes et tous notre propre montre. Si nous observons notre montre : chaque seconde a la même durée que la précédente. Par contre, si nous

observons la montre de quelqu'un d'autre, c'est là que les choses se compliquent : si cette personne subit une accélération différente, sa montre ne nous semblera pas fonctionner au même rythme que la nôtre. Plus l'accélération sera importante, plus leur montre nous apparaîtra comme ralentie.

Le GPS ? C'est relatif.

Si les satellites GPS ne prenaient pas en compte le décalage temporel par rapport à la surface de la Terre, ils seraient rapidement inutilisables. Leurs horloges tournent environ 7 microsecondes (ou milliardièmes de seconde) par jour plus lentement que celles sur Terre. Ça n'a l'air de rien, mais chaque 100 minutes passées sans correction augmenterait l'erreur de localisation de 10 kilomètres !

QUADRATURE

SCOPE



AU CŒUR DES ÉTOILES, NOTRE DESTIN?

En 2003, les chercheurs américains Geoffrey Dean et Ivan W. Kelly ont étudié et suivi deux mille jumeaux temporels. Ces individus, nés à la même minute, comme vous et 250 autres personnes en moyenne, devraient partager des éléments de vie et de personnalité, si on suit les concepts de l'astrologie. Or, leur étude montre qu'il n'y a pas plus de ressemblance entre des jumeaux temporels qu'entre deux individus tirés au hasard dans la population.

Une constellation est un astérisme, c'est-à-dire un alignement fictif d'étoiles, dû à notre position dans l'espace. Et en effet : notre ciel n'est pas une toile en deux dimensions, certaines étoiles sont bien plus éloignées que d'autres, alors qu'elles nous apparaissent être côte à côte vues depuis la Terre. Chaque culture a peuplé le ciel en projetant ses propres histoires, espoirs, croyances et craintes, chacune a tissé ses propres dessins entre les étoiles, ses propres constellations.

Légendes dans le ciel

Orion, Cassiopée, la Grande Ourse,... découvrez en vidéo et à l'aide de nombreuses oeuvres d'art, les mythes et légendes qui se cachent derrière les constellations que nous pouvons observer lors des nuits étoilées !



STÉPHANIE ROLAND

Le cercle vide



LE POINT NÉMO

Le point Nemo est l'endroit sur l'océan le plus éloigné de toute terre, c'est le plus isolé possible, ce qu'on appelle le pôle d'inaccessibilité. Lorsqu'un engin spatial suffisamment imposant doit être précipité dans l'atmosphère pour s'y consumer, on vise un atterrissage dans cette zone. Ainsi les débris qui pourraient persister après sa brûlante descente ont plus de chance de retomber dans l'océan plutôt que sur une terre habitée. L'atmosphère étant par essence un système chaotique et imprévisible, agité de courants et de mouvements de masses d'air, il y a toujours une incertitude quant au point de rentrée. L'usage du point Nemo comme cible et cimetière spatial est donc une précaution : c'est la zone sur Terre la plus propice à cet usage. La cible la plus large et sécuritaire possible.

À ce jour, l'endroit a recueilli entre 250 et 300 engins, dont le plus célèbre est l'ancienne station spatiale soviétique Mir (qui pesait 120 tonnes), et il accueillera également la fin de vie de la station spatiale internationale (trois fois plus massive que Mir).

est recouverte à 70% par les océans et que seulement 3% de la surface émergée soit habitée, le risque persiste. Peut-être verra-t-on un jour naître une assurance contre la chute des débris spatiaux ?

Concernant la chute incontrôlée de débris spatiaux : la plupart de ceux qui sont suffisamment gros pour ne pas se consumer entièrement durant leur descente sont surveillés. Néanmoins, même si statistiquement, la Terre

ALESSIA SANNA & ALEXANDRE WEISSER

Leave Space



D'OÙ PROVIENNENT TOUS CES DÉBRIS ?

La première source de débris orbitaux est l'explosion d'engins non fonctionnels qui contiennent encore de l'énergie : des batteries ou du carburant (les fameux ergols). Ces deux éléments peuvent fuir, se dégrader et enfin provoquer l'explosion de l'engin en milliers de fragments. On pense d'ailleurs que les efforts de nettoyage doivent se concentrer en priorité sur les 10 plus gros débris, faute de quoi ils pourraient tôt ou tard en générer des milliers d'autres. Pour tester la faisabilité d'une désorbitation forcée par un autre engin, la mission européenne ClearSpace devrait partir retirer un débris de 100 kg en 2026... Sachant que le budget de la mission chiffre à 230 000 euros, cela ferait plus de 2 milliards d'euros pour nettoyer les 10 plus gros débris... Une méthode de nettoyage fort coûteuse donc, mais dont on aura bientôt au moins testé la faisabilité.

La seconde source, ce sont les destructions volontaires. Les États-Unis ont mené des tests d'armes antisatellites (ASAT) dans les années 80. Ils ont procédé

à un nouveau tir en 2008, juste après le test chinois de 2007, ce dernier ajoutant à lui seul 25% de débris autour du globe. L'Inde a également tiré sur un de ses satellites en fin de vie en 2019 et la Russie en 2015 et 2021. Les débris dus à ce dernier essai, fort mal situés, provoqueront des mesures d'évacuation de la station spatiale internationale, par précaution.

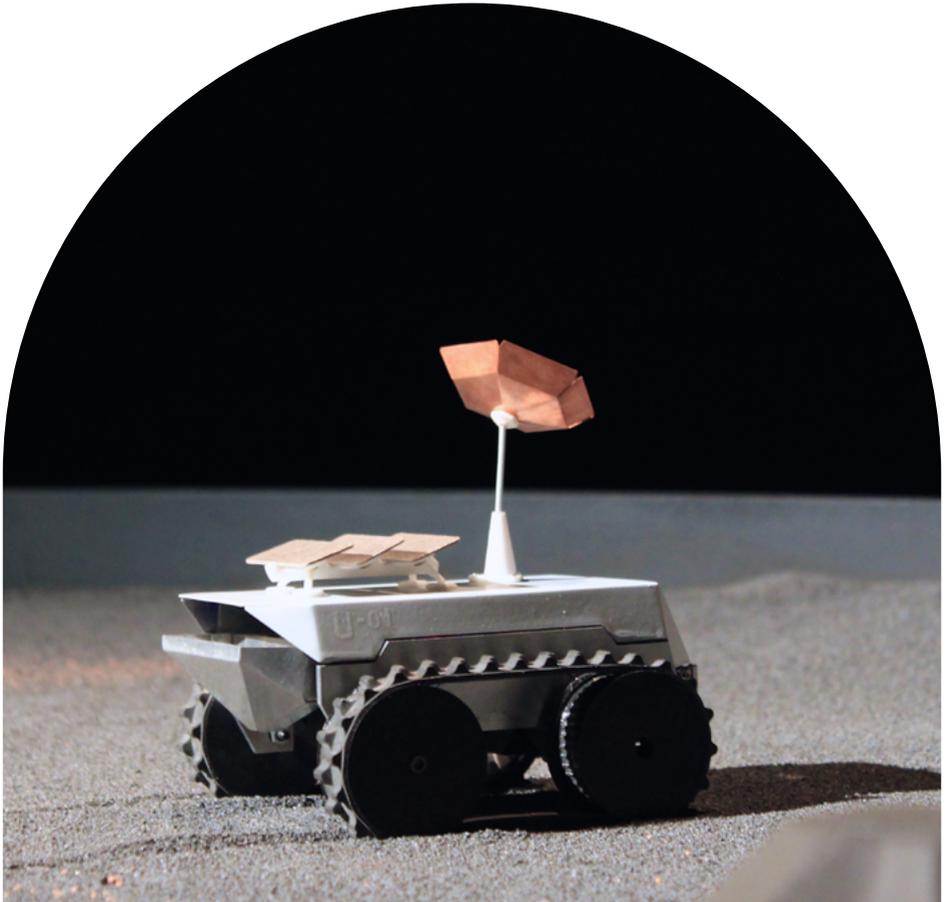
La troisième source, ce sont les collisions. Les objets en orbite se déplacent à des allures vertigineuses : 28 000 km/h (ou 7 km/s). À ces vitesses, un simple morceau de quelques milligrammes – comme une écaille de peinture – peut percuter un autre objet avec la force d'une balle de calibre .44 Magnum tirée à bout portant ! Imaginez l'effet d'un morceau de quelques centaines de grammes...

UNFOLD

Sea of Tranquility

QUELLE EST L'ODEUR DE LA LUNE?

La surface de notre planète se compose de couches superposées de roches plus ou moins tendres, dont la couche la plus externe est appelée régolithe : là où la pierre se fragmente en morceaux de plus en plus petits. Une épaisseur assez mince de débris rocheux, recouverte de terre et de matière organique.



Sur la Lune, c'est une toute autre histoire : les impacts de météorites incessants au cours de son histoire ont pulvérisé la roche partout sur notre satellite, créant une couche de régolithe de 4 à 15 mètres d'épaisseur ! Cette poussière lunaire est bien plus fine que sur Terre et surtout, elle est bombardée en permanence par le rayonnement du Soleil et les rayons cosmiques, ce qui la charge électriquement. Vous avez certainement déjà manipulé du polystyrène expansé (frigolite) brisé : les petits grains de matière sont rapidement chargés électriquement par frottement et collent à vos vêtements. Il en va de même pour le régolithe lunaire : il colle à la combinaison des astronautes et est tellement fin

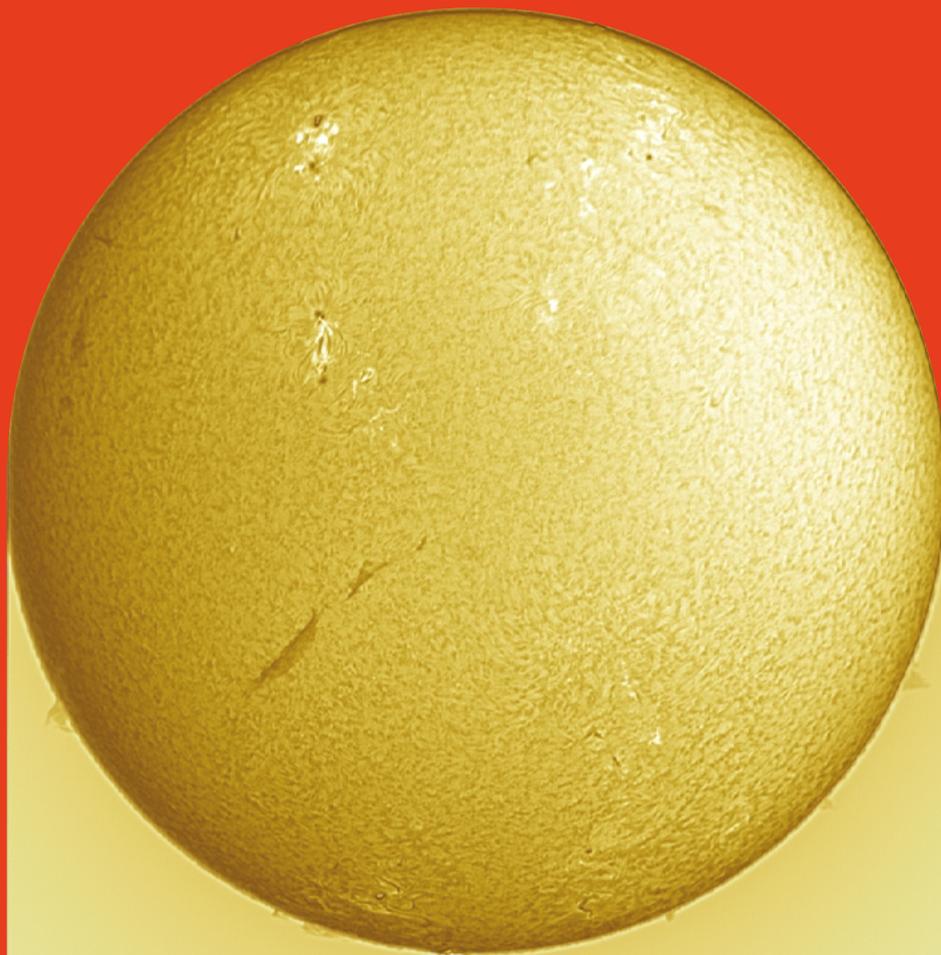
qu'il entre dans les articulations et peut gêner les mouvements.

Lorsque les premiers astronautes à poser le pied sur la surface lunaire sont revenus dans l'habitacle de l'atterrisseur, la poussière collée aux combinaisons a tout à coup été exposée à de l'oxygène, qui est un élément très réactif ! Quand un composé se combine avec l'oxygène, on appelle ce phénomène une oxydation. Et vous connaissez au moins une version lente de ce phénomène - la rouille - et une rapide - la flamme d'un combustible. Rien d'étonnant donc à ce que le régolithe ait eu une odeur rappelant le brûlé pour les astronautes.

PEPA IVANOVA

WARMTH

Touching the solar surface



ET SI NOUS PARTIONS TOUCHER LE SOLEIL ?

Imaginons un vaisseau spatial doté de filtres puissants pour nous éviter l'aveuglement et indestructible pour nous protéger du plasma, le gaz dense et chaud qui compose le Soleil.

150 millions de kilomètres, voilà la distance astronomique qui nous sépare de notre étoile et que nous parcourons maintenant à toute vitesse. Il faut à la lumière 500 secondes pour la traverser ! Arrivé à 10 millions de km du Soleil, nous entrons pour ainsi dire dans son atmosphère : la couronne solaire. Une atmosphère un milliard de fois moins dense que celle de la Terre au niveau de la mer, mais extrêmement chaude, entre 1 et 5 millions °C.

Nous continuons à plonger le long d'une immense draperie de plasma retombant lentement en pluie vers la surface : une protubérance. Vient la chromosphère, une couche tapissée de jets de plasma à 100 km/s sur 10 000 km de hauteur, qui lui donne l'apparence d'une pelouse brûlante hérissée de brins d'herbe verticaux. Plus bas, la température chute brusquement vers 3900°C.

dense pour être opaque et cette transition se fait sur une épaisseur de 500 km. Autour de nous, la densité du plasma voisine à présent celle de l'eau et sa température est de 5500°C. Le bruit, qui se propage dans la matière même du Soleil, est assourdissant. Nous touchons la surface du Soleil.

Même si une étoile n'a pas à proprement parler de surface, la photosphère est l'endroit où le plasma devient suffisamment

LUCIEN BITAUX

Nadir

À L'ORIGINE, IL Y A DE LA POUSSIÈRE D'ÉTOILE...

Il est courant d'évoquer poétiquement le fait que nous autres, êtres humains, ne sommes que poussières d'étoiles, mais c'est omettre que la quasi-totalité des atomes sont créés dans les étoiles et les phénomènes associés. En réalité, tout - ou presque - est composé de poussières d'étoiles.



Une étoile naît de grands nuages de gaz et de poussières : les nébuleuses. Sous l'effet de la gravité, ils se compactent lentement et lorsque le cœur est assez chaud et dense (15 millions °C), des réactions de fusion thermonucléaire s'y enclenchent, rayonnant une énergie phénoménale. Une étoile vient de naître.

Elle tire son énergie de la fusion d'atomes légers ensemble pour en faire de plus lourds, mais il y a une limite à cette escalade. Les étoiles massives ne vont pouvoir produire des atomes que jusqu'au fer. Cet élément étant le plus stable, sa fusion consomme de l'énergie au lieu d'en produire. Quand ce cœur de fer est formé, l'étoile n'a plus de source d'énergie pour soutenir les couches supérieures, qui s'effondrent alors et rebondissent très violemment sur le noyau,

l'étoile meurt et explose : c'est une supernova. Il y a alors suffisamment d'énergie pour créer les éléments que l'étoile était incapable de fusionner, dont notamment le silicium, qui donne la silice, le matériau présenté dans l'œuvre Nadir.

Le choc est si important sur le noyau de l'étoile qu'il est écrasé en ce qu'on appelle une étoile à neutrons, d'une densité incroyable : une cuillère à café de sa matière pèse aussi lourd que l'Everest !

Le saviez-vous? L'or ou l'argent de vos bijoux provient d'une fusion de deux étoiles à neutrons. Si vous possédez de tels bijoux, regardez-les différemment : les atomes qui les composent ont été forgés il y a longtemps et loin d'ici, entre le marteau et l'enclume de la monstrueuse collision de deux cadavres d'étoiles ultra-denses !



Naissance des étoiles

La nébuleuse géante NGC 2014
et sa voisine NGC 2020 qui,
ensemble, font partie d'une vaste
région de formation d'étoiles dans
le Grand Nuage de Magellan,
une galaxie satellite de la Voie
lactée, située à environ 163 000
années-lumière.

Le carnet scientifique est
une production du
KIKK et du **CONFLUENT DES
SAVOIRS DE L'UNIVERSITÉ
DE NAMUR**

Conception et écriture
JULIEN CREUELS

Mise en page
MAXIMILIEN MATTAGNE

Avec le soutien de la Wallonie

