

**Technologie** p.12

## Les cryptomonnaies décryptées

**Mathématiques** p.33

## Quand les PROBAS s'invitent à KOH-LANTA !





# ÉDITO

## La priorité wallonne est dans les STEAM



TEXTE: GÉRALDINE TRAN - RÉDAC'CHEF • PHOTOS: ©FAMILY STOCK - STOCK.ADOBE.COM - TITRE, ID PHOTO/VIGNETTE

En juin dernier se tenait, au SPARKOH ! (anciennement PASS), la *Rencontre annuelle des acteurs* organisée par le SPW Recherche. L'occasion pour les acteurs de diffusion des sciences et des techniques (DIFST), après 2 ans d'interruption pour cause de Covid, de se retrouver et d'échanger sur la thématique «La priorité wallonne est dans les STEAM». L'occasion aussi pour notre Direction de la sensibilisation d'évoquer le Plan de Relance de la Wallonie, qui rassemble des moyens inédits et articulé autour de 6 axes:

- 1 Miser sur la jeunesse et les talents de Wallonie
- 2 Assurer la soutenabilité environnementale
- 3 Amplifier le développement économique
- 4 Soutenir le bien-être, la solidarité et l'inclusion sociale
- 5 Garantir une gouvernance innovante et participative
- 6 Soutenir la reconstruction et la résilience des territoires sinistrés

C'est bien entendu le 1<sup>er</sup> axe qui nous intéresse ici, et plus particulièrement le projet 13. Ce projet vise à renforcer l'attractivité des filières porteuses d'emploi, des métiers, des compétences et des disciplines d'études associées aux STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) et au numérique et ainsi, à contribuer à la résorption des pénuries et à l'augmentation du taux d'emploi. Il vise à fédérer les initiatives et à déployer les actions, à en assurer une plus grande visibilité par la mise en place d'une stratégie de communication cohérente. Ce programme permettra de renforcer l'impact des initiatives menées en matière de promotion des métiers et de sensibilisation. Il existe en effet de nombreuses structures, à tous niveaux, actives dans la sensibilisation des sciences. Elles sont efficaces et nécessaires. Mais il ressort de

cette journée des acteurs, qui comptait pour la première fois des représentants de fédérations professionnelles et du secteur de la formation, que des ponts doivent encore se construire entre les acteurs de sensibilisation aux sciences et aux techniques (qui travaillent souvent à une échelle locale ou régionale), le secteur de l'enseignement et de la formation et celui des entreprises. Ceci nous amène au concept de parcours intégré. Comment peut-on accompagner l'enfant, dès son plus jeune âge jusqu'à un emploi dans les filières STEAM, qui peinent à recruter ? C'est la réponse que les différentes parties prenantes vont essayer de trouver, via des partenariats, grâce au *Plan de Relance du Gouvernement wallon* et à ce fameux «Projet 13». Vous êtes acteur dans la sensibilisation aux STEAM et souhaitez contribuer à mener les jeunes vers ces filières et les emplois qui en découlent, n'hésitez pas à contacter M. Baudouin JAMBE pour de plus amples informations sur les modalités ([baudouin.jambe@spw.wallonie.be](mailto:baudouin.jambe@spw.wallonie.be)).

Je passe ensuite du coq à l'âne, pour vous informer, la mort dans l'âme, que ce numéro ne pourra être imprimé pour des raisons techniques indépendantes de notre volonté. Il sera évidemment consultable et téléchargeable ici  <https://recherche.wallonie.be/magazine-athena...> En espérant que le problème soit résolu d'ici septembre et que vous puissiez retrouver le magazine dans votre boîte aux lettres, je vous souhaite d'excellentes vacances, placées sous le signe de la découverte et de la curiosité ! 



# SOMMAIRE

Le mag scientifique

357

Mai-Juin 2022



4 **Actualités** • Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe



10 **Wall'Innove Tour** • ATB Therapeutics

12 **Technologie** • Les cryptomonnaies décryptées

16 **L'ADN de...** • Alexandra MERCHIER, Community manager

18 **Société** • Enseignement obligatoire: quelle place pour le numérique ? (2<sup>e</sup> partie)

22 **Dossier** • De l'incohérence à l'inconfort psychologique

28 **Barje** • On est tous Barje, même *Athena* !

29 **CurioKids** • La science des super-héros

33 **Mathématiques** • Quand les PROBAS s'invitent à KOH-LANTA !



35 **Qui est-ce ?** • Annie EASLEY

37 **Internet** • *Evernote*: votre deuxième cerveau

41 **Chimie** • Cristaux: de la féerie au cauchemar

43 **Biologie** • Plongez au cœur des cellules et de la vie



47 **Physique** • Du soleil liquide

49 **Espace** • Quoi de neuf dans l'espace ?

50 **Astronomie** • Petite balade tête dans les étoiles

52 **Espace** • Le spatial chamboulé par la guerre en Ukraine: quels enjeux pour l'*Esa* ?



55 **À lire** • À lire avec nos enfants

59 **Agenda** • À voir, à tester, à cliquer, à lire...

# ACTUS

TEXTE : JEAN-CLAUDE QUINTART · JC.QUINTART@SKYNET.BE

PHOTOS : @METAMORWORKS - STOCK.ADOBE.COM (P.4), @SPW MI (P.5),  
BOCO STUDIO (P.5), @BITS AND SPLITS - STOCK.ADOBE.COM (P.6),  
@MONKEY BUSINESS - STOCK.ADOBE.COM (P.7),  
@OAKOZHAN - STOCK.ADOBE.COM (P.8), @UCB (P.9)

## Les filles et le numérique

**A** lors que le secteur a le vent en poupe et est même présenté comme la planche de salut de notre avenir économique, la 6<sup>e</sup> édition de l'enquête *Gender Scan*<sup>™</sup> sur l'évolution de la féminisation dans les technologies du numérique révèle que 6 étudiantes sur 10 déclarent avoir été découragées de s'engager dans les métiers digitaux. Impensable ! Reflet de cet ostracisme, si le nombre de femmes diplômées dans le numérique, seulement 12%, progresse chez nous, cette moyenne est toujours inférieure à celle de l'Europe qui est de 20%. Que la gent féminine se révolte est normal, surtout lorsqu'on sait les motifs avancés pour décourager les candidates à opérer ce choix. Parmi les plus invoqués arrive le plus souvent le niveau requis et des remarques telles que «Pas assez qualifiée»; «c'est trop dur pour les filles»; «les filles n'ont généralement pas la bosse des maths»; etc. Autre argument avancé: l'informatique ne serait pas un domaine pour les filles ! Pire ou plus abject encore: 34% des étudiantes ont fait l'expérience de comportements sexistes dans leurs études et 14% ont été victimes de harcèlements sexuels !

satisfaites dans la poursuite de leurs études informatiques. Bien, mais tout de même 15 points de moins que la moyenne européenne. Un écart qui s'explique en partie par le fait que les étudiantes se sentent moins à l'aise chez nous, qu'elles sont aussi moins nombreuses à s'estimer intégrées, à être davantage stressées, etc.

Cette enquête a été réalisée en ligne dans 117 pays sur une base déclarative de 30 001 participants féminins et masculins de 11 ans et plus. En Europe, on compte 2 616 répondants (ce dont résulte une marge d'erreur de 1,8%) et chez nous, l'on a enregistré 650 répondants (pour une marge d'erreur de 3,8%). Cette analyse est une collaboration de l'Institut de recherche *NADI* de l'UNamur, du Pôle académique de Namur, de l'ULB, de l'Association royale des Ingénieurs de Gembloux Agro-Bio Tech et de quelque 200 associations. Pour rappel, le *NADI* de l'UNamur fédère des chercheurs en informatique, droit du numérique, marketing digital et en éducation au numérique. **A**

Pourtant, et fort heureusement, 44% des étudiantes belges qui ont osé franchir le Rubicon se disent très

 <https://www.genderscan.org>  
<https://www.unamur.be>

## Valse verte

Qui dit problème en Wallonie pense solution ! Il y a quelques semaines, a été inaugurée à Châtelet, sur le site de la Direction des Recherches hydrauliques, une piste cyclable d'éducation à la sécurité routière unique en son genre car construite avec un béton composé de sédiments originaires des voies navigables wallonnes. Déjà au printemps dernier, une piste cyclable a été construite afin d'évaluer le potentiel de valorisation d'un sédiment fluvial contaminé comme substitut au sable dans le revêtement en béton de ciment. Sur le plan technique, cette piste a été réalisée à partir de sédiments limoneux contaminés principalement en fluorures et métaux lourds dragués dans le canal Albert et le canal Haccourt-Visé. Déshydratés dans la lagune du centre de regroupement d'Ampsin, les sédiments ont ensuite passé plusieurs étapes de criblage et de concassage par le *Centre Terre et Pierre* de Tournai en vue d'obtenir un sédiment d'une granulométrie adéquate avant incorporation dans une formulation de béton. Par la suite, une formulation de béton dans laquelle la fraction sableuse a été substituée à 35% par le sédiment a été concoctée en laboratoire, avec le soutien de l'*Institut Scientifique de Service Public (ISSEP)*. Enfin, des analyses réalisées par rapport à la pollution des sédiments ont montré qu'il n'y avait aucun impact sur l'environnement.

Au niveau structurel, VALSE, programme cofinancé par le FEDER INTERREG V France-Wallonie-Vlaanderen, doit valider des filières transfrontalières de valorisation des sédiments fluviaux (pollués ou non) et des terres excavées. Sur une niche qui valorise trop peu ces sédiments, VALSE souhaite démontrer la faisabilité de la réutilisation de ces matières au profit de l'économie circulaire et ceci, au sein d'une région où les voies navigables sont densément interconnectées. De plus, lorsqu'ils ne sont pas régulièrement enlevés, ces sédiments s'accumulent au fond des voies d'eau, augmentant considérablement les risques d'inondation. Quelque 150 000 m<sup>3</sup> de sédiments sont extraits annuellement des voies navigables wallonnes. Sur base de cette expérience, qui valide l'excellent comportement du béton routier à base de sédiments limoneux fluviaux contaminés, le SPW Mobilité et Infrastructures peut maintenant lancer les projets de grande ampleur qu'il a des dans ses fardes. 



 <http://infrastructures.wallonie.be>

## Construction partagée

Belle idée, en ces temps où un sou est un sou, que de bâtir un immeuble partagé. Sur le campus de la Vrije Universiteit Brussel (VUB) et de l'Université libre de Bruxelles (ULB), à Etterbeek, se construit actuellement le *Learning and Innovation Center*, qui offrira des environnements d'apprentissage (salles d'étude individuelles et centres d'expérimentations) et des outils à la pointe de l'Art pour le partage des connaissances. *Evr-architecten*, *A229*, *Ney & Partners* et *Arcadis* ont conçu la bâtisse comme une salle d'incubation et un centre de mise en réseau à l'intention des scientifiques, experts de l'univers entrepreneurial et forces vives de la société civile. Une place où se rejoindront la recherche, les échanges et l'enseignement.

Novateur dans tous les domaines, le bâtiment jouira des technologies les plus nouvelles afin de supporter le développement des étudiants et leur proposera une panoplie d'environnements: zone de silence pour réflexions individuelles, salles pour travaux collaboratifs, centres d'expérimentation pour petits groupes et salles de cours actifs. Sur le plan technique, l'immeuble se veut durable à énergie quasi nulle, construit avec des matériaux limitant les pertes de chaleur et dont la consommation énergétique sera optimisée grâce à des capteurs. D'une superficie totale de 9 000 m<sup>2</sup> répartis sur 8 étages avec

un sous-sol et un étage technique sur le toit, le *Learning and Innovation Center* pourra accueillir 1 000 personnes et une fois terminé, jettera un pont entre les 2 campus, fédérant leur bibliothèque des sciences exactes et appliquées et symbolisant l'étroite collaboration entre les 2 universités. 

 <https://www.vub.be>  
<https://www.ulb.be>



## Derniers développements

**M**ondialement connu pour ses solutions de pointe dédiées à la santé féminine, *Mithra*, via sa plateforme technologique intégrée de Recherche, Développement et Production CDMO (*Contract Development and Manufacturing Organization*), entame une collaboration avec *MedinCell* pour la mise au point de produits innovants injectables à action prolongée afin de lutter contre le paludisme et le rejet de greffes. Soutenu financièrement par l'agence de santé internationale *Unitaïd* et destiné au traitement contre le paludisme, le produit candidat de *MedinCell*, dit mdv-STM, est une formulation injectable d'ivermectine devant réduire la transmission du paludisme en tuant les moustiques porteurs lorsqu'ils piquent les personnes traitées. Administré une fois au début de la saison des pluies, l'action prolongée de cet injectable devrait avoir un impact épidémiologique significatif. N'oublions pas que le paludisme est toujours présent dans 91 pays représentant 50% de la population mondiale et que selon l'*Organisation mondiale de la Santé (OMS)*, sur les quelque 228 millions de personnes touchées par la maladie depuis 2018, près de 405 000 en sont décédées. Ce qui explique les espoirs de succès placés sur cette solution dont un premier essai clinique est programmé pour 2023 par le *Mithra CDMO*.



Mdc-GRT, second produit candidat, est un traitement sous-cutané à base d'immunosuppresseur tacrolimus pour prévenir le rejet de greffe à l'issue d'une transplantation d'organe. Au-delà de l'amélioration du traitement, cette solution pourrait aussi réduire le risque d'effets indésirables chez des patients obligés de suivre un traitement à vie. Ici aussi, le *Mithra CDMO* devrait lancer ses essais précliniques et cliniques en 2023.

«*Cette collaboration autour de produits technologiques complexes de MedinCell correspond parfaitement à notre expertise combinée en matière de polymères et d'injectables basées sur une libération prolongée et contrôlée du médicament. Notre CDMO apporte ici un savoir-faire spécifique couvrant une panoplie de services dans le développement et la production de solutions à haute valeur ajoutée*», explique Renaat Baes, Site Director du *Mithra CDMO*. Société pharmaceutique de stade pré-commercial située à Toulouse, *MedinCell* développe des médicaments injectables à action prolongée innovants, basés sur sa technologie BEPO® qui garantit l'observance du patient, améliore l'efficacité et l'accessibilité des traitements et réduit l'empreinte environnementale. À très gros traits, la technologie BEPO® forme un dépôt de polymères de quelques millimètres sous la peau, qui diffuse ensuite le principe actif en se résorbant sur une durée convenue. <sup>A</sup>

<https://www.mithra.com>  
<https://www.medincell.com>

## essenscia explose ses records !

<https://www.essenscia.be>

**O**ù s'arrêtera notre secteur de la chimie, des matières plastiques et des sciences de la vie qui, après avoir créé 1 896 jobs supplémentaires l'an dernier, occupe maintenant 97 420 salariés. Les autres données sont de la même veine: chiffre d'affaires en hausse de 22% pour atteindre les 74 milliards d'euros; exportations plus 33%; plus 17% d'investissements et des dépenses en Recherche et Développement d'un montant de 5,5 milliards d'euros, soit le double d'il y a 10 ans !

Pour Yves Verschuren, administrateur délégué d'*essenscia*, «*Les bons résultats de 2021 soulignent une fois de plus que le secteur de la chimie et des sciences de la vie est bien le pilier industriel de notre prospérité. Mais, si cette industrie est la plus*

*grande contributrice à la sécurité sociale et à la balance commerciale du royaume, elle est aussi la plus exposée à la concurrence internationale. De même, nous ne devons jamais oublier que chimie et sciences de la vie sont au début de chaînes de valeur cruciales. Aussi, avons-nous besoins d'une politique économique audacieuse qui soutienne pleinement l'industrie dans notre pays*». À quoi s'ajoute la crise ukrainienne menaçant de ruiner cet essor économique par l'explosion des prix de l'énergie, les prix à la hausse des matières premières, l'emballement du coût des transports... «*Si les 2 dernières années, le secteur a fait preuve d'une résilience économique remarquable, aujourd'hui, nous tirons la sonnette d'alarme*», dit Hans Casier, président d'*essenscia*. <sup>A</sup>

## Première mondiale à l'UCLouvain

**E**t quelle première. Une équipe de l'Université brabançonne, dont la post-doctorante Tania Capeloa, est parvenue à prévenir, dans des conditions très proches de la pratique clinique, la récurrence et la dissémination de métastases d'un cancer humain chez la souris grâce à un nouveau médicament: la molécule MitoQ. L'équipe a traité les souris cancéreuses comme on soigne les patientes à l'hôpital, c'est-à-dire en combinant intervention chirurgicale et cocktail de chimiothérapies classiques, puis en ajoutant à ce protocole de soins la nouvelle molécule MitoQ. De la sorte, démonstration a été faite de la compatibilité de MitoQ avec les chimiothérapies classiques et que cette procédure innovante empêche simultanément les rechutes (75% des cas) et les métastases (80% des cas) des cancers du sein chez la souris. Fort logiquement, la plupart des souris non-traitées ont récidivé ou ont vu leur cancer se généraliser.

Si les chercheurs s'attendaient à bloquer les métastases, en revanche, ils étaient loin de s'attendre à empêcher la récurrence. «*Quand on obtient ce genre de résultat, ça motive énormément*», déclare Pierre Sonveaux, chercheur à l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'UCLouvain. Qui précise encore qu'il y a 2 types de cellules cancéreuses: celles qui prolifèrent et sont sensibles aux traitements cliniques et celles plus pernicieuses, dormantes, qui attendent leur heure. Insensibles aux traitements cliniques, ces dernières sont à l'origine des métastases et si elles ne sont pas éliminées par la chirurgie, elles causent alors des récurrences, traitées par chimiothérapie, avec des



degrés d'efficacité faibles suite à la résistance aux traitements développées par les cellules tumorales. Une excellente nouvelle donc lorsqu'on sait que certains cancers sont plus agressifs et létaux que d'autres, comme le cancer du sein triple négatif, représentant de 10 à 15% de tous les cancers du sein et qui touche 1 000 patientes en Belgique et quelque 225 000 au niveau mondial. Ceci permet de prévoir qu'aujourd'hui, la moitié des patientes développeront des récurrences locales et des métastases quel que soit leur type de traitement. D'où la joie des chercheurs face à la découverte d'une molécule empêchant le réveil des cellules souches cancéreuses, faisant éloge au passage à l'obstination de Pierre Sonveaux, qui démontrait déjà la possibilité de prévenir l'apparition de métastases tumorales de mélanomes chez la souris, à une époque où les molécules expérimentales étaient loin d'être des médicaments.

À ce jour, MitoQ a réussi avec brio les premiers essais cliniques, augurant favorablement pour la phase clinique 2 destinée à démontrer l'efficacité du traitement chez les patients cancéreux. Affaire à suivre... **A**

 <https://www.uclouvain.be>



## COUP D'CRAYON

VINCE · VINCENT\_DUBOIS@ME.COM · WWW.VINCE-CARTOON.BE

Il n'y a pas que les herbiers qu'on fabrique à l'école, il existe aussi les herbiers sous-marins. Et celui de la baie Shark, en Australie, vient de faire l'objet d'une immense (c'est le cas de le dire) découverte. Alors qu'on le pensait composé de plusieurs végétaux, il ne s'agirait en fait que d'une seule et même plante, d'une superficie de... 200 km<sup>2</sup>. Soit l'équivalent de 25 000 terrains de foot ! C'est à ce jour la plus grande plante du monde. Qui n'est pas toute jeune puisqu'elle aurait 4 500 ans. C'est dire sa capacité à résister au temps, aux changements de températures et du climat, aux maladies... Classée au patrimoine mondial de l'UNESCO, *Posidonia australis* constitue une mine d'informations précieuses pour les chercheurs.

## Des concours et des gagnants heureux



**M**a thèse en 180 secondes: les représentants des 6 Universités de la Fédération Wallonie-Bruxelles pour la finale interuniversitaire sont connus ! Ce concours vise à informer le grand public de la richesse et de l'intérêt des recherches scientifiques, tout en développant les compétences communicationnelles des doctorants avec le grand public. Le but ? Chaque participant (doctorant ou docteur diplômé de l'année académique précédente) présente, en 3 minutes, un exposé de vulgarisation en français, clair, concis et convaincant sur sa thèse. Le tout avec l'appui d'une seule diapositive !

<https://mt180.be/>

<https://hera.future-generations.be/fr>

<https://recherche.wallonie.be/Cansat-Belgium>

**UNamur** Jia-Wei Chen (*Onco-Lanta*), Louise Gérard (*Qui a laissé la porte ouverte ?*) et Joëlle Giroux (*Vieillir peut-il attendre ?*).

**ULiège** Alice Colignon (*On est champion, oui mais...*), Alexandra Tits (*Le point faible d'Achille: mythe ou réalité ?*) et Chloé Galland (*La joueuse de flûte charmeuse de mouches*).

**UMons** Marie Devreux (*Les nanobombardiers intelligents*), Anaïs Draguet (*No time to exit - mission ABCB5*) et Thuy-Hai Nguyen (*Mettre un vent aux pannes de courant !*).

**UCLouvain** Simon Hinnekens (*La colonne vertébrale, un piquet sous haute tension !*), Pauline Tapiero (*Syndrome de la Schtroumpfette à la Cour européenne des droits de l'homme*) et Marion Coquelet (*Premiers pas d'une éolienne*).

**ULS-B** Mathilde Godefroid (*À la conquête des fonds martiens: attention ça chauffe !*), Charlotte Crepelet (*Sexe, mensonge et protocole*) et Anne-Laure Mathy (*La mort est leur métier*).

Le gagnant sera désigné à l'issue de la grande finale qui aura lieu le 10 juin. Il aura l'honneur de représenter la Belgique francophone lors de la finale internationale à Montréal en octobre prochain.

**HERA Awards:** eux aussi ont leur palmarès. Décernés par la *Fondation pour les Générations Futures*, ils récompensent des mémoires de master et des thèses de doctorat qui se distinguent par leur démarche systémique (à 360°) et la valeur ajoutée sociétale de leurs travaux.

Pour cette 10<sup>e</sup> édition, 24 travaux ont été primés (11 lauréats et 13 nommés) dans 12 catégories: Sustainable Architecture, Sustainable Democracy, Sustainable Design, Sustainable Engineering, Sustainable Economy, Sustainable and Responsible Finance, Sustainable Food Systems, Sustainable IT, Sustainable Health, Sustainable Law, Doctoral Thesis Award et



italique?

enfin, Special HERA Award Brussels. La cérémonie de clôture, organisée à l'UNamur, a permis à ces jeunes chercheurs de présenter leurs travaux en quelques mots au grand public mais également au monde académique, scientifique, économique. Travaillant sur des thématiques dont l'enjeu est crucial, «*Ces jeunes qui s'engagent pour un monde plus durable nous donnent de l'inspiration et nous mettent une pression qui doit nous pousser à être créatif-ve-s et innovant-e-s et à être beaucoup plus actif-ve-s dans notre rôle d'université responsable. L'université a à répondre aux enjeux de société et aux enjeux de court terme mais doit également être en mesure d'appréhender les enjeux sur le long terme: affirmer et défendre l'importance du temps de la recherche et oser la transversalité et l'interdisciplinarité pour envisager la complexité des enjeux de société.*», conclut Annick Castiaux, Rectrice de l'Unamur.

N'hésitez pas à consulter le site Internet si vous souhaitez en savoir davantage sur les lauréats, primés et leurs travaux. Vous pourrez également revoir les webinaires organisés par catégories pour vous faire une idée encore plus concrète de leur esprit innovant, leur perspective de durabilité, la diversité et l'excellence des thématiques de ce grand cru 2022.

**CANSAT Belgium** a également rendu son verdict. Au terme de plusieurs mois de travail acharné de la part de 33 équipes inscrites, puis 24 demi-finalistes, the winner is... *Cosmic Sat* de l'Institut Notre-Dame de Jupille (Province de Liège). Le jury a été impressionné par leur CanSat muni d'un détecteur de muons. Les muons, rappelons-le, sont issus de collisions entre des rayons cosmiques et des atomes de la haute atmosphère. Une mission de haut vol donc qui les propulse tout droit vers la compétition européenne organisée par l'Agence spatiale européenne (*Esa*) à Bologne (Italie) en juin prochain.



Fruit d'une collaboration entre la Wallonie (SPW Recherche) et la Région Bruxelloise (*Innoviris*), avec la collaboration d'*Esero Belgium*, le concours **CANSAT BELGIUM** a pour vocation d'éveiller les jeunes belges de 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> secondaire aux sciences par le biais d'un projet scientifique dans le domaine spatial: construire leur propre satellite (sat) en forme de cannette de 33cl (can) et le faire voler à bord d'une fusée. Si vous êtes prof de sciences ou élève de plus de 16 ans, si les sciences et le domaine aérospatial vous fascinent, alors, participez à la prochaine édition du concours **CANSAT BELGIUM** ! 

## Radiothéranostique

Le 27 avril dernier, c'est en grandes pompes que s'est déroulée l'ouverture académique du Centre d'Excellence en Radiothéranostique de l'Institut Jules Bordet. Depuis son arrivée dans les années 1930, à la suite de la découverte des isotopes radioactifs ou radionucléides par Frédéric et Irène Joliot-Curie, la médecine nucléaire n'a cessé de révolutionner la lutte contre le cancer et cette saga est loin d'être terminée. Fusion entre diagnostique (moléculaire) et thérapie (radionucléide), la radiothéranostique est une formule innovante de thérapie médicamenteuse ciblée pour le cancer et qui est à l'heure actuelle un axe prioritaire dans la recherche oncologique. S'ajoutant à la chimiothérapie, à la radiothérapie et à l'immunothérapie, la radiothéranostique est une arme anticancéreuse nouvelle et unique, s'inscrivant dans le paradigme de l'oncologie de précision.

«Elle utilise des traceurs et des vecteurs (petites molécules, peptides ou anticorps) spécifiques à la tumeur, auxquels est couplé un isotope radioactif. Après administration par voie intraveineuse, ces molécules radiopharmaceutiques s'accumulent spécifiquement au niveau de toutes les localisations tumorales et délivrent une dose de radiation détruisant les cellules cancéreuses», explique l'Institut Jules Bordet. Précisant qu'une imagerie

moléculaire par PET/CT est utilisée avant l'administration de la thérapie par radionucléides afin de s'assurer que toutes les localisations cancéreuses possèdent les récepteurs spécifiques de la thérapie». Sur le plan efficacité, le *New England Journal of Medicine* note que les études montrent une survie prolongée associée à une amélioration de la qualité de vie chez les patients atteints de tumeurs neuroendocrines et de carcinomes de la prostate à un stade avancé et résistant aux traitements standards. Aussi, des essais sont actuellement en cours dans le monde pour appliquer des thérapies à d'autres tumeurs malignes et notamment au cancer du cerveau, du sein et du pancréas.

Installé sur le campus de l'ULB à Anderlecht, le Centre d'Excellence en radiothéranostique du nouvel Institut Jules Bordet comprend 5 chambres d'isolement pour le traitement des patients, généralement en séjour de 24h. Avec la protection de l'environnement de la contamination radioactive, les toilettes et douches de ces chambres sont reliées à 6 cuves de 12 000 litres chacune pour récolter les déchets radioactifs. La facilité comprend aussi un laboratoire aux normes *Good Manufacturing Practice* pour la production des pharmaceutiques radiomarqués; une caméra SPECT/CT pour visualiser l'emplacement des produits administrés dans le corps du patient après la thérapie et une caméra PET/CT numérique pour la recherche sur l'imagerie des caractéristiques moléculaires des tumeurs, tel que l'expression des récepteurs, par exemple. <sup>A</sup>

 <https://www.bordet.be>

## LE CHIFFRE

# 200 millions

C'est le montant en euros que déboursera UCB pour la construction d'une nouvelle unité de thérapie génique de 17 000 m<sup>2</sup> sur son site de Braine-l'Alleud. La construction de cette nouvelle facilité débutera dans le second trimestre de cette année pour entrer en opération en 2024. Quelque 100 salariés hautement qualifiés seront engagés dans la foulée de cet investissement. Érigé par BESIX, ce nouveau bâtiment abritera des laboratoires, des installations de Recherche et Développement de pointe, des aires de production et des espaces administratifs. Flexibilité et possibilité de reconfigurer les volumes intérieurs figurent au nombre des particularités de l'immeuble. Classé Seveso, il rencontre également toutes les règles les plus strictes de sécurité et de nombreuses mesures techniques et humaines ont été prises en compte par BESIX pour intégrer et respecter les ces contraintes tout au long du projet. Ce projet s'inscrit dans un plan stratégique plus large par lequel UCB entend offrir des capacités de thérapie génique, y compris des laboratoires et installations de production sur son site de Braine-l'Alleud. Cette installation biotechnologique sera l'une des plus grandes et des plus modernes de Belgique. Elle soutiendra la croissance d'UCB et préparera le lancement et l'approvisionnement à long terme des futurs médicaments actuellement en développement clinique. L'arrivée de cette nouvelle infrastructure fera du campus UCB de Braine-l'Alleud «l'un des endroits les plus excitants du royaume pour les esprits innovants et les personnes déterminées à repousser les limites du possible ainsi qu'à changer, pour le meilleur, la vie des patients», déclare la société pharmaceutique. <sup>A</sup>

 <https://www.ucb.com>





# WALL'INNOVE TOUR: arrêt sur ATB Therapeutics

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE  
PHOTOS : JANNOOND28/FREEPIK + PHOTOMONTAGE (P.10), ©ATB THERAPEUTICS (P.11)



atbtherapeutics

## CARTE D'IDENTITÉ

**CRÉATION:** 2018

**SIÈGE SOCIAL:**

Parc scientifique Novalis,  
rue de la Science 8,  
6900 Marche-en-Famenne

**SECTEUR  
D'ACTIVITÉS:**

Biotechnologie dans  
le domaine de l'oncologie

**MEMBRES  
DE L'ÉQUIPE:**

20

**CONTACT:**

084 84 02 49

[info@atbtherapeutics.com](mailto:info@atbtherapeutics.com)

 [www.  
atbtherapeutics.com](http://www.atbtherapeutics.com)

## Il était une fois...

Une très bonne idée qui a donné naissance à *ATB Therapeutics*. «*Sur base de cette idée, nous sommes partis de zéro, commence Bertrand Magy, cofondateur et CEO d'ATB Therapeutics. Nous avons imaginé une nouvelle molécule pour la thérapie ciblée du cancer. Le concept est d'amener, de manière très spécifique, une molécule toxique pour les cellules cancéreuses, mais pas pour les cellules saines, vers une cellule cancéreuse sans endommager le tissu sain. Nous avons identifié sur le marché très porteur de la thérapie ciblée, certaines molécules pour lesquelles il était encore possible d'améliorer la fenêtre thérapeutique au bénéfice du patient. Nous avons décidé de développer les atbodies (antibody toxin bioengineered - anticorps liés à une toxine par bio-ingénierie) dans nos locaux.*» Grâce à un financement d'amorçage de la *Financière Spin-off luxembourgeoise*, de la *Fondation Fournier-Majoie*, de *Noshaq* et de *Luxembourg Development*, les cofondateurs ont accès à du matériel de pointe

pour se lancer. La société a déjà levé un total de 7 millions d'euros en fonds propres et subventions auprès du Service Public de Wallonie (Économie, Emploi, Recherche). «*Nous bénéficions d'un réseau solide, diversifié et international d'administrateurs et de conseillers avec une vaste expérience dans le développement de produits et d'entreprises dans les domaines de l'immunologie et de l'oncologie, acquises dans des organisations mondiales de biotechnologie et de pharmacie telles que GSK, Galapagos, Sanofi, Eli Lilly, Selecta Biosciences et ImmunoGen*», souligne Bertrand Magy. Actuellement, 20 personnes venues de Belgique, mais aussi de France et d'Allemagne, y travaillent, toutes réunies autour d'une même cause, la lutte contre le cancer. «*Nous avons prouvé qu'il était possible de créer de la valeur en Région wallonne, en particulier à Marche-en-Famenne, à partir d'une idée. Nous avons démarré sans aucune donnée, aucun brevet. Vraiment de zéro, nous avons conçu une nouvelle molécule.*»

## ...l'envie d'innover

La société biopharmaceutique *ATB Therapeutics* est pionnière dans la construction d'un pipeline d'anticorps-toxine bio-ingénieré. «*L'atbody est un nouveau format thérapeutique qui ne peut être obtenu par les techniques classiques de production du secteur pharmaceutique (cellules mammaliennes ou bactériennes), mais uniquement avec notre technologie exclusive basée sur la production en plante.*»

Les atbodies constituent une nouvelle thérapie à base d'anticorps conçue pour optimiser la fenêtre thérapeutique (différence entre la dose efficace et la dose toxique d'un médicament) par rapport aux approches précédentes dans le domaine, avec le potentiel de fournir des produits cliniquement supérieurs pour les hémopathies malignes et les tumeurs solides. Leur composition unique vise à générer une meilleure efficacité, une stabilité et une exposition ciblée supérieure. Grâce à son nouveau mécanisme d'action, l'atbody peut échapper aux principaux mécanismes de résistance des cellules cancéreuses. «*Notre technologie brevetée est à la fois rapide et versatile, l'utilisation de la plante permet, en une seule étape de fabrication, de générer une nouvelle classe de thérapie ciblée, combinant un anticorps lié à une toxine, offrant une nouvelle ligne d'attaque contre le cancer. Cette technologie innovante permet des délais de développement plus courts, ce qui augmente la vitesse d'accès aux essais cliniques.*»

Cette molécule est produite à base de plantes directement semées sur site, au sein même des laboratoires. «*Cette plante, un dérivé du plant de tabac (Nicotiana benthamiana), est un modèle très utilisé en production. Le procédé de production consiste à infecter une plante avec une bactérie ayant la capacité de transférer son matériel génétique à la plante. C'est ainsi que nous allons pouvoir produire nos molécules d'intérêt dans la plante. Une fois mise en contact avec la bactérie, on transfère la plante dans un environnement davantage contrôlé au niveau de la température et de l'humidité et on laisse la production se dérouler pendant environ une semaine.*» Ensuite, les feuilles sont broyées afin d'en extraire les atbodies. «*Notre technologie brevetée atbiofarm exploite le système d'expression en plantes constituant une méthode de production vraiment distincte, simplifiant la production d'anticorps armés avec une toxine en une seule étape par rapport aux techniques complexes et onéreuses utilisées sur le marché. Cette technologie contribue à la génération de nos nouveaux atbodies, en donnant l'accès à des toxines qui ont un mode d'action particulièrement intéressant pour les cellules cancéreuses, et qui ne sont pas productibles par les technologies classiques (systèmes d'expression de mammifères et de bactéries). Notre nouvelle classe d'atbodies a déjà montré de prometteuses données in vitro sur plusieurs indications avec des cibles multiples. Nous allons progresser dans le développement de nos atbodies et offrir de nouvelles options cliniques pour le traitement du cancer.*»

Développer un atbody à base de plantes pour détruire les cellules cancéreuses est une première mondiale. L'objectif est de mettre en place une nouvelle classe de thérapie ciblée. «*La molécule*

*en développement est vraiment spécifique pour la lutte contre le cancer. Aujourd'hui, les thérapies classiques utilisées contre le cancer occasionnent beaucoup de dommages aux tissus sains et, dans certains cas, ne sont pas suffisamment actifs. On observe beaucoup de cas de résistances, des patients qui rechutent. La caractéristique ici est de cibler spécifiquement la cellule cancéreuse et de l'éliminer en préservant le tissu sain. On a pu montrer que ces molécules étaient hautement efficaces sur les cellules cancéreuses. On a pu aussi démontrer que ces molécules avaient peu de toxicité pour le tissu qu'on ne souhaite pas cibler.*»

Chez ATB Therapeutics, on prépare évidemment la suite. «*Les prochaines étapes sont les suivantes: nous devons maintenant démontrer que la molécule est apte à devenir un traitement contre le cancer. Dans les 3 années à venir, l'équipe va s'atteler à une caractérisation plus fine et à la démonstration de l'action de la molécule en vue d'en faire un traitement à l'avenir.*» Pour l'instant, le développement en est encore à ses débuts. De nombreux tests cliniques devront également être effectués en amont de la mise sur le marché. «*Les premiers essais se dérouleront en Europe (Belgique, France et Allemagne).*» L'équipe en place espère que le traitement sera accepté et sur le marché d'ici 10 ans. 



## QUI EST BERTRAND MAGY, DIRECTEUR GÉNÉRAL ?

**T**itulaire d'un doctorat en bio-ingénierie à l'UCLouvain et d'un master en management de la

Louvain School of Management, Bertrand

Magy a été chef de projet First Spin-off et

chercheur postdoctoral à l'UCLouvain. À la suite de ce projet, 3 associés, dont Max Houry, spécialiste en biologie moléculaire, fondent ATB Therapeutics en 2018. «*À trois, nous avons travaillé pendant un an pour démontrer que l'idée était possible à réaliser.*» La société est dirigée par une équipe de direction possédant une compréhension approfondie de la technologie de bio-ingénierie des anticorps et des thérapies ciblées, des marchés cibles et dotée d'une vision unique et prometteuse. Bertrand Magy (Chief Executive Officer) supervise la direction générale et travaille en équipe avec le management, Max Houry, COO (Chief Operator Officer), et Philippe Vandeput, CBO (Chief Business Officer), pour implémenter la stratégie et la mise en œuvre de l'entreprise. Il dirige ATB Therapeutics depuis le concept initial jusqu'à son poste actuel, supervisant la collecte de fonds, la faisabilité technologique, le développement de produits, le processus et la constitution du conseil d'administration et du réseau de conseillers de la société.

Il est également un expert du développement de la technologie de la plante.

PARTIE 1

# Les crypto-monnaies décryptées

Même si ce n'est pas un phénomène récent, nous en entendons de plus en plus parler. Si certains ont flairé le bon coup et ont déjà investi dans ces devises virtuelles, parfois pour le plus grand bonheur de leur portefeuille, la plupart d'entre nous est un peu décontenancée devant ce concept de prime abord assez opaque. Nous allons tenter de nous y retrouver dans ces monnaies numériques qui peuvent rapporter gros (ou pas...) en levant le voile sur certains termes obscurs tels que blockchain, mining, halving, etc. Attachez vos cerveaux ! Mode «décryptage»: ON !

TEXTE : VIRGINIE CHANTRY - VIRGINIE.CHANTRY@GMAIL.COM

PHOTOS: @SIARHEI - STOCK.ADOBE.COM (P.12), @FOTOMEK - STOCK.ADOBE.COM (P.13),

@MYST - STOCK.ADOBE.COM (P.14), @FOTOGESTOEBER - STOCK.ADOBE.COM (P.14),

@SFIO CRACHO - STOCK.ADOBE.COM (P.15), @AFP (P.15)

Quand on parle de cryptomonnaies, le premier exemple, et parfois le seul, qui vient à l'esprit est le «Bitcoin» ou BTC, contraction des mots anglais «*bit*» ou «unité de mesure binaire» et «*coin*» ou «pièce de monnaie». En 2008, une crise financière venait de passer par là et la foi en notre système bancaire s'était quelque peu étiolée. D'où la création, par une ou plusieurs personnes se cachant sous le pseudonyme de Satoshi Nakamoto, de cette devise numérique qui a ensuite ouvert la voie à de nombreuses autres cryptomonnaies (même si elle n'est pas la première à avoir vu le jour) et a mis en avant la technologie sécurisée de la «*blockchain*». Rassurez-vous, nous y reviendrons ci-après. Et ce qu'il faut encore savoir, c'est que le code sous-jacent au bitcoin est en «*open source*», c'est-à-dire disponible pour tous. Il a d'ailleurs été publié dans un livre blanc. Au-delà du Bitcoin, il existe plusieurs milliers de cryptomonnaies différentes, que l'on désigne aussi sous les termes de cryptodevises, cryptoactifs ou simplement jetons.

## Cryptomonnaie: définition

Une cryptomonnaie est une devise purement virtuelle, qui n'a donc pas de contrepartie physique (ni billets, ni pièces d'aucune sorte), émise en quantité limitée (plafond en général arrêté dès le lancement, par exemple 21 millions de BTC seront émis au total), et qui ne dépend d'aucun «tiers de confiance» tels qu'un gouvernement, organisme émetteur officiel ou tout autre

acteur institutionnel comme une banque centrale. On parle dès lors de finance décentralisée, en opposition avec la finance centralisée, à l'instar de notre système bancaire classique dans lequel les intermédiaires que sont les banques endossent (en théorie...) les risques relatifs à la gestion des fonds de ses clients. Ces devises numériques ne sont donc pas comparables à l'euro, au dollar américain ou à toute autre unité monétaire officielle émise par la banque centrale d'un pays. Elles n'ont pas de contre-valeur constante donc pas de cours légal. Les revenus en devise officielle qu'elles engendrent sont cependant imposables dans certains pays comme les États-Unis ou la France, la situation étant moins claire chez nous car cela dépend de l'aspect spéculatif ou non de l'investissement de base. Par ailleurs, au Salvador, le BTC est même devenu une devise officielle en septembre 2021, au grand dam du *Fond Monétaire International* qui trouve cela trop risqué notamment pour la stabilité financière de ce pays d'Amérique Centrale. La Centrafrique a également très récemment sauté le pas. Mais dans d'autres pays comme le Népal ou le Maroc, l'utilisation de cryptomonnaies est tout bonnement interdite.

Toute cryptodevise s'échange entre portefeuilles numériques, protégés par une clé privée, à travers un réseau «Peer-to-Peer» (P2P, que l'on pourrait traduire par «pair-à-pair»), c'est-à-dire sous le contrôle collectif de plusieurs utilisateurs considérés comme égaux et qui veillent aussi à l'émission de nouvelles unités monétaires. Dans ce type de protocole, il n'y a pas d'organe central de contrôle, ni de serveur unique: chaque utilisateur fait office de serveur. Les machines connectées entre elles sont quant à elles appelées les «nœuds» du réseau. Voilà pourquoi on parle de finance décentralisée.

## Mineurs: à vos pioches

La traçabilité des transactions d'une cryptomonnaie est assurée par le protocole de la «blockchain» - «chaîne de blocs» en français - déjà évoqué ci-avant. Il garantit notamment la transparence, la sécurité et l'invulnérabilité du système. On peut voir la blockchain comme un registre numérique public, infalsifiable et dans la plupart des cas, pseudonyme (l'identité des propriétaires n'est pas connue, mais le pseudonyme des portefeuilles virtuels l'est sous forme d'une clé publique), ou encore, comme un livre de compte virtuel permettant de référencer et de sécuriser toutes les transactions relatives à une cryptomonnaie depuis sa création. Tout le monde peut y contribuer mais personne ne peut rien y effacer. Les nœuds doivent en permanence être d'accord sur l'état de ce registre et chaque nœud en reçoit d'ailleurs une copie intégrale à tout moment.

Quand un utilisateur souhaite réaliser une transaction en cryptomonnaie, quelle qu'elle soit, elle est d'abord vérifiée, de façon automatique grâce à une série de calculs, par les nœuds du réseau, autrement dit les ordinateurs des autres utilisateurs. Si la transaction est correcte et faisable (par exemple, le portefeuille X souhaitant transférer 10 jetons au portefeuille Y possède bien lesdits jetons), elle est référencée dans un registre avec la date et l'heure. Les transactions des 10 dernières minutes sont regroupées dans le même registre, qui forme un «bloc».

## Les mineurs mettent leur puissance de calcul au service de la sécurisation de la blockchain qui reprend toutes les transactions en BTC dans l'ordre chronologique

Ensuite, certains nœuds, appelés mineurs, choisissent de résoudre un problème mathématique complexe afin de trouver la clé qui permettra de sceller le bloc et de le rendre infalsifiable. Cette clé demande un consensus global de la part des nœuds. C'est là que la fonction de «hachage cryptographique (1)» SHA-256 intervient, d'où le nom de cryptomonnaie. Contrairement au cryptage où l'on peut «coder» et ensuite «décoder» le message facilement si l'on en possède la clé, SHA-256 est une fonction mathématique à sens unique. Elle transforme n'importe quelle chaîne de caractères (qu'elle «hache») en un code unique imprévisible représenté par une chaîne de 64 caractères, que l'on appelle empreinte. Si la chaîne d'entrée change ne fût-ce que d'un iota, l'empreinte sera drastiquement différente. Mais pour toute chaîne d'entrée identique, le résultat en sortie est invariable. À partir de l'empreinte, il est théoriquement impossible

(1) La cryptographie est une discipline qui, en informatique, permet de coder des données à l'aide d'une clé de chiffrement qui les protège en les rendant inintelligibles si l'on ne possède pas cette dernière, ce à des fins d'anonymat, de confidentialité, d'intégrité ou d'authenticité, par exemple.





**1+2.** Les mineurs doivent fournir une preuve de travail afin de gagner des BTC nouvellement créés. On dit que ces BTC ont été «minés».

**3.** De nos jours, il n'est plus possible pour un particulier de miner du Bitcoin de façon rentable. Cela nécessite un matériel de pointe coûteux que l'on retrouve essentiellement dans des entreprises spécialisées.

de retrouver la chaîne d'entrée, à part par essais et erreurs de combinaisons jusqu'à parvenir au résultat escompté, ce qui demanderait un temps infini.

Cette fonction, appliquée à une série de caractères correspondant essentiellement aux transactions référencées dans un bloc, donne un certain résultat. Mais si l'on cherche à obtenir un résultat en particulier, par exemple commençant par un certain nombre de 0 (comme c'est le cas dans la blockchain des BTC), alors il faut chercher quelle valeur ajouter à cette série de caractères pour trouver le résultat escompté. Et c'est cette valeur à ajouter qui constitue la clé permettant de sceller le bloc. En cryptographie, on parle de «nonce». Cela désigne un nombre arbitraire qui ne sera utilisé qu'une fois. Il est demandé aux validateurs - les mineurs - d'user de leur puissance de calcul pour trouver ce code unique qu'est le nonce en testant, une à une, différentes possibilités. Dès qu'un mineur a trouvé la solution, cette dernière est communiquée aux autres qui peuvent vérifier que le calcul est correct. Si c'est le cas, le nonce est renseigné par tous dans le bloc en question. L'identifiant du bloc devient alors le résultat de la fonction SHA-256 et sera repris dans le bloc suivant afin de lier, dans l'ordre, les blocs les uns aux autres.

Un bloc vérifié et scellé est ajouté aux blocs précédents sur tous les nœuds du réseau. Les portefeuilles concernés par les transactions peuvent alors être mis à jour. Après 10 minutes, un nouveau bloc est créé et on recommence ! Tout cela forme une base de données décentralisée sous la forme d'une longue chaîne de blocs ou «blockchain», disponible en ligne et bien moins vulnérable aux attaques qu'un registre présent sur un seul serveur. À la moindre tentative de modification du bloc (même d'une virgule), le résultat donné par la fonction SHA-256 changerait, ce qui enverrait une alerte aux nœuds du réseau et le bloc en question serait refusé. Si un nœud ne trouvait pas le bon résultat et afin de continuer à faire partie du réseau, sa version du bloc devrait être supprimée et remplacée par le bloc valide copié d'un autre nœud.

## Preuve de travail

La résolution de ce problème correspond dans le jargon à une «preuve de travail» (PoW pour «*Proof-of-Work*» en anglais) et on parle de «*mining*» ou «minage» par analogie avec certaines ressources naturelles comme l'or, qui demande de plus en plus d'énergie pour en extraire de nouvelles quantités. En contrepartie du travail de calcul (et de la dépense énergétique) fourni pour trouver le nonce et aider à sécuriser le réseau, le mineur victorieux gagne une récompense («*block reward*») en cryptomonnaie nouvellement générée, à laquelle s'ajoutent les frais des transactions reprises dans le bloc. La complexité des calculs est adaptée en temps réel par un algorithme afin que les blocs soient toujours émis à 10 minutes d'intervalle: plus il y a de mineurs connectés, plus les problèmes à résoudre sont compliqués, ce qui permet de garder le contrôle sur le nombre de jetons émis et donc sur la valeur de la cryptomonnaie. Et quand les problèmes mathématiques se compliquent, la puissance de calcul nécessaire et l'électricité requise augmentent également. Au départ, les mineurs pouvaient être des particuliers, mais la difficulté croissante demande maintenant un matériel de pointe souvent détenu par des entreprises spécialisées dans le minage ou par des coopératives de mineurs.

Ce concept de minage par «preuve de travail» a été mis au point par Bitcoin avec comme bémol, une limitation en vitesse de traitement des transactions. Au début (à partir du 3 janvier 2009), le nombre de BTC créés et donc récoltés par les mineurs était de 50 par bloc, donc 50 toutes les 10 minutes. Ce nombre diminue de moitié environ tous les 4 ans (donc tous les 210 000 blocs) et est tombé à 6,25 jetons en mai 2020. Cela s'appelle le «halving», provenant du mot anglais «half» qui signifie «moitié». De la sorte, la cryptomonnaie devient de plus en plus difficile à obtenir par minage, à l'instar de certaines ressources naturelles, la protégeant en plus de l'hyperinflation qui pourrait survenir si trop de monnaie était créée. Lorsque 21 millions de BTC seront en



Envie d'explorer la blockchain des BTC ? Scannez-moi et accrochez vos ceintures 🤖



circulation, plus aucun nouveau jeton de cette cryptomonnaie ne sera généré et le minage ne permettra donc plus d'en gagner. Cela devrait arriver vers 2140 ! Alors qu'il n'a fallu qu'une dizaine d'années pour créer les 17 premiers millions de BTC, il faudra plus de 100 ans pour générer les 4 derniers millions. La réduction du taux de production de BTC, notamment combinée à la limite du nombre total de jetons qui seront mis en circulation, en font une devise déflationniste.

Le taux de conversion entre cryptomonnaies et devises officielles obéit à la loi de l'offre et de la demande. Il s'agit d'une moyenne des cours sur l'ensemble des plateformes d'échange dans le monde, indicateur pouvant être très volatile. Par exemple, un BTC valait environ 4 € en 2012, 860 € fin 2013, plus de 16 000 € fin 2017 et plus de 37 000 € en mars dernier (avec de nombreuses chutes entre les différentes périodes). Imaginez donc être mineur et récolter 6,25 BTC en récompense pour votre dernière preuve de travail...

Notons que la technologie de la blockchain est applicable à de nombreux autres domaines qui commencent sérieusement à s'y intéresser, comme le transfert de titres de propriété, d'obligations ou les assurances. Et la «preuve de travail» n'est pas le seul moyen de sécuriser une blockchain. Mais, nos neurones ayant déjà pas mal travaillé, je vous propose de laisser cela pour le prochain numéro. Nous y verrons comment il est possible de se procurer des cryptomonnaies et nous passerons à la loupe ce monde virtuel qui regorge de cryptodevises différentes, le tout sous l'œil expert d'une physicienne pour qui le minage de cryptomonnaies n'a plus aucun secret. En attendant, nous vous souhaitons de passer un très bel été. Rendez-vous en septembre pour la suite de nos aventures. 

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de [virginie.chantry@gmail.com](mailto:virginie.chantry@gmail.com) ou sur la version digitale.

## TECHNO-ZOOM

Le *Seattle NFT Museum (SNFTM)* a ouvert ses portes en janvier dernier. Ce musée, situé au Nord-Ouest des USA, est entièrement dédié à l'art numérique. Un NFT, «Non-Fungible Token» ou «jeton non fongible», est un certificat de propriété lié à un objet - ou plus généralement un actif - numérique unique. L'adjectif «fongible» désigne une chose qui peut être remplacée par une autre tout à fait identique, comme le Bitcoin. En d'autres termes: un BTC vaut la même chose que n'importe quel autre BTC, alors que les NFTs sont uniques et non-interchangeables. Un NFT authentifie une création numérique grâce au principe de la blockchain abordé ci-avant, qui assure traçabilité et sécurité mais n'en confère pas l'exclusivité d'usage: si vous avez acheté le NFT d'une image disponible en ligne, cette dernière pourra malgré tout être téléchargée, copiée, imitée par d'autres internautes. Quel intérêt à part le «bonheur» de posséder l'œuvre numérique originale ? Essentiellement la spéculation ! Mais revenons à Seattle. À la manière d'un musée classique, des œuvres originales sont présentées au *SNFTM*, sous forme numérique et affichées sur plus de 30 écrans haute résolution. Elles sont accompagnées d'explications sur les technologies utilisées pour les réaliser et sur les artistes digitaux. Mouvements perpétuels et couleurs vives changeantes sont au rendez-vous. Certains NFT se vendent déjà à prix d'or: plus de 69 millions de dollars pour une œuvre de l'artiste numérique américain *Beeple* (voir ci-dessous) ou encore, dans un genre moins «arty», 2,9 millions de dollars pour le premier tweet vendu sous forme de NFT par le co-fondateur de *Twitter*. À noter que les NFT peuvent en réalité aussi se rapporter à des objets physiques (titres de propriété d'un bien immobilier, tickets pour des événements, etc.).

 <https://www.seattlenftmuseum.com/>



SEATTLE NFT  
MUSEUM

Une partie de l'œuvre d'art virtuelle de l'artiste *Beeple*, vendue pour la modique somme de 69 millions de dollars aux enchères chez *Christie's*.



Plus d'infos



<https://www.rtbef.be/article/les-nft-c-est-rentable-10990090>

# L'ADN de...

## Alexandra MERCHIERS

### Community manager

Toutefois, être Community Manager exige d'avoir certaines compétences, à commencer par un solide sens de l'organisation. Il faut pouvoir gérer l'image de différentes marques et ce, sur les divers réseaux sociaux. Il faut également avoir une certaine empathie pour pouvoir se mettre à la place des personnes. Savoir garder son sang-froid est aussi une nécessité dans ce métier. Dans des moments de crises, il faut répondre gentiment et intelligemment, ne jamais s'énerver car il en va de la bonne réputation de la marque. Enfin, il faut être créatif et avoir une excellente capacité d'adaptation aux nouvelles tendances et innover continuellement !

#### Vous travaillez actuellement comme Community Manager indépendante, quelle est votre journée-type ?

Le matin, je commence par répondre à tous les messages et commentaires que j'ai reçus la veille sur les réseaux sociaux de mes 3 marques. Cela me prend facilement 1h entre Facebook et Instagram. Ensuite, en fonction de ma to do list de la journée, je peux soit rédiger le calendrier pour le mois suivant, soit rédiger un article de blog ou encore faire une vidéo pour Instagram. Ensuite, je m'occupe de toute la partie «sponsoration des posts», c'est-à-dire tout ce qui est «publicités» sur les réseaux, et également la partie «influenceurs», pour laquelle je collabore avec une agence. Enfin, à la fin du mois, je m'occupe des statistiques et je regarde ce qui peut être amélioré et ce que les gens ont apprécié ou non. Plusieurs fois dans l'année, il faut organiser des shootings photos et même parfois y jouer la mannequin ou la décoratrice. Je dois être polyvalente car je suis seule à effectuer mon travail dans mon entreprise et c'est aussi pour cela que je dois être organisée et efficace. J'ai cependant un Manager pour me superviser et une graphiste pour m'aider dans l'élaboration des visuels Facebook et Instagram. J'ai sans doute oublié certaines choses mais, c'est déjà un bon résumé d'une journée bien chargée.

#### Recto

#### Community manager, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ?

Non absolument pas ! Déjà quand j'étais enfant, ce métier n'existait même pas et nous passions plus de temps à lire des magazines qu'à naviguer sur les réseaux sociaux, ce qui n'était peut-être pas plus mal ! Petite, je n'avais pas vraiment de vocation, je changeais d'avis toutes les semaines mais je me voyais souvent plutôt actrice ou journaliste ! (Rires)

#### Comment devient-on Community Manager ?

Pour le moment, il n'y a pas d'études spécifiques pour être Community Manager. Pour ma part, j'ai d'abord fait un Bachelier en communication puis un Master en stratégies de communication à l'UCL Mons. Au départ, Je voulais être journaliste et finalement, j'ai préféré faire un Master plus large pour avoir plus de possibilités une fois sortie de l'université et ne pas me restreindre au journalisme.

### Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ?

Mes premiers souvenirs scientifiques remontent à l'école secondaire, avec les cours de chimie et les expériences au laboratoire. Actuellement, je travaille dans l'aromathérapie «scientifique» et de ce fait, je dois faire très attention à ce que j'écris. Cela me pousse à m'intéresser à l'aspect scientifique des produits que nous proposons car il y a des règles à suivre pour l'utilisation des huiles essentielles. Pour ce faire, je collabore avec le service réglementaire et le service scientifique pour savoir ce que je peux dire ou non sur un produit.

### Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ?

La plus grande difficulté est d'être partout à la fois et de rester toujours à l'affût des nouvelles tendances pour ne pas être à la traîne. Tous les jours, j'ai énormément de messages à gérer sur les différents réseaux sociaux et plusieurs calendriers éditoriaux à rédiger, des articles de blog

à écrire, etc. Ce n'est pas toujours facile car je travaille pour 3 marques et je dois donc jongler entre des secteurs différents. En outre, avec les réseaux sociaux, tout bouge très vite et nous ne sommes jamais à l'abri d'un bad buzz ou d'une mauvaise e-réputation. C'est un métier qui exige d'être vigilant et de s'exprimer correctement pour maintenir l'image de la marque au top !

### Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ?

Je dirais que c'est d'avoir réussi à faire grandir des communautés sur les réseaux sociaux pour des marques parfois peu connues mais qui pourtant sont superbes car ce sont des thérapeutiques naturelles et intéressantes pour la santé de toute la famille.

### Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ?

FONCE ! Mais ne vis pas pour et à travers les réseaux sociaux car la vraie vie est dans le réel, pas dans le virtuel. 



Alexandra Merchiers

ÂGE : 28 ans

SITUATION FAMILIALE :  
en couple

PROFESSION :  
Community Manager

FORMATION :  
Master en stratégies de communication et médias

MAIL : alexandra.merchiers94@gmail.com

Verso

### Je vous offre une seconde vie pour un second métier...

Actrice, j'ai toujours rêvé d'en être une ! Pour moi les acteurs ne subissent pas le train-train quotidien et ils vivent des moments extraordinaires. J'aurais aimé laisser une trace dans le monde en faisant ce métier !

### Je vous offre un super pouvoir...

Je pense que le don de guérison doit être formidable ! Simplement parce que j'aime faire du bien aux autres et je pourrais soigner mes proches et éviter de nombreuses tristesses.

### Je vous offre un auditoire...

J'y parlerais de l'écologie. Il y a peu, j'ai lu la phrase sur le compte Instagram d'Hugo Clément disant: «il nous reste 3 ans». L'humanité disposerait donc de moins de 3 années pour inverser la courbe des émissions de gaz à effet de serre, principales responsables du changement climatique, si elle veut conserver un monde vivable, alertent les experts du climat de l'ONU dans un nouveau rapport. Je ne serais pas capable d'en parler des heures mais, je pense que c'est de cela qu'il faut parler dans un auditoire pour les années à venir parce qu'il est vital de changer les choses !

### Je vous offre un laboratoire...

J'inventerais une machine pour voyager dans le temps... (Rires) et pouvoir changer le passé. Ainsi, j'évitais de faire des bêtises dans ma vie. Cela me permettrait également de rajeunir ou même de changer de métier, de vie.

### Je vous transforme en un objet du 21<sup>e</sup> siècle...

Je choisirais un téléphone ! Ce serait trop pratique pour une Community Manager... Même si je trouve que de plus en plus, le téléphone est l'ennemi des relations humaines.

### Je vous offre un billet d'avion...

J'irais PARTOUT ! Je rêve de gagner au loto pour faire un grand tour du monde et je commencerais sûrement par la Californie... et pourquoi pas le faire en van ?

### Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde...

Ce serait avec Emma Watson. Je pense qu'elle a beaucoup de choses à dire et qu'elle sait ce qu'elle dit ! Petite, j'étais fan du personnage d'Hermione Granger qu'elle a incarné dans la saga Harry Potter et aujourd'hui, je suis fan d'Emma Watson en tant que personne ! Elle veut apporter un meilleur futur aux femmes du monde et j'adore cette mentalité.

### La question «a priori»: Community manager n'est pas vraiment un métier, il n'exige même pas de faire d'études pour l'exercer...

C'est vrai que même si des formations existent, il n'y a pas forcément d'études de «Community Manager», du moins pas encore... Cependant, il faut avoir une bonne culture Web, une orthographe irréprochable et un bon niveau rédactionnel, une connaissance de tous les réseaux sociaux, un très bon sens du contact, de la créativité. Si vous avez déjà tout cela, vous êtes prêt pour le métier de Community Manager. 



PARTIE 2

# Enseignement obligatoire: quelle place pour le numérique ?

**La crise sanitaire a mis les écoles devant le fait accompli: il a fallu réinventer les méthodes d'apprentissage. Le numérique s'est ainsi taillé une place dans l'enseignement. Durablement ? L'éducation au numérique et par le numérique est en tout cas sur les rails depuis plusieurs années**

TEXTE: ANNE-CATHERINE DE BAST • ATHENA@SPW.WALLONIE.BE

PHOTOS ©GORODENKOFF - STOCK.ADOBE.COM (P.18), ©VECTORFUSIONART - STOCK.ADOBE.COM (P.20), ©TRIBU 2019 (P.21)

**M**ars 2020. C'est officiel: pour lutter contre la pandémie de Covid-19, les établissements scolaires sont sommés de fermer leurs portes. Les écoles fondamentales et secondaires seront désertées pendant plusieurs mois. Mises devant le fait accompli, elles doivent se réinventer pour garder le contact avec les élèves et éviter le décrochage scolaire. Si la situation n'est pas simple, il faut éviter qu'elle devienne dramatique, surtout dans les établissements où les contacts sont particulièrement limités. Des initiatives se mettent en place. Directions, enseignants et élèves se plongent dans le numérique. Ils apprennent à utiliser des plateformes d'échanges et de visioconférence, à envoyer des mails, à communiquer au travers d'écrans. Certaines écoles sont déjà préparées, équipées, engagées dans des projets. D'autres pas du tout. Pourtant, à la Fédération Wallonie-Bruxelles comme en Wallonie, cela fait plusieurs années qu'on planche sur la question du numérique dans l'enseignement, dans le but de favoriser la transition et d'avoir une vision à long terme pour le système éducatif. Des subsides sont octroyés, des accompagnements sont proposés, des politiques sont mises en place.

Le Pacte pour un Enseignement d'excellence, qui réforme l'enseignement, intègre d'ailleurs la question, ayant parmi ses objectifs de mettre en œuvre la Stratégie numérique pour l'éducation en Fédération Wallonie-Bruxelles. Celle-ci,

adoptée en 2018, souligne notamment le besoin d'investir dans les compétences numériques dès l'enseignement obligatoire, pour donner à tous les citoyens la capacité et les moyens d'agir. Elle identifie ainsi 5 axes d'action:

- ❶ Définir les contenus et ressources numériques au service des apprentissages
- ❷ Accompagner et former les directions et les enseignants
- ❸ Équiper les établissements scolaires
- ❹ Partager, communiquer et diffuser
- ❺ Développer la gouvernance numérique

«Ces axes ont pour objectif de favoriser la transition numérique, précise Samira El Keffi, coordinatrice du chantier "Réussir la transition numérique". Dans chacun d'eux, on retrouve des actions prioritaires qui concernent aussi des aspects transversaux liés à d'autres chantiers du Pacte, comme la formation des enseignants, le nouveau Tronc commun renforcé, le travail collaboratif, la simplification administrative...»

## À chaque école son projet

Concrètement, la Fédération Wallonie-Bruxelles joue un rôle de pouvoir régulateur. «Nous devons respecter la liberté pédagogique des établissements, insiste Nathalie Bolland, Directrice générale adjointe du Service général du Numérique éducatif. On n'est pas là pour prescrire des manières d'enseigner. Notre rôle est de donner des recommandations avec des points d'attention, comme les enjeux juridiques, ceux de la gratuité des outils, de l'open source,... On fixe de grands objectifs mais on ne dit pas comment les atteindre.» Une chose est sûre: pas question de préconiser le numérique à tout prix. Il doit être utilisé en vue d'apporter une plus-value pédagogique ou de favoriser l'acquisition de compétences pour les élèves. «La FW-B n'aborde pas la question en partant de l'outil, mais plutôt de l'usage que les enseignants pourraient en faire, ajoute Nathalie Bolland. Par exemple, si une école a pour objectif de faire collaborer les élèves, on peut lui proposer des outils qui soutiennent le brainstorming, des plateformes d'apprentissage en ligne permettant de répondre ensemble à des quizz ou de co-construire des textes. Le but est d'outiller les équipes éducatives et indirectement les élèves.»

Et ces outils, ils ne se limitent pas à l'acquisition de tablettes ou de tableau interactifs... «Notre rôle est d'outiller, de soutenir les enseignants face à leurs défis et faire en sorte que les élèves soient dotés de toutes les compétences nécessaires pour agir en tant que citoyens à part entière dans ce monde numérique, précise Samira El Keffi.

## «École numérique»: 23 ans d'accompagnement des écoles

*Ken Dethier, vous êtes chef de projet « École numérique » au Service Public de Wallonie. Quels en sont les objectifs ?*

L'investissement numérique dans les écoles par le SPW a commencé en 1999 avec le projet «cyberécoles». Son objectif était d'introduire l'informatique dans les pratiques pédagogiques. À partir de 2009, le projet «cyberclasses» a pris sa suite, avec un nouvel objectif: réduire la fracture numérique entre les élèves en proposant d'équiper les écoles d'au moins un ordinateur fixe pour 15 élèves. Le projet «École Numérique» démarré en 2011, vise à encourager les usages TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement) en lançant des appels à projet. Actuellement, les écoles déposent un projet pédagogique afin de motiver une demande de matériel numérique. Ce changement permet d'assurer une meilleure prise en main du matériel dans le temps et une dissémination accrue dans les équipes pédagogiques.

*Quel est l'apport du numérique au niveau pédagogique ?*

Le numérique favorise des pratiques pédagogiques porteuses, auxiliaires à l'apprentissage. On peut citer les classes inversées ou l'apprentissage informel, comme par exemple la familiarisation à une langue étrangère. L'usage du numérique facilite les changements de modalités dans la manière d'enseigner, pour s'adapter aux apprenants et réduire les difficultés scolaires. Il favorise l'interactivité et la diversification des activités, connectées ou non, et le renforcement des échanges au sein des équipes éducatives ou avec les parents. De plus, l'acquisition des compétences numériques de base est un facteur d'intégration sociale, ayant un impact important sur l'employabilité des personnes.

*Quels sont les types de projets retenus ?*

Le dispositif propose d'accompagner en amont les écoles porteuses d'un projet. Cela permet aux équipes éducatives et aux directions de concevoir un projet d'équipement numérique et pédagogique jusqu'à maturation, en bénéficiant de l'expérience et du soutien de nos équipes. Nos conseillers en école numérique, nos assistants à la maintenance informatique, les experts pédagogiques externes et nos partenaires à la Fédération Wallonie-Bruxelles et dans les réseaux accompagnent au quotidien les écoles, depuis le dépôt de la note d'intérêt jusqu'à la mise en route et l'exploitation du matériel. Le projet est dès lors celui de l'école.

*Les projets rentrés par les écoles ont-ils évolué ?*

Plus que cela, nous avons vu une évolution dans la maturité numérique relative entre les écoles. Les écoles éloignées du numérique le restent, pendant que les autres montent en maturité. Nous faisons évoluer notre rôle de facilitateur en proposant un accompagnement plus personnalisé des écoles éloignées, leur offrant la possibilité de réaliser leur transition numérique sereinement.

*Peut-on aujourd'hui dire que les écoles wallonnes sont entrées dans une phase de transition numérique ?*

Les usages du numérique progressent, d'année en année, dans les écoles wallonnes. Cette transition est soutenue par nos politiques publiques, au niveau régional et communautaires, notamment par nos projets d'équipements numériques et de connectivité interne, qui vise à amener une connexion internet dans les classes.





*Les outils qu'on peut leur suggérer dépendent de la plus-value que les enseignants veulent apporter à leur enseignement. Par exemple, s'ils veulent différencier les apprentissages, ou tenir compte des besoins spécifiques des élèves, il existe des outils pour les aider et leur donner des possibilités de réponses.»*

Les écoles sont invitées à avoir une stratégie numérique propre, en lien avec leurs autres objectifs pédagogiques. Pour cela, elles peuvent répondre à des appels à projets, comme celui des «Écoles numériques» (lire par ailleurs) afin d'obtenir des subsides ou du matériel leur permettant de développer leurs actions. Tandis que certaines vont acheter des tablettes pour les mettre à disposition des enseignants qui veulent les utiliser pour une action spécifique, d'autres ont une vision plus intégrée faisant le lien avec la formation des enseignants, la transformation de leurs usages font appel aux techno-pédagogues, demandent des formations sur les troubles dys et acquièrent des logiciels qui peuvent aider, etc. Elles veulent développer des éléments de gouvernance interne, comme un site Internet, une plateforme pour communiquer avec les parents, une autre pour les devoirs interactifs,...

Pour obtenir des subsides, les établissements doivent inscrire leurs demandes dans le cadre d'objectifs pédagogiques spécifiques. Le matériel doit se positionner en perspective de l'objectif à atteindre. L'école doit montrer qu'elle a réfléchi à l'usage qu'elle fera de l'équipement demandé, et l'inscrire dans un projet à long terme. Les tableaux interactifs ne sont pas de simples projecteurs...

## Du matériel et des outils

Si la stratégie numérique pour l'éducation était déjà sur les rails, bon nombre de points ont été accélérés pour répondre aux besoins générés par la crise sanitaire. Le Gouvernement de la Fédération a constaté une fracture numérique de taille, et des conséquences importantes pour les élèves obligés de suivre l'enseignement à domicile. «*La question de l'équipement des élèves s'est posée*, indique Samira El Keffi. *Des dispositifs ont été mis en place, ils sont en train d'être pérennisés. Ils se développent*

*à plusieurs niveaux*». À titre d'exemple, les élèves ont pu bénéficier d'indemnités pour s'équiper ou se rendre dans des lieux partenaires, comme une bibliothèque ou un Espace Public Numérique, où ils ont pu utiliser librement le matériel.

Au-delà de l'équipement, des outils sont également mis à disposition:

- **e-classe.be**: plateforme de ressources dédiées aux équipes éducatives qui offre des ressources de qualité, fiables et validées que les enseignants peuvent utiliser gratuitement, et à terme, y partager leurs propres ressources.
- **Référentiel de compétences**: dans le cadre du nouveau tronc commun, la FW-B développe des référentiels d'apprentissage. L'un d'eux, dédié à la formation manuelle, technique, technologique et numérique, vise l'acquisition de compétences numériques par les élèves. La réforme de la formation des équipes éducatives est en cours et des moyens sont déployés en vue de leur accompagnement.
- **Happi**: plateforme d'enseignement à distance qui peut s'insérer dans le cadre d'un enseignement hybride. Cet outil est basé sur un Moodle, solution technologique open source reconnue dans le monde éducatif. Elle permet de créer des contenus pédagogiques, de suivre l'apprentissage des élèves, de communiquer, de partager, des ressources,...
- **Pix**: plateforme en ligne d'évaluation et de développement des compétences numériques, qui permet à un individu de s'auto-évaluer et de s'orienter vers des ressources ou des formations adaptées à ses besoins et à son niveau.
- **Mon Espace**: guichet unique permettant progressivement d'accéder à l'ensemble des applications existantes. L'objectif est donc de simplifier les démarches administratives, à la fois pour les citoyens, pour les écoles et les enseignants qui peuvent aussi se connecter à e-classe.be, Happi,... dans un environnement sécurisé. 



PLUS D'INFOS  
sur le projet  
«École Numérique» ?

## UN ENSEIGNEMENT PLUS EFFICACE, DES ÉLÈVES PLUS AUTONOMES

À l'école secondaire libre de Saint-Hubert, dans la commune éponyme, voilà plusieurs années que le numérique se taille une place dans l'enseignement... S'il y est entré discrètement via la classe de sciences d'Aurore Martin, professeur dans le 1<sup>er</sup> degré du secondaire, il y est désormais bien installé. «*J'ai toujours été portée sur les nouvelles technologies, précise-t-elle. En 2017, j'ai répondu à l'appel à projets pour les écoles numériques de la Wallonie. Cela nous a permis d'acquérir 24 tablettes, du matériel de programmation robotique et des projecteurs. Nous avons pu développer l'autonomie des élèves et mettre en place des plans de travail, qui sont des sortes de guides leur permettant de réaliser des tâches, des laboratoires réels et virtuels, de rechercher des informations,... à leur rythme. La tablette devient un auxiliaire pour moi car il y a des systèmes d'exercices autocorrectifs. J'ai plus de temps pour les accompagner individuellement. Les élèves, eux, sont plus engagés dans leurs apprentissages, ils construisent à leur manière leurs propres connaissances.*»

Pas question pour autant de rendre l'enseignement 100% numérique, la théorie est toujours enseignée en classe. «*Le numérique ne remplace pas le cours papier, mais celui-ci est parfois enrichi de QRcodes ou de liens vers des sites, pour permettre aux élèves de se tourner vers des ressources supplémentaires.*»

Malgré les idées reçues, l'enseignante constate qu'ils développent des compétences particulières. «*Pour moi, le numérique est un outil supplémentaire, qui rend une classe efficace. Mes élèves n'ont jamais eu autant l'occasion d'écrire. Ils tiennent un cahier de références, qui peut être rédigé à leur propre rythme, sans la pression du tableau qui s'efface. Ils notent des traces du cours, des définitions. Ils sont également beaucoup plus rapides en ce qui concerne l'analyse fine de documents, la démarche d'investigation et la prise de parole, lorsqu'il est question de présenter les résultats de leurs recherches ou expérimentations devant leurs pairs.*»

Le projet étant lancé, les élèves ayant bénéficié de cette pédagogie étaient mieux préparés que bon nombre d'autres à la vague Covid et ses confinements successifs... «*Lorsque les écoles ont fermé leurs portes en mars 2020, j'ai rapidement pu utiliser un padlet, un mur virtuel sur lequel on peut partager toutes sortes de documents. Au bout de 2 semaines, tous mes élèves étaient connectés. On a pu faire des visios et avancer dans la matière.*»

En marge de cette initiative, la plateforme *G suite for Education* a été mise en place au sein de l'établissement pour la rentrée de septembre 2022. «*Nous avons commencé l'année scolaire par la formation de tous les profs de l'école aux outils numériques. Et quand nous sommes repassé en mode hybride, avec du présentiel limité, nous avons fait des webinaires pour continuer à les former à créer un padlet, un formulaire,... Ces webinaires ont fait un carton ! Même les profs de l'enseignement professionnel y ont vu de l'intérêt et ont participé, alors que leurs cours sont davantage pratiques.*» Une dynamique d'apprentissage a ainsi vu le jour via de nombreux échanges informels sur ces nouvelles pratiques entre collègues, toutes disciplines confondues.



Exemple de Padlet utilisé durant le confinement par une institutrice primaire

En ce qui concerne les élèves, le même dispositif est mis en place: l'accent est mis sur la formation. «*Nous voulons former les élèves du 1<sup>er</sup> degré à l'utilisation de cette plateforme de manière ludique et efficace, dès les premières semaines de la rentrée, pour leur apprendre à envoyer un mail, à utiliser Classroom et l'application de visioconférence Meet, à remplir un forms, à retrouver des informations, à faire des PowerPoint, à acquérir les bons gestes de sécurité, etc. L'objectif est qu'ils maîtrisent l'outil, de manière à ce qu'ils soient les plus efficaces possible et que son utilisation soit régulière. Ils sont ainsi formés en continu, c'est aussi un gage pour eux d'adaptabilité et de flexibilité dans l'appréhension des outils numériques auxquels ils vont être confrontés tout au long de leur vie.*»

En parallèle, 2 «salles de visiocovid» ont été mises en place. Dans ces locaux dédiés, les enseignants positifs mais asymptomatiques, peuvent continuer à donner leurs cours à distance. Dans le cas où c'est l'élève qui est dans cette situation, la pratique de la comodalité, soit de l'enseignement à la fois à distance et en présentiel, est rapidement devenue la norme.

# LE DOSSIER

TEXTE: PHILIPPE LAMBERT - PH.LAMBERT.PH@SKYNET.BE  
WWW.PHILIPPE-LAMBERT-JOURNALISTE.BE  
PHOTOS: ©VIDI STUDIO - STOCK.ADOBE.COM (P.22),  
©FIZKES - STOCK.ADOBE.COM (P.27)



# De l'incohérence à l'inconfort psychologique

**Lorsqu'une personne se comporte d'une façon contraire à ses convictions naît chez elle un état de tension, un inconfort psychologique qu'elle n'aura de cesse de réduire. Tel est l'élément central d'une des théories majeures de la psychologie sociale: la théorie de la dissonance cognitive. Une vieille dame déjà, mais qui continue à attirer les regards des théoriciens et expérimentateurs**

Certains individus se laissent aller à manger des pâtisseries alors qu'ils savent cette consommation peu compatible avec le régime alimentaire qu'ils se sont assigné. Dans ce cas, ils éprouvent un inconfort psychologique qu'ils réduiront le plus souvent en arguant, par exemple, que manger une pâtisserie par jour ne va pas changer fondamentalement la donne ou qu'ils ont bien droit à quelques écarts alimentaires étant donné qu'ils se sont remis à faire du sport. Attribuée à l'écrivain grec Ésope (né vers 620 avant J.-C.) puis reprise par Jean de La Fontaine, la fable intitulée *Le Renard et les raisins* nous fournit une autre illustration de l'inflexion que nous pouvons donner à nos cognitions afin de rationaliser a posteriori nos comportements et d'éteindre de la sorte l'état de tension psychologique généré par une incohérence entre nos actes et nos valeurs, attitudes (1), préférences ou croyances. Un renard affamé convoitait des raisins apparemment mûrs situés en hauteur. Il ne parvint pas à les atteindre. Pour ne pas souffrir de son échec, il transforma son jugement en se convainquant que les raisins étaient trop verts.

Longtemps, on a considéré qu'il existait une relation univoque où nos préférences, nos attitudes, nos valeurs, nos croyances déterminaient nos choix, nos comportements. Primait l'idée d'un individu rationnel qui agit en fonction de ses opinions. Force est de constater que l'ordre peut également être inversé, que nos comportements

peuvent modifier nos opinions. En cela, l'Homme n'est pas un être rationnel, mais un être rationalisant susceptible d'adapter ses cognitions à ses actes. Nous entrons ici de plain-pied au cœur de la théorie de la dissonance cognitive, l'une des plus importantes de la psychologie sociale. Formulée dès 1957 par l'Américain Léon Festinger (Université de Stanford), elle continue à éveiller de nombreux travaux scientifiques.

La cognition, définie par Festinger comme toute connaissance, opinion ou croyance sur l'environnement, sur soi-même ou sur son propre comportement, en est l'élément cardinal. David Vaidis (Université Paris 10 - Nanterre) et Séverine Halimi-Falkowicz (Université de Provence) précisent dans la *Revue électronique de Psychologie Sociale* les 3 types de relations que nos cognitions peuvent entretenir entre elles, à savoir la dissonance, la consonance et la neutralité. «Deux cognitions sont dissonantes quand elles ne vont pas bien ensemble (par exemple, "je fume" + "je sais que fumer tue"), consonantes quand elles vont bien ensemble ("je fume" + "j'aime fumer") ou neutres quand elles n'ont aucun rapport ("je fume" + "il fait beau")», indiquent en substance les 2 psychologues.

Pour Festinger, la dissonance entre cognitions motive l'individu à réduire l'inconfort psychologique qu'elle génère. Il parle même d'un état





motivational comparable à la faim ou la soif, qui pousse à manger ou à boire. Les situations incriminées n'impliquent pas uniquement une incohérence entre d'une part, nos valeurs, attitudes, etc. et d'autre part, nos comportements, mais également des occurrences où nos croyances sont démenties par des informations qui les rendent caduques (voir encadré).

## Rationalisation cognitive

D'après Festinger, il existe 3 manières principales de rétablir un sentiment d'équilibre cognitif interne en cas de dissonance. Une première façon, la rationalisation comportementale, consiste à modifier son comportement pour l'ajuster à ses convictions. Par exemple, une personne en surpoids qui a fait des écarts par rapport à son régime pourra décider d'arrêter de manger des pâtisseries. Toutefois, la mise en œuvre de cette stratégie se heurte souvent à 2 écueils majeurs: la résistance au changement et le coût de la démarche. Pour illustrer ce second point, imaginons une épouse qui n'a aucune affinité avec son beau-père, mais le reçoit néanmoins tous les dimanches. Cela crée chez elle une dissonance. Elle pourrait apaiser son inconfort psychologique en décrétant qu'elle n'accueillera plus son beau-père. Mais à quel prix ? Des tensions au sein de son propre couple, des disputes ?... Deuxième mode d'atténuation de la dissonance cognitive: aménager ses croyances, attitudes, valeurs ou préférences, bref ses convictions. La psychologie sociale nous enseigne cependant que l'individu renie difficilement ses opinions quand elles ont trait à des éléments qu'il juge profonds.

Dans ces conditions, la méthode la plus souvent utilisée pour éteindre un inconfort psychologique résultant d'une dissonance cognitive est la 3<sup>e</sup> répertoriée par Festinger: la rationalisation cognitive. Il s'agit d'ajouter à ses cognitions, des cognitions supplémentaires en phase avec le comportement produit. Cette stratégie s'avère à la fois efficace et plus confortable que les 2 précédentes. Pour réduire son inconfort né de l'incohérence entre le fait qu'il fume et sa connaissance des méfaits du tabac, un fumeur pourra notamment se persuader que fumer lui est profitable pour lutter contre le stress qui le tenaille fréquemment ou se référer à la bonne santé d'un voisin octogénaire qui a toujours vécu un cigare à la bouche.

Au fil du temps, d'autres stratégies de réduction de la dissonance cognitive ont été identifiées et sont venues se greffer à celles initialement énoncées par Festinger. L'une d'elles, qualifiée de «trivialisation», repose sur une diminution de l'importance que le sujet accorde aux cognitions impliquées dans la relation dissonante. Face aux risques qu'il court et fait courir aux autres, un chauffard pourra se dire, par exemple, qu'il faut bien mourir un jour. Autre exemple: la stratégie du déni de la cognition dissonante. Dans ce cas,

**Pour réduire son inconfort né de l'incohérence entre le fait qu'il fume et sa connaissance des méfaits du tabac, un fumeur pourra se persuader que fumer lui est profitable pour lutter contre le stress qui le tenaille fréquemment ou se référer à la bonne santé d'un voisin octogénaire qui a toujours vécu un cigare à la bouche**

l'individu fait fi des informations ou événements non congruents avec ses valeurs, croyances, attitudes... Ainsi, certains buveurs écartèrent du revers de la main les propos d'articles rappelant que la consommation abusive d'alcool est une des causes majeures de la cirrhose du foie. Basée elle aussi sur le déni, une autre méthode encore est celle du déni de responsabilité. «*Cette stratégie consisterait à nier la responsabilité de la réalisation d'un acte problématique, ou à tout le moins, à réduire le sentiment de liberté qu'une personne aurait eu pour réaliser un comportement dissonant*», écrivait David Vaidis en 2017.

## Diversification des approches

À la suite des travaux de Festinger, des débats ont vu le jour, qui ont abouti à la mise en lumière de conditions complémentaires à l'émergence d'un état de dissonance cognitive et apporté des précisions quant à la nature des cognitions impliquées dans le phénomène. Deux grands courants se sont dégagés. Le premier est centré sur l'«engagement». Il suggère que l'éveil d'une dissonance ne peut se réaliser que si l'individu éprouve le sentiment d'être libre et donc responsable du comportement qu'il perçoit en porte-à-faux par rapport à ses valeurs, croyances, attitudes... Le second courant se focalise sur le Soi. Selon la théorie de l'affirmation de soi (1988), du psychologue américain Claude Steele, la résolution de la dissonance cognitive n'est pas déclenchée par toute incohérence entre 2 cognitions, mais nécessite que cette incohérence menace l'intégrité du Soi dans sa globalité. Son compatriote Elliot Aronson proposa pour sa part la théorie de l'autoconsistance (1968). Y intervient la notion de standards de conduite personnelle. Le Soi crée des attentes au niveau de la façon de se comporter (par exemple, être bon et honnête). Si un individu agit de manière incompatible avec ces attentes écloit un état de dissonance cognitive.

En 1984, Joel Cooper et ses collègues de l'Université de Princeton furent les auteurs d'une théorie dite du *New Look*. Pour Festinger, les incohérences entre les cognitions constituent intrinsèquement le déclencheur de la dissonance; pour Cooper, ce sont les conséquences de ces incohérences qui importent, pour autant qu'elles soient aversives, irréversibles, prévisibles et associées à un sentiment affirmé de responsabilité. Par conséquent, dans ce modèle, le classique aménagement des attitudes, des valeurs ou autres croyances ne se produit pas pour rétablir une cohérence entre cognitions, mais pour rendre non aversives les conséquences du comportement. En 2001, Joel Cooper et Jeff Stone ont élaboré un «modèle des standards du Soi», où ils affinent le modèle *New Look* en fonction des différentes conceptions du Soi présentées dans les théories où il est décrit comme central. Toutefois, arguant que la théorie originelle de Festinger n'a pas été prise en défaut, certains théoriciens radicaux jugent sans fondement les tentatives de révision qui en ont été faites.

## Des mots obscènes

Chemin faisant, la théorie de la dissonance cognitive a été étudiée à travers nombre de paradigmes expérimentaux. Notamment celui de la soumission forcée (à l'origine - 1959) ou induite (de nos jours). Contrairement à la soumission forcée, la soumission induite ne repose pas sur la perspective de récompenses ou de sanctions; les participants à l'expérience sont simplement amenés à poser des actes qu'ils n'auraient pas accomplis spontanément ou, à l'inverse, à ne pas agir comme ils l'auraient fait naturellement. Par exemple, il a été demandé à des volontaires d'argumenter par écrit en faveur de la peine de mort, alors qu'ils la réprouvaient. Ils ont donc été conduits à adopter un comportement qui provoquait chez eux un inconfort psychologique. Qu'observèrent alors les chercheurs ? Que les participants apparaissaient par la suite moins opposés à la peine capitale. Autrement dit, ils avaient révisé leur attitude initiale pour la rendre plus compatible avec le comportement problématique et ainsi atténuer leur inconfort. Un autre paradigme est celui de la justification de l'effort, conçu par Judson Mills et Elliot Aronson. Il part du principe que les efforts (de toute nature) que nous sommes appelés à déployer pour mener à bien une activité donnée sont incompatibles avec notre désir de ne pas souffrir. En 1959, les 2 psychologues américains ont demandé à des étudiantes de participer à une discussion de groupe sur la psychologie du sexe. Préalablement, elles devaient néanmoins passer un «test d'embaras» afin qu'on soit assuré qu'elles n'étaient pas trop timides pour prendre part à la discussion. Au



## LA FIN DU MONDE

Lorsqu'on évoque la genèse de la théorie de la dissonance cognitive, il est classiquement fait référence à une recherche conduite en 1954 et 1955 par Léon Festinger et ses collègues Henry Riecken et Stanley Schachter à Lake City, une petite ville de l'État du Minnesota. Cette étude met en jeu une incohérence entre des croyances et une situation qui les contredit. En septembre 1954, un journal de Lake City rapporte qu'une dame appelée Marian Keech (un pseudonyme choisi par les journalistes) affirme avoir reçu des messages expédiés depuis la planète Clarion par des extraterrestres via la voie de l'écriture automatique. Elle aurait été avertie qu'une terrible inondation allait provoquer la fin du monde avant l'aube du 21 décembre 1954, cataclysme qui anéantirait tous les humains sauf ceux qui croiraient à la prophétie - les extraterrestres les emmèneraient sur Clarion dans un vaisseau spatial. Marian Keech gagnera la confiance d'un groupe d'adeptes, baptisés les *Seekers*, convaincus de l'exactitude de la prophétie. Des adeptes convaincus... mais pas tous, car dans le groupe se sont immiscés l'un des chercheurs, Stanley Schachter, et quelques étudiants. À l'approche du 21 décembre, des *Seekers* vendent leurs biens, quittent leur emploi et même leur famille si elle n'adhère pas à leurs croyances. Selon les messages des extraterrestres, ils doivent se réunir le soir du 20 décembre chez Marian Keech, où la soucoupe volante viendra les chercher sur le coup de minuit. Mais voilà, ils attendront en vain.

Leurs croyances furent donc bafouées par les faits. La contradiction entre ce dont étaient persuadés les *Seekers* et la réalité devait engendrer chez eux un état de dissonance qu'ils allaient chercher à réduire. Telle était du moins l'hypothèse des chercheurs. Elle se vérifia. Le 21 décembre à 4h du matin, Marian Keech dit avoir reçu un nouveau message des extraterrestres. En l'occurrence, «*ce petit groupe, assis toute la nuit, a répandu tant de bonté et de lumière que le Dieu de l'Univers a épargné la Terre de la destruction.*» Ce message permit aux membres du groupe de réduire leur dissonance cognitive, de forger une cohérence entre leur adhésion à la prophétie et le constat de sa non-réalisation. En adaptant leurs croyances, ils ont évacué leur inconfort psychologique. Mieux encore, Festinger et ses collaborateurs ont observé un renforcement général des croyances du groupe, au point de voir ses membres entrer dans une logique de prosélytisme - publicité autour de leur «cause», communiqués de presse... -, alors qu'ils étaient restés plutôt discrets jusque-là.





départ, les étudiantes furent affectées au hasard à un des 3 groupes suivants: initiation sévère, initiation légère, groupe contrôle. Dans le premier cas, elles durent lire 12 mots obscènes et 2 descriptions d'activités sexuelles; dans le second, lire 5 mots en lien avec le sexe, mais non obscènes. Quant au groupe témoin, il ne fut soumis à aucun «test d'embarras». Finalement, les 3 groupes ne purent participer à la discussion annoncée sous prétexte qu'ils n'avaient pas fait les lectures préparatoires à la réunion, mais ils furent conviés à écouter l'enregistrement des débats, lesquels avaient été conçus par les expérimentateurs comme vraiment inutiles et inintéressants. Lorsque, après coup, les étudiantes furent invitées à évaluer la discussion, celles du groupe «initiation sévère» se révélèrent sensiblement plus positives que celles du groupe «initiation légère» et du groupe contrôle. En surévaluant la qualité des échanges, elles réduisaient leur dissonance cognitive. En effet, leur embarras lors du test, une forme de déplaisir qu'elles auraient souhaité éviter, trouvait sa justification dans l'intérêt de la discussion.

**Pour autant qu'ils aient forgé en nous des souvenirs épisodiques, nos choix passés influencent nos valeurs actuelles qui, elles-mêmes, peuvent favoriser notre adhésion à l'accomplissement d'actes que nous aurions réprouvés précédemment**

## Remise en question

On recense bien d'autres paradigmes expérimentaux dans le cadre de la théorie de la dissonance cognitive: hypocrisie induite, persistance des croyances réfutées, dissonance vicariante, désaccord avec autrui... L'un des plus explorés actuellement est le paradigme du libre choix, conçu par Jack Brehm (Université du Kansas), aujourd'hui décédé. David Vaidis le résume ainsi: «Après une prise de décision concernant 2 alternatives attractives et exclusives, les personnes augmentent l'attrait de l'alternative choisie et réduisent l'attrait de l'alternative rejetée.» Imaginons qu'un individu doive coter de 1 à 5 des destinations de vacances potentielles. Mexico: 3,2, Cuba: 2,4, etc. On le convie ensuite à faire un choix entre Paris et Rome, villes auxquelles il a donné auparavant la même note de 4,6. Il choisit Paris. On lui demande alors de coter à nouveau les 2 villes. Que constate-t-on en général dans ce cas ? Qu'il augmente la cote de Paris et diminue celle de Rome. Cet écartement des alternatives est traditionnellement interprété comme une

preuve du changement d'attitude induit par le choix. Il s'agit une fois encore d'un phénomène de réduction de dissonance cognitive, le sujet cherchant à harmoniser ses valeurs avec son choix.

En 2010, Keith Chen, de l'Université Yale, et Jane Risen, de l'Université de Chicago, ont remis en question cette interprétation en émettant l'hypothèse que le choix (dans notre exemple, Paris plutôt que Rome) pourrait renfermer des informations additionnelles relatives aux préférences subjectives et donc que les notes octroyées initialement par un sujet pourraient n'être que des indicateurs imparfaits, des approximations. «*Afin de retenir l'existence d'un véritable changement des préférences, il est désormais indispensable de démontrer que l'effet de changement de préférence dans la séquence "première évaluation (E1), choix (C), seconde évaluation (E2)" est significativement supérieur à celui observé dans la séquence [E1-E2-C]*», soulignaient en 2015 les chercheurs du groupe de Lionel Naccache, de l'Institut du cerveau (ICM, Paris). Si l'existence de l'artéfact suspecté par Chen et Risen a été confirmée, elle ne remet cependant pas en cause la réalité d'un changement d'attitude induit par le choix.

## Un mécanisme cognitif de haut niveau ?

Des résultats similaires à ceux recueillis chez l'adulte sain à travers le paradigme du libre choix ont été obtenus chez des nourrissons, des patients amnésiques et même des primates. Ce qui, d'après Lionel Naccache, plaiderait en faveur de l'hypothèse théorique selon laquelle le changement de préférences subjectives serait le fruit d'un mécanisme mental de bas niveau, automatique et inconscient, totalement indépendant de la mémoire épisodique - celle des événements personnellement vécus. Toutefois, aux yeux du neurologue français, on ne peut exclure que les résultats rapportés chez les nourrissons, les patients amnésiques et les primates soient imputables au seul artéfact mis en évidence par Chen et Risen.

Certains modèles défendent l'idée que la résolution de la dissonance cognitive relève d'un mécanisme cognitif de haut niveau. Dans un article publié en 2017 dans *Scientific Reports* (premier auteur: Mariam Chammat), les chercheurs du groupe de Lionel Naccache ont établi, chez des volontaires sains et des patients amnésiques, un lien étroit entre la dissonance cognitive et notre mémoire de nos actions antérieures. «*Nos choix passés influencent nos valeurs actuelles, mais si et seulement si nous nous souvenons de ces choix*»,

<sup>(1)</sup> En psychologie, le terme «attitude» se réfère à une évaluation plus ou moins favorable d'une entité particulière.

<sup>(2)</sup> Les fonctions exécutives constituent un ensemble de processus cognitifs de haut niveau qui nous permettent de nous adapter à notre environnement lorsque les routines d'action ne peuvent suffire.



Souvent, nous infléchissons nos cognitions afin d'éteindre l'état de tension psychologique généré par une incohérence entre nos actes et nos valeurs, attitudes, préférences ou croyances.

commentent-ils. Et d'ajouter: «L'enregistrement de l'activité cérébrale des réseaux neuronaux de la mémoire épisodique nous a permis de détecter la signature cérébrale du rappel en mémoire des choix passés immédiatement avant que les volontaires modifient, à leur insu, leurs préférences.»

Impliquant des patients souffrant d'une lésion au niveau du lobe frontal, une autre étude de l'ICM a été publiée en 2021 dans *Cortex* (premier auteur: Caroline Tandetnik). Il y apparaît que les changements de préférences induits par un choix nécessitent non seulement que les choix passés soient mémorisés, mais également que les réseaux exécutifs (2) de détection et de résolution des conflits puissent être mis à contribution. Les patients dits dysexécutifs à la suite d'une lésion frontale ne parvenaient pas à modifier leurs préférences subjectives même si le souvenir de leurs choix antérieurs était intact. Mémoire épisodique, fonctions exécutives: pour les neuroscientifiques de l'ICM, la résolution de la dissonance cognitive reposerait donc sur un mécanisme cognitif de haut niveau.

«Nos travaux suggèrent un rôle potentiellement délétère des comportements de compromission sur le plan social, politique, professionnel, affectif, moral ou autre, au cours desquels nous acceptons

de commettre des actes qui entrent pourtant en opposition avec nos valeurs. Ces actions, dont nous pouvons croire - à tort - qu'elles ne laissent aucune trace sur notre système de valeurs une fois commises, sont susceptibles de le transformer insidieusement de manière plus ou moins profonde», indiquent les chercheurs parisiens. Bref, nos choix passés, pour autant qu'ils aient forgé en nous des souvenirs épisodiques, influencent nos valeurs actuelles qui, elles-mêmes, peuvent favoriser notre adhésion à l'accomplissement d'actes que nous aurions réprouvés précédemment et nous auraient placés dans un état d'inconfort psychologique.

Première auteure de l'article paru dans *Scientific Reports* en 2017, Mariam Chammat rappelle que la dissonance cognitive constitue un élément central dans de nombreux phénomènes sociétaux. «Le fait que l'être humain dispose de la capacité de réduire son inconfort psychologique consécutif à l'inadéquation entre certaines de ses cognitions l'autorise à poser et perpétuer des actes incohérents par rapport à ses valeurs et croyances initiales, dit-elle. Ainsi, un individu qui est conscient de l'impact délétère de la circulation automobile sur l'environnement ne pourrait conduire quotidiennement une voiture s'il était incapable de s'appuyer sur des stratégies de réduction de la dissonance cognitive.» À ses yeux, un état de dissonance cognitive qui ne peut être éradiqué par un aménagement des attitudes, valeurs ou croyances est, en revanche, probablement de nature à faciliter un changement de comportement. Par exemple, renoncer définitivement à manger de la viande après avoir vu un reportage sur la maltraitance animale dans des abattoirs. «Toutefois, les extrapolations des recherches en laboratoire vers la vie courante doivent être prises avec des pincettes en l'absence d'études de confirmation sur le terrain», précise-t-elle. A

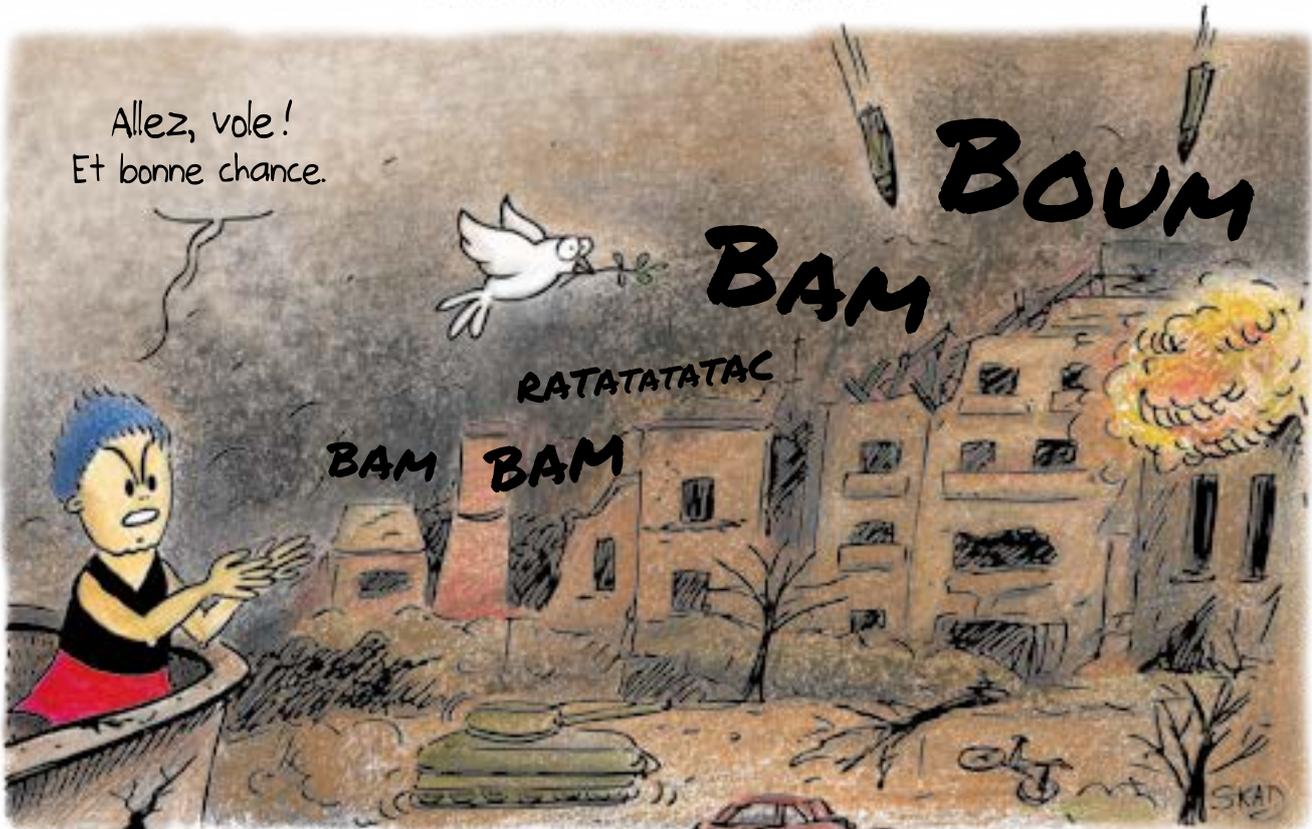
# LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2022

## LES ANIMAUX UTILISÉS POUR FAIRE LA GUERRE...



## ET POUR FAIRE LA PAIX.





# La science des super-héros

Ils font l'admiration des petits comme des plus grands. Ils occupent une place de choix dans les sorties cinéma, les fêtes d'anniversaire de nos enfants, dans la littérature de science-fiction. Ils représentent le courage, le sens de la justice et surtout... les supers-pouvoirs !

TEXTE: LAETITIA MESPOUILLE - INFO@CURIOKIDS.NET  
 PHOTOS: ©JACKFROG - STOCK.ADOBE.COM (P.29), ©TORUGO - STOCK.ADOBE.COM (P.30), MARVEL (P.31),  
 ©FLORIAN - STOCK.ADOBE.COM (P.31), ©PHOTONEWMAN - STOCK.ADOBE.COM (P.31)  
 ILLUSTRATIONS: PETER ELLIOTT



## Comme Spider-Man

Dans le film *Spider-Man*, Peter Parker arrête un train rempli de passagers lancé à toute vitesse avec... ses toiles d'araignée ! Penses-tu qu'elles peuvent arrêter un train sans se rompre ? Bonne question ! Les scientifiques ont découvert qu'un fil de soie d'araignée d'une épaisseur d'1 mm pouvait soulever 5 kg ! Ce super matériau se compose de différentes protéines qui assurent à la fois sa rigidité et sa souplesse. C'est de là que vient sa résistance. Mais revenons-en à notre train. Des étudiants ont calculé que pour arrêter le même train que dans le film, il fallait exercer une force de 30 000 Newton. De plus, pour que le fil ne casse pas, il doit avoir une résistance à la rupture de 3,12 gigapascals. Dans le règne animal, il existe une toute petite araignée à Madagascar capable de produire un fil 4 fois plus résistant (jusqu'à 12 gigapascals). Elle s'appelle *Caerostris Darwini*. À ce jour, cette soie est le biomatériau le plus résistant au monde. Scientifiquement, l'homme araignée aurait donc pu arrêter ce train s'il avait ces toiles ultra-résistantes.

Qui n'a jamais rêvé de voler ? Ou d'être invincible ? De créer des orages, de lire dans les pensées ou de prédire l'avenir ? D'avoir un marteau magique ou un bouclier boomerang ? Ces héros de comics ou de films inspirent les scientifiques depuis longtemps pour créer des outils technologiques capables de nous rendre plus forts, d'améliorer notre confort de vie ou de simplement défier les lois de la nature. Une nature qui nous réserve d'ailleurs de nombreuses surprises avec ses propres et surtout vrais super-héros à 4 pattes, à poils ou à plumes aux «super-pouvoirs» exceptionnels et surprenants...





## Comme Magneto

Magneto est un mutant, ennemi des *X-Men*, capable de ressentir la présence du métal et contrôler le champ magnétique. Sa puissance est telle qu'il réussit à manipuler les pôles du champ magnétique terrestre, ce qui lui a permis de semer la destruction à l'échelle mondiale. Plus fou encore, il utilise également les champs magnétiques pour flotter dans l'air, donnant ainsi l'impression de «voler». Bien que ce soit pure fiction, la magnétoréception existe bel et bien chez les animaux. Ce phénomène a été démontré en 1960 lors d'une étude menée sur des oiseaux. Ceux-ci semblent utiliser les lignes de champ présentes autour de la Terre pour s'orienter et déterminer leur trajectoire de vol à l'image d'un GPS. Ce mécanisme se trouverait dans leurs yeux, plus précisément dans la rétine, ou dans leur bec. Les champs magnétiques semblent également agir sur leur comportement en influençant leur migration.



Mais cette capacité d'orientation ne se retrouve pas uniquement chez les oiseaux. Des chercheurs ont découvert que les mammifères et les reptiles l'utilisaient également. Par exemple, ils ont observé que 2/3 des bovins se couchent et broutent en se tournant vers le nord-est ou que les chiens faisaient leurs besoins dans l'axe des pôles magnétiques. Qui sait si nous ne sommes pas nous aussi influencés par le champ magnétique terrestre ?

## Comme Colossus

Bien des personnes parmi les forces de l'ordre rêveraient d'avoir une peau «pare-balle» comme celle de Colossus. Toujours dans la saga *X-Men*, il est un mutant doté d'un don extraordinaire: sa peau se transforme en acier. Plutôt pratique en cas d'attaque. Ce super-pouvoir est le fruit de l'imagination débordante de Stan Lee, le créateur des personnages *Marvel*. Car notre peau ne peut pas se transformer soudainement en acier, qui est ce qu'on

appelle un **alliage**. Il se compose majoritairement de fer et d'une faible quantité de carbone (entre 0,02 et 2% en masse). Avant même que nous puissions envisager de devenir des mutants, une artiste a travaillé avec des chercheurs pour créer de la peau impénétrable. Pour y arriver, elle a utilisé de la soie d'araignée produite en laboratoire, qu'elle a insérée dans un échantillon de peau. Quelle ne fut pas sa surprise quand elle réalisa que sa peau «modifiée» pouvait arrêter des balles de fusil d'un 22 Long Rifle !

Un animal pourrait bien rivaliser avec Colossus: le tatou. Ce mammifère court sur pattes est pourvu d'une carapace très solide, constituée de plaques osseuses et recouverte de kératine. Elle leur permet entre autres de se cacher sous les buissons épineux sans se blesser. Trop fort ce tatou !



## Comme Raiponce

Héroïne pas comme les autres, elle possède une longue chevelure magique capable de soigner maladies et blessures. Ses cheveux sont si résistants qu'ils servent d'échelle à la sorcière qui la retient captive en haut d'une tour. Cependant, Flynn Rider le brigand qui vole à son secours, emploie le même stratagème pour la rejoindre. Bien qu'il s'agisse d'un dessin animé, nos cheveux sont plutôt solides. Savais-tu qu'il suffisait de 750 cheveux pour soulever un adulte de 80 kg ? Sur ton crâne, tu en as bien plus. Un être humain possède environ 50 000 à 100 000 cheveux. Pour autant, pourrions-nous nous en servir comme Raiponce ? Pas vraiment ! Car nos cheveux tiennent au crâne grâce aux **follicules pileux**. Tu t'es sûrement déjà aperçu qu'il suffisait d'un coup de brosse pour en arracher quelques-uns. Aussi, si le cheveu en lui-même est résistant, ce n'est pas le cas de la racine. Ils ne peuvent donc pas servir d'échelle. De plus, les cheveux poussent lentement: 1 cm par mois. Il faudrait très longtemps avant qu'ils soient assez longs !

### Le truc de ouf !

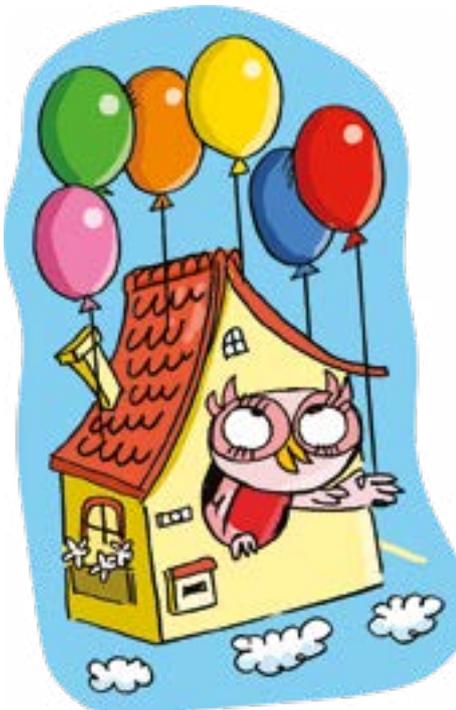
#### La grenouille Wolverine

Il existe bel et bien une petite grenouille Wolverine. Grâce à ses griffes rétractiles, elle est capable de se défendre contre les méchants. Il s'agit de la grenouille *Trichobatrachus Robustus*, découverte en 1900 par le zoologue belge George Boulenger, lors de son expédition au Congo. Chez ces batraciens, autant les mâles que les femelles possèdent des griffes rétractiles, mais uniquement sur les membres postérieurs. Ces griffes sont des prolongements des os. Leur composition est donc différente de celle des ongles, qui comme on le sait, sont à base de kératine. Ces phalanges aiguisées percent les petits coussinets des pattes de la grenouilles lorsqu'un danger se présente. Des petits muscles favorisent l'expulsion des griffes. Une fois le danger passé, les griffes se rétractent et la peau de la grenouille se ressoude. Le plus amusant, c'est qu'elle est aussi poilue que Logan Wolverine !



## Comme Carl Fredricksen

Dans le dessin-animé *Là-Haut*, Carl Fredricksen est sur le point de perdre la jolie maison qu'il avait rénové avec Ellie, sa femme. Mais il ne se dégonfle pas face aux démolisseurs. Sa solution ? Accrocher des milliers de ballons à la cheminée pour la faire décoller. Faire voler une maison avec des ballons peut te sembler être un projet complètement dingue. Et pourtant, c'est mathématiquement possible. D'abord, il faut que les ballons soient gonflés à l'hélium. L'hélium est un gaz incolore et inodore qui a la propriété d'être plus léger que l'air. Si bien que si tu lâches la ficelle, il s'envole vers le ciel. Sache qu'1 litre d'hélium peut soulever 1 gramme. Donc si tu prends des ballons d'une capacité de 14 litres, ils pourront soulever 14 grammes. Mais une maison, c'est beaucoup plus lourd. Pour une maison par exemple de 70 tonnes, combien de ballons de 14 litres faudra-t-il pour la soulever ? Si tu fais le calcul, il te faudra y accrocher 5 millions de ballons ! C'est énorme !!! Et si tu calculais le nombre de ballons qu'il te faudrait pour te faire voler ?



### BIG DATA

**50 000 à 100 000**

c'est le nombre de cheveux que nous avons sur la tête

**340 m/s**

c'est la vitesse du son dans l'air à 20°C

**6 millions**

c'est le nombre de sétules que possède le gecko par patte

**19 kg**

c'est ce que devrait peser le marteau de Thor s'il était composé de Uru, un métal fictif d'Asgard, son royaume natal

## ACTU science:

### Du vibranium...

### ou presque !

Le vibranium est le métal composant le bouclier de Captain America, ou encore le costume de Black Panther (voir photo ci-dessous) dans l'univers *Marvel* moderne. Venu de l'espace, ce métal fait la richesse du Wakanda, le royaume de Black Panther situé en Afrique. Grâce à lui, les super-héros peuvent encaisser des chocs hors-normes lors des combats. Ça fait rêver, non ? Mais le vibranium n'existe pas sur Terre. Néanmoins, des matériaux s'en rapprochent. Citons par exemple le graphène, qui se compose de carbones positionnés sur un même plan. Comme s'ils formaient une feuille. Très fin, il est particulièrement flexible, et des centaines de fois plus résistant que l'acier.

Le Carbure de tungstène est un autre exemple. Sa formule chimique est WC. Ça ne s'invente pas ! Ce matériau figure parmi les plus durs et les plus résistants à la compression. Il est d'ailleurs utilisé pour concevoir des munitions anti-char. Durant la seconde Guerre mondiale, les Allemands l'employaient déjà.



## Le selfie du jour

### Gecko, l'escaladeur de murs



Peter Parker, encore lui, a la faculté de grimper au mur en défiant toutes les lois de la physique. Mais penses-tu que la sympathique araignée du quartier soit la seule à pouvoir en faire autant ? Et non ! Le gecko, une salamandre toute mignonne, a suscité la curiosité des scientifiques pour ces raisons précises. Le gecko, c'est donc Spider-Man version lézard.

Elle grimpe aux murs, marche au plafond, elle fait tout sauf tisser des toiles. Mais comment fait-il pour se déplacer aussi vite sur des surfaces lisses ? A-t-il de la glue sous les pattes ? Non, le gecko a des micropoils sous les orteils. Ceux-ci sont appelé sétules. Elles permettent au gecko d'adhérer

sur toutes les surfaces, même le verre. Le pouvoir d'adhésion est tel qu'un gecko pourrait soutenir 133 kg sans tomber. Suivant la pression qu'il applique avec ses pattes, celles-ci peuvent se coller et se décoller très vite, permettant au lézard de filer comme une flèche sur les murs. Ce phénomène s'appelle l'effet *Casimir*.



## LE P'TIT DICO



La **Filière** est un petit appendice en forme de tige situé sur l'abdomen de l'araignée.

Un **Alliage** est, en métallurgie, un mélange de plusieurs éléments chimiques, dont le principal constituant est un métal.

Le **Follicule pileux** est la cavité dans laquelle le poil prend naissance.

La **Rétine** est la membrane située au fond de l'œil, capable de récolter les signaux lumineux et de les communiquer au cerveau sous la forme d'un signal électrique

Le **Biomimétisme** consiste à s'inspirer de la nature pour créer de nouvelles choses basées sur la biologie et les technologies.



BONUS en ligne

## L'ÉCHOLOCALISATION DE DAREDEVIL

### KÉSAKO ?

Daredevil est un super-héros aveugle et pourtant très habile. Ses réflexes sont inouïs et il se déplace sans peine malgré la perte de la vue. Mais il a un secret: il utilise le principe de l'écholocalisation, une sorte de super radar pour se repérer dans l'espace et frapper efficacement ses ennemis. Le principe repose sur «l'écho». Comme la chauve-souris: pour dénicher sa proie, elle pousse un cri, appelé onde sonore, qui se propage dans l'air pour atteindre un obstacle, un papillon de nuit par exemple. Lorsque le son ricoche sur l'insecte, il revient vers la chauve-souris sous la forme d'un écho.

Cet écho est reçu par les oreilles de la chauve-souris qui en retire des informations importantes, comme la distance ou la taille de l'insecte. En gros, la chauve-souris perçoit sa proie avec sa bouche et ses oreilles. Elle a donc besoin d'être attentive car si elle n'écoute pas, elle ne mangera pas. Si ça fonctionne bien pour la chauve-souris, c'est parce que le son voyage très vite dans l'air. Comme Daredevil, elle utilise l'écholocalisation, mais pas uniquement. Son ouïe est extrêmement fine, ce qui la rend supérieure aux autres animaux.

### LA CHAUVESOURIS ET LES AUTRES

De nombreuses espèces du monde animal utilisent ce sonar biologique. Les plus connues sont les chauves-souris, les baleines, les dauphins et les hirondelles. Plus de 1 000 espèces ont recours à l'écholocalisation pour chasser.

Ces animaux ont plusieurs points en commun: ils vivent dans un environnement sombre car soit ils sont nocturnes, soit ils vivent sous terre, dans des grottes, des galeries ou dans le milieu marin. Ils doivent donc compter sur l'écholocalisation pour trouver de la nourriture dans un environnement avec peu ou pas de lumière.

### ET L'HUMAIN ?

L'écholocalisation n'est pas un don réservé aux animaux ou aux héros de *Marvel*. De nombreuses personnes aveugles réussissent à «voir» en utilisant l'écholocalisation de manière identique aux chauves-souris: elles produisent des clics qui rebondissent sur les objets et leur renvoient une image de leur environnement. Et contrairement à ce que certains disent, les personnes aveugles n'ont pas une meilleure ouïe. Elles utilisent simplement mieux leurs autres sens. Mais quand elles utilisent l'écholocalisation, les parties du cerveau qui sont associées à la perception visuelle chez les personnes voyantes deviennent extrêmement actives, ce qui leur permet d'obtenir des informations que les personnes voyantes n'ont pas. Ces parties sont appelées le cortex visuel. En plus du son, cette façon de «voir» peut s'étendre au toucher. C'est le cas de Erik Weihenmayer, un Américain qui a perdu la vue à l'âge de 13 ans à cause d'une maladie. Celui-ci utilise l'ouïe, le sens du toucher et son odorat. Ses informations sont transmises à son cortex visuel. Ce qui lui a permis de repousser ses limites. Il est aujourd'hui la seule personne aveugle à avoir escaladé les plus hauts sommets du monde. 🇺🇸



## TON P'TIT LABO

Une expérience à faire avec *Curiokids*:  
«Fabrique de la plasticine interstellaire»

SCANNE-MOI





# Quand les PROBAS s'invitent à KOH-LANTA !

Vous souvenez-vous de ce que vous faisiez le soir du 19 avril ? Peut-être étiez-vous, tout comme 4 millions d'autres téléspectateurs, rivés à votre écran de télévision pour connaître le dénouement du tant attendu face-à-face entre Colin et Louana dans le toujours difficile épisode des Ambassadeurs...

TEXTE : MANU HOUDART • MANU.H@VERYMATHTRIP.BE  
HTTPS://WWW.VERYMATHTRIP.COM •      
PHOTO : @TF1

**P**our ceux qui ne sont pas des aficionados de l'émission, rassurez-vous, je vous explique tout ! Les Ambassadeurs sont une épreuve mythique de l'aventure dans laquelle 2 candidats (appartenant à des équipes opposées) doivent décider d'éliminer communément un membre d'une des tribus. La joute est verbale et les tentatives de manipulation sont nombreuses. S'ils ne parviennent pas à se mettre d'accord et à proposer conjointement un nom à l'emblématique présentateur de la série Denis Brogniart, ils prennent alors le risque de procéder à un tirage au sort qui exclura définitivement un des 2 ambassadeurs: Colin ou Louana dans l'épisode qui nous concerne.

Bien qu'il n'y ait pas eu de tirage au sort puisque Colin a fini par céder en éliminant un de ses propres équipiers, ce sont surtout ses règles qui nous intéressent ici. Habituellement, chacun des 2 ambassadeurs doit piocher une boule dans un sac totalement opaque. Chaque sac contient 2 boules: une blanche et une noire. Si les 2 boules sorties sont de la même couleur, on recommence le tirage. Sinon, c'est le malheureux candidat de la boule noire qui est exclu de l'épreuve sur le

champ. Pour se consoler, il aura toutefois la fierté d'annoncer aux siens qu'il n'a livré personne en pâture et qu'il est fier d'être éliminé pour le salut de son équipe. Les autres exprimeront alors leur désolation tout en étant bien heureux de s'en tirer indemne.

## Une conclusion trop hâtive

Mais cette fois, le fichu tirage au sort n'était pas tout à fait équitable pour les 2 candidats puisque le pauvre Colin avait subi le sort du totem maudit au cours d'une épreuve précédente. Celui-ci se retrouvait donc avec un sac qui contenait non pas une boule blanche et une noire mais bien 1 blanche et 2 noires ! *Damned* ! Il était donc entendu que si Colin persistait à ne pas éliminer un candidat de sa propre équipe, ses chances seraient plus grandes d'être lui-même éliminé. Cependant, à l'image de ses aventuriers, Denis a voulu se montrer plus téméraire que ce qu'il n'aurait dû puisqu'il a bravement clamé durant l'émission: «50% de risque de tirer la boule noire pour Louana, 66% pour Colin, soit un gap de 16%». Et c'est ainsi que subitement, ma chronique bimestrielle était toute trouvée.

S'il y a bien un raisonnement mathématique dont je me méfie plus que de raison, c'est d'un raisonnement probabiliste. Martin Gardner, un maître en matière de jeux mathématiques, avait



d'ailleurs écrit en 1959 dans la revue *Scientific American* que «dans aucune autre branche des mathématiques, les experts ne peuvent se tromper aussi facilement que dans la théorie des probabilités». Cette fois, le bon raisonnement à adopter n'est pourtant pas hors de portée. Dans le dangereux raccourci proposé par Denis, il oublie de considérer que si les boules sont de même couleur, alors il y a remise et nouveau tirage. Et ça change tout. Une judicieuse façon d'aborder ce problème est donc de répertorier les différents scénarios possibles. Assez facilement, vous en compterez seulement 4:

- ❶ Colin et Louana piochent chacun une boule noire
- ❷ Colin et Louana piochent chacun une boule blanche
- ❸ Colin pioche une boule blanche et Louana une boule noire
- ❹ Colin pioche une boule noire et Louana une boule blanche

Les situations ❶ et ❷ nous intéressent moins puisque dans ces cas, on procède à un nouveau tirage. Et bien sûr, puisque chaque tirage est indépendant, les probabilités n'en seront pas modifiées. Pour calculer la probabilité de l'événement ❸, il suffit de calculer la probabilité que Colin pioche une boule blanche (1/3) et de la multiplier par la probabilité que Louana pioche une boule noire (1/2). Soit 1/6. Interprété dans le contexte de l'aventure, ce résultat signifie donc que Louana n'a qu'1 (petite) chance sur 6 d'être exclue de l'édition 2022. En revanche, la reproduction de ce raisonnement pour calculer la probabilité de l'événement ❹ nous révèle alors que Colin a tout de même 2 chances sur 6 d'être éliminé. Autrement dit, Colin a 2 fois plus de (mal)chance que Louana de quitter l'aventure, ce qui est bien loin du gap de 16% annoncé par Denis durant l'émission ! Pour les plus visuels (ou les plus méfiants) d'entre vous, le simple tableau à double entrée ci-contre devrait achever de vous en convaincre.

## Deux chèvres pour une Cadillac

Inévitablement, cette mauvaise interprétation du hasard de Denis Brogniart me fait penser à un autre problème légendaire. En 1963, sur le plateau des studios de la *NBC* en Californie, un présentateur du nom de Monty Hall animait un drôle de jeu télévisé qui allait inspirer un mathématicien américain, Steve Selvin. «Imaginez-vous face à 3 portes dénommées A, B et C. Derrière l'une d'entre elles, une rutilante Cadillac. Derrière les 2 autres, une chèvre. Monty Hall vous propose de choisir à l'instinct une porte et de l'ouvrir. Vous gagnez ce qui s'y trouve !»

		COLIN		
		●	●	○
LOUANA	○	exclusion COLIN	exclusion COLIN	nouveau tirage
	●	nouveau tirage	nouveau tirage	exclusion LOUANA

Supposons qu'après réflexion, votre instinct vous guide vers la porte C. Monty Hall, qui connaît le contenu de chaque porte, fait monter le suspense d'un cran en révélant ce qui se cache derrière la porte A: une chèvre ! Applaudissements appuyés du public qui salue votre précieuse intuition. C'est alors que l'animateur vous donne la possibilité de modifier votre choix de départ: restez-vous sur votre premier choix en ouvrant la porte C ou voulez-vous changer d'avis et ouvrir la porte B ? Si la question est simple, le dilemme l'est beaucoup moins. C'est justement là que réside tout le paradoxe. Un paradoxe qui a fait couler beaucoup d'encre jusqu'à faire les titres du *New York Times* le 21 juillet 1991: il est toujours préférable de modifier son choix initial.

## Mathématiques expérimentales

Pour vous en convaincre, n'hésitez pas à faire le test: un voisin, 3 gobelets opaques et un sucre feront largement l'affaire. Croyez-moi, vous risquez d'être très surpris, alors même que vous connaissez déjà la conclusion. Imaginez la stupéfaction du voisin. Plus vous réaliserez cette expérience, plus vous approcherez la proportion évoquée par Steve Selvin: il y a 2 fois plus de chances de trouver le sucre en changeant d'avis plutôt qu'en le maintenant. Et si vous n'avez pas de voisins sous la main, vous trouvez quantité de simulateurs sur Internet. Ce résultat est tellement contre intuitif que même de très grands mathématiciens n'ont accepté cette vérité qu'après avoir effectué un très grand nombre d'essais. Paul Erdős (1913-1996), sans doute le mathématicien le plus prolifique du 20<sup>e</sup> siècle, fut ainsi obligé de constater le fait avant de le comprendre. Qui oserait dire après ça que les mathématiques ne sont pas expérimentales ?

Plutôt que de vous démontrer rigoureusement les faits dans cette chronique, je vais vous en donner l'intuition. Imaginez les mêmes règles de jeu mais avec 100 portes. Une seule Cadillac et 99 chèvres. Vous déléguez alors à votre intuition le choix d'une porte particulière. Cette fois, vous n'avez donc qu'1 seule petite chance sur 100 de repartir avec la voiture. Et comme précédemment, après votre choix, Monty Hall ouvre 98 autres portes dont, bien entendu, aucune ne révèle la Cadillac. Vous revivez ce moment d'intense émotion: le gros lot est soit derrière votre porte fétiche, soit derrière l'autre. J'ai bien l'impression que comme par hasard, cette fois, vous allez changer d'avis presque instinctivement. Et vous avez raison. Avec 100 portes, c'est bien plus flagrant: vous avez 99 fois plus de chances de remporter la Cadillac en changeant d'avis ! En mathématiques, ça porte le nom d'un effet très étonnant et même surprenant. Un effet que moi, j'ai pris l'habitude d'appeler l'effet... Waoooh ! **A**



# Qui est-ce ? Annie EASLEY

TEXTE : JACQUELINE REMITS - JACQUELINE.REMITS@SKYNET.BE  
PHOTOS : NASA (P.35)

semblables. En 1954, je rentre dans ma ville natale de Birmingham pour aider d'autres Afro-américains à préparer un examen nécessaire au vote. En effet, à l'époque, les lois ségrégationnistes nous contraignent à payer une taxe et à passer un examen afin de pouvoir voter. Entre-temps, je me marie. Pour nous rapprocher de la famille de mon mari, nous nous installons à Cleveland, dans l'Ohio.

En 1955, je découvre une petite annonce qui va changer ma vie. La *Naca* (*National Advisory Committee for Aeronautics*), l'agence fédérale américaine chargée de la recherche en aéronautique, à Cleveland, recherche des « calculateurs humains », des personnes douées en mathématiques pour effectuer des calculs complexes utiles aux ingénieurs. Motivée par l'exemple de deux jumelles afro-américaines y travaillant et par mon bon niveau en mathématiques, je présente ma candidature. Deux semaines plus tard, je suis acceptée. Je deviens ainsi la 4<sup>e</sup> personne afro-américaine à travailler au *Lewis Research Center* sur des milliers. J'y suis responsable des simulations du réacteur *Plum Brook* que je réalise à la main. La *Nasa* (*National Aeronautics and Space Administration*), l'agence fédérale responsable du programme spatial des États-Unis, voit le jour en 1958, incorporant la *Naca* et ses recherches en aéronautique. Je participe activement au projet de l'étage de la fusée *Centaur*, notamment en développant des codes informatiques qui analysent des technologies énergétiques alternatives, mélange d'hydrogène liquide et d'oxygène. Je travaille aussi

## Je suis...

**N**ée à Birmingham, dans l'État de l'Alabama où je vis mes premières années. Ma mère, qui m'élève seule, m'incite à être plus tard financièrement indépendante. Elle me dit aussi que je pourrai devenir ce que je souhaite être, mais que pour y arriver, je devrai beaucoup travailler. À l'époque, l'Alabama, comme d'autres États du sud des États-Unis, est soumis aux lois de la ségrégation raciale. En tant que femme et Noire, il me faudra travailler beaucoup plus que la majorité des Américains blancs. Au lycée, grâce au conseil de ma mère et à mon travail acharné, je sors major de ma promotion. Mon ambition est de devenir pharmacienne. En 1950, je pars étudier à l'Université Xavier de la Nouvelle-Orléans, en Louisiane. Je ne supporte pas la discrimination dont je suis l'objet, pas plus que celle de mes



### CARTE D'IDENTITÉ

**NAISSANCE:** 23 avril 1933, Birmingham (Alabama, États-Unis)

**DÉCÈS:** 25 juin 2011, Cleveland (Ohio, États-Unis)

**NATIONALITÉ:** Américaine

**SITUATION FAMILIALE:** Divorcée

**DIPLÔME:** Pharmacie à l'Université Xavier de Louisiane, mathématiques à l'Université d'Etat de Cleveland

**CHAMPS DE RECHERCHE:** Mathématiques, informatique, spatial

**DISTINCTIONS:** Glenn Research Hall of Fame (2015)

sur d'autres projets mobilisant les énergies éolienne et solaire qui seront plus tard utilisées comme sources d'énergies renouvelables pour les voitures. Entre-temps, avec l'arrivée des ordinateurs, le rôle des « calculateurs humains » n'a plus lieu d'être. Je me reconvertis en programmeuse informatique. Je reprends mes études et, en 1977, j'obtiens une licence en mathématiques à l'Université d'État de Cleveland et ce, malgré la discrimination dont je suis à nouveau victime. En effet, si les membres de la *Nasa* bénéficient d'une aide financière pour suivre les cours à l'université, cela n'est pas mon cas. Ce privilège m'est refusé, de même que mon image est systématiquement effacée des photos de la *Nasa*. Mais ce diplôme m'ouvre grandes les portes de la division de véhicules spatiaux.

Mon activité au *Lewis Research Center* permet le développement de plusieurs études portant sur l'aéronautique et l'informatique. Je travaille à la direction de l'énergie des lanceurs *Group* et à la direction *Engineering*. Je suis l'une des premières femmes afro-américaines à commencer à œuvrer dans le domaine des ordinateurs. À la fin de ma carrière, je suis nommée conseillère à l'égalité de l'emploi auprès des superviseurs à la *Nasa*, notamment en matière des discriminations liées au sexe et à la « race ». Une belle revanche ! Je prends ma retraite en 1989.

## SAVIEZ-VOUS QUE...

Annie Easley est l'une des employées les plus connues du *Glenn Research Center* de la *Nasa*, situé à côté de l'aéroport international de Cleveland. Ce centre est impliqué dans la recherche et le développement de technologies de systèmes critiques en association avec des établissements universitaires, des groupes industriels et des organismes autres que la *Nasa*. Elle a été introduite dans son *Hall of Fame* post-mortem, en 2015.

Dans une interview donnée en 2001, elle a déclaré : « *Quand les gens ont des préjugés, oui, j'en suis consciente. Je n'ai pas la tête dans le sable. J'étais juste là pour faire le travail et je savais que j'avais les capacités pour le faire, et c'est sur ça que je me focalisais... Mais mon truc, c'est que, si je ne peux pas travailler avec vous, je vais travailler à côté de vous. On ne pouvait pas me décourager au point que je parte. Cela peut être une solution pour certains, mais ce n'était pas la mienne.* »

Annie Easley disparaît en 2011. Son rôle de pionnière des femmes afro-américaines dans les sciences, en particulier dans le spatial, elle l'a obtenu grâce à son talent, son travail acharné et sa résilience devant les difficultés, notamment la discrimination. Elle a ouvert la voie à ses semblables.

Avec Katherine Johnson (voir *Athena* n° 336, pp. 10-11) et d'autres femmes afro-américaines, elle est l'une des scientifiques qui ont inspiré le film *Les figures de l'ombre*, du réalisateur Theodore Melfi, sorti le 8 mars 2017.

Elle a été mise à l'honneur à Cleveland, le 8 mars 2020, Journée internationale des droits des femmes.

En février 2021, un cratère de la Lune a été nommé *Easley* par l'*IAU* (*International Astronomical Union*).

Bande-annonce:

 <https://www.youtube.com/watch?v=548FICcem58>



## À cette époque...

En 1955, quand j'entame ma carrière à la *Naca*, disparaît Albert Einstein, connu pour sa théorie de la relativité et sa contribution au développement de la mécanique quantique, prix Nobel de physique en 1921. En 1977, l'année de mon entrée à la *Nasa*, est aussi celle de la mort de Charlie Chaplin, en Suisse à l'âge de 88 ans. En 1989, quand je prends ma retraite, des spécialistes dressent le bilan de la mission de la sonde *Voyager II*. Elle se trouve alors à plus de 4 milliards de kilomètres de la Terre, un long voyage entamé en 1977 au cours duquel elle a croisé Jupiter, Saturne, Uranus et, cette année-là, Neptune dont elle découvre 6 lunes.

## J'ai découvert...

La fusée *Centaur*, au développement de laquelle j'ai tant contribué, sera utilisée pour charger le *Surveyor 1*, la première sonde spatiale américaine envoyée sur un corps extraterrestre, en l'occurrence la Lune. J'ai participé aussi au développement de la sonde spatiale *Cassini*, envoyée sur la planète Saturne en 1997 et, sous une forme améliorée, à celui du vaisseau spatial *InSight*. Celui-ci sera aussi utilisé pour les prévisions météorologiques et la surveillance du territoire américain. J'ai aussi contribué à concevoir et à tester le *Plum Brook Reactor*, le seul réacteur à fission nucléaire de la *Nasa*. Mon travail sur le projet de propulseur de fusée a jeté les bases techniques du lancement des futurs satellites. En résumé, mes principales réalisations comprennent l'élaboration de codes et de programmes informatiques utilisés pour étudier les effets de sources d'énergies renouvelables. Les codes informatiques et les applications que j'ai inventés sont utilisés pour déterminer les possibilités de convertir les produits provenant de sources non-renouvelables en sources d'énergie renouvelable. J'ai également été impliquée dans l'étude de l'espérance de vie des batteries de stockage utilisées par la *Nasa* pour les véhicules utilitaires électriques. 4



# Evernote: votre deuxième cerveau

TEXTE : JULIE FIARD - JFI@EASI-IE.COM - HTTP://WWW.EASI-IE.COM - HTTP://WWW.TWITTER.COM/EASI\_IE - HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/EASI.EXPERTSDUWEB  
PHOTOS : @ELNUR - STOCK.ADOBE.COM (P.37)



ARTICLE en ligne

Ce n'est pas la première fois que nous parlons ici d'applications qui permettent de stocker des fichiers en ligne. Qu'en est-il encore de tous les documents «papier» que nous conservons au quotidien ? Des factures, des notes manuscrites en tout genre, les fameux dessins de nos enfants, petits-enfants, neveux, filleuls,... que nous gardons précieusement, des recettes de cuisine rassemblées au fil du temps, les manuels d'utilisation des appareils électroménagers, des prospectus, des cartes de visite,... Nos vies sont faites de documents à ne pas égarer, de cartes de visite à conserver, d'articles ou de documents à lire plus tard et/ou à archiver, etc. Ceux-ci s'accumulent, prennent de la place et pire, sont parfois introuvables quand on les cherche ! Qu'en pensez-vous ?

J'utilise *Evernote*, qui existe depuis 2008, personnellement et professionnellement chaque jour depuis 2011. C'est pourquoi je vous propose,

aujourd'hui, un article pratique sur l'utilisation de cette application que j'ai souvent évoquée par son aspect utile. Notez que pour des raisons d'accessibilité, les fonctionnalités présentées sont tirées de la version Web et de la version gratuite d'*Evernote*. Celle-ci peut être installée sur 2 appareils différents seulement (version gratuite oblige).

L'application a la mémoire d'un éléphant - c'est d'ailleurs l'emblème de l'application - et vous permet de centraliser tous ses documents et notes au même endroit. Et donc de les retrouver facilement et rapidement. En route vers le zéro papier !

## Prise en main

*Evernote* est une application nomade, c'est à dire qu'elle s'installe sur tous vos appareils: ordinateur, tablette et smartphone. Et vos données se synchronisent entre tous sans que vous ayez





besoin de faire quoi que ce soit. Vous pouvez l'utiliser sans réseau, elle se synchronisera alors dès que vous serez connecté à Internet et vos notes seront disponibles depuis n'importe quel appareil.

L'application s'installe directement sur votre ordinateur, tablette et smartphone en cliquant sur les liens disponibles sur le site: <https://evernote.com/intl/fr/download>. Une fois l'application téléchargée, il vous faudra créer votre compte comme pour n'importe quel autre outil disponible en ligne. Il existe également une version Web, sur laquelle vous pourrez vous connecter et retrouver vos notes et documents enregistrés via votre compte, dans la section «**Se connecter**». Cette version Web, dont vous pourriez penser qu'elle est superflue puisque vous avez déjà l'application, pourrait cependant s'avérer très utile au cas, par exemple, où vous perdriez tous vos moyens de communication portables.

Avant de vous lancer, il ne serait pas étonnant que vous ressentiez quelques réticences à confier une grande partie de votre «vie papier» à une application en ligne. *Evernote* recommande elle-même aux professions à caractère ultra confidentiel, comme les avocats ou les médecins, de ne pas l'utiliser pour stocker les données personnelles de leurs clients/patients. Il existe des logiciels spécialisés pour ce genre de données.

Pour tous les autres, les applications de stockage de données en ligne ont largement prouvé leur efficacité et leur fiabilité. Pour ce qui est d'*Evernote*, toutes les données qui lui sont confiées sont exportables et réutilisables dans certaines autres applications. Il est également possible d'en faire des sauvegardes, même si jusqu'à aujourd'hui, aucun événement de perte de données n'est à déplorer de leur côté. Vous avez en tous cas moins de risques de perdre vos données via *Evernote* que dans un incendie...

## Recueillir l'information

### ▪ LES CARNETS DE NOTES

*Evernote* va nous servir à nous «désencombrer» l'esprit. À conserver sans ne plus avoir peur de les perdre, toutes les informations essentielles à notre vie. À conserver et noter nos idées immédiatement afin de nous en «débarrasser» et ainsi les développer par la suite. Et bien évidemment, à rassembler tous ces éléments en un seul espace sécurisé et à les retrouver en moins d'une minute grâce à l'application.

Revenons à l'application, votre compte est créé. Concentrons-nous sur l'espace dans lequel vous allez classer les informations. Sur le menu à gauche,

cliquez sur «**Carnets de notes**», c'est ici que l'application va vous inviter à stocker toutes vos données. Dans des carnets de notes. Cela peut être intéressant pour vous de vous poser la question de ce que vous avez à stocker. Voici déjà une liste non exhaustive qui pourra vous aider:

- factures/reçus
- articles
- photos
- idées
- documents divers: maison, voiture, école, bureau,...
- recettes

Prenez le temps de faire la liste des grandes thématiques dans lesquelles classer vos documents.

Dans cette section, l'appli vous propose un exemple de carnets de notes dans lequel des notes sont déjà créées. Vous y trouverez des astuces pour archiver vos documents.

Vous avez ensuite accès à un autre carnet de notes intitulé «**Premier carnet de notes**»: il s'agit de votre carnet de notes principal, celui dans lequel vos notes vont se créer par défaut si vous ne choisissez pas d'autre carnet. C'est ici que vous allez retrouver les notes créées à distance (fonctionnalité que nous aborderons plus loin).

---

**ASTUCE:** pour qu'il s'affiche en premier si vous avez un grand nombre de carnets de notes à traiter et que vous utilisez un tri par titre, renommez-le en utilisant 2 zéros devant. Il s'affichera alors toujours comme ceci en haut de la liste: «**00Premier carnet de notes**».

---

Vous pouvez maintenant créer autant de carnets de note que vous le souhaitez, en fonction de la liste des documents que vous avez à traiter.

### ▪ LA CRÉATION D'UNE NOTE

Quand vous êtes dans un carnet de notes, il vous suffit de cliquer sur le bouton «+ nouvelle note» directement dans le carnet ou «**Créer une note**», dans le menu de gauche. Voilà, votre première note est créée. Dans l'espace «**Titre**»: tapez directement le nom que vous allez donner à votre document (*voir capture p. 39*).

Les principales fonctionnalités d'une note:

- Tout en haut de la note, vous retrouvez le nom du carnet dans lequel vous vous trouvez. En cliquant sur le nom du carnet, vous accédez au carnet et à toutes les notes qu'il contient. En cliquant sur le bouton à droite du nom, vous pourrez déplacer la note dans un autre carnet (déjà créé).



Evernote propose également de nombreux modèles prêts à l'emploi: planification des menus, budget d'un projet, prise de notes pour une réunion ou un cours dans diverses catégories allant du bien-être personnel au travail, en passant par le jardin, la planification de fêtes, l'école etc.

- Le bouton «Insérer» est la fonctionnalité la plus intéressante ici. Grâce à lui, vous allez pouvoir insérer directement dans la note:

- 1 une ou plusieurs tâches et les valider une fois que celles-ci sont faites. Cette fonctionnalité est très complète dans la version payante où il est possible d'ajouter aux tâches une date d'échéance, un rappel, etc.;
- 2 un tableau, de type tableur que vous pouvez modifier en fonction de vos besoins: nombre de lignes, colonnes, couleurs, etc.;
- 3 des pièces jointes telles qu'une ou d'autres notes disponibles également dans *Evernote*, des documents stockés sur votre ordinateur dans quasi tous les formats: word, excel, pdf, images, vidéos, etc.;
- 4 une photo: soit depuis vos appareils mobiles en prenant la photo directement dans l'application, soit en allant la chercher dans le dossier photo de votre appareil;
- 5 des boutons à cocher. Idéal pour la liste des courses par exemple;
- 6 «un bloc de code» qui permet aux développeurs ou à ceux qui s'initient au langage informatique, d'ajouter un espace dans lequel le texte ne sera contraint par aucune édition de texte. C'est à dire, un espace où le texte/le code peut être brut. Afin qu'il soit facile de le copier/coller dans un éditeur de code sans avoir à le nettoyer au préalable;
- 7 un dessin: en dessinant directement dans l'application qui propose un éditeur de dessin assez performant. Si vous utilisez une tablette avec un stylet, il est possible de dessiner directement dans l'application et votre dessin viendra s'ajouter à la note sur laquelle vous avez besoin d'ajouter un dessin, un croquis, un schéma.

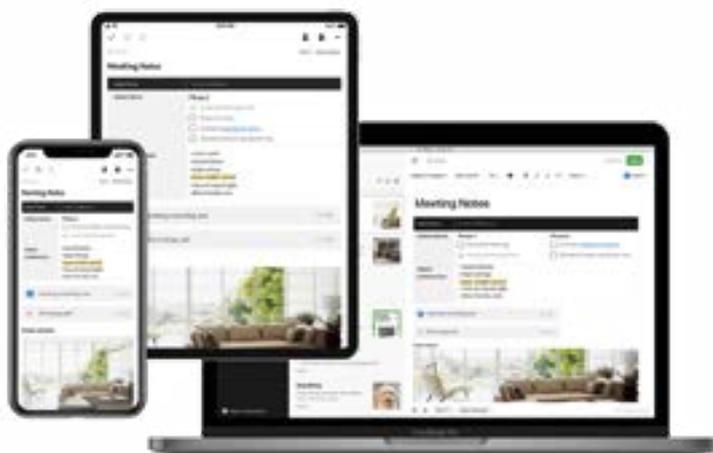
Il ne vous reste plus qu'à remplir votre note. Hormis tous ces outils, il est tout à fait possible d'écrire simplement du texte. L'éditeur de texte propose pour cela les fonctionnalités les plus utilisées: police, taille de police, surligneur, couleurs, listes à puces, lien Web, etc.

## Trier l'information

### • LES ÉTIQUETTES

Dans le menu proposé à gauche de l'application, sous «Carnets de notes», vous allez trouver la mention «Étiquettes». À quoi servent-elles ? Les étiquettes sont des mots-clés à ajouter aux notes pour faciliter la recherche et retrouver facilement les notes concernées. Vous pouvez créer et ajouter directement les étiquettes dans la section «Étiquettes» et ensuite, l'ajouter à la note à laquelle vous souhaitez l'attribuer. Dans la version Web, pour ajouter une étiquette à une note, il va vous falloir cliquer sur les 3 petits points à droite du bouton «partager» et ensuite sur «infos sur la note». Dans la section «Étiquettes», n'hésitez pas à ajouter autant de mots-clés que vous voulez.

Une fois vos étiquettes créées, vous aurez le loisir de les consulter dans la section «Étiquettes». Lorsque vous cliquez sur une étiquette, l'application sélectionne automatiquement toutes les notes concernées. Les étiquettes sont classées par ordre alphabétique.



### • L'ENVOI D'UNE NOTE

Comme nous l'avons vu, vous pouvez créer des notes directement dans l'application. Il est également possible d'envoyer des informations à *Evernote* qui va créer une note pour vous.





❶ En utilisant le **Web Clipper**.

À télécharger ici: <https://evernote.com/intl/fr/features/webclipper>. Le Web Clipper va s'installer dans la barre des extensions sur votre navigateur Web, sous la forme d'un petit éléphant vert. À quoi sert-il ? Lorsque vous trouvez une information sur Internet qui vous intéresse, que vous avez besoin de conserver (articles, confirmation de réservation, de commandes,...), il suffit à partir de la page Web que vous souhaitez recueillir, de cliquer sur le petit éléphant. Celui-ci va alors vous proposer plusieurs façons de «clipper» l'information afin qu'elle soit envoyée comme vous le souhaitez à *Evernote*.

- Dans la fenêtre du Web clipper, tapez directement le titre de la note. Si vous ne le faites pas, c'est le titre de la page Web qui servira automatiquement de titre pour la note.
- Grâce à la fonction «Format de capture» lorsque vous cherchez à capturer un article de blog par exemple, choisissez «article simplifié», celui-ci sera alors totalement nettoyé par l'application et le texte de l'article entièrement disponible dans la note que vous allez créer. La fonction «Capture d'écran» vous permet de sélectionner exactement l'élément que vous souhaitez conserver.
- Sous l'onglet «Organisation», vous avez la possibilité de choisir le carnet de notes dans lequel vous souhaitez que la note soit enregistrée.
- Ajoutez également autant d'étiquettes que vous voulez
- Cliquez sur «Enregistrer la capture», rendez vous dans *Evernote* et consultez la note que vous venez de créer à partir de votre capture Web.

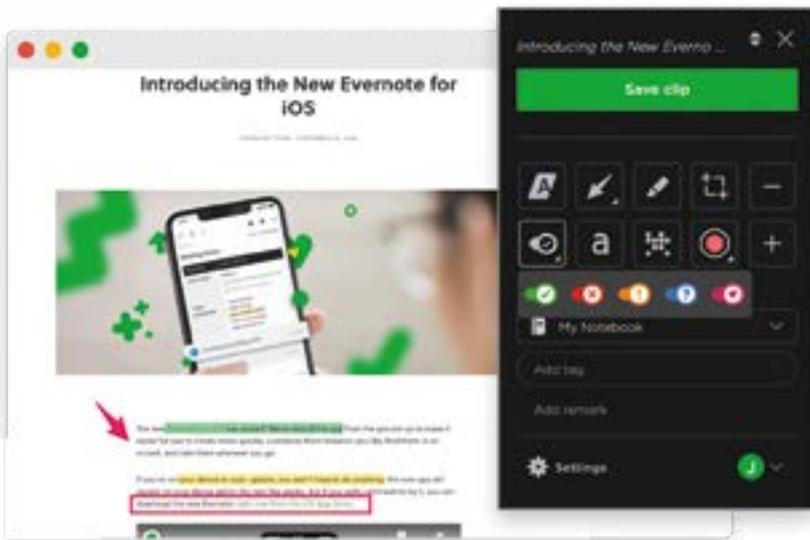
❷ En transformant des mails en notes.

Vous pouvez également confier à *Evernote* toutes sortes de documents reçus par mail. Inutile alors de télécharger la pièce jointe sur votre ordinateur pour ensuite la stocker dans *Evernote*. Il vous suffit simplement de transmettre le mail directement à l'application.

- Comment faire ? *Evernote* vous fournit une adresse mail personnelle *Evernote*, c'est à dire l'adresse à laquelle vous pouvez envoyer des informations afin de les transformer en note.
- Comment trouver votre adresse email personnelle ? En cliquant sur votre nom de profil tout en haut à gauche, puis en cliquant sur «Paramètres», dans la section «Résumé du compte», sous la mention «Envoyer les notes par email à» se trouve votre adresse mail sous le format suivant xxx@m.evernote.com. Enregistrez cette adresse mail dans votre messagerie sous le contact *Evernote* et envoyez à l'appli tous les emails que vous aurez envie de transformer en note.

💡 **ASTUCES SUPPLÉMENTAIRES:**

- si vous enlevez tout le corps du mail et que vous ne laissez que la pièce jointe, *Evernote* enregistrera seulement le document et l'affichera directement dans la note. Vous pourrez alors l'annoter et insérer tous les éléments que vous souhaitez.
- L'objet d'un mail devient le titre de la note. Une note envoyée par mail sera enregistrée dans le carnet par défaut «Premier carnet de notes», sauf si dans l'objet du mail vous ajoutez après le titre et un espace le nom exact du carnet de notes dans lequel vous souhaitez envoyer votre note, précédé de la mention @. Vous pouvez également ajouter une ou plusieurs étiquettes, après un espace et en faisant précéder le nom exact de l'étiquette (déjà enregistrée dans l'application) d'un #.



En plus de la capture d'écran, *Web Clipper* peut annoter la note avant son enregistrement: couleur, cadre, surlignage, flèches, symboles, tout est permis (ou presque !)

Vous l'avez compris, *Evernote* sert à tout retrouver en un clin d'œil et à se souvenir de tout. Maintenant, à vous de jouer ! Vous disposez des informations nécessaires pour prendre en main l'application. 📧

N'hésitez pas à nous faire part de vos découvertes en utilisant cet outil en nous envoyant un mail à [contact@easi-ie.com](mailto:contact@easi-ie.com)



# Cristaux: de la féerie au cauchemar

Des cristaux merveilleux (voir aussi *Athena* n°349, p. 41 et 353, p. 50) dont la hauteur atteint pratiquement la moitié de l'obélisque érigé place de la Concorde à Paris, oui cela existe !

TEXTE : PAUL DEPOVERE • DEPOVERE@VOO.BE  
PHOTOS : PAOLO PETRIGNANI / LA VENTA ARCHIVE (P.41)

Le fabuleux monde de la Grotte des cristaux géants qui s'est progressivement créé au cours de ce dernier demi-million d'années.

firent irruption dans ce qu'ils appelleront la *Cueva de las Espadas* (Grotte des épées) située à plus de 120 mètres sous la roche calcaire encaissant la mine de Naica (2), proche de Chihuahua, capitale de l'État éponyme. Et ils y remarquèrent d'impressionnants cristaux monocliniques (3) de sélénite [c'est-à-dire de gypse (4) ou sulfate hydraté de calcium,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] de plus d'un mètre de long. Près d'un siècle plus tard, d'autres mineurs découvrirent, en forant cette fois à plus de 300 mètres de profondeur, la majestueuse *Cueva de los Cristales* [Grotte des cristaux (géants)]. Mais ils ne purent y rester que quelques minutes au risque de suffoquer en raison des conditions extrêmes de température (proche de 58°C) et d'humidité relative (avoisinant 100%).

La meilleure théorie permettant de justifier la formation de ces structures colossales (la plus grande accusant une hauteur d'environ 12 mètres) invoque des processus qui n'ont pu se produire que sur des échelles de temps géologiques, de l'ordre du million d'années selon la datation par l'uranium-thorium. Cette grotte s'est formée sur une ligne de faille et était régulièrement remplie d'eau souterraine (saturée en ions sulfure,  $\text{S}^{2-}$ ) qu'une chambre magmatique située un peu plus bas gardait chaude. De temps à autre, l'ensemble de cette mixture se mettait à refroidir lentement tandis que de l'oxygène y diffusait, assurant ainsi la transformation des sulfures en sulfates. Ce sont là des conditions parfaites pour assurer la croissance de gigantesques cristaux (5), et on comprend qu'il sera difficile d'en trouver de plus massifs et plus parfaits.

Une bonne part des composés chimiques se présentent sous la forme de cristaux pour autant qu'ils aient été soumis à des conditions adéquates, notamment en ce qui concerne la température et la concentration de la solution qui les contient. De surcroît, la structure de la substance considérée doit être passablement régulière pour que cette dernière puisse se disposer selon un motif répété.

La cristallisation dépend aussi de la rapidité avec laquelle la solution est refroidie, voire de certains trucs (1) permettant d'amorcer le phénomène.

## La grotte des cristaux géants

On peut observer un exemple spectaculaire de cristallisation dans des grottes découvertes dès 1910 au Mexique lors d'opérations minières. Des ouvriers

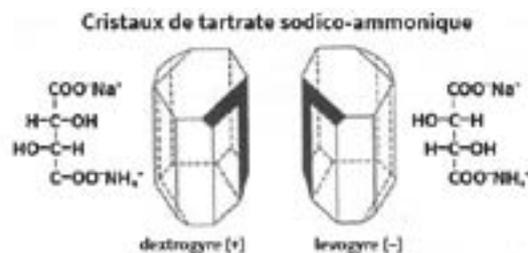
D'autres cristallisations de taille bien plus réduite aboutissent à des pierres précieuses. Tel est le cas des diamants, rubis, saphirs et autres émeraudes rivalisant par leur beauté. À une échelle encore plus petite on retrouve la majorité des principes actifs des médicaments se présentant à l'état solide dans les conditions ordinaires et dont les cristaux ne sont généralement visibles qu'à l'aide d'une loupe ou autre système de grossissement. C'est d'ailleurs ainsi que Pasteur (voir *Athena* n° 348, pp. 45-46) remarqua l'existence de cristaux énantiomorphes de sels tartriques (6), ce qui allait lui faire comprendre la notion de chiralité.

## D'épineux problèmes dans l'industrie pharmaceutique

La cristallisation est une technique fondamentale qui a souvent été mise à profit en chimie afin de purifier des composés. Un solvant qui, à l'ébullition, est capable de dissoudre une substance mais qui le peut moins lorsqu'il se refroidit est idéal pour effectuer une recristallisation. Grâce à cette opération, les impuretés restent en solution et les cristaux ainsi purifiés peuvent être recueillis par essorage.

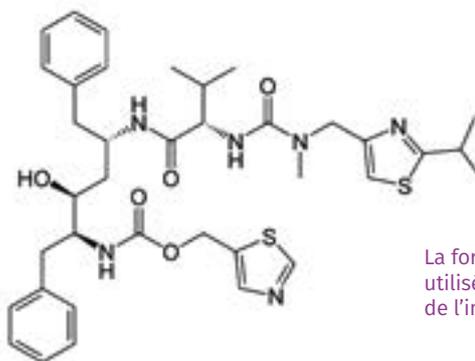
Comme mentionné précédemment (voir *Athena* n° 328, pp. 22-23), la découverte d'un énantiomère du thalidomide qui occasionnait d'horribles malformations congénitales obligea les spécialistes des médicaments à inclure de nouveaux tests de tératogénicité lors de la mise au point de leurs principes actifs. Autre gros souci : le problème du polymorphisme des substances médicamenteuses, c'est-à-dire de l'existence, pour un composé donné, de structures cristallines présentant des mailles élémentaires différentes. Et cela peut être à l'origine de graves conséquences. Certes, ces variétés cristallines peuvent n'être que de simples curiosités de laboratoire. Parfois cependant, elles font preuve de caractéristiques fort gênantes, notamment en ce qui concerne leur solubilité, ce qui a pour effet d'altérer la biodisponibilité et donc l'efficacité dudit médicament.

Tel fut le cas du ritonavir, un inhibiteur de la protéase du VIH (7) commercialisé en 1996 sous la forme de gélules semi-solides ou de suspensions pour usage oral de marque Norvir®, qui contenaient le principe actif – formulé au départ de cristaux appelés par la suite forme I – dissous dans de l'éthanol/eau. Un an et demi plus tard, un précipité apparut dans certains lots de gélules, lequel s'avéra correspondre à une nouvelle sorte de cristaux (forme II) résultant d'un polymorphisme conformationnel encouragé par la création, dans le réseau cristallin, de meilleures liaisons



La découverte par Pasteur de cristaux énantiomorphes, dont voici des modèles agrandis.

hydrogène stabilisatrices. Dès cette apparition, les cristaux de forme II, moins solubles, envahirent les cuves de préparation, faisant office de germes pour amener toute variété I à se transformer en structure II, inefficace. Les formulations de ritonavir durent être immédiatement retirées de la distribution et renvoyées aux galénistes, lesquels finirent par trouver un excipient permettant d'y bloquer le principe actif sous sa forme cristalline active.



La formule du ritonavir, utilisé pour le traitement de l'infection par le VIH.

Par la suite, les chimistes de chez *Abbott* (dirigés par Sanjay R. Chemburkar) trouvèrent des méthodes permettant de produire à nouveau la forme I dans des conditions strictement contrôlées, exempte de toute trace de forme II (qui aurait à nouveau converti toute forme I en forme II !). Bon nombre d'autres entreprises pharmaceutiques ont également été confrontées à des problèmes de polymorphisme, ce qui a exigé un volet supplémentaire, souvent compliqué, aux dossiers d'enregistrement de leurs futurs médicaments. <sup>(A)</sup>

(1) Un moyen simple de déclencher une cristallisation rebelle consiste à gratter la paroi du bécher avec une baguette en verre, chaque rayure servant alors de germe pour la naissance des cristaux.

(2) La mine de Naica contient des dépôts importants d'argent (Ag), de zinc (Zn) et de plomb (Pb).

(3) On distingue 7 systèmes cristallins: cubique, quadratique, orthorhombique, monoclinique, triclinique, rhomboédrique et hexagonal.

(4) Chauffé au-dessus de 130°C, le gypse se déshydrate en donnant un hémihydrate (CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O) à côté du sel anhydre et est finalement réduit en une poudre blanche qu'on appelle le plâtre. Gâché avec de l'eau, celui-ci se transforme en une bouillie épaisse qui fait prise (durcit) après un certain temps en redevenant le sel dihydraté.

(5) La vitesse de croissance de ces cristaux, estimée à 1,9 × 10<sup>-4</sup> nm s<sup>-1</sup>, bat tous les records de lenteur.

(6) L'énantiomorphie que découvrit Pasteur concerne l'existence de cristaux qui sont en relation d'images spéculaires, tout en étant non superposables.

(7) VIH est l'acronyme de «virus de l'immunodéficience humaine».

# BIO NEWS

TEXTE : JEAN-MICHEL DEBRY • J.M.DEBRY@SKYNET.BE

PHOTOS : ©ANDREY ARMYAGOV - STOCK.ADOBE.COM (P43), ©MATTHEW J. THOMAS - STOCK.ADOBE.COM (P44),  
©KYRYCHUKVITALIY - STOCK.ADOBE.COM (P45), ©GORODENKOFF - STOCK.ADOBE.COM (P46),  
©JAVARMAN - STOCK.ADOBE.COM / BIO ZOOM (P46)

## Du confinement et de ses bienfaits ignorés

**D**e près de 2 ans d'un confinement imposé, on a surtout retenu l'essentiel des effets négatifs. Il en a été suffisamment question que pour y revenir encore. Ce que le temps qui passe et l'accumulation des recherches rétrospectives permettent, c'est de dégager, en marge, quelques effets moins connus ou ignorés de cette réduction de liberté. Ceux-ci peuvent se positionner dans tous les registres, de manière positive et parfois moins glorieuse. On a fait remarquer qu'en dépit de quelques bonnes résolutions affichées, nombre de contemporains sont malheureusement retombés dans les travers d'avant confinement, avec tous les excès d'achats addictifs et compensatoires que cela implique. Mais d'autres ont pris la mesure des effets bénéfiques d'une saine dépense d'énergie, ainsi que des effets environnementaux du télétravail: réduction de la consommation de carburants et des pollutions associées, gain de temps à consacrer à d'autres activités, etc. Tout cela a pu être évalué sans difficulté au niveau individuel.

Mais il existe d'autres effets qui n'apparaissent qu'avec le temps et à la faveur de mesures spécialisées. La teneur en ozone de l'air, par exemple. On n'évoque souvent ce gaz que pour sa raréfaction saisonnière dans la haute couche atmosphérique (stratosphère) dans l'hémisphère sud, plus rarement pour ses effets hautement toxiques dans les couches plus basses (troposphère). Sauf pendant les quelques jours de fortes chaleurs (quand il y en a...) où la proportion de ce gaz ( $O_3$ ) devient trop élevée dans les zones plus massivement polluées. S'il réverbère, en altitude, comme tous les gaz composés de 3 atomes au moins, une partie du rayonnement solaire - et en particulier ceux qui sont les plus dangereux pour la peau - il est aussi, au niveau du sol un puissant oxydant. Il est donc dangereux pour les muqueuses où il peut à la longue provoquer quelques dégâts au niveau des respiratoires notamment. D'où quelques conseils de prudence parfois rappelés en été, à l'usage des enfants et des personnes sensibles.

Des études ont montré que la réduction du trafic et celle de l'activité industrielle, notamment en Chine et aux États-Unis, ont mené à une réduction substantielle à la fois de ce gaz et de ceux qui y sont associés, comme les oxydes d'azotes ( $NO_x$ ). Il s'agit d'un de ces effets collatéraux favorables des confinements. Va-t-il s'inscrire favorablement dans le temps ? Ça, c'est une autre histoire... 

► **Science, 2021; 372: 1163**





## Les oiseaux ont-ils du flair ?

Quelques idées bien arrêtées savent avoir la vie longue. La science n'en est pas exempte. Un des exemples qui connaît aujourd'hui de multiples corrections dans la presse scientifique est l'odorat des oiseaux. Pendant longtemps en effet, on a pensé qu'ils n'en avaient pas ou peu. C'est vrai qu'ils ont de quoi compenser, en particulier avec une vue qui leur permet d'embrasser tout l'espace avec une acuité à nous rendre jaloux. Ils ont aussi, pour certaines espèces (notamment migratrices) la faculté de se situer par rapport à l'axe magnétique du globe et se fixer ainsi un axe migratoire ou retrouver leur nid. Il nous faut donc aujourd'hui revoir encore notre copie. Non seulement les oiseaux ont de l'odorat, mais ils semblent en avoir bien davantage que nous, les humains, preuves génétiques à l'appui.

Si ce n'est pour l'«intérêt» scientifique, en quoi ce genre de découverte a-t-elle une quelconque importance ? On va le voir, cette importance peut être multiple et pratique. Qui, par exemple, n'a pas vu des centaines de mouettes suivre un tracteur dans son travail des champs pour, dans sa foulée, prélever du sol retourné vers et insectes. Comment font-elles ? Une réponse: l'odeur. D'où une idée qui n'a rien de saugrenu: ne pourrait-on pas diffuser dans l'atmosphère rurale, à certaines périodes, ce qui attire les insectivores dans les champs et les jardins ? Des odeurs neutres pour les humains mais attractives pour les prédateurs qui feraient faire l'économie de pesticides divers tout en favorisant la bombance de nuisibles. Et puis, un peu plus de mésanges dans un jardin, cela ne manque pas de charme, non ? Des applications sont-elles déjà en cours de validation à grande échelle ? Peut-être. Le bon sens étant de faire en sorte que la présence plus massive d'oiseaux ne soit pas une nuisance plus importante que celle des insectes. J'espère qu'on y pense... 

► *Science*, 2021; 373: 143-144 et 154-155

## Plastiques à la nage

Évoquer la présence de matières plastiques dans les mers et océans relève malheureusement aujourd'hui du lieu commun, tant la réalité est inscrite dans les esprits et malheureusement aussi dans les faits. Prévue pour être imperméable et résistante au temps qui passe, ces matières si associées à notre quotidien ont tout, en cas d'arrivée dans l'eau, pour y rester longtemps. Et comme la production se poursuit à cadence élevée dans des usines bien terrestres, la présence dans l'eau a tendance à devenir hautement cumulative tant que des dispositions ne sont pas prises pour en contrôler la destruction ou le recyclage intégral. On en est loin. On estime à 6% le recyclage et 8,5% l'incinération. Le reste ? Un usage continu pour 30,1% (seaux, boîtes de conservation alimentaire, etc.) et le solde, soit 55,4%, est jeté en décharge... ou ailleurs. Plus de la moitié, par conséquent.

Ce solde massif est fait d'emballages pour près de la moitié (47%), le reste étant constitué de déchets divers et de toutes tailles, de la microparticule de pneu au filet de pêche. Certains flottent en surface où, si on met les moyens techniques nécessaires en œuvre, on peut les repêcher. Certes pas tous: des micro plastiques s'y retrouvent aussi massivement qui

échapperaient à toute tentative mécanique de récupération. D'autres sédimentent sur les hauts et bas fonds où ils peuvent altérer les formes de vie qui s'y trouvent, comme les coraux. Il y a enfin tout ce qui flotte entre deux eaux, là où les poissons, les mammifères marins, les tortues peuvent les confondre avec des proies potentielles ou s'y faire prendre malheureusement comme dans un garrot. Les nano plastiques y seraient aussi les plus nombreux, ballottés par les mouvements des courants océaniques.

La situation est-elle sans retour ? Peut-être pas; en tout cas pour ce qui doit être produit à l'avenir. La collecte menant à la destruction, et idéalement au recyclage, mérite d'être optimisée. Elle ne le sera que si ce secteur atteint un niveau de rentabilité économique. On sait aussi que l'usage définit une foule de plastiques différents par leur nature chimique. Les PET (Polyéthylène téréphtalates) sont les plus abondants. Or, leur recyclage est normalement maîtrisé. Il s'agit de polymères qui peuvent être décomposés en unités de base par l'action successive de deux enzymes, la PETase et la MHETase. Les unités rendues à leur forme la plus simple (éthylène glycol et acide téréphtalique) sont alors prêtes pour une nouvelle

## La mort programmée

Le mythe de l'immortalité hante l'homme depuis qu'il a pris conscience de sa fin inéluctable. Avec le temps, l'avancement des connaissances et de la science en général, c'est plus raisonnablement l'allongement de la durée de vie qui s'est petit à petit imposée. Avoir une vie limitée certes, mais longue et en bonne santé, ce qui substitue intuitivement l'idée de longévité à celle de vieillissement, plus péjorative. La longévité n'est pas acquise d'office à la naissance. La génétique - en dehors des pathologies qui hypothèquent lourdement la durée de vie - intervient pour 30% déjà, mais ce sont les facteurs non héréditaires (en particulier environnementaux) qui se paient la part la plus importante dans les 70% résiduels. Et ces facteurs peuvent bien entendu avoir un effet cumulatif sur lequel chacun peut jouer favorablement. Faut-il rappeler à ce propos que la stratégie la plus opérante pour prolonger la vie tient à la restriction calorique ? Les expériences menées chez l'animal dont la souris et le singe primate l'ont clairement montré. On sait par ailleurs que certaines addictions qui ont la vie dure réduisent substantiellement la durée de vie, en particulier en raison des pathologies graves et invalidantes induites.

Et les télomères, alors ? Pour mémoire, il s'agit des extrémités de chacun des chromosomes qui ont la particularité, dès la fin du développement embryonnaire, de perdre une partie de leur longueur, «datant» de la sorte l'état de vieillissement des cellules qui les renferment. Une cellule du corps humain se multiplie en théorie et en moyenne une cinquantaine de fois, mais arrivée au terme du cycle, elle ne meurt pas pour autant: elle entre en sénescence, ce qui marque en revanche le début d'un affaiblissement progressif de ses fonctions.

Cet affaiblissement procède le plus souvent d'une boucle de rétroaction positive qui implique le stress oxydant, une altération des processus de réparation de l'ADN, une augmentation de l'état inflammatoire et quelques autres de nature épigénétique qui amplifient de façon graduelle l'effet de chacun d'entre eux. Cette lente érosion métabolique est celle qui explique la survenue des maladies dites liées à l'âge, comme l'athérosclérose, l'arthrose, l'insulinorésistance et autres joyeusetés du genre. Le tableau ne s'arrête pas encore à cela: il faut aussi compter avec une incidence d'infections virales et bactériennes plus grandes et une réduction massive des cellules souches. Les télomères évoqués peuvent être en partie reconstitués par une enzyme spécialisée, la télomérase. Est-ce suffisant pour enrayer le processus ? L'enrayer, non. Le ralentir, peut-être, comme l'ont montré des expériences menées chez l'animal.

Au final, que nous reste-t-il à faire ? Réduire les causes de vieillissement prématuré en optant pour un environnement sain, une alimentation qui l'est aussi et qui soit réduite à nos seuls besoins. Une accumulation d'excès, on le sait, peut se montrer cause de pathologies menant à une fin de vie parfois difficile et écourtée. La fin viendra de toutes façons. On peut se consoler en remarquant que dès l'instant que nous avons transmis notre ADN à la génération suivante, nous avons participé à un long processus évolutif qui a commencé avec des organismes unicellulaires il y a 3,5 milliards d'années et qui est au moins arrivé jusqu'à nous. Et un tel bail, c'est presque déjà l'éternité ! A

► *Médecine/sciences*, 2020; 36: 1113-1116

polymérisation industrielle, les faisant échapper à un rejet aveugle dans un environnement qui n'est pas fait pour les accumuler. On sait enfin que des bactéries semblent capables de dégrader certaines des matières plastiques, bien qu'encore à un niveau bien modeste.

Récupération des déchets en surface des eaux, recyclage industriel massif des composants les plus abondants et dégradation fine et contrôlée: voilà 3 solutions à mettre en œuvre pour au moins atténuer la charge polluante cumulative. Encore faut-il qu'une volonté existe de s'y investir... A

► *Science*, 2021; 373: 34-39





## Neandertal le séducteur ?

**S**i l'homme de Neandertal reparaît de façon épisodique dans la presse scientifique, c'est parce qu'il le mérite sans doute, mais aussi parce que la recherche le dévoile régulièrement un peu davantage. Jadis et pendant longtemps considéré comme une brute épaisse, il s'est affiné avec le temps, ce qui ne devrait pas nous déplaire puisque d'Engis à Spy, ce lointain cousin doit beaucoup - pour ce qu'on sait de lui - à son terroir wallon. S'il n'est pas originaire d'Eurasie (ce qui n'est pas avéré), c'est là qu'il a vécu le plus longtemps, dans des conditions qui n'étaient pas les meilleures, puisqu'il était contemporain des dernières glaciations. Il était présent il y a plus de 400 000 ans et aurait disparu il y a 32 à 39 000 ans, toutes ces datations étant susceptibles de s'affiner encore.

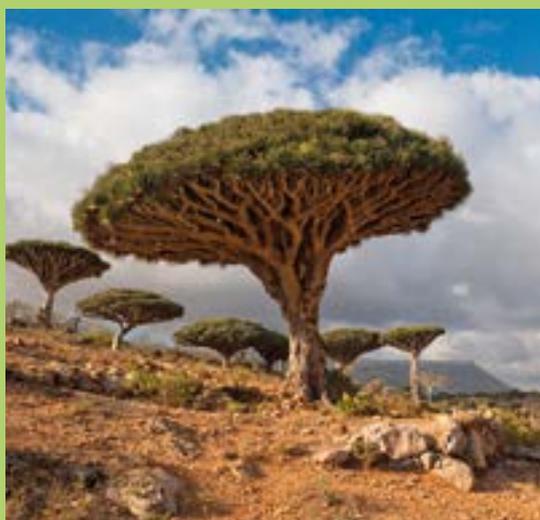
Si sa morphologie ne correspond pas trop aux canons actuels de la beauté, Neandertal n'en a pas moins procédé à quelques échanges peu diplomatiques avec des espèces ou sous-espèces d'*Homo* apparentées, comme en témoignent des publications récentes. On sait déjà depuis quelques

années qu'il a habité, à l'Est, l'Asie centrale et même la Sibérie où il a fréquenté de très près l'Homme (disons la femme...) de Denisova. Ce sont des sites de fouilles dont on a exhumé des vestiges soumis tant à l'examen morphologique que génétique qui en témoignent. Pour l'occasion, on a pu affiner la connaissance que l'on a de son ADN, ce qui nous en dira davantage sur ce que nos génomes ont en commun. Déjà, on sait qu'en bons contemporains, Neandertal et sapiens ont aussi partagé des gentillesces ce qui vaut à l'Homme moderne de posséder 2 à 3% environ de gènes de ce cousin. Est-ce tout ? Apparemment non, puisque des vestiges exhumés du sol d'Israël, datés de 140 000 à 120 000 ans d'ici et soumis à examen génétique, tendraient à démontrer que Neandertal, passant par là, aurait acquis un peu de génome plus archaïque et, partant, non européen.

Le territoire occupé par ce cousin lointain pendant plusieurs centaines de milliers d'années était vaste, mais cela ne l'aurait pas empêché - sans doute pour y trouver des conditions de survie plus favorables - d'aller vers le sud. À ce propos, il n'est pas inutile de se souvenir que les importantes variations climatiques traversées ont eu des répercussions sur le niveau des mers et océans, permettant à leurs contemporains de gagner des territoires que des bras de mers rendent plus complexes à gagner aujourd'hui.

Les quelques pourcents que Neandertal nous a légués sont donc mâtinés d'acquisitions glanées de-ci, de-là. On ne va pas l'en accuser à quelques dizaines de milliers d'années de distance. Et puis après tout, ne lui doit-on pas une part de notre richesse génétique ? 

► **Science, 2021; 372: 1424-1433**



## BIO ZOOM

On ne le voit pas sur cette photo mais si vous blessez un dragonnier de Socotra (*Dracaena cinnabari*), c'est du sang qui coulera. Enfin, plutôt de la résine rouge dite sang-dragon. Selon la légende, ces arbres endémiques de l'île de Socotra (Yémen, Océan indien) seraient nés là où le sang de Ladon, le dragon à 100 têtes terrassé par Hercule, a coulé. Grâce à leur feuillage en forme de parasol et leur hauteur (jusqu'à 12 m), ils parviennent à capter l'eau suffisante à leur survie dans cet environnement montagneux et aride. Ils fournissent par la même occasion un bel abri pour les oiseaux ou animaux qui cherchent de la fraîcheur. Rares arbres présents sur cette île, ils sont aujourd'hui menacés par un climat de plus en plus sec, un nombre croissant de tempêtes et surtout par les chèvres et moutons qui grignotent tout sur leur passage, y compris les jeunes pousses, à qui il faut une centaine d'années pour devenir adultes...



# Du soleil liquide

**Le recours à l'énergie solaire est sans doute la solution la plus durable à nos problèmes énergétiques. Elle est propre, infinie, facile à capter... mais hélas intermittente. Depuis une dizaine d'années, des chercheurs tentent donc de la stocker sous forme d'un liquide. D'intéressants progrès viennent d'être réalisés dans ce domaine**

TEXTE : HENRI DUPUIS - DUPUIS.H@BELGACOM.NET

PHOTOS : ©CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, PER ERSÉUS, SPRÅNG KOMMUNIKATION (P.47),  
©YEN STRANDQVIST/CHALMERS UNIVERSITY (P.48)

**U**n matin comme un autre à l'Université Jiao Tong de Shanghai. Des chercheurs découvrent dans leur courrier une petite fiole remplie d'un liquide brunâtre. Leur mission ? Transformer ce liquide en électricité. Car cette fiole contient de l'énergie solaire captée il y a longtemps et loin de la ville chinoise, en Suède. Pour en arriver là, il y a une décennie de recherches et l'obstination d'un homme qui méritent d'être contées.

Les auteurs de l'article qui vient de paraître dans *Cell Reports Physical Science* (1) ont d'ailleurs eu la bonne idée de rappeler le contexte de leur recherche en introduction de leur publication. Ils soulignent ainsi que la consommation totale d'énergie devrait atteindre 21 TWan (2) d'ici 2040 (c'est demain), soit une croissance de 130% par rapport à 2019 (c'était hier). Mais, nous le savons, la toute grande majorité de cette énergie est d'origine fossile. Ils font également remarquer que l'énergie solaire est la ressource énergétique la plus abondante sur Terre: 2,3.10<sup>4</sup> TW atteignent la Terre chaque année. Le calcul est simple: 7 h d'ensoleillement suffisent

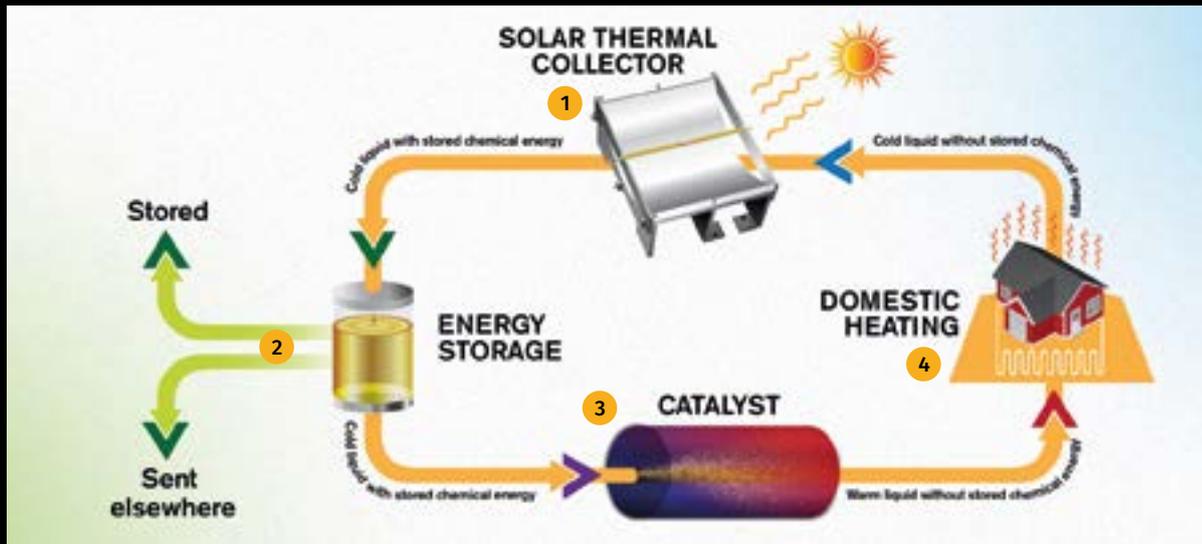
C'est bien une infime part de l'énergie du soleil que ce chercheur tient dans sa main !

théoriquement pour couvrir nos besoins annuels en énergie !

Comment captions-nous actuellement cette énergie ? Essentiellement grâce à l'utilisation de cellules photovoltaïques mais les meilleures n'ont qu'un rendement de 30% et, faut-il le rappeler, l'intensité du rayonnement solaire varie selon le temps (rien la nuit) et le lieu (le Sahara n'est pas l'Irlande). Sans parler des problèmes de son stockage, pratiquement anecdotique, que ce soit sous forme de chaleur ou d'électricité. Depuis des décennies, nous sommes donc à la recherche de technologies qui permettent d'utiliser l'énergie solaire de manière plus continue et maniable. Une technologie envisagée a, par exemple, été celle des centrales solaires thermiques à sels fondus ce qui permet de produire de l'électricité quelques heures encore après le coucher du soleil. Mais ces centrales sont gigantesques, nécessitant de grands concentrateurs solaires. On retombe là dans le gigantisme longtemps reproché au nucléaire. Peu de progrès intéressants donc.

## Un liquide qui retient l'énergie

C'était sans compter avec l'obstination d'un chercheur suédois, Kasper Moth-Poulsen, de l'Université polytechnique Chalmers de Göteborg.



Le capteur solaire ① se présente comme un réflecteur concave où les rayons du soleil sont concentrés sur le tuyau central où circule le liquide stockeur d'énergie; pour cela, il suit les mouvements du soleil comme une antenne parabolique. Le liquide (qui est froid) contenant l'énergie est ensuite soit stocké à température ambiante pour un usage différé, soit envoyé ailleurs ②. Au moment et à l'endroit où l'on veut l'utiliser, un catalyseur est mélangé au liquide ③. L'énergie solaire est alors libérée sous forme de chaleur ④ ou même aujourd'hui, sous forme d'électricité.

Début des années 2010, celui-ci et son équipe se mettent à chercher un système qui permet de capter et surtout stocker l'énergie solaire afin de pouvoir la réutiliser même quand les rayons solaires qui en sont l'origine ont disparu depuis longtemps. Ils arrivent à un premier résultat en 2013: un composé chimique liquide à base de ruthénium semble pouvoir remplir ce rôle. Mais le ruthénium est cher et le rendement de conversion de l'énergie solaire ne dépasse guère 0,01% !

L'équipe ne renonce pas et 4 ans plus tard, un bond en avant a été réalisé. Le «stockeur» d'énergie utilisé est cette fois une molécule plus banale, le norbornadiène, un hydrocarbure composé de carbone, hydrogène et d'azote qui a la propriété de changer de géométrie quand il est exposé aux rayons solaires, l'énergie des photons étant stockée dans les liaisons chimiques, les liaisons doubles se transformant en liaisons simples lors de l'exposition. Dans la suite, il «suffit» d'injecter un catalyseur pour que les molécules reprennent leur forme initiale en libérant l'énergie qu'elles ont emmagasinée. Et cela peut se faire très longtemps après, jusqu'à 18 ans plus tard selon les chercheurs. L'énergie est alors restituée sous forme de chaleur. Quant au liquide qui a précieusement gardé l'énergie en son sein, une fois celle-ci libérée, il peut être réutilisé un grand nombre de fois (environ 140 fois maximum d'après les tests menés) puisque ses molécules ont repris leur forme initiale. Autre caractéristique du système: son caractère compact. Il peut en effet contenir 250 wattheures d'énergie par kilo de liquide. C'est la technologie du MOST (*MOlecular Solar Thermal energy storage systems*), système

de stockage d'énergie thermique solaire moléculaire.

## Produire de l'électricité

À cette époque cependant, si le rendement s'est fortement amélioré (1,1% au lieu du 0,01% précédent), l'énergie n'est restituée que sous forme de chaleur. Pas la forme la plus simple à utiliser (un échange thermique avec de l'eau par exemple) d'autant que les températures atteintes ne permettent que difficilement de transformer cette eau en vapeur, donc pas de quoi envisager d'entraîner une turbine pour produire de l'électricité.

C'est à cette quête que vont s'atteler les chercheurs. Ils savent en effet que notre société est branchée au tout électrique et que les sources primaires (soleil, vent, eau, biomasse...) ne serviront plus qu'à cela: produire du courant. C'est ici qu'intervient l'équipe de Shanghai qui a imaginé un très petit microgénérateur - environ 1 micron d'épaisseur - qui convertit la chaleur libérée en courant électrique. La puissance atteinte reste très faible, moins d'1 nW (nanoWatt). Cependant, on peut envisager l'utilisation d'un tel dispositif dans les GSM, des montres connectées, etc. Même s'il reste de très nombreux développements pour rendre ces dispositifs utilisables quotidiennement, il faut souligner cette performance: l'énergie du soleil captée à un moment «t» en un lieu «l» pourra à l'avenir être utilisée en un tout autre endroit en un temps bien postérieur. Sans câble, sans batterie de stockage, sans émissions polluantes. ④

<sup>(1)</sup> *Chip-scale solar thermal electrical power generation*, Zhihang Wang et al., *Cell Report Physical Science*, Volume 3, Issue 3, March 2022.

<sup>(2)</sup> Le terawattan est l'équivalent de 8 766 terawatheures (nombre d'heures moyen dans une année).

Le wattheure correspond à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'1 watt pendant une heure.

Le térawatt correspond à  $10^{12}$  watts, soit 1 000 milliards de watts.

# Quoi de neuf dans l'espace ?

L'astronautique, depuis l'an 2000, se développe à l'heure du *New Space*. L'entreprise privée fourmille de projets novateurs de systèmes spatiaux. Lanceurs partiellement réutilisables, constellations en orbite basse: les hommes d'affaires sont entrés dans la partie et entendent marquer de leur empreinte l'odyssée de l'espace. Des sociétés commerciales vont jusqu'à proposer des missions habitées à bord de l'*Iss*. Ainsi *Axiom Space*, en coopération avec *SpaceX*, vient d'y effectuer une 1<sup>re</sup> expédition de 4 astronautes. Elle projette d'installer un module privé sur l'actuelle station

TEXTE: THÉO PIRARD | PHOTO: SPACEX

## Le transport orbital suscite de nombreuses convoitises. N'y a-t-il pas pléthore d'offres dans le monde ?

C'est *SpaceX* qui s'affirme comme le leader privé pour l'accès à l'espace. Son lanceur *Falcon 9* qui fonctionne au kérosène et à l'oxygène liquide est le seul au monde à mettre en œuvre un 1<sup>er</sup> étage réutilisable. En 2021, il a effectué une trentaine de vols depuis 3 complexes de lancements: 2 au Cap Canaveral (Floride) et 1 sur la base de Vandenberg (Californie). Et la cadence s'accélère: du début de cette année au 1<sup>er</sup> mai, ce sont déjà 26 missions qui ont été réalisées ! Le score d'un lancement par semaine pourrait bien être atteint en 2022. *Falcon 9* sert à une grande variété d'opérations spatiales: déploiement de satellites en grappes, mises en orbite de transfert géostationnaire, ravitaillement de l'*Iss*, envoi d'équipages dans l'espace...

L'exemple d'Elon Musk fait éclore d'autres initiatives comme celle de Jeff Bezos avec le *New Glenn* - partiellement réutilisable - de *Blue Origin*: son premier envol est attendu



Les 1<sup>ers</sup> étages du lanceur *Falcon 9* à l'assemblage près de Los Angeles

pour 2023... Mais y a-t-il un réel marché qui justifie cette prolifération de nouveaux lanceurs aux États-Unis (*Electron*, *Astra*) et en Europe (principalement en Allemagne et au Royaume-Uni) ?

## Dans quelle mesure les pouvoirs publics laissent-ils la voie libre à l'initiative privée dans l'exploitation du milieu spatial ?

L'entrepreneur américain Greg Wyler a montré l'orbite à suivre. Il est bel et bien comme «Mr Constellation» un pionnier du *New Space*. Dès 2007, il faisait le pari de miser sur des grappes de satellites pour mettre l'Internet haut débit à la portée de tous autour le globe. Auprès de l'UIT (*Union Internationale des Télécommunications*), Greg Wyler projette des constellations de plus en plus ambitieuses: *O3b Networks* avec l'opérateur luxembourgeois *SES*, puis *OneWeb* (avec 720 micro-satellites d'*Airbus*). En 2021, ce dernier, qui a entre-temps quitté *OneWeb*, annonce la méga-constellation *E-Space*: soit plus de 300 000 nanosats enregistrés via le Rwanda !

Les milliardaires de l'informatique lui ont d'ores et déjà emboîté le pas: Elon Musk avec *Starlink* (plus de 2 500 satellites lancés à ce jour), Jeff Bezos avec *Kuiper* (3 200 satellites à l'horizon 2026). Mais aucun pouvoir public d'envergure globale n'encourage à prendre des mesures concrètes pour empêcher des collisions sur orbite. Que faire dans l'immédiat pour empêcher des essaims de débris en tous genres au-dessus de nos têtes, alors que se multiplient les satellisations ?

## Comment se positionne la Chine qui devient la première puissance dans l'espace ?

Pékin, qui développe un ambitieux programme d'activités spatiales, est favorable à l'avènement de compagnies privées pour commercialiser de nouveaux lanceurs et systèmes d'applications. Les instances chinoises, avec la *CASC* (*China Aerospace Science & Technology*), misent beaucoup sur l'innovation technologique pour réduire le coût des opérations autour de la Terre. Elles marquent de plus en plus de leur empreinte avec une offre compétitive d'acteurs non gouvernementaux. 

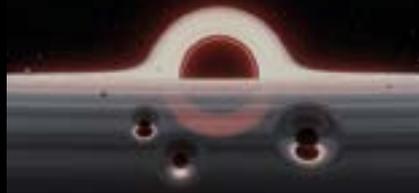
# À la Une du cosmos

TEXTE : YAËL NAZÉ · YNAZE@ULIEGE.BE ·  
HTTP://WWW.ASTRO.ULG.AC.BE/NEWS



Comme dans les novae, l'explosion de lumière est due à des processus de fusion nucléaire explosive ayant lieu dans la matière entourant un soleil mort (ce qu'on appelle une naine blanche), matière provenant d'un compagnon qui se fait donc cannibaliser. Pour les micro-novae, ce processus semble localisé aux pôles magnétiques ce qui génère un événement plus court et moins puissant.

CRÉDITS: ESO · VUE D'ARTISTE



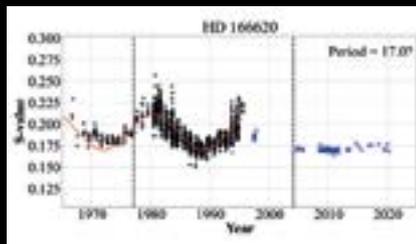
Les ondes gravitationnelles de GW190521 indiquent la fusion de deux trous noirs mais l'événement était assez bizarre: trous noirs fort massifs, flash lumineux, objets pas en orbite circulaire l'un autour de l'autre avant la fusion. Pour expliquer cela, les chercheurs suggèrent des interactions entre trois trous noirs à l'intérieur du disque de gaz entourant un trou noir super massif. Les orbites des trous noirs deviendraient excentriques, ce qui facilite les rencontres donc les fusions.

CRÉDITS: NIELS BOHR INSTITUTE · VUE D'ARTISTE



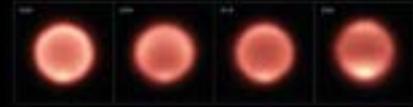
On voit souvent de jolies boucles coronales autour du Soleil, mais il semblerait que ce ne soit souvent qu'une illusion. Selon de nouvelles simulations, il s'agit plutôt de plis dans des «feuilles» de plasma.

CRÉDITS: TRACE



Le Soleil présente un cycle d'activité de 11 ans, et il n'est pas seul - on connaît plusieurs dizaines d'autres étoiles ayant ce genre de cycle. Pour l'une d'entre elles, HD 166620, le cycle semble s'être arrêté, un peu comme au 17<sup>e</sup> siècle pour le Soleil (minimum de Maunder).

CRÉDITS: BAUM ET AL.



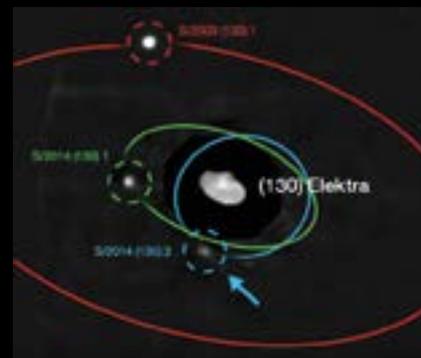
Les télescopes européens au Chili observent Neptune depuis 17 ans. Alors que c'était le début de l'été sur la planète, les données montrent une température globale en baisse de 8° C sur 15 ans puis un réchauffement de 11° C en deux ans, mais juste au pôle Sud.

CRÉDITS: ESO



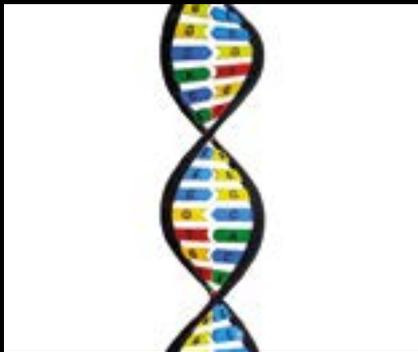
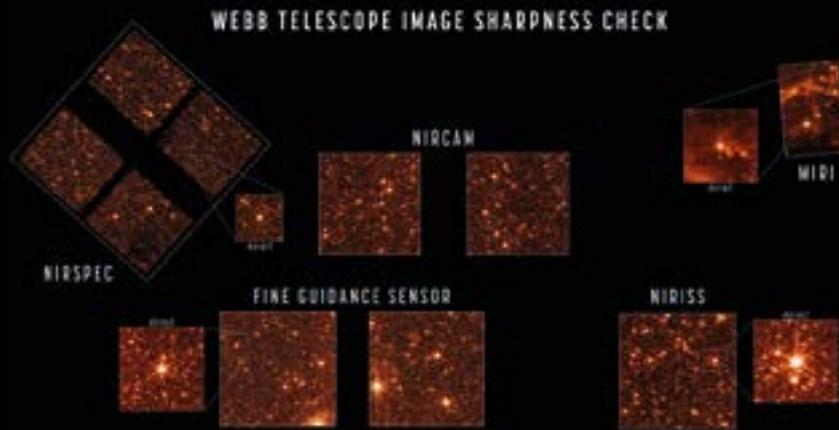
Le nombre d'exoplanètes confirmées vient de dépasser les 5000. En parallèle, les atmosphères de 25 Jupiters chauds ont été scrutées en détail par le télescope *Hubble*. Leur atmosphère très chaude possède parfois une inversion thermique et des oxydes métalliques.

CRÉDITS: ESO · VUE D'ARTISTE



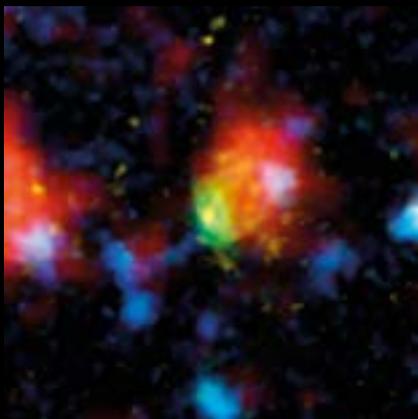
L'astéroïde 130 Elektra possède... trois lunes ! Vu son orbite, cette 3<sup>e</sup> lune provient probablement d'un impact. Comme un tel processus peut en créer beaucoup, il n'y aurait pas de limite formelle sur le nombre de lunes qu'un objet peut avoir.

CRÉDITS: NARIT



L'ADN et l'ARN sont connus pour être formés de 5 bases - trois d'entre elles avaient été découvertes dans des météorites auparavant, les deux dernières viennent de l'être. Une bonne nouvelle pour l'astrobiologie ?

CRÉDITS: GENOMEQUEBEC



L'étude de vingt mille galaxies lointaines indique qu'il y avait beaucoup plus de flambées de formation d'étoiles par le passé, bien plus même que ne le prédisent les modèles.

CRÉDITS: NASA/JPL/SUBARU

Le télescope *James Webb* a ses miroirs parfaitement alignés et il est à température pour travailler...

CRÉDITS: JWST



La guerre en Ukraine a aussi des conséquences spatiales: invectives du chef de l'agence spatiale russe (sans conséquences - ainsi, l'astronaute américain a pu descendre de la station avec le module russe), arrêt de l'instrument *e-ROSITA* - allemand mais installé sur un satellite russe, report du lancement d'*Exomars*, arrêt de la collaboration russo-européenne (missions lunaires, lancements de *Soyouz* depuis la Guyane, etc), et... annonce américaine d'un arrêt de leur possibilité de détruire des satellites avec des missiles.

CRÉDITS: ©PETER KOVALEV/TASS



BONUS en ligne



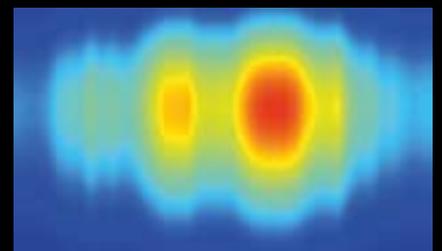
Le micro installé sur Mars révèle les particularités des sons martiens: haute fréquences supprimées, fréquences moyennes voyageant plus vite que les basses... et utilisation du micro comme thermomètre ! L'hélicoptère *Ingenuity* fonctionne aussi très bien et a pris des images des images du parachute et du bouclier qui lui ont permis d'atterrir...

CRÉDITS: INGENUITY



Les dunes sont nombreuses dans le système solaire mais on vient seulement de comprendre leur formation sur deux lunes. Sur Io, c'est le dioxyde de soufre qui serait responsable tandis que, sur Titan, c'est un processus appelé frittage qui permet leur existence.

CRÉDITS: NASA/JPL



Le télescope en rayons X *NICER* a observé pour la première fois la fusion de deux taches chaudes à la surface d'un magnétar.

CRÉDITS: NICER



# Le spatial chamboulé par la guerre en Ukraine : quels enjeux pour l'Esa ?

Le conflit entre l'Ukraine et la Russie entamé fin février chamboule la planète entière, et le monde du spatial ne fait pas exception. La Russie s'est retirée ou a été exclue de la plupart des projets internationaux dont elle faisait partie. Les agences spatiales occidentales ne peuvent plus utiliser le véhicule russe Soyuz pour leurs lancements et cela entraîne des retards considérables dans un grand nombre de projets. Côté européen, la mise en service du stratégique «GPS européen» Galileo est retardée, tout comme l'envoi de la mission d'exploration ExoMars 2022. Une menace pèse aussi sur la Station spatiale internationale. Est-ce la fin d'une coopération de plus de 30 ans ?

TEXTE: FLEUR OLAGNIER - FLEUR.OLAGNIER@GMAIL.COM

PHOTOS: ©2020 ESA-CNES-ARIANESPACE (P.52), ©THALÈS ALENIA SPACE (P.53)

Pas sûr qu'on reverra de si tôt le lancement d'un satellite d'observation militaire français par une fusée Soyuz depuis Kourou...

**D**epuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie, c'est branle-bas de combat dans les agences spatiales internationales. Car depuis la Guerre froide, la Russie est bel et bien un acteur à part entière du secteur, impliqué dans d'innombrables missions spatiales scientifiques, techniques et commerciales. Aujourd'hui cependant, la patrie de Vladimir Poutine est mise à l'écart de la plupart des collaborations internationales. Un contexte qui pèse tant sur les missions d'exploration que sur les projets industriels, comme nous commençons à l'évoquer dans le précédent numéro d'*Athena*. «*Comparé aux pertes humaines et aux dégâts matériels causés par le conflit, les conséquences sur le spatial sont un dommage collatéral, mais le secteur va en pâtir*», commente Pierre Coquay, directeur du département Recherche et Applications spatiales de la *Politique scientifique fédérale (Belspo)*.

La Russie a rappelé les 87 ingénieurs qui se trouvaient au Centre spatial guyanais (CSG) de Kourou. Géré par les agences spatiales européenne (Esa) et française (Cnes), le CSG collaborait depuis environ 10 ans avec l'agence spatiale russe Roscosmos dans le cadre des lancements des vaisseaux Soyuz. Ainsi, jusqu'à nouvel ordre, ceux-ci ne décolleront plus du CSG, ce qui va causer à court terme

des retards problématiques pour l'Esa. «La non-disponibilité du Soyouz compromet notamment la mise en place de la constellation Galileo (le GPS européen), une mission stratégique pour l'Esa», souligne Pierre Coquay.

## L'Esa mise en difficulté

L'agence spatiale européenne doit réfléchir à des solutions de repli. Le lanceur Vega et son futur successeur Vega-C sont une possibilité, mais les ingénieurs en propulsion qui les développent sont ukrainiens... «L'usine a été bombardée et est fermée, ce qui pourrait causer des retards pour les livraisons des prochains lanceurs à partir de 2023, anticipe Pierre Coquay. Il reste encore quelques vols d'Ariane 5 prévus mais déjà bien remplis. Nous sommes donc aussi dans une phase de transition où l'enjeu est la mise en service d'Ariane 6. Ce n'est pas prévu avant un an et demi à 2 ans, il va donc falloir accélérer sur ce terrain».

En outre, il serait possible de faire appel à SpaceX de la même manière que OneWeb. L'entreprise britannique a en effet signé un contrat avec la société d'Elon Musk pour envoyer ses satellites dans l'espace courant 2022 - au mois de mars 428 satellites de télécommunications de la constellation de OneWeb sur 650 étaient placés en orbite. Toutefois, assembler le futur «GPS européen» grâce à une société américaine semble stratégiquement discutable.

Jusqu'à présent, la Russie a su valoriser son potentiel spatial, pourtant technologiquement éprouvé, grâce à ses collaborations internationales. Mais ce dynamisme est ébranlé, notamment car elle refuse l'intégralité des lancements de missions occidentales à partir du cosmodrome de Baïkonour. La Russie a aussi cessé les livraisons de moteurs à destination des fusées américaines (voir Athena n° 356, p. 53) et suspendu la participation de l'agence spatiale américaine (Nasa) à la mission Venera-D d'exploration de Vénus.

## La science impactée

Ainsi, les missions scientifiques sont aussi à la peine. L'Esa a annoncé le report d'ExoMars 2022, la seconde étape du programme en 2 temps d'exploration de Mars, qui devait décoller en septembre. «Tout le monde était prêt pour le départ à Baïkonour avant les derniers tests et le lancement par une fusée russe Proton», déplore Véronique Dehant, planétologue à l'Observatoire royal de Belgique qui a travaillé plus de 20 ans sur LaRa, le seul instrument belge de la mission, fabriqué par la société Antwerp Space et l'UCLouvain. Cet instrument a pour objectif de mesurer la vitesse relative de Mars par rapport à la Terre, donc sa



rotation, qui elle-même fournit des informations sur la composition de l'intérieur de la planète.

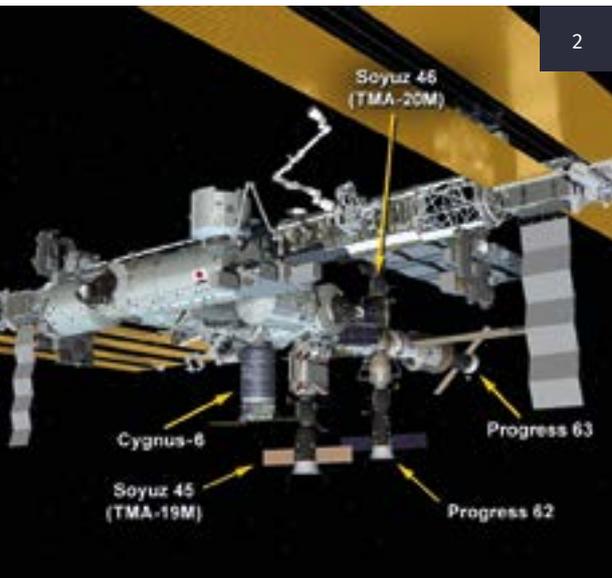
ExoMars 2022 comprend un atterrisseur muni de 14 instruments dont 12 sont russes. Roscosmos est aussi en charge de 2 instruments sur les 9 qui équipent l'astromobile européen Rosalind Franklin (rover du type de Curiosity ou Perseverance de la Nasa déjà à la surface de Mars, NdlR - voir photo 1 ci-dessus) et des sources radioactives qui vont lui permettre de fonctionner. «Le timing était déjà très serré, l'Esa a confirmé que le lancement serait reporté à la prochaine fenêtre de tir où Mars est la plus proche de la Terre, c'est-à-dire en 2024, décrypte Véronique Dehant. Mais il va falloir que l'agence spatiale européenne se charge elle-même du lancement, par exemple avec Ariane 6 ou SpaceX, et donc inévitablement, la plateforme devra être réadaptée. Chaque composant est qualifié "spatial" pour une durée déterminée et certaines pièces devront sûrement être changées car obsolètes le moment venu. Pour moi, si on est réaliste, cela ne pourra pas avoir lieu avant 2026.»

Le rover Rosalind Franklin de la mission Exomars 2022 ne foulera pas le sol martien avant au moins deux ans

## Fin prématurée pour l'ISS ?

Depuis la fin de la Guerre froide, la Station spatiale internationale est le symbole de la paix et de la collaboration entre d'anciens ennemis: les États-Unis et l'Europe, et la Russie. Malheureusement, cette coopération de près de 30 ans est potentiellement compromise. L'année dernière, les Russes avaient annoncé leur retrait de l'ISS à partir de 2025 (voir Athena n° 356, pp. 56-58) et la guerre en Ukraine laisse craindre une sortie encore plus brutale. D'autant plus que depuis





2020, le *Soyouz* russe est fréquemment remplacé par la capsule *Crew Dragon* (SpaceX) pour acheminer vivres et astronautes vers la station. « Trente ans d'étroite collaboration entre les États-Unis et la Russie, ça ne s'arrête pas comme ça, même si la fin de la Station spatiale internationale se profile, tempère Emmanuël Jehin, astrophysicien à l'Université de Liège (ULiège). Les cosmonautes russes continuent d'arriver à bord. Tous ces astronautes ont déjà travaillé ensemble et savent qu'ils ont besoin les uns des autres pour survivre dans l'espace. Ils sont intelligents et la Nasa a confirmé que pour l'instant, tout le monde restait professionnel. Il y a la guerre, et il y a ce qui se passe à l'intérieur de la station ».

Des paroles rassurantes, mais qui n'éclipsent pas la menace ouvertement tweetée par Dmitri Rogozine, le directeur général de *Roscosmos*. Ce proche de Poutine a sous-entendu que la Russie pourrait compromettre l'altitude de l'ISS. Car c'est bien la Russie, avec des poussées effectuées par ses modules cargo *Progress* et *Soyouz* idéalement accrochés sur la structure (voir photo 2 ci-dessus), qui « remonte » régulièrement la station spatiale à son altitude de croisière. Sans quoi, elle finirait par « retomber » sur Terre. « Ces propos sont inquiétants mais il faut rester lucide, modère Emmanuël Jehin. La Russie n'aurait pas intérêt à détruire l'ISS car ses astronautes n'auraient alors plus accès à l'espace dans l'immédiat et il existe toujours une probabilité non négligeable que des débris retombent sur le territoire russe. De plus, ce sont les États-Unis, avec leur module placé au centre de la station, qui ont le contrôle de l'électricité. La Russie ne peut donc pas faire ce qu'elle veut ». Une réflexion serait en cours pour que le contrôle d'altitude puisse être opéré à partir de l'ATV européen et du module *Cygnus*, à la place de *Progress* et *Soyouz*. La manœuvre n'est cependant pas évidente car les zones d'accroche de l'ATV et *Cygnus* ne sont pas idéalement placées pour exercer une poussée vers le haut. A

## MAIS ENCORE...

TEXTE: THÉO PIRARD · THEOPIRARD@YAHOO.FR

### Spacebel à bord d'une navette de l'ESA

L'an prochain, le *Space Rider* (*Space Reusable Demonstrator for Europe Return*), développé par *Thales Alenia Space Italia* et la firme italienne *Avio*, effectuera son premier aller-retour autour de la Terre. Il sera mis en orbite basse par le lanceur *Vega-C* depuis le Centre Spatial Guyanais.

L'engin spatial d'une masse de 2,4 t au décollage est réutilisable pour effectuer des vols de 2 mois avec des expériences scientifiques et technologiques. *Spacebel* (Liège) été choisie par *Avio* pour concevoir et développer le logiciel de vol du *Space Rider*. Elle est par ailleurs chargée de la *Software Validation Facility* qui testera et validera l'informatique embarquée, démontrant ainsi sa grande expertise dans les systèmes spatiaux intelligents.

### Rhea Group: du Canada à Galaxia pour la cybersécurité spatiale

Les systèmes sur orbite ne sont guère à l'abri d'une attaque informatique qui peut mettre à mal leur bon fonctionnement. Créée en 1992, la société canadienne d'ingénierie *Rhea Group* est réputée pour la sécurisation des activités dans l'espace. Elle joue un rôle clé dans la mise en œuvre, pour l'ESA, des activités de l'ESEC (*European Space Security & Education Centre*) à Redu-Libin (province de Luxembourg).

En partenariat avec *Idelux*, elle a investi de 20 millions € pour implanter, fin 2023, son nouveau centre d'excellence dans le parc d'activités économiques à Transinne-Libin, proche du complexe de l'*Euro Space Center Belgium*. Cette nouvelle implantation de *Rhea*, dont le siège se situe à Wavre, se présentera comme un bâtiment modulaire comprenant une zone hautement sécurisée pour les organisations gouvernementales et pour les activités de défense. Elle fonctionnera de façon permanente avec une centaine de personnes spécialisées dans la lutte contre les cyber-attaques.

### Contrat Amazon pour Ariane 6

La société *Arianespace* a décroché une belle commande de lancements (montant non révélé) pour la réalisation de la constellation *Kuiper* de Jeff Bezos. Ce sont 18 *Ariane 6* qui doivent servir au déploiement de satellites pour la méga-constellation d'*Amazon*. Son premier vol, dit de démonstration est attendu par la Commission européenne pour la fin de cette année. L'entreprise belge *Sabca* est, elle aussi, concernée pour la fourniture des servo-commandes qui assureront une trajectoire correcte pour une orbite précise.

# À lire avec nos enfants

TEXTE: LUCIE CAUWE · LUCIE.CAUWE@GMAIL.COM  
PHOTOS: KONSTANTIN YUGANOV - STOCK.ADOBE.COM (P.55),  
DESIGNED BY JCOMP/FREEPIK (PP.56-57)

## Au jardin



*Entre mes branches*, textes et illustrations de Nicolas Michel, *La joie de lire*, 64 p., 16,90 euros.

C'est un narrateur inhabituel qui s'exprime dans ce magnifique album en noir et blanc finement illustré et au texte imprimé en rouge sur papier crème: un arbre. Pour connaître son espèce, il suffit de regarder les pages de garde. «*C'est une histoire qui commence mal. Elle a duré 457 ans, ce qui peut paraître bien long, mais dans ma famille, les plus anciens dépassent aisément les mille saisons. Je ne vais pas me plaindre, j'ai bien vécu.*» Un long flash-back va prendre place après ce texte d'introduction. De la naissance périlleuse de la jeune pousse à la fin inattendue sous les dents d'une scie, en passant par une vie d'arbre majestueux dont les branches protègent, abritent, nourrissent, qui est parfois menacé ou blessé, a des petits. Expressifs, les dessins font subtilement comprendre les interactions entre l'arbre et les animaux, une harmonie à laquelle les humains ne participent pas toujours. Puisse la voix mystérieuse de cet arbre nous apprendre à mieux considérer la nature.

À partir de 6 ans.



*Le petit peuple des arbres*, textes d'Owen Churcher, illustrations de Niamh Sharkey, traduction de l'anglais par Frédérique Fraisse, *Glénat Jeunesse*, 40 p. à volets, 15,90 euros.

Il existe un monde peuplé de géants magnifiques et de créatures parfois si petites qu'elles pourraient passer par le chas d'une aiguille, nous disent les auteurs de ce documentaire animé qui choisit le ton du merveilleux. Si les géants sont des arbres, les créatures sont des lutins et chacun d'entre eux est chargé d'une mission au sein de son végétal. Au fil des pages, on va découvrir diverses espèces d'arbres, le sakura (cerisier du Japon), le houx, le kapokier, le chêne, le baobab, le kauri, le gommier rouge, les séquoias, le pipal, le pin de Huangshan, le châtaignier mais aussi ce à quoi leur servent les lutins au fil des saisons, leur langage, leur rôle dans la ville. Une approche ludique qui distille toutefois de nombreuses informations scientifiques.

À partir de 6 ans.



*12 sachets de graines pour cultiver des légumes insolites* et *12 sachets de graines pour jardiner en permaculture*, textes de Serge Schall, illustrations d'Anaïs Sanchez, *Plume de carotte*, 40 p., 19,50 euros.

Cette nouvelle collection aborde les thèmes classiques du jardinage de façon pratique et ludique. Chaque ouvrage broché est accompagné de 12 sachets de graines qui permettent au lecteur de devenir jardinier, qu'il ait un petit lopin de terre en ville ou qu'il vive à la campagne; un coin de balcon peut convenir, mais pas pour toutes les semences. Le premier rappelle utilement qu'il existe d'autres légumes que les carottes orange et les betteraves rouges. Il s'ouvre sur une petite histoire des légumes, dont les anciens, et offre un manuel du parfait semeur et du cultivateur averti avant de donner les portraits des légumes des 12 sachets dont l'épinard monstrueux de Viroflay déjà répertorié en 1880. Le second ouvrage explique les bases de la permaculture, discipline née dans les années 1970 en réponse à la brutalité de l'agriculture intensive. Culture en butte, célébration de l'humus et des déchets posés à même le sol du jardin, paillage et plantations serrées sont abordées. Suivent les 12 portraits dont un très tentant fraisier des bois mignonnette.

Pour tous.

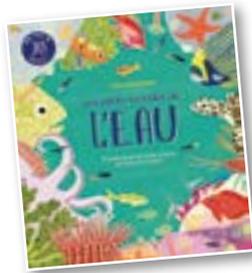
## À l'eau



*Lagon bleu*, textes et illustrations de Philippe UG, *Les Grandes Personnes*, carrousel de 5 décors animés + 1 livret, 26,50 euros.

Voilà un livre esthétiquement magnifique, élégant avec son dos toilé, pour s'émerveiller, et en même temps se documenter. Ingénieur papier de génie, sérigraphe virtuose et artiste inspiré, Philippe UG nous entraîne au fond des mers, à la découverte de la faune et de la flore marines. Il a réalisé un splendide carrousel composé de 5 décors en 3 strates de fonds marins tout en couleurs. Splendide et riche en informations. C'est au lecteur de les débusquer en les observant. Intitulé «Plonge et trouve», le livret qui l'accompagne propose toute une série de poissons à retrouver dans les décors d'algues et de coraux. Un univers peu connu qui émerveille par sa richesse et amuse par la consonance des noms proposés. Qui connaît le poisson-trompette, le poisson-demoiselle, le poisson-perroquet, le poisson-lion, le poisson-chirurgien, le poisson-coffre jaune ? Qui connaît les différentes sortes d'hippocampes représentés ici ? Qui connaît le nason, la colombine, le chétodon et d'autres encore ? Et ce n'est pas tout, une fois leurs caractéristiques étudiées, il faut encore les localiser dans les décors de toute beauté où ils sont parfois bien cachés.

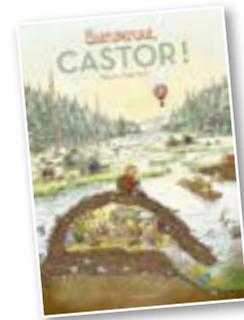
Pour tous.



*Les petits mondes de l'eau*, textes de Lily Murray, illustrations de Lara Hawthorne, traduction de l'anglais par Frédérique Fraisse, *Éditions Quatre Fleuves*, 18 p. cartonnées à volets, 15,90 euros.

Le terme sérieux de «zones humides» évoque-t-il assez tous ces lieux où stagne de l'eau, salée ou douce, et où, forcément, vit une nature secrète et insolite ? Peut-être pas. Laissons-nous donc guider par ce livre qui dévoile des habitats aquatiques grouillant de vie. La célèbre flaque de marée bien entendu, ses crevettes et ses crabes, mais qui héberge aussi d'autres habitants moins connus. Les mangroves tropicales ensuite, autant remplies de poissons que les trous d'eau du désert ! Plus étonnantes, les piscines de la forêt tropicale, aquariums miniatures à la cime des arbres accueillant même de petits crabes. En tout, ce sont 8 lieux différents qui sont explorés dans ce documentaire coloré, dont les pages en carton solide sont découpées de 70 volets à soulever pour comprendre les interactions dans ces zones humides. Y sont chaque fois présentés habitants et habitats, prédateurs et décomposeurs, métamorphoses et autres merveilles de la nature.

À partir de 5 ans.



*Bienvenue, Castor !*, textes et illustrations de Magnus Weightman, traduit du néerlandais (pas de nom de traducteur), *La Martinière Jeunesse*, 40 p., 14,90 euros.

Premier album de l'auteur, architecte et dessinateur, ce titre réunit ses centres d'intérêt. On y fait un tour du monde illustré des constructions animalières en suivant Castor qui décide un beau matin d'explorer le monde. Sac au dos, il quitte le barrage familial à bord d'un radeau de fortune. Arrivé dans une grande ville, il s'inquiète: comment s'orienter sur l'eau ? Un chien qui parcourt le monde avec une montgolfière l'invite à bord. Les 2 compères voient désormais la Terre du ciel. De là, ils vont découvrir de nombreux habitats qui nous sont présentés en coupe, les tanières des phoques et ours polaires, le terrier du renard, les nids aériens des abeilles et du rat des moissons, le nid des cigognes et la butte de la termitière, le nid suspendu du tisserin, celui coloré du jardinier brun, le logis mobile du bernard-l'hermite, le labyrinthe des chiens de prairie... Chaque découverte est l'occasion d'un dialogue entre le castor et le chien qui permet d'observer les détails des fines illustrations. L'aventure s'achève dans le terrier du castor, protégé par le barrage sur la rivière. L'album se termine par un judicieux planisphère permettant de situer le parcours des explorateurs et les habitats des animaux qu'ils ont croisés.

À partir de 5 ans.

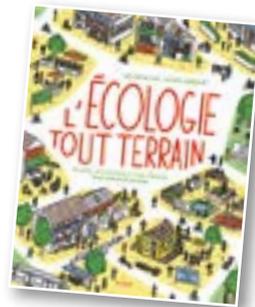
## Allô la Terre



*La Terre est mon amie*, textes de Maïa Brami, illustrations de Karin Daisay, Saltimbanque éditions, 92 p., 15,90 euros.

Ce magnifique et épais grand format est né pendant le confinement lié à la pandémie. L'auteure et l'illustratrice ont alors décidé de récolter partout dans le monde des initiatives inspirantes. De pays en pays, on rencontre des petits et des grands qui vivent en accord avec la nature, qui donnent de l'espoir, qui montrent un chemin qu'il suffit de suivre. Conçu en paires de doubles pages à la mise en page très structurée, l'album présente 20 enfants qui racontent comment ils protègent la Terre. Narration et documentation se mêlent dans ces textes attachants, portés par des illustrations de toute beauté. On parcourt le monde pour sauver les tigres comme Yâlhini en Inde, reformer des dunes de sable aux Bahamas avec Andria, fabriquer des vélos en bambou – et plein d'autres choses – comme Akoua au Ghana, pour utiliser et réutiliser chaque goutte d'eau avec Azul au Maroc. Plus près de nous, Clara plante des arbres dans les rues de Lisbonne, Enzo prône le tri sélectif et la récupération des restes de repas dans son école à Milan, Emily part à la pêche aux déchets sur les canaux d'Amsterdam... Une merveille d'album à découvrir et mettre en pratique.

Pour tous à partir de 6 ans.



*L'écologie tout terrain*, textes et illustrations de Damien Laverdunt et Hélène Tajcak, Milan, 120 p., 19,90 euros.

L'écologie, sûr qu'on y adhère mais sans savoir toujours comment la mettre en pratique. Du coup, les bonnes idées restent à l'état de projet. Bien utile donc ce documentaire qui aborde l'écologie de façon concrète. Six thématiques sont définies: nature, transports, habitat, déchets, alimentation, entraide. Chaque sous-chapitre s'ouvre sur une carte sur double page (15 en tout) proposant des initiatives éco-citoyennes en rapport (175 au total). Elles sont numérotées pour pouvoir être repérées et pour se compléter les unes les autres, des tags en papier en quelque sorte. Agréablement illustré, le livre a l'air un peu dense vu de loin. Mais il suffit d'y plonger pour y naviguer aisément. C'est une mine d'idées et de mises en pratique, complétées de liens internet. Exemple: l'entrée «Territoire et dépollution» réunit 10 idées, le «Trash Tag challenge», annuel dans plus de 180 pays, le chantier nature et nettoyage, le «plogging» du dimanche (jogging + collecte de déchets), le vélo-benne des rivières, le bateau mangeur de plastique, la journée inventaire des déchets, le «stop décharges sauvages», le niveau de pollution de l'air, l'extinction nocturne des lumières inutiles et les zones calmes sans pollution sonore. Tout le livre regorge d'idées à petite ou grande échelle, à mettre facilement en pratique.

À partir de 10 ans.



*Mangeons bien, mangeons malin !*, d'Olga Woldanska-Plocinska, traduit du polonais par Nathalie le Marchand, Casterman, 80 p., 15,95 euros.

Dans l'Antiquité, Hippocrate recommandait déjà que «l'alimentation soit ta première médecine». Pauvre médecin grec qui se serait sûrement évanoui devant le contenu actuel de nos assiettes. Des aliments qui sont souvent mauvais pour notre santé, gras, sel, sucre en excès, mais qui le sont aussi pour la planète, car venus de trop loin, mal produits et terriblement transformés. Les réactions commencent toutefois à se faire jour et cet album original et complet viendra bien à point. Après un parcours historique de l'alimentation (préhistoire, Antiquité, rythme des repas, apparition des couverts, religions, etc.), l'auteure-illustratrice aborde des sujets originaux comme le raffinage des produits, la cuisine de guerre, les nutriments, la consommation de viande, les étiquettes qu'on ne lit pas, les monocultures, la culture responsable, les colorants, la faim dans le monde... Restauration rapide et mouvement slow food, huile de palme et tofu, lactofermentation et bonnes bactéries, il y en a pour tous les appétits. Sans oublier la pomme, le chocolat et les herbes sauvages. Chaque sujet est traité sur une double page dans un texte informatif, piqué d'humour, et des illustrations très réussies. De quoi réfléchir à fond sur ce qu'on mange.

Pour tous à partir de 7 ans.

## Et l'homme ?



*Un livre génial sur mon incroyable cerveau*, textes de Tim Kennington, illustrations de Josy Bloggs et Liz Kay, traduction de l'anglais par Léa Samain-Raimbault, *La Martinière Jeunesse*, 96 p., 9,90 euros et *Heureux hasards, les plus grandes inventions faites par erreur*, textes de Soledad Romero Marino, illustrations de Montse Galbany, traduction de l'espagnol par Sylvie Lucas, *Milan*, 48 p., 14,90 euros.

Deux ouvrages illustrés qui se complètent, le premier, en format de poche, proposant la théorie et le second, un album, son application pratique. C'est vrai que notre cerveau est incroyable ! Il se dévoile ici, taille, vie, se partage entre ses différents lobes et leurs fonctions, explique le rôle des neurones, se compare aux cerveaux des animaux ainsi qu'aux ordinateurs et dit un mot des neurosciences. Plein d'infos sur un ton amusant et des expériences insolites. L'album est une chronique illustrée d'erreurs historiques ou d'événements malchanceux qui ont donné lieu à de surprenantes découvertes, parce qu'un cerveau a su voir au-delà de l'échec initial et le transformer. Ont été ainsi découverts notamment la gomme, la pile, la teinture artificielle, les rayons X, le Big Bang... De quoi reconsidérer la notion de l'erreur.

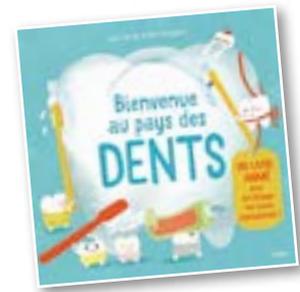
À partir de 8 ans.



*Comment fait-on les bébés ?*, textes et illustrations d'Anna Fiske, traduction du norvégien par Aude Pasquier, *La joie de lire*, 80 p., 15,90 euros.

Si peu d'enfants sont aujourd'hui totalement ignorants de la façon dont on fait les bébés, ils n'ont pas toujours à leur disposition toutes les informations qu'ils pourraient souhaiter. Ce documentaire joyeusement dessiné va tout leur dire. À commencer par le fait que «tout le monde a été un bébé un jour». Le texte précise tout de suite que «quand on veut faire un bébé, tout commence par de l'amour», sachant bien entendu qu'il existe différentes manières d'aimer. Ce que montrent gaiement les dessins. Pas de tabou ni dans le texte ni dans les images pour représenter clairement l'acte sexuel, l'appareil reproducteur, la fécondation, le développement de l'embryon puis du fœtus, du point de vue du bébé et de celui de la maman, et bien entendu la naissance. Les corps apparaissent tels qu'ils sont et les choix de vie et d'union des hommes et des femmes aussi. Un livre instructif et respectueux.

À partir de 6 ans.



*Bienvenue au pays des dents*, textes de Wu Hongbin, illustrations de Jam Dong, traduction de l'anglais par Emmanuelle Pingault, *Milan*, 16 p. cartonnées animées, 13,90 euros.

En sept doubles pages animées, ce documentaire humoristique prône une bonne hygiène dentaire. De l'adieu aux dents de lait au jour de fête qu'est la visite du musée des dents, en passant par la description des dents, leur utilité, leur nettoyage, leur protection, leurs soins. Une approche ludique qui séduira les enfants car les personnages sont tous de petites dents anthropomorphisées. Les nombreux volets à soulever dévoilent des informations variées et pertinentes.

À partir de 5 ans.

*Un enfant qui lit  
sera un adulte qui pense*

Flore Vasseur, écrivain



## À LIRE



# AGENDA

Le mag scientifique

### • UNAMUR

#### 60 nuances de sciences

Une thématique anniversaire pour le 60<sup>e</sup> Congrès annuel des sciences, qui invite à se plonger dans l'ensemble des nuances et des richesses des sciences et de la géographie, et à découvrir la pluridisciplinarité et les rencontres entre les disciplines. C'est l'occasion pour cette rencontre interprofessionnelle des professeurs de sciences (chimie, biologie, physique) et de géographie de faire le point sur les dernières actualités scientifiques et méthodes pédagogiques. Un programme riche en conférences, ateliers, activités à ne pas manquer !

<https://www.sciences.be/congres-des-sciences/>

### • JEUX

#### Décollage

*Décollage* est un projet complet de remise à niveau d'étudiants désireux de consolider leur bagage scientifique avant d'entamer leurs études supérieures. Il s'adresse donc particulièrement aux étudiants démarrant un programme d'études au sein de la faculté des sciences. Le jeu se déroule en 3 étapes au rythme desquelles vous testerez vos connaissances, complèterez vos lacunes et trouverez réponse à vos questions. Des monitorats dans les différentes disciplines débiteront le 29/08. Vous pourrez y poser toutes vos questions à des étudiants moniteurs.

<https://uclouvain.be/fr/facultes/sc/decollage.html>

#### De l'espace pour jouer

Si l'espace a envahi notre vie quotidienne, ses rouages demeurent souvent mystérieux. Une série de jeux conçus par la célèbre astro-nome liégeoise Yaël Nazé permet désormais de les découvrir, dès l'adolescence. Ces «serious games» gratuits ciblent 3 domaines spécifiques (la conception de mission spatiale, l'observation astro-nomique et la science astrobiologique) via 3 jeux différents.

- 1 Un jeu online où vous vous transformerez en ingénieurs en aérospatiale en construisant une mission typique de l'agence spatiale européenne (petite, moyenne, ou grande).
- 2 Un jeu de plateau pour se glisser dans la peau d'astronomes observateurs désirant utiliser la prochaine mission astrophysique de l'agence spatiale européenne, *Athena*.
- 3 Un second jeu de plateau qui vous invite à faire évoluer une exoplanète, pour y faire fleurir une vie diversifiée.

<http://www.astro.ulg.ac.be/~naze/>

#### LES MORTS ONT LA PAROLE Dr Philippe Boxho - Kennes Éditions

Médecin légiste depuis plus de 30 ans, le Dr Boxho nous fait découvrir ici son quotidien fait de morts qui ne le sont pas toujours ou pas encore, de disparitions de cadavres, de dissimulations de meurtres, de suicides étonnants. De la scène de crime à la salle d'autopsie, entre pratique médicale et enquête policière, l'expert médico-légal nous raconte son métier. Il nous relate ainsi l'évolution du corps après la mort à travers des histoires de mouches, puis il s'arrête sur cet homme qui pensait mourir d'un seul coup de feu et qui a dû s'y prendre à 14 reprises, sur cet autre qui, en voulant se pendre, est finalement décédé d'une fracture du crâne, sur ce meurtrier qui n'aurait jamais dû consommer d'alcool ou encore sur cette morte qui avait le mauvais goût de transpirer. Âmes sensibles, s'abstenir !

### ATHENA 357 Mai-Juin 2022

Tiré à 22 250 exemplaires, *Athena* est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département de la Recherche et du Développement technologique du SPW Recherche.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES  
N° Vert du SPW: 1718 • [www.wallonie.be](http://www.wallonie.be)

#### Abonnement (gratuit)

Vous souhaitez vous inscrire, obtenir gratuitement plusieurs exemplaires ou modifier vos coordonnées, contactez-nous !

#### PAR COURRIER

Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES

#### PAR TÉLÉPHONE

au 081 33 44 97

#### PAR COURRIEL À L'ADRESSE

[athena@spw.wallonie.be](mailto:athena@spw.wallonie.be)

Distribution en Belgique uniquement.

Rejoignez-nous également sur

[www.athena-magazine.be](http://www.athena-magazine.be)

<http://athena.wallonie.be>

[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)

#### RÉDACTRICE EN CHEF

Géraldine TRAN

Ligne directe: 081 33 44 76

[geraldine.tran@spw.wallonie.be](mailto:geraldine.tran@spw.wallonie.be)

#### GRAPHISTE

Nathalie BODART

Ligne directe: 081 33 44 91

[nathalie.bodart@spw.wallonie.be](mailto:nathalie.bodart@spw.wallonie.be)

#### IMPRESSION

db Group.be

Boulevard Paepsem, 11A à 1070 Bruxelles

ISSN 0772-4683 (P) • 2736-5875 (N)

#### COLLABORATEURS

Lucie Cauwe, Virginie Chantry, Anne-Catherine De Bast, Jean-Michel Debry, Paul Depovere, Henri Dupuis, Julie Fiard, Manu Houdart, Philippe Lambert, Laetitia Mespouille, Yaël Nazé, Fleur Olgner, Théo Pirard, Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits, Nadine Sahabo

#### DESSINATEURS

Peter Elliott, SKAD, Vince

#### RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT

Jean-François HEUSE

Inspecteur général

#### ÉDITRICE RESPONSABLE

Isabelle QUOILIN

Directrice générale

#### COUVERTURE

Première

Crédit: @rybindmitriy - stock.adobe.com

Quatrième

Crédit: @Lukas - stock.adobe.com

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de la rédactrice en chef.





## **Visitez nos sites**

<http://athena-magazine.be>  
<http://athena.wallonie.be>  
<http://recherche.wallonie.be>  
<http://difst.wallonie.be>

## **Rejoignez-nous sur**

[Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)