

Athena

Le mag' **scientifique**

311

Mai
2015

www.athena.wallonie.be · Mensuel ne paraissant pas en juillet et août · Bureau de dépôt Bruxelles X · N° d'agrément : P002218

Chimie

La chimie est un **art**

Dossier

Le ciel et ses caprices :
Ami ou ennemi, le temps de guerre ?



Édito



Entre hier et demain, y a quoi ?

Texte: **Géraldine TRAN** - Rédac'teuf • Photos: **ID Photo/vignette**

En parcourant ce nouveau numéro de mai, vous constaterez sans doute que beaucoup de nos articles se concentreront sur le passé, sur l'avenir et tout ce qu'il y a entre les deux. Cette balade dans le temps commencera assez logiquement par la préhistoire, les traces et les mythes qu'elle a laissés, parmi lesquels, le mammouth. Et si on ramenait ce géant à longs poils au 21^e siècle ? Des chercheurs pensent l'exploit possible. Oui, mais pour quoi faire ? Où vivrait-il ? Pourrait-il s'adapter aux conditions du monde moderne ? On peut se poser la question et beaucoup d'autres d'ailleurs...

Mais avant de célébrer un jour la réussite de cette expérience, revenons au présent et à cette année 2015, où nous commémorons le bicentenaire de la Bataille de Waterloo. Les plus jeunes l'ignorent peut-être mais le Brabant wallon, tout près de chez nous donc à l'échelle de la Belgique, fut le territoire de l'une des plus célèbres batailles de l'Histoire et la dernière de Napoléon. Imaginez les campagnes de Lasnes ou de Braine l'Alleud envahies par des soldats, des chevaux, des canons... Saviez-vous à ce propos que les combats s'étaient déroulés sous des pluies torrentielles ? Et que cette météo particulière pour un printemps avait sans doute joué un rôle important dans le déroulement du 18 juin 1815 mais aussi des jours qui précédèrent ? Comme dans bien d'autres guerres d'ailleurs...

Il y a peu de chances aujourd'hui que nous nous retrouvions encore sous le feu des canons et dans le bruit assourdissant des détonations. D'autres «sons», nettement plus agréables, envahissent désormais nos oreilles. En streaming, en podcasting, la musique et la radio sont écoutables partout, grâce à une technologie qui défie le cours du temps... Impossible de rater quoi que ce soit ! Comment fait-on d'ailleurs ?

Retracer le fil du temps, se rappeler d'hier pour mieux comprendre aujourd'hui, écrire aujourd'hui pour s'en souvenir demain... Pour ne pas perdre la boussole, suivez le guide ! ■

► POST-SCRIPTUM ◀

Mille excuses à nos lecteurs pour la sortie tardive de ce numéro en raison de quelques problèmes techniques indépendants de notre volonté... C'est promis, on va se rattraper !

ATHENA 311 • Mai 2015

SPW | Éditions

Tiré à 19 250 exemplaires, Athena est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département du Développement technologique (Direction générale opérationnelle Économie, Emploi et Recherche - DGO6) du Service Public de Wallonie.

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

N° Vert du SPW: 0800 11 901 • www.wallonie.be

Il est consultable en ligne sur <http://athena.wallonie.be>

Abonnement (gratuit)

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

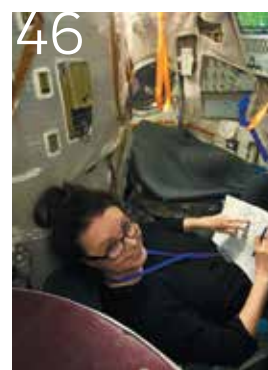
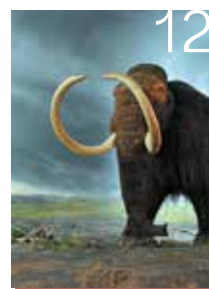
- **par courrier**
Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES
- **par téléphone**
au 081 33 44 97
- **par courriel à l'adresse**
raffaella.ruggiero@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

- **Rejoignez-nous également sur:**
Facebook.com/magazine.athena

Sommaire

- 4 **Actualités**
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Focus**
sur Analis
- 12 **Technologie**
Les mammoths ressuscités: quand la fiction devient science
- 16 **L'ADN de ...**
Zornista ZASHEVA · Prothésiste dentaire
- 18 **Dossier**
Le ciel et ses caprices:
Ami ou ennemi, le temps de guerre ?
- 23 **Barje**
On est tous Barje, même Athena !
- 24 **Santé**
Ces voix venues de nulle part
- 28 **Internet**
Musique et podcast en ligne: les ressources audio du Web
- 32 **Série**
À la croisée des Sciences: Cristallographie et Optique
- 36 **Chimie**
Découvrez ce que les molécules racontent
- 38 **Biologie**
Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 42 **Physique**
Tout est relatif mais tout s'explique !
- 44 **Astronomie**
Petite balade tête dans les étoiles
- 46 **Espace**
Pour savoir tout ce qui passe en l'air et sur Terre !
- 50 **Agenda**
À voir, à tester, à cliquer, à lire...



Éditeur responsable
Michel CHARLIER,
Inspecteur général
Ligne directe: 081 33 45 01
michel.charlier@spw.wallonie.be

Rédactrice en chef
Géraldine TRAN
Ligne directe: 081 33 44 76
geraldine.tran@spw.wallonie.be

Graphiste
Nathalie BODART
Ligne directe: 081 33 44 91
nathalie.bodart@spw.wallonie.be

Impression
Imprimerie IPM
Rue Nestor Martin, 40 à 1083 Ganshoren

ISSN 0772 - 4683

Collaborateurs
José Bontemps, Jean-Michel Debry,
Christiane De Craecker-Dussart,
Paul Devuyt, Adeline Deward, Henri
Dupuis, Julie Fiard, Philippe Lambert,
Yaël Nazé, Théo Pirard, Salvo Principato,
Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits

Dessinateurs
Olivier Saive, SKAD, Vince

Relecture
Élise Muñoz-Torres

Application mobile
PAF !

Couverture
Première
Photo: S. Querbes · Exp.: R. E. Eastes
pour *Les Atomes Crochus*

& C. Darrigan pour Anima-Science

Quatrième
Rubber rabbit brush (Ericameria nauseosa)
Crédit: Davefoc/Wiki

Toute reproduction totale ou partielle nécessite l'autorisation préalable de l'éditeur responsable.



Scannez le QR Code ci-contre grâce à une application de lecture QR Code et vous accéderez directement à l'Appstore ou à Google Play pour télécharger l'application tablette d'Athena.





Nouveau nom, même tonus...

Faire la Une, c'est bien... La tenir, c'est mieux. Par les temps qui courent, c'est même un exploit ! D'où nos félicitations à *Celyad*, nouveau nom de *Cardio3 Biosciences*, qui repousse toujours plus loin ses limites. Dernière bonne nouvelle en date, l'ouverture d'une facilité de production à Rochester (Minnesota), confortant ainsi les plans actuels de l'entreprise wallonne sur le marché américain. Cette nouvelle implantation est aussi le fer de lance des travaux de recherche de *Celyad* et l'interface de sa collaboration avec la *Mayo Clinic*, également sise à Rochester.

Abritée dans le *Minnesota Bio Business Center* de Rochester et d'une superficie de quelque 1 000 m², cette unité servira essentiellement, dans ses premiers temps, à produire le *C-Cure*[®] utile à son étude américaine de phase 2, *CHART-2*. Destiné aux soins liés à l'insuffisance cardiaque, *C-Cure*[®] est une thérapie cellulaire autologue construite sur la plate-forme *Cardiopoïèse* de *Celyad*, développée sur base d'une recherche fondamentale et d'une technologie de la *Mayo Clinic*. «Une aventure qui a débuté il y a 7 ans, sur le stand de notre ville au Salon annuel de la biologie», déclare Ardell Brede, maire de Rochester. Qui considère «*Celyad* comme une composante importante de la communauté professionnelle de Rochester et se dit impatient de pouvoir l'aider dans ses efforts de développement continu sur une thérapie cellulaire novatrice au potentiel prometteur». Pour Gary Smith, président du *Rochester Area Economic Development (RAEDI)*, qui encourage les membres de sa collectivité à accueillir chaleureusement l'entreprise wallonne, «l'arrivée de *Celyad* à Rochester,

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

sa collaboration avec la Mayo Clinic et le Minnesota Department and Economic Development ancrent un peu plus encore le réseau de médecine régénérative en plein boom dans la région».

Quelques jours après cette annonce, le traitement en thérapie cellulaire cardiaque *C-Cure*[®] franchissait avec succès le cap de l'analyse de futilité. Cette étape teste l'incapacité d'une étude clinique à atteindre son objectif d'efficacité. Ainsi, une conclusion de non futilité indique qu'une étude clinique a la capacité d'atteindre cet objectif. Ce blanc-seing émane du *Data and Safety Monitoring Board (DSMB)*, aréopage d'experts chargés de vérifier les données de sécurité et d'efficacité de patients traités et contrôlés afin de déterminer si l'étude en cours peut être poursuivie sans modification du protocole. Ainsi, dans le cas de *C-Cure*[®], toutes les analyses du *DSMB* concluent à l'absence de problème de sécurité majeur ou inattendu dans l'usage de cette thérapie sur une population de patients cibles.

Un soulagement pour Christian Homsy, directeur général de *Celyad* pour qui «la recommandation positive du *DSMB* est un pas important sur la route des essais cliniques de phase 3 de *C-Cure*[®], qui permet aux équipes de se concentrer sur la poursuite de l'essai *CHART-1* et lancer ensuite le processus d'enregistrement de *C-Cure*[®] en Europe». Rassemblant 240 patients

souffrant d'insuffisance cardiaque chronique symptomatique avancée, *CHART-1* - ou *Cognitive Heart Failure Cardiopoietic Regenerative Therapy* - est une procédure de reconnaissance multicentrique, randomisée, conduite en double aveugle et plaçant *C-Cure*[®] face à une procédure de contrôle. Dans ce cas, il s'agit d'atteindre un résultat combinant morbidité, mortalité, qualité de vie, distance de marche en 6 minutes et structure et fonction du ventricule gauche à l'issue de 9 mois de traitement. Cette procédure se déroule actuellement dans 15 pays européens et en Israël.

Toujours dans le registre des «good news», *Celyad* a également annoncé son intention d'entrer sur la bourse américaine. Soumis de manière confidentielle à la *Securities and Exchange Commission (SEC)*, le prospectus d'introduction est en cours d'examen. Notons encore que le choix de *Celyad* comme nouvelle dénomination sociale reflète mieux le cœur d'activité et l'objectif de la société, qui est de découvrir des thérapies cellulaires innovantes pour les transposer en traitements thérapeutiques en cardiologie mais également en oncologie et autres domaines. ■

<http://www.c3bs.com>;
<http://www.mayoclinic.com>
et <http://www.raedi.com>

Actus...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

Photos: S. JURVETSON/Flickr (p.5), © D. Bell/Studio3 Inc (p.6), joseph-joseph (p.6), © M. HOUET/ULG (p.7), © Bone Therapeutics (p.7), IBA (p.8), Freepik (p.8), GSK (p.9), Niffylux (p.9)

Créateurs d'emplois !

Is débarquent et vont nous liquider ! Telle est en général l'opinion de l'homme face à l'arrivée en force des robots dans l'industrie ainsi que dans notre vie quotidienne. Non, répondent les intervenants de haut niveau à l'occasion de l'European Robotics Forum 2015 de Vienne.

Maarten Goos, du *Leuven University's Research Center of Monetary and Information Economics*, d'oser affirmer que «les robots créeront des emplois dans la mesure où travailler avec eux augmente la rentabilité et crée plus de revenus». Pour Jörg Hofmann, membre du *Supervisory Board of Daimler AG* et vice-président de l'IG Metall, «les vagues créatrices d'innovations d'hier ont toujours été contrebalancées par des bénéfices dans d'autres secteurs. Ce n'est pas une question d'emplois, mais de qualité des emplois et de la manière dont nous formons la main d'œuvre pour rencontrer ces changements». «Nous avons besoin de

l'être humain, d'entreprises intelligentes et non d'usines poussiéreuses. Nous devons former les salariés et développer leurs compétences afin qu'ils puissent travailler dans ces entreprises. Une nouvelle génération dite "R" pour Robotique conçoit des véhicules autonomes et co-travaille avec des robots», ajoute Bernd Liepert, président de *euRobotics*.

Conscientes qu'on ne peut arrêter les évolutions, les institutions européennes mettent tout en œuvre pour que l'Union réussisse le pari sociétal de la robotique, aidées en cela par le Parlement européen, actif dans toutes les discussions. «L'objectif final est de renforcer l'économie européenne et de protéger les droits sociaux des citoyens», conclut Mady Delvaux-Stehres, vice-présidente du Comité des Affaires légales du Parlement européen et membre du Parlement. ■

<http://www.eu-robotics.net>



La danse des robots Tesla assemblant la toute première berline Model S.



Un brevet de plus !

IRIS annonce avoir obtenu de l'Office américain des brevets et des marques commerciales (USPTO) un nouveau brevet pour sa technologie de reconnaissance optique des caractères (OCR) en langues asiatiques, dont le japonais, le chinois simplifié et traditionnel et le coréen. Par l'obtention de ce nouveau brevet, la société wallonne compte maintenant plus de 20 brevets aux États-Unis et en Belgique pour des technologies de traitement de l'image, de compression de documents et d'images, d'OCR et de solutions de numérisation mobiles.

Avec entre 2 et 5 demandes par an, IRIS est aujourd'hui l'une des sociétés du royaume les plus actives en dépôt de brevet. Développé avec l'aide des pouvoirs publics et notamment de la DGO6, ce nouveau moteur OCR des langues asiatiques confirme la qualité et le punch des équipes de Recherche et Développement d'IRIS qui investit annuellement quelque 6 millions d'euros en R&D. Installé à Louvain-la-Neuve et devenu membre du Groupe Canon, IRIS emploie 500 salariés et compte des facilités en France, au Luxembourg, aux Pays-Bas, en Allemagne, en Floride, en Chine et en Norvège. ■

<http://www.irislink.com>
et <http://www.uspto.gov>





En cuisine et sur la table

La chimie n'est pas que produits mal odorants et polluants, elle peut aussi être propre, inodore et servir nos papilles gustatives ! Ainsi, Solvay annonce que ses PPA Amodel® et PEEK KetaSpire® ont reçu le feu vert du National Sanitation Foundation (NSF), pour entrer dans les appareils électroménagers et la transformation de produits alimentaires.

Une bonne nouvelle qui permet à notre chimiste de gonfler son portefeuille en matériaux pour la fabrication d'équipements de service de restauration pour l'hôtellerie, les traiteurs, les installations domestiques et le transport aérien et ferroviaire. Les applications de ces produits touchent

les distributeurs des boissons, les planches à découper, les réservoirs d'eau, etc...

Conçus pour des applications atteignant 100 °C, ces matériaux conservent leurs excellentes propriétés mécaniques à une température d'utilisation constante de 120 °C, garantissent la fiabilité de leurs performances sur le long terme ainsi qu'une grande résistance aux huiles, eau chaude, graisses, vapeur, nettoyants ménagers et agents adoucissants ordinaires. Par rapport aux formules concurrentes polybutylène téréphthalate, polyoxyméthylène et les polyamides aliphatiques, les polymères avancés de Solvay proposent des per-

formances plus élevées sur une plage de température étendue et dans des environnements de restauration très sévères. Leurs caractéristiques les rendent attractives en remplacement du métal, diminuent les coûts du client et libèrent sa créativité. ■

<http://www.solvay.com>
et <http://www.nsf.org>



Succès en Amérique !

Décidemment, l'air de la Nouvelle Angleterre sied aux Wallons qui accumulent ici succès après succès ! Ainsi 4 jeunes néo-louvanistes de l'*Earth and Life Institute* de l'Université catholique de Louvain (UCL) viennent d'être récompensés par le *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* pour leur recherche innovante lors du *NetMob*, événement consacré à l'analyse scientifique des données des téléphones mobiles. Concrètement, le travail primé par le prestigieux MIT porte sur l'influence de la circulation de l'information entre les marchés de céréales au Sénégal sur le prix du millet qui a, pour la première fois, simulé la circulation de l'information via les volumes d'appels des cellulaires échangés entre les marchés.

«En combinant des données satellite, routières et cellulaires, nous avons pu modéliser avec réalisme les transferts de production du millet des zones de production vers celles de consommation. Nous avons ainsi suivi les tendances de l'offre et de la demande et in fine, du prix sur chaque marché au départ de l'estimation des frais de transport et de la circulation de l'information sur les prix, depuis les volumes d'appels téléphoniques passés entre les marchés», expliquent fébrilement les lauréats wallons ! Qui concluent que «si les différences de prix relevées sur les marchés se justifient largement par la production initiale et les frais de transport, une partie non négligeable résulte de la mauvaise circulation de l'information entre certains marchés». Un résultat qui prouve une fois encore que savoir,

c'est pouvoir et qui éclaire sur le fonctionnement des marchés et de l'accès aux ressources alimentaires, première source d'insécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. Bref, de quoi justifier le Prix du meilleur projet de la catégorie agriculture du *Data Development Challenge Sénégal* ! ■

<http://www.uclouvain.be>; <http://mit.edu>
et <http://www.netmob.org>



Robotein, nouvelle arme wallonne

L'objectif social saute aux yeux, soutenu financièrement par la Wallonie, via la DGO6, *Robotein* (robotique et protéine) est une plate-forme technologique construite sur le socle des compétences et outils du Centre d'Ingénierie des Protéines de l'Université de Liège (ULg) et du Centre de Biologie Structurale et de Bioinformatique de l'Université libre de Bruxelles (ULB). Un bel exemple de fertilisation croisée qui prouve le bien-fondé de la fédéralisation des savoirs et moyens. Inaugurée fin mai, cette plate-forme à haut débit permet le clonage, l'expression, la purification et l'analyse de protéines selon les procédures originales concoctées par les laboratoires des 2 partenaires de l'initiative.

«Notre ambition est d'offrir aux chercheurs et aux entreprises, une technologie à la pointe de l'Art unique en Fédération Wallonie-Bruxelles», explique Alain Matagne, professeur et coordinateur du projet. Qui s'empresse de préciser que *Robotein* s'attache plus particulièrement à la mise au point de protocoles en vue de réaliser, à haut débit, du clonage, de la mutagenèse, du repiquage de colonies, de la production de protéines recombinantes, des analyses biophysiques, des

études d'interactions sans marquage et des tests enzymatiques.

Parallèlement à ses équipements à haut-débit, *Robotein* propose un éventail de technologies complémentaires comprenant la production de protéines recombinantes; diverses méthodes spectroscopiques; la détermination des interactions protéines-ligand; l'analyse de cinétiques enzymatiques et la résolution de structures cristallographiques par des méthodes de diffraction des rayons X. Une plate-forme qui tombe à point nommé lorsqu'on sait le recours toujours plus important de l'exploitation des protéines dans les domaines de la santé, de l'alimentation et des nanotechnologies. En santé, citons l'envolée des biomédicaments issus de protéines recombinantes, auxquels on peut ajouter les molécules issues du vivant qui permettent d'étoffer l'offre en antibiotiques et participent à la mise au point de nouveaux médicaments: insulines, anticorps monoclonaux et vaccins. Bref, l'avenir de *Robotein* s'ouvre sur des horizons illimités ! ■

<http://www.proteinfactory.ulg.ac.be>
et <http://www.cip.ulg.ac.be>

Un wallon à Boston



Production de thérapie cellulaire osseuse

Le wallon *Bone Therapeutics* passe l'Atlantique et ouvre, dans le Kendall Square de Cambridge (Boston), une filiale qu'il exploitera pour initier aux États-Unis ses essais cliniques en réparation de fractures et en ostéonécrose. «Cet investissement renforce la dimension internationale de notre portefeuille de produits innovants en thérapie cellulaire osseuse et nous rend fiers d'entrer dans le pôle de biotechnologie de Cambridge», explique avec enthousiasme Enrico Bastianelli, administrateur délégué de *Bone Therapeutics*.

Basé sur l'Aéropole de Charleroi et créé en 2006, *Bone Therapeutics* est un bio-technologiste reconnu mondialement pour ses solutions de thérapie cellulaire de réparation et prévention de fracture. Face à la chirurgie lourde, l'entreprise offre des produits régénérateurs innovants à base de cellules ostéoblastiques de reconstitution du tissu osseux administrables sans chirurgie ouverte par voie percutanée. Une offre, à ce jour, unique sur le marché de la santé ! ■

<http://www.bonetherapeutics.com>
et <http://www.kendallsq.org>



Stratégie: toujours mieux !

Ainsi pourrait-t-on qualifier l'accord de partenariat stratégique signé entre le wallon IBA et le japonais *Toshiba Medical System* portant sur l'extension de l'accès dans le monde à la technologie avancée de radiothérapie par ions de carbone. «Une collaboration étroite avec un acteur du calibre de Toshiba va accélérer l'expansion de la protonthérapie au Japon ainsi que la diffusion sur le marché mondial de la thérapie par ions carbone de Toshiba», note Olivier Legrain, administrateur délégué d'IBA.

Si les ions de carbone présentent des caractéristiques semblables aux protons, leur maître-atout réside dans une efficacité radiologique plus grande que ceux-ci, ce qui devrait diminuer la durée des séances et donner de meilleurs résultats chez les patients. À ce sujet, Olivier Legrain explique encore que «la thérapie par ions carbone est particulièrement indiquée dans le traitement de tumeurs radio-résistantes. Elle permet d'administrer des doses plus fortes, politique recommandée dans certaines applications cliniques». Si cette collaboration est un plus pour la position d'IBA comme leader mondial en protonthérapie, elle bénéficiera aussi au patient. Sur le plan pratique, *Toshiba Medical System* devient désormais distributeur au Japon de la solution à salle unique d'IBA, *Proteus®One*, et IBA est désormais l'agent de la solution de thérapie par ions carbone de *Toshiba* en dehors du Japon.

Quelques jours avant la signature de ce partenariat, IBA avait conclu avec le *Baptist Health South Florida*, la vente, l'installation et l'entretien d'un système de protonthérapie pour le *Miami Cancer Institute*. Ici, IBA fournira sa solution *Proteus®Plus*, équipée de 3 salles de traitement munies d'un portail rotatif et de la dernière génération de la technologie *Pencil Beam Scanning*. Cette installation de quelque 80 millions de dollars devrait traiter son premier patient en 2017. ■

Coup d'crayon

Illustration: Olivier SAIVE/Cartoonbase



Il y a des mamans qui en achètent plusieurs exemplaires et d'autres qui prônent la diversité. Tel un trésor, le doudou est pour les petits parfois plus précieux que la prune de leurs propres yeux. Bref, mieux vaut éviter de le perdre ! C'est pour ça qu'une maman namuroise, qui en a sans doute fait la douloureuse expérience, a conçu l'attache-doudou Tilooop, médaille d'or au salon des inventions de Genève...



<http://www.iba-worldwide.com>;
<http://www.toshiba.co.jp>
et <http://www.baptisthealth.net>

Matheux primé

Nicolas Boulanger, chercheur au Service de Mécanique et gravitation de la Faculté des Sciences de l'Université de Mons (UMONS), vient de voir ses cogitations matheuses récompensées par le Prix Théophile De Donder attribué par la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique.

Sa niche ? La physique théorique et mathématique au niveau du questionnement sur l'origine de l'univers et la nature des interactions physiques, plus précisément sur le pourquoi de notre univers, sa formation et la distinction entre la gravitation et les interactions fondamentales. Ou encore, comment et par quel modèle mathématique concilier relativité générale et principes de la mécanique quantique. Des questions que se posent les physiciens théoriciens depuis l'énoncé, en 1915, de la relativité générale et de la mécanique quantique par Théophile De Donder notamment, ami d'Albert Einstein. ■

<http://www.umons.ac.be>

Rapatriment de choix !

Voilà, selon *essenscia*, la Fédération de la chimie et des sciences de la vie, ce que vient de réaliser notre pays avec le rapatriement en Belgique par *GSK Vaccines* de l'ensemble de la propriété intellectuelle de la branche Vaccins de *Novartis*, acquise pour une valeur de 2,4 milliards d'euros. La décision conforte l'ancrage du groupe pharmaco-chimique en Belgique qui abrite, à Rixensart, le quartier général mondial *GSK Vaccines*, et mobilise plus de 8 700 salariés.

Cette opération fait suite aux mesures prises en faveur de l'innovation par la Belgique. Sécurité juridique et soutien à l'innovation sont les atouts de

pois dont dispose notre pays pour attirer toujours plus d'investisseurs des sciences de la vie, estime *essenscia*. Qui précise qu'aujourd'hui, notre pays figure parmi les plus grandes vallées biopharmaceutiques du monde, qu'il est celui qui développe le plus grand nombre de médicaments par nombre d'habitants et qui, selon l'*Organisation mondiale de la Santé*, a créé 5 des 100 médicaments essentiels ! La plus active d'Europe en Recherche et Développement, notre industrie pharmaceutique occupe environ 25 000 postes. ■

<http://www.gsk.be>
et <http://www.essenscia.be>



Argent à prendre

L'offre n'est pas une arnaque. Elle émane de la très sérieuse *Banque européenne d'investissement (BEI)*, dont une brochette de responsables, emmenée par leur vice-président Pim van Ballekom, a rencontré à Namur pas moins de 250 porteurs de projets wallons actifs dans des secteurs comme l'environnement, l'énergie, le numérique, le transport, les hôpitaux, etc. Dans la foulée du Plan d'Investissement pour l'Europe de Jean-Claude Juncker, ce tour de table a permis aux Wallons de connaître l'offre de la *BEI* et ses approches spécifiques selon les secteurs. «*Engagez le dialogue avec nos équipes, consultez-nous, même très en amont, et ensemble trouvons les solutions d'avenir pour la Wallonie*», devait lancer Pim van Ballekom à l'auditoire. Ajoutant: «*l'investissement productif, c'est de la croissance et de l'emploi maintenant, et c'est ce à quoi la BEI entend contribuer pour la Wallonie, avec toute son énergie*».

À l'occasion de cette première rencontre ont été signés 2 beaux projets de partenariat avec la *BEI*. Le premier, d'un montant de 175 millions d'euros, concerne le Centre hospitalier chrétien de Liège pour la construction d'un nouvel hôpital d'une capacité de 737 lits et de 120 places ambulatoires; le second, d'un montant de 200 millions d'euros, a été conclu avec la *Société publique de gestion de l'eau (SPGE)* en soutien de son plan d'investissement en collecte et assainissement des eaux usées et pour la protection des captages d'eaux souterraines. ■

<http://www.eib.org>



Le chiffre

67

Selon une équipe de chercheurs de l'Université de Princeton, de l'*International Livestock Research Institute*, du *Center for Disease Dynamics, Economics and Policy* et de l'Université libre de Bruxelles (ULB), l'utilisation globale des antibiotiques dans l'élevage devrait augmenter de 67% d'ici à 2030. Cette croissance s'inscrit dans la demande globale de protéines animales et dans le recours aux antibiotiques comme mesure préventive, curative ou promoteurs de croissance. Parmi les pays où cette augmentation sera la plus conséquente, on trouve le Brésil, l'Inde, la Russie, la Chine et l'Afrique du Sud, états qui, à eux-seuls, correspondraient à quelque 99% de la consommation d'antibiotiques. Cet usage massif soulève des questions essentielles quant à la capacité des antibiotiques à préserver leur efficacité dans les années à venir.

Si l'invention des antibiotiques fut une révolution en matière de santé publique, leur efficacité et la vie de millions de personnes dans le monde sont maintenant en danger suite à l'augmentation globale de la résistance aux antibiotiques, largement influencée par leur consommation, note l'équipe de chercheurs.

Étude complète à découvrir sur <http://www.pnas.org>

FOCUS

UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

sur: **Analisis**

Carte d'identité

NOM

Analisis

ANNÉE DE CRÉATION

1927

SECTEUR D'ACTIVITÉ

Distribution et maintenance d'appareils
scientifiques de laboratoire

CHIFFRE D'AFFAIRES

30 millions d'euros en 2014

NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES

133

ADRESSE

Parc industriel de Rhisnes
rue de Néverlée, 11
5020 Suarlée (Namur)

TÉLÉPHONE

081 25 50 50

COURRIEL & SITE INTERNET

mail@analisis.be
www.analisis.be

La société *Analisis* (anagramme d'*Arsenal Namurois d'Appareils pour Laboratoires et Instruments Scientifiques*) peut se targuer d'une longue expertise. Fondée en 1927, elle est alors déjà spécialisée dans la distribution et la maintenance d'appareils scientifiques de laboratoire. «*Au début des années 1970, le développement de tests automatisés pour les laboratoires médicaux prend un essor important, se souvient Guy Stukkens, directeur général d'Analisis et chimiste de formation, actif dans la société depuis 1977. On assiste aussi à la découverte de nouveaux biomarqueurs de maladies qui requièrent le développement*

de tests spécifiques. À la fin de cette même décennie, arrive le boom des biotechnologies au sein des universités, mais aussi dans l'industrie de la fermentation. Cette explosion de la recherche amène les laboratoires à s'équiper de nouveaux outils pour la séparation d'ADN et de composants subcellulaires. Les premières spin-off apparaissent dans les années 1980. Analisis a participé à cette évolution par la commercialisation de technologies de pointe.»

KITS NAMUROIS DANS LE MONDE ENTIER

C'est dans cet environnement propice que démarre, dès 1982, l'activité de recherche et développement de la société. «*Celle-ci nous a menés à la fabrication de réactifs de chimie clinique et de trousse de diagnostics in vitro faisant*

appel à la technique d'électrophorèse sur agarose. Nous brevetons nos découvertes et nous avons mis sur le marché des kits spécifiques pour l'identification et la quantification des protéines urinaires et aussi de l'hémoglobine glyquée, marqueur essentiel pour le suivi du diabète.» Ces trousse sont lancées avec succès dans le monde entier. «*Fin des années 1990, nous avons entamé nos recherches en électrophorèse capillaire. Nous avons acquis une expertise très importante dans cette technologie qui a l'avantage d'être automatisable et plus polyvalente. Elle s'applique tant à la séparation et à l'identification de macromolécules comme les protéines et les peptides qu'à de petites molécules comme les médicaments et les composants alimentaires.*» Fin 2013, *Analisis* acquiert *Ardesta*, une PME spécialisée dans la conception et le montage de mobilier pour laboratoires. «*Cette spécialité entre en parfaite synergie avec nos activités et va contribuer au développement de l'entreprise.*»

Texte: **Jacqueline REMITS** • jacqueline.remits@skynet.bePhotos: **Analisis**

**«LA RÉGION WALLONNE
EST RICHE DE COMPÉTENCES
ET D'AIDES À L'INNOVATION»**

Depuis 2012, avec l'aide de la Région wallonne, *Analisis* a lancé 3 importants programmes de recherche. «*Nous avons bénéficié du programme First Entreprise de début 2012 à fin juin 2013, en collaboration avec l'Université de Liège, plus spécifiquement avec le laboratoire de spectrométrie de masse (LSM) installé au Giga et dirigé par le professeur Edwin De Pauw.*» Cette aide a permis le financement d'un chercheur français, Johann Far, qui a œuvré durant 18 mois au sein de ce labo. «*La recherche porte sur l'électrophorèse capillaire connectée à la spectrométrie de masse (CE-MS). La technique développée permet de détecter et d'identifier des molécules, des protéines, et d'en déduire des applications pour le diagnostic médical. Nous pensons que ces 2 technologies seront de plus en plus présentes dans le diagnostic médical. Notre objectif est d'ainsi développer de nouvelles applications pour le laboratoire médical. Le module mis au point permet d'interconnecter très facilement ces 2 technologies. Leur couplage aide à identifier des macromolécules comme des peptides et des protéines, par exemple, dans le sang, ce qui est prometteur pour la détection précoce de marqueurs biochimiques, de précurseurs, indicateurs de risque, d'indicateurs, témoins de pathologies.*» Ce programme a mené au développement d'une interface «universelle» entre l'électrophorèse capillaire et la spectrométrie de masse.

Il a fait l'objet d'un dépôt de brevet belge en 2013 suivi d'un brevet européen en septembre 2014.

Un autre projet de recherche et développement portant sur 3 ans est en cours depuis un an. «*Il se réalise également avec l'aide de la DGO6 et un partenaire industriel wallon, la société WOW Technologies, et l'hôpital universitaire Erasme de l'ULB pour le développement d'un outil de diagnostic médical bien spécifique. Enfin, un programme First International, également de la Région wallonne qui a démarré en décembre 2014 et sur 3 ans, avec à nouveau l'Université de Liège et l'Université de Genève sur la validation de biomarqueurs précoces de la maladie de Parkinson. Notre société a pris le chemin de l'innovation, de la recherche, grâce à l'existence en Région wallonne de structures efficaces et de compétences pluridisciplinaires qui nous ont aidés et nous soutiennent encore dans notre démarche de développement. Outre la DGO6, je voudrais citer Biowin, le pôle de compétitivité santé, et Innovatech, l'aide à l'innovation auprès des PME. La Région wallonne est riche de compétences pluridisciplinaires et d'aides à l'innovation par subsides et avances récupérables. On y trouve de bons conseils et des critiques constructives dans le montage d'un dossier, le choix du subside adéquat, en matière de propriété intellectuelle, tout ce qui est indispensable pour lancer un projet et le suivre efficacement. Pour une PME comme la nôtre, pouvoir travailler avec un laboratoire de référence sur un projet de diagnostic médical est remarquable et rendu accessible grâce à la Région wallonne», conclut le patron d'*Analisis*. ■*



L'aide First entreprise en résumé:

Type de promoteur:

PME, GE ou ENA.

Partenariat:

Accueil par une unité de recherche (université, centre de recherche agréé, haute école ou organisme public de recherche).

Objet:

L'engagement d'un chercheur pour mener une recherche industrielle de 12 à 24 mois et sa formation par le biais d'un stage au sein d'une unité de recherche. L'objectif étant de renforcer le potentiel scientifique et technologique de l'entreprise.

Taux d'intervention:

L'intensité maximale de l'aide varie de 50% à 70% en fonction du type d'entreprise et des caractéristiques du projet.

Dépenses éligibles:

- les dépenses de personnel relatives au chercheur;
- un montant de 5 000 euros par semestre à l'organisme d'accueil partenaire;
- les frais généraux.

Propriété des résultats:

Vous êtes propriétaire des résultats de vos recherches et vous en disposez dans le respect de la convention.

+ Plus d'infos



Département du Développement technologique
Direction des Projets de Recherche

Tél.: +32 (0)81 33 45 62
raymond.montfort@spw.wallonie.be

<http://recherche-technologie.wallonie.be/go/fe>

LES MAMMOUTHS RESSUSCITÉS:

QUAND LA FICTION DEVIENT SCIENCE



Texte : **Adeline DEWARD** • adeward@ulg.ac.be

Photos: **FUNKMONK/Wiki**(p.12), **M. ARNE KRISTIANSEN** (p.14), **AMAP** (p.14)

Certains scientifiques pensent pouvoir ramener les mammoths à la vie grâce au clonage... et ce n'est pas qu'une idée pour un film hollywoodien: ils y travaillent bel et bien ! Comment ? Pourquoi ? Avec quelles implications et quelles conséquences ? Où en est-on exactement dans le processus de résurrection ?

Imaginez: un troupeau de mammoths sur la banquise... ce doit être un spectacle extraordinaire ! Hélas, cette espèce de mammifère de la famille des éléphants a disparu il y a plus de 4 000 ans.

Les mammoths laineux doivent leur nom à leur épaisse fourrure constituée de poils pouvant atteindre 90 cm. Ils pouvaient mesurer jusqu'à 3 m et peser près de 6 tonnes. Ces pachydermes vivaient dans les zones froides de l'hémisphère nord et se nourrissaient principalement d'herbes et de branches. Durant l'ère glaciaire, leur habitat s'est étendu jusqu'à l'Europe centrale, les États-Unis et la Chine. Il y a 12 000 ans, l'espèce a commencé à décliner pour finalement s'éteindre complètement. Les causes de leur extinction sont encore discutées. Il existe 2 grandes théories. La première met en cause l'homme: nous aurions trop chassé les mammoths jusqu'à les mener à leur disparition. L'autre cause serait le réchauffement du climat qui a eu lieu à cette époque. La vérité est probablement entre les deux. Le changement climatique a diminué la zone d'habitat du mammoth et a causé des

modifications de la végétation. Mais de tels bouleversements avaient déjà eu lieu auparavant et n'avaient pas causé de vague d'extinction comme celle qu'on a connue il y a 10 000 ans. La présence de l'homme a sûrement accéléré le processus.

Récemment, on a retrouvé des spécimens très bien conservés dans les glaces éternelles, appelées Pergélisol. Depuis, les scientifiques se sont mis à rêver à la renaissance du Mammoth laineux. Mais ce défi excitant est-il possible ? Il semblerait que oui... grâce au clonage.

UNE HISTOIRE DE CELLULES

L'ADN est une molécule énorme, toutes les informations qui définissent un être vivant s'y trouvent. Les organismes sont composés de cellules, les plus petites unités du vivant, assemblées comme des petites briques. Chaque cellule mange, grandit, respire et se divise. Dans le noyau de chacune d'entre elles se trouve une copie de l'ADN, qui



contient toutes les informations nécessaires au fonctionnement et au développement d'un organisme vivant. On peut donc utiliser l'ADN contenu dans le noyau d'une seule cellule et le replacer dans une autre cellule pour donner vie à un organisme qui aura le même bagage génétique: le clone.

Bien qu'il existe différents types de clonages, nous ne parlerons ici que du clonage d'individu. Comment ça marche ? Il faut tout d'abord retirer l'ADN d'un ovule et le remplacer par celui de l'individu à cloner. Un nouvel individu va se développer à partir de cette unique cellule, de la même façon qu'un bébé se développe à partir d'un ovule fécondé par un spermatozoïde. De cette manière, l'animal cloné et le clone auront exactement le même matériel génétique. Rappelons que le noyau de chaque cellule contient l'entièreté du matériel génétique de l'individu. Ainsi, n'importe quelle cellule peut être utilisée pour créer un clone.

Il y a presque 20 ans, en 1996, le premier mammifère cloné a vu le jour, elle s'appelait Dolly. Dans ce cas, les scientifiques ont utilisé le noyau d'une cel-

lule de brebis. Le noyau d'un ovule non mature d'une seconde brebis a été retiré et a été remplacé par celui de la première brebis. Cet ovule est alors injecté dans une troisième brebis. Celle-ci a donné le jour à Dolly, le tout premier clone animal. Un véritable exploit scientifique et un moment historique pour la science.

Les scientifiques d'aujourd'hui veulent utiliser la même technique pour cloner le mammoth laineux. Mais cela s'avère un peu plus compliqué que pour la brebis. En effet, nous n'avons pas de mammoth à disposition pour porter le bébé issu du clonage. Alors, comment faire ? L'idée est d'utiliser l'animal le plus proche: l'éléphant d'Asie. Il ne reste plus qu'à espérer que mammoth et éléphants seront «compatibles» et que la grossesse pourra se dérouler normalement.

Fait intéressant: les éléphants d'Asie sont génétiquement plus proches des mammoths laineux que des éléphants d'Afrique. Or, les éléphants d'Asie et d'Afrique sont capables d'avoir des petits ensemble. Les scientifiques ont donc l'espoir que les éléphants d'Asie pourront porter les bébés mammoths. D'autant plus que ce genre d'opération a déjà réussi: une espèce de chèvre éteinte a pu être ramenée à la vie !

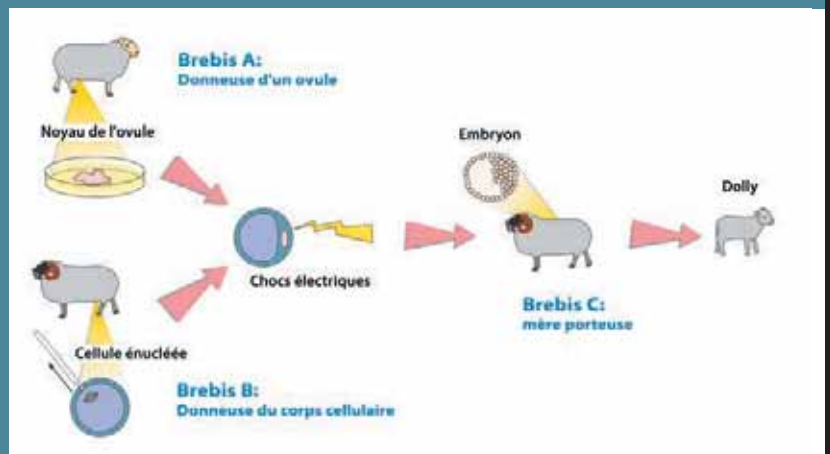
OÙ EN SOMMES-NOUS EN 2015 ?

La situation actuelle est difficile à préciser. Officiellement, une seule équipe de chercheurs japonais travaille sur le projet, lesquels ont publié un article présentant leurs résultats. Ils ont pu trouver des noyaux en bon état dans les tissus d'un mammoth retrouvé congelé. Cela ne semble pas grand chose face à l'ampleur de la tâche qu'il reste à faire.

Cependant, officieusement, 2 autres équipes collaborent pour cloner le mammoth laineux: une équipe russe et une équipe coréenne. Aucune d'elles n'a, pour l'instant, publié de résultats à ce sujet. La raison étant probablement que la compétition est rude. C'est l'équipe qui réussira qui récoltera la gloire... et les financements qui y sont liés. Aucun chercheur n'a donc intérêt à donner d'informations précieuses qui pourraient aider les autres à gagner la course et les publications n'arriveront qu'en toute fin de projet, voire après la naissance du premier mammoth cloné. Les plus optimistes annoncent tout de même l'arrivée de ce nouveau mammoth pour 2018.

Il était une fois... Dolly

Dans le cas de Dolly, les chercheurs ont prélevé le noyau d'une cellule mammaire d'une brebis **A**. Une brebis **B** a donné un ovule dont on a retiré le noyau. On dit alors que la cellule est énucléée. Le noyau de la cellule de la brebis **A** a été injecté dans l'ovule de la brebis **B**. L'ovule obtenu est un hybride: la cellule vient d'une brebis et le noyau d'une autre. Cet hybride a ensuite été placé dans une brebis **C** qui a donné naissance à Dolly: le clone de la brebis **A**.



Pergélisol, le meilleur frigo du marché !

Si nous décomposons le mot pergélisol on peut trouver sa définition: per = permanent, géli = gelé, sol. Ce terme définit donc les zones qui sont gelées en permanence (représentées en bleu sur la carte de l'hémisphère nord). Pour entrer dans cette catégorie, le sol ou la roche doit avoir une température égale ou inférieure à 0°C pendant au moins 2 années consécutives.

Actuellement, ils se situent surtout en Arctique. L'étendue du pergélisol varie au cours du temps et est très influencée par les changements climatiques. Durant les glaciations, il était beaucoup plus vaste. Les scientifiques estiment que le réchauffement climatique pourrait le faire disparaître totalement d'ici 2100...



CLONER, OUI MAIS...

Revenons les pieds sur terre, il ne suffit pas de rêver à réintroduire un mammoth pour en créer un. Il existe de nombreux obstacles.

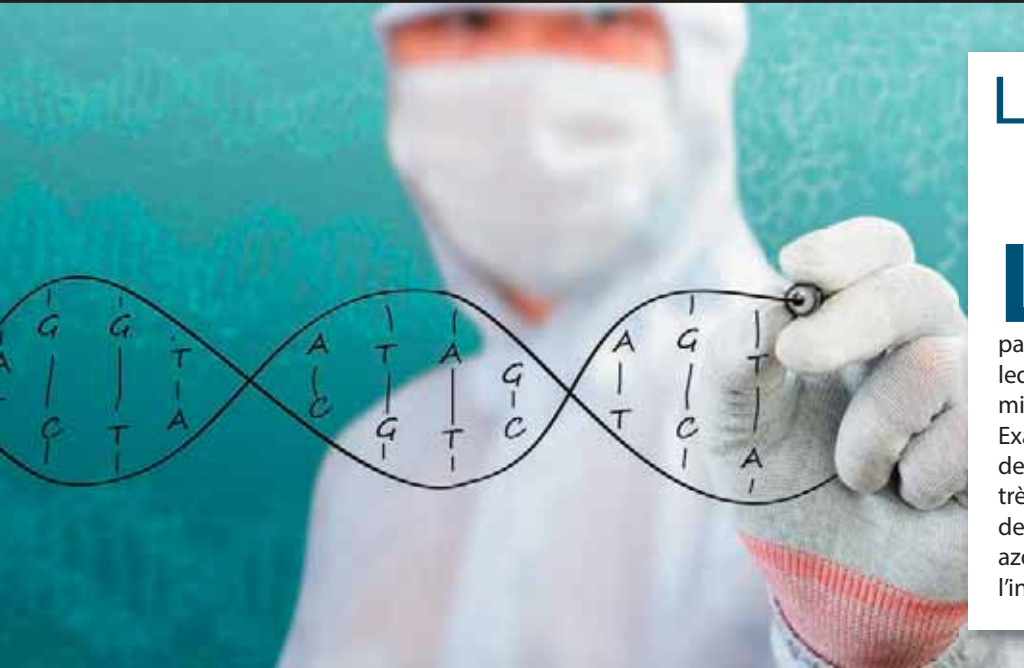
En 2009, une espèce de chèvre (le bouquetin des Pyrénées) éteinte 9 années auparavant a été clonée. En 1999, les équipes de scientifiques avaient congelé des tissus d'une des dernières chèvres encore vivante pour un futur clonage. Une chèvre espagnole a porté le clone avec succès. Malheureusement, le petit est mort quelques minutes après sa naissance à cause d'un problème respiratoire. Dolly, elle aussi était morte prématurément. C'est un des potentiels problèmes lorsque l'on utilise l'ADN d'un individu adulte pour le clonage. En effet, le vieillissement se marque aussi dans l'ADN. Ainsi, le clone créé à partir d'un adulte est plus susceptible de mourir de maladie de vieillesse alors qu'il est en tout début de vie. La solution serait probablement de recourir à des noyaux de spécimens jeunes. Encore faut-il trouver des jeunes mammoths !

Contrairement à la chèvre des Pyrénées, personne n'a évidemment pu récolter de tissus de mammoth pour les conserver dans de bonnes conditions. Mais l'avantage avec cet animal, c'est qu'il vivait

dans les zones les plus froides du globe. On a ainsi pu retrouver des spécimens très bien conservés dans le pergélisol, desquels on a extrait des noyaux en bon état. Mais même si la structure du noyau semble intacte, cela ne veut pas encore dire que l'ADN l'est également.

En plus de 12 000 ans écoulés, il faut tenir compte des cycles de gel et de dégel qui ont pu abîmer l'ADN. Dans le cas où l'ADN serait trop endommagé, il existe une autre technique de clonage à partir d'ADN synthétique. Vous avez bien lu, aujourd'hui, il est possible de fabriquer de l'ADN. Il suffit pour cela de connaître les informations contenues par les cellules. Et la technique permettant le décryptage de ces informations, on la connaît aussi: c'est le séquençage. En 2008 déjà, des chercheurs avaient découvert 70% de la séquence de l'ADN du mammoth. Un travail de longue haleine attend encore les scientifiques, mais on se rapproche du but.

Au delà de cela, l'une des plus grandes difficultés reste l'utilisation de l'éléphante comme mère porteuse. D'abord parce qu'il pourrait y avoir un problème de compatibilité, mais aussi parce que le nombre d'éléphants nécessaire pour les expériences serait énorme. Il faudra en effet des milliers d'ovules pour mener à une seule grossesse et plusieurs grossesses pour mener à une naissance. Or, les éléphants n'ovulent que 3 fois par an. De plus, l'opération pourrait les



Le séquençage, c'est quoi ?

L'ADN est composé d'une succession de 4 molécules appelées les bases azotées. Chacune est symbolisée par une lettre: A, T, G et C. C'est l'ordre dans lequel ces bases sont placées qui détermine l'information contenue dans l'ADN. Exactement comme des lettres forment des mots. Le séquençage est une technique très utilisée par les biologistes. Elle permet de déterminer l'ordre dans lequel les bases azotées sont placées et donc de connaître l'information qu'elles contiennent.

empêcher de se reproduire. Quand on sait que la population des éléphants d'Asie est de seulement 15 000 individus, ne serait-ce pas augmenter le risque d'extinction de l'espèce ?

LA SCIENCE ET L'ÉTHIQUE

Ceci nous mène aux problèmes éthiques et à une liste de questions à se poser. D'abord, pourquoi cloner un mammouth ? Qu'en ferait-on ? L'objectif est-il d'en «créer» quelques-uns ou bien de relancer l'espèce ? S'il n'y en a que quelques-uns, qu'en ferait-on ? Seraient-ils exposés dans des zoos ? Ou resteraient-ils dans les laboratoires ? S'il s'agit de relancer l'espèce, il faut une centaine d'individus. Mais nous l'avons parfois appris à nos dépens, introduire une nouvelle espèce dans un écosystème peut le bouleverser et mener à d'autres extinctions. De plus, les mammouths pourraient-ils s'adapter à l'environnement tel qu'il est aujourd'hui ? Tout cela sans compter le nombre d'éléphants qu'il faudrait sacrifier pour réussir à obtenir un tel nombre de mammouths. Ramener une espèce disparue

à la vie et mener à l'extinction d'une ou plusieurs autres est-il responsable ? Peut-on se déculpabiliser de l'extinction d'une espèce en la ramenant à la vie plus tard ? En outre, les techniques de clonage et de séquençage coûtent cher. Quel sera le coût d'un tel clonage ? Faut-il «dépenser sans compter» pour repousser les limites de la science et de la nature et réaliser ce défi ?

Les avancées scientifiques sur le clonage et le séquençage permettent de rêver à la réapparition d'un mammouth et à une vie passée remise au goût du jour. Cependant, les questions éthiques soulevées sont à la taille du défi... ■

C'est le propre de l'homme de vouloir aller toujours plus loin



jours plus loin dans le progrès. Ramener à la vie une espèce éteinte est un challenge de taille pour les scientifiques. Les mammouths sont des animaux préhistoriques un peu mythiques. Ils font rêver les hommes et les studios de cinéma n'ont pas manqué de surfer sur la vague avec des productions à succès telles que *L'Âge de glace*. De plus, les hommes et les mammouths ont jadis vécu ensemble pendant 70 000 ans, preuve d'une cohabitation possible.

L'ADN de...

Zornitsa ZASHEVA

Prothésiste dentaire

◀◀ RECTO

Propos recueillis par **Géraldine TRAN** • geraldine.tran@spw.wallonie.be

Photos: **G. TRAN** (p.17)

Prothésiste dentaire, c'est une vocation que vous avez depuis toute petite ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ? Non, j'ai commencé dans les prothèses par hasard et c'est en exerçant le métier par la suite que la passion est née. Je suis arrivée en Belgique en 2008 lorsque l'ULg m'a invitée à faire un doctorat (recherche en chimie scientifique sur les macromolécules des polymères). Après cela, je n'ai pas trouvé d'emploi qui me correspondait dans ma branche. Il y avait des portes ouvertes au Château Massart et je me suis dit: «pourquoi pas essayer d'apprendre un tout autre métier dans lequel il y aura des débouchés ?» Prothésiste dentaire s'en rapprochait, c'est un peu de la chimie finalement...

Comment devient-on prothésiste dentaire ? J'ai suivi une formation de 3 ans: 1 année préparatoire (car je n'avais pas les diplômes nécessaires pour en être dispensée) suivie de 2 ans de cursus en horaire décalé. Nous avons tout aussi bien des cours techniques que des cours de commerce, déontologie, fiscalité... Parallèlement à la formation, il est conseillé de signer une convention de stage (rémunéré) en entreprise. J'ai suivi mon stage aux Laboratoires dentaires verviétois, où j'ai été engagée une fois diplômée. Il faut savoir que la gestion est incluse dans la formation, ce qui veut dire que je pourrais ouvrir mon propre laboratoire un jour et devenir chef d'entreprise.

Vous travaillez donc actuellement aux Laboratoires dentaires verviétois à Rocourt (Liège), mais quelle est votre journée-type ? Mes journées commencent aux environs de 8 h et peuvent être longues en fonction des commandes et des délais imposés. Pour l'instant, je réalise des montages pour mettre les pièces en «moufle» (remplacer la prothèse en cire par la résine acrylique définitive) et les modèles en articulateur (associer les empreintes supérieure et inférieure pour qu'elles s'intègrent le mieux possible à la bouche du patient). Nous réalisons aussi des gouttières de blanchiment, wax-up (reconstitution d'une ou plusieurs dents en cire sur un moulage en plâtre), etc... Le travail est très intéressant et varié, c'est un laboratoire polyvalent où les patients viennent pour tous types de travaux, du plus simple au plus complexe.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ? Mon premier métier est chimiste. Donc évidemment, j'ai toujours été attirée par la science. Et dans mon métier actuel, je dois dire qu'elle m'a beaucoup aidée à pouvoir comprendre et prévoir le comportement des matières premières qu'on utilise en prothèse dentaire.

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ? Nous sommes dans un métier de service, voire de soin. Les

demandes sont donc souvent urgentes car les patients ont besoin de leur prothèse rapidement. Il arrive donc parfois que les délais soient trop courts pour pouvoir arriver au niveau de qualité tel que je l'envisage.

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ? Il n'y a pas d'événement particulier mais des petites réussites quotidiennes. Ma plus grande réussite finalement, c'est surtout de voir la joie dans les yeux d'un patient une fois la prothèse réalisée par nos soins mise en place. Rendre un patient heureux, c'est ça qui compte avant tout.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ? Le métier de prothésiste dentaire est très gratifiant car on façonne quelque chose dont les gens ont besoin. Cela demande de la précision et donc de la patience et de la méticulosité. De manière générale, pour faire sa place dans un métier et dans une entreprise, je pense qu'il faut toujours garder confiance en soi et en ses capacités. La ponctualité tant en terme d'horaires que de délais est également une composante importante. ■





ÂGE: 33 ans

ENFANTS: Mariée mais pas encore d'enfants

PROFESSION: Prothésiste dentaire aux Laboratoires dentaires verviétois

FORMATION: Ingénieur civil en chimie à l'Université de Sofia.
Formation au métier de technicien en prothèse dentaire à l'IFAPME (2 ans + 1 année préparatoire éventuelle)

ADRESSE: Rue François Lefèbvre, 193A à 4000 ROCOURT

Tél.: 04 252 38 44

Mail: zornitsa81@abv.bg



VERSO >>>

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ? Prothésiste me va très bien mais je m'orienterais peut-être vers les métiers de dentiste ou de médecin pour aider les personnes qui en ont besoin.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ? Je pense que cela doit revenir souvent mais je choiserais la téléportation, pour pouvoir être partout quand je veux et en un rien de temps !

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ? Je donnerais des cours de chimie en prothèse dentaire parce que c'est ce que je connais mieux et la branche dans laquelle j'ai le plus d'expérience à transmettre.

Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ? Je travaillerais essentiellement sur la prothèse fixe, les couronnes et les implants. C'est la partie du boulot qui me passionne le plus car cela demande une grande précision.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle, ce serait lequel et pourquoi ? Des lunettes de soleil ! Parce que j'adore le soleil, je pourrais ainsi en profiter sans m'abîmer les yeux.

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ? Je viens de Bulgarie et cela fait maintenant

7 ans que nous habitons en Belgique mon mari et moi. Mais le reste de ma famille est resté là-bas. Même s'ils viennent me voir dès qu'ils le peuvent, sans hésiter, j'utiliserais donc le ticket pour aller leur rendre visite, ainsi qu'à mes amis d'enfance qui me manquent beaucoup !

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ? Stephen Hawking que je voudrais simplement féliciter, pour son intelligence, son parcours, son courage, sa volonté et ce qu'il a apporté à la science. C'est un homme qui sort vraiment de l'ordinaire.

La question qui pique: si je vous dis que bientôt, les prothèses seront faites par des machines et que l'intervention de l'homme ne sera plus nécessaire, que me répondez-vous ? Que je deviens dentiste ! :-)
Les gens auront (normalement) toujours des dents qu'ils devront toujours soigner et il faudra toujours des dentistes pour prescrire les prothèses ! ■

+ Plus d'infos

<http://http://www.ifapme.be/formations-a-un-metier/trouver-une-formation-a-un-metier/catalogue-des-formations-a-un-metier/technicien-en-prothese-dentaire-chef-d-entreprise.html>

LE DOSSIER

Le ciel et ses caprices:

Le temps a imposé sa loi sur tous les champs de bataille et si des dictateurs tels que César, Napoléon, Bismarck ou Hitler n'ont pas régné sur le monde, c'est parce qu'ils ont été gouvernés par le ciel qui, seul, décide de la pluie et du beau temps, du froid et du chaud, de la neige et du vent...

À quelques jours de l'anniversaire de la bataille de Waterloo, revenons sur l'influence de la météo sur quelques batailles qui ont marqué l'Histoire...

Pendant la tempête, vue du navire HMS Centurion. En arrière-plan, un Liberty Ship. La tempête qui a soufflé du 19 au 21 juin, date retenue comme «rechange» à celle du 6 juin, aurait compromis la réussite du débarquement. Elle a détruit le port artificiel construit à Omaha Beach.

Texte : Paul DEVUYST

Photos : Conseil Régional de Basse-Normandie / National Archives USA/Flickr (p.18), Clément-Auguste Andrieux, 1852 (p.19), albumwar2.com (p.20),

R. CAPA (p.22)

Ami ou ennemi, le temps de guerre ?

La plupart des cités mayas se sont éteintes entre 800 et 900 à cause de la sécheresse. Les Vikings, eux, ont profité d'un réchauffement climatique appelé «Optimum médiéval» pour partir à la conquête de l'Islande, du Groenland et... découvrir l'Amérique. Comment les Germains ont-ils pu traverser le Rhin au cours de la nuit de Noël 406 et envahir nos régions ? Le gel !

Mais la préparation et la réussite du débarquement des Alliés en Normandie le 6 juin 1944 constitue le plus bel exemple de l'exploitation de la science en temps de guerre: climatologues, météorologistes, astronomes et océanographes furent sollicités. Il faut d'ailleurs souligner le rôle important joué par le professeur Odon Godard (UCL) à la veille de cette opération.

À propos de batailles, une étude publiée en 2011 par 2 chercheurs israéliens dans la revue scientifique *Nature* et se basant sur 2 131 actes d'hostilités, révèle l'existence, dans l'hémisphère nord, d'un «peak» en juin et un creux en janvier/décembre dans la courbe des dates de début des hostilités. Cette constatation tient au fait que le nombre

moyen d'heures d'éclaircissement est seulement de 8h en décembre et de 9h en janvier contre 15h en juin, sans compter l'influence de circonstances atmosphériques plus favorables: la température, précipitations, vents, etc... Conclusion: le nombre de débuts de conflits passe respectivement de 65 en janvier à 75 en février pour atteindre un maximum de... 210 en juin !

WATERLOO, L'ULTIME BATAILLE

Il n'existe malheureusement pas de bulletin météo officiel pour l'année 1815 mais un rentier gantois, dénommé Guillaume Schamp, passionné de météorologie, a tenu depuis 1799 un registre au jour le jour de ses observations. Y compris pendant la campagne des Cent-jours, ce document est conservé à la bibliothèque Albertine à Bruxelles.

De 1810 à 1819, nos régions connurent une période qualifiée de froide par les climatologues et le mois de juin 1815 fut particulièrement pluvieux avec 106 mm de précipitations alors que la normale actuelle est seulement de 71,8 mm à Bruxelles. La température fut anormalement basse (17 à 18 °C) pour cette période de l'année et de violents orages éclatèrent dans la région en juin. Selon M. Demarée (climatologue retraité de l'Institut royal météorologique de

Belgique), l'été 1815 est à classer comme le 4^e plus froid de la période 1791-1842, après 1816, 1799 et 1805. La raison «serait» l'éruption du volcan indonésien Tamboro le 10 avril 1815 et dont les cendres «auraient» obscurci le ciel sur une grande partie de la planète.

La dernière bataille de Napoléon s'est donc livrée à Waterloo le dimanche 18 juin 1815. Si son issue n'a pas été déterminée par les conditions météorologiques, il est cependant évident que celles-ci ont joué un rôle important. Le temps fut caractérisé par une dépression située au sud de l'Angleterre et qui s'est déplacée vers le nord-ouest de la France et les Pays-Bas, entraînant avec elle une succession de fronts chauds et froids. Les précipitations issues des orages gorgèrent rapidement le sol brabançon.

Le 15 juin fut une journée très chaude avec de violents orages et le lendemain, lors des batailles à Ligny (Fleurus) et aux Quatre Bras (Genappe), les coups de tonnerre étaient tels qu'ils dominaient les tirs d'artillerie ! Le 17, après la dissipation d'un épais brouillard matinal, la chaleur devint étouffante sous un ciel couvert. Vers 14h éclata un violent orage, accompagné de pluies torrentielles pendant 4h sans interruption. Ce fut le déluge ! Les premiers fantassins à prendre position profitent encore d'un sous-sol dur, qui se transforme rapidement en un immense bourbier pour les chevaux et pièces d'artillerie. Des milliers de soldats et leur lourd équipement luttent ainsi sur le seul chemin de Charleroi à Bruxelles. Beaucoup passeront la nuit du 17 au 18 juin pieds nus dans la boue, des kilos de terre collés aux vêtements ! Au petit matin, la température tombe



La bataille de Waterloo du 18 juin 1815, dans le brouillard et sous le ciel sombre, vue par Clément-Auguste Andrieux en 1852.

soudainement, la pluie s'arrête enfin mais les environs de Waterloo baignent dans un brouillard qui mettra longtemps à se lever. Les combattants se réveillent trempés et bleus de froid. Tous sont affamés. Il est évident que le moral des armées en présence, tant françaises qu'alliées, n'est pas au beau fixe.

Les fumées des canons (parfois bloqués dans la boue) restent collées au sol à cause de l'air humide, rendant la visibilité très réduite, si bien que les drapeaux de chaque camp doivent être montrés pour éviter de tuer ses frères d'armes. Lorsque la bataille débuta, les combattants des 2 camps étaient exténués par les efforts consentis depuis une semaine. Dans l'après-midi, la charge de la cavalerie du maréchal Ney entre La Haie Sainte et la ferme d'Hougoumont est à son tour gênée par l'état du terrain. Vers 19h30, les canons français tirent leurs dernières salves et Napoléon lance alors la Garde. Mais le moral n'y est plus: peu avant 20h, elle recule et alors que le soir tombe, Napoléon est vaincu.

L'aventure des Cent-Jours finit dans un désastre: 10 800 morts (dont 6 800 Français) et 35 000 blessés (dont les deux tiers français). Cette bataille fut l'un des plus grands désastres connus par une armée française et en exil à Sainte-Hélène, Napoléon déclara: «*Waterloo, c'est là que j'aurais dû mourir*».

Si les conditions météorologiques ont très probablement désavantagé Napoléon lors de la bataille de Waterloo, il faut dire que le «général Hiver» avait déjà considérablement décimé sa Grande Armée en 1812, lors de la campagne de Russie. Des 450 000 hommes qui ont franchi le Niémen, seuls 30 000 ont pu rentrer en France. Napoléon n'aura pas été vaincu par les Russes mais... par la Russie et son climat, où les soldats ont subi des températures jusqu'à -35°C.

BARBAROSA

129 années plus tard, Hitler fera la même erreur: mauvaise appréciation concernant l'insaisissable immensité de l'espace russe, les rigueurs de son climat, l'attachement opiniâtre de ses peuples à leur sol. Alors que commence l'été, les troupes allemandes (3 millions de sol-

Durant l'hiver 1942, lors de la bataille de Moscou, 4 soldats allemands traversent l'épaisse couche de neige, les bras levés en signe de reddition. On peut voir l'équipement hivernal des soldats soviétiques à l'avant plan.



dat, 750 000 chevaux, 600 000 camions, 7 000 pièces d'artillerie, 3 600 chars et 1 800 avions) franchissent la frontière de l'Union Soviétique, formant un front sur 1 800 km. Staline est pris au dépourvu, le leader soviétique ayant systématiquement négligé tous les signaux annonçant une prochaine invasion allemande.

La progression allemande connut des débuts spectaculaires: en moins de 5 mois, la Wehrmacht se trouve aux portes de Moscou. Mais c'est précisément ce qui la mit en difficulté: ses lignes de ravitaillement devenaient trop longues et à la volonté farouche de résistance des troupes russes s'alliait un hiver 1941-42 précoce et rigoureux. «*En octobre, dit un proverbe ukrainien, une cuillère d'eau produit un seau de boue*». De fait, les nappes de boue liquide paralysaient les mouvements des hommes et des véhicules, empêchant l'arrivée du ravitaillement. Hitler avait qui plus est interdit qu'un équipement d'hiver soit fourni à ses soldats, l'expédition devant être achevée avant Noël.

Le 15 novembre, le mercure des thermomètres descend jusqu'à -25°C, c'est le début d'un hiver le plus froid depuis 1750. Une semaine plus tard, le temps est toujours glacial et tous les transports sont arrêtés, les chenilles des blindés gèlent au cours de la nuit. Le

26 novembre, le thermomètre indique -40°C, l'essence et les armes gèlent. La souffrance de la troupe devient intolérable, certains fantassins portent encore des pantalons de treillis, comme au mois d'août, et la majorité d'entre eux n'a pas de gants. Le 5 décembre, les Allemands abandonnent définitivement l'attaque alors qu'ils sont à 22 km de Moscou ! Les opérations se stabilisent alors: l'hiver est impartial !

L'offensive allemande vers le pétrole du Caucase reprend en mai durant quelques mois. Le 19 novembre 1942, par -40°C, sous un vent violent et sous 30 cm de neige, l'Armée rouge lance la contre-attaque et le 31 janvier 1943, l'Allemagne capitule.

DÉBARQUEMENT : LE CHOIX DU JOUR J

Aujourd'hui, le succès du débarquement allié en Normandie le 6 juin 1944 apparaît dans l'ordre des choses mais à l'époque, rien ne semblait aussi évident. Au-delà de cette inimaginable prouesse militaire, il ne faudrait pas passer sous silence quelques scientifiques discrets de cette grande symphonie héroïque.

L'avis de l'expert... belge !



À l'aube du dimanche 4 juin, au moment du briefing, les étoiles brillent dans le ciel clair du sud de l'Angleterre mais pour Stagg, qui a compulsé les données climatologiques des 50 dernières années, jamais une situation aussi défavorable ne s'est présentée et le temps doit se détériorer sur le Channel dans les prochaines 4 à 5h. Le Général Montgomery veut cependant lancer l'opération, l'Amiral Ramsay adopte une position neutre tandis que l'Air Marshal Leigh Mallory s'y oppose. Il se base sur l'avis du conseiller météo du Bomber Command, le belge Odon Godart.

Né à Farciennes en 1913, le météorologue et astronome est assistant de Georges Lemaître lorsqu'en 1938, il part au MIT (Massachusetts Institute of Technology). Apprenant la déclaration de guerre en Europe, il s'engage aux côtés des Alliés et rejoint l'Angleterre. Versé dans la RAF, il participe comme navigateur à des bombardements sur l'Allemagne. Gravement blessé lorsque son avion s'écrase au sol, il se perfectionne en météorologie et intègre le Bomber Command. Il contribue de manière significative à la décision d'Eisenhower en insistant pour faire reporter le débarquement au 6 juin. À son retour en Belgique, il est chargé de réorganiser le service météorologique de l'armée de l'air, avant de devenir professeur d'astronomie à l'Université catholique de Louvain.

Quelle était la situation en ce début de printemps 1944 ? Les troupes allemandes occupant tous les rivages du continent depuis l'extrême nord de la Norvège jusqu'aux Pyrénées, les Alliés disposaient d'un large choix de plages susceptibles de servir à l'invasion de l'Europe occupée. Toutefois, les problèmes logistiques, le nombre limité de navires mais surtout le facteur météorologique imposèrent le choix d'une côte du nord de la France, la Normandie, préférée au Pas-de-Calais pour l'effet de surprise. La climatologie de cette région fut soigneusement étudiée par les services météorologiques alliés, en charge des prévisions météo. Les statistiques montraient que juin était le mois le plus favorable même si en réalité, les conditions de mai furent bien meilleures.

Une étude préliminaire démontra qu'une combinaison de beau temps pendant une dizaine de jours - jugé nécessaire durant la phase initiale du débarquement pour obtenir une mer calme et des marées idéales - était fort improbable. Il fallut par conséquent établir les conditions météo minimales acceptées par les différentes armes engagées (aviation, marine, armée, parachutistes, etc...) comme étant les plus mauvaises dans lesquelles l'opération pouvait encore être lancée. En fait, un accord total ne fut jamais obtenu. Finalement, celles rete-

nues prévoyaient un vent inférieur ou tout au plus égal à 15 km/h le long des côtes et à 25 km/h au large, un temps favorable sur le sud de l'Angleterre, une visibilité supérieure à 4,5 km afin de pouvoir régler les tirs des bâtiments en mer et des conditions telles que les parachutistes, les planeurs et les bombardiers alliés puissent opérer avec succès dans la région des objectifs. Ces conditions devaient être maintenues du jour J au jour J+2. Dans les faits, les conditions sur les plages durant ces 72h furent légèrement plus mauvaises.

Pour réaliser leurs prévisions, les météorologistes alliés avaient à leur disposition les informations des stations terrestres britanniques, islandaises, groenlandaises et américaines ainsi que celles des bateaux en mer (convois et garde-côtes). De plus, la résistance belge et française envoyait régulièrement par radio des observations météo de la zone occupée par les allemands. Les services de contre-espionnage alliés avaient également réussi à décoder les informations météo allemandes. En outre, afin de faciliter la localisation des objectifs, le lâcher des parachutistes et le largage des planeurs, il fallait une nuit de pleine lune (1 nuit avant et 2 après) et que l'aube +40 min corresponde à 3h avant la marée haute, de manière à ce que les bateaux à fond plat puissent avancer le plus loin possible sur les plages, évitant ainsi les barbelés et les mines. En conclusion, ceci ne laissait plus que les 22, 23 et 24 mai; les 5, 6 et

7 juin ou les 19, 20 et 21 juin 1944 comme dates possibles pour lancer l'invasion.

L'OPÉRATION «OVERLORD»

Au fur et à mesure que la date du débarquement approchait, l'attention des météorologistes se porta sur les 48h à venir mais toujours en tenant compte de l'état du ciel et de la mer durant les 3 jours suivants. À partir de février 1944, les 3 centres météorologiques échangeaient leurs prévisions 2 à 3 fois par semaine, pour atteindre 2 à 3 fois par jour fin mai, période caractérisée par un puissant anticyclone. Le 28 mai, Londres connaissait le jour le plus chaud de l'année: 35 °C au soleil, 27 °C à l'ombre; idem sur le Pas de Calais. Le 30 mai, le ciel est clair sur le nord de la France, ce qui permet un travail efficace des bombardiers de la RAF mais il fait toujours aussi chaud: les avions doivent être refroidis à leur retour et les équipages volent pratiquement nus ! Le lendemain, les météorologistes de l'Amirauté annoncent une arrivée d'air froid associé à une dépression. Effectivement, la température chute avec l'arrivée de pluies abondantes.

Le jeudi 1^{er} juin, les prévisions sont toujours favorables à un débarquement le 5 juin. Le 2, Londres connaît encore une journée chaude et ensoleillée, le ciel

est clair et les forces de débarquement entrent en mouvement. Eisenhower organise désormais un briefing 2 fois par jour et Stagg se trouve confronté à un double problème: prévoir le temps 3 jours à l'avance et arriver à un accord entre les prévisionnistes des différents services. Le matin, les américains prévoient du beau temps pour le 5 alors que l'Amirauté et la RAF annoncent le passage de dépressions pour les jours à venir. Stagg adopte la solution la plus sage et pronostique un vent de tempête et un plafond bas sur les côtes françaises. Douze heures plus tard, malgré les avis divergents des météorologistes, Stagg confirme ses prévisions. Au QG du maréchal von Rundstedt à Paris et à celui d'Hitler à Berlin, les météorologistes allemands ont vu arriver les dépressions atlantiques et estiment que le débarquement allié sera très difficile, voire impossible, entre le 5 et le 13 juin.

Le week-end des 3 et 4 juin débute à Londres sous un ciel ensoleillé et sec avec une température voisine de 23 °C. Au briefing du matin, Stagg prévoit une détérioration du temps sur le Channel pour le 5 et au soir, la seule chose qu'il peut promettre, est une épaisse couche de nuages bas avec de fortes rafales sur les plages de Normandie. Le général Eisenhower demande alors si le lendemain, Stagg est plus optimiste. Ce à quoi il répond «*qu'il n'y a pas l'ombre d'une chance*». La décision finale de lancer l'opération est alors reportée au lendemain. Le samedi 3 juin, les différents centres de prévision s'accordent sur le fait que le temps sera trop mauvais pour un débarquement à la date prévue: mer forte et couverture nuageuse ne per-

mettront ni les opérations maritimes, ni les opérations aériennes.

En fait, l'opération a déjà commencé: le chargement des hommes et du matériel est en cours et certains convois sont en mer. Si on repousse le débarquement jusqu'à la prochaine période favorable du point de vue lune et marée (15 jours plus tard), il sera impossible de garder le secret. Eisenhower décide donc de poursuivre et de prendre ses décisions au jour le jour en fonction des prévisions météo. Le dimanche soir, la perturbation qui apporte pluie et vent sur l'Angleterre se déplace vers le sud-est. Elle sera dans quelques heures sur les côtes de Normandie, ce qui confirme l'impossibilité de débarquer le lendemain matin. Mais derrière ce front froid, au cours de la journée de lundi, il est prévu que le temps s'éclaircisse et que les vents faiblissent. La décision est prise: les opérations en cours sont suspendues et le débarquement est repoussé au mardi 6 juin 1944 à l'aube.

De leur côté, les Allemands, qui s'attendent à un débarquement quelque part sur les côtes de France, surveillent de près l'évolution météorologique. Ils savent que les conditions de marée et de lune seraient favorables à partir du 5 juin, mais ils ont prévu du mauvais temps du 5 au 7 juin. De plus, ils pensent que les Alliés ont besoin d'au moins 6 jours de beau temps pour lancer une telle opération. Ne croyant pas à la possibilité d'un débarquement, ils allègent leur dispositif de surveillance et suspendent leurs patrouilles en Manche. Une mauvaise appréciation qui, sans aucun doute, a pesé lourd dans l'issue finale de la bataille.

À cette époque, toute l'information météorologique était transmise par radio, mais sous forme codée. Sauf à connaître les codes de la partie adverse, chacun ne disposait que de ses propres observations et celles de ses alliés.

Le service météorologique allemand ne dispose donc d'aucune information sur les zones tenues par les Alliés: Îles Britanniques, Afrique du Nord, Italie du Sud, Sicile, Sardaigne. À l'inverse, les Britanniques n'ont pas accès aux informations des pays occupés: France, Pays-Bas, Europe centrale, Europe du Nord. En réalité, lors du débarquement, les Alliés savaient déchiffrer les codes allemands. Et, à l'exception de quelques heures lors des changements de code, les forces alliées bénéficiaient également des observations météorologiques allemandes et françaises.

C'EST PARTI : D-DAY !

Le lundi 5 juin à 3h30 du matin, la pluie tombe horizontalement et le vent plie les arbres. Au briefing, quelques minutes plus tard, Stagg confirme tout de même ses prévisions. Le général Eisenhower lance alors «*We go !*». À ce moment pourtant, sur les côtes normandes, le vent est toujours violent et les vagues atteignent 1,5 m de hauteur ! Le lendemain, à 0h45, les premiers parachutistes américains tombent en France et à 6h30, le débarquement allié a lieu dans le Cotentin par un temps relativement beau. Toute la journée, la visibilité sera excellente. Le soir, une petite vague se formera sur le front chaud qui devait traverser le Channel, retardant son passage de 36h et permettant ainsi aux Alliés de débarquer et de prendre position sur le sol français dans des conditions météo «acceptables».

On peut se demander ce qui serait arrivé si le général Eisenhower avait remis une nouvelle fois la date du débarquement jusqu'au 19 juin, la décision devant être prise le 17 juin, date où l'on sait aujourd'hui que la situation synoptique n'aurait pas permis de prévoir la violente tempête qui s'est abattue sur les plages normandes, un phénomène exceptionnel qui ne survient qu'une fois tous les 40 ans et qui détermina un temps exécrable jusqu'au 22 juin... ■



Cette photo de Robert Capa est célèbre. Avec les soldats des premières vagues sur Omaha Beach, le 6 juin 1944, il parvient à prendre 119 photos. Malheureusement, à cause d'une erreur au développement, seuls demeurent 11 clichés, exceptionnels mais flous.

LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2015 - www.barje.be

Le chirurgien italien Sergio Canavero, spécialiste de la stimulation cérébrale, s'apprête à greffer la tête d'un de ses patients sur un autre corps.

Comme c'est une opération très risquée, Fredy et moi, on l'a testée en avant-première mondiale.


On confirme que pour des héros de BD, ça marche.



SKAD

La consommation de cannabis pourrait favoriser la fabrication de souvenirs factices par le cerveau.

Ça me fait penser à l'époque où j'étais Présidente des États-Unis d'Amérique.



KAD

En 2030, l'Europe sera confrontée à une épidémie d'obésité.

Du coup, on a adapté le drapeau.

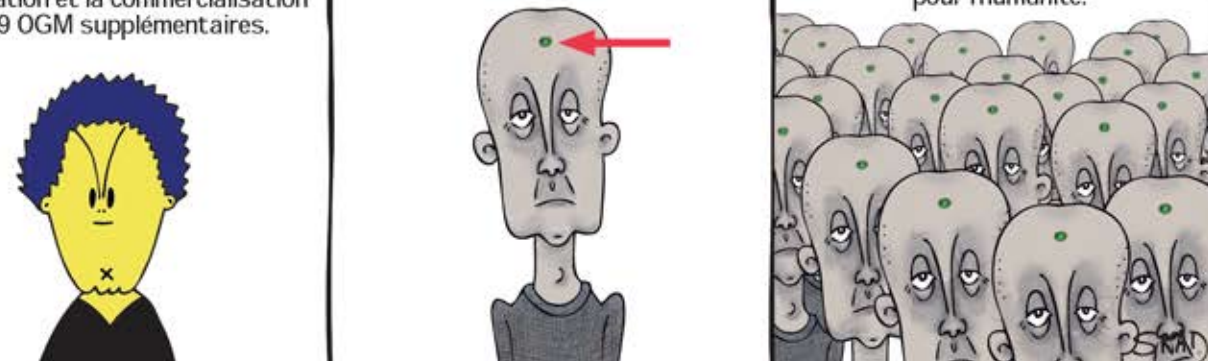


SKAD

L'Union européenne autorise l'importation et la commercialisation de 19 OGM supplémentaires.

C'est un petit pois pour l'homme...

mais beaucoup de petits pois pour l'humanité.



SKAD

Ces voix

venues de

nulle part



Texte: **Philippe LAMBERT** • ph.lambert.ph@skynet.be
www.philippe-lambert-journaliste.be

Photos: **EASYFOTOSTOCK** (p.24), **Exclusive on Freepik** (p.27)

Parmi les individus confrontés à des hallucinations auditives, nombreux sont ceux qui entendent des voix. Les uns ont un passé psychiatrique plus ou moins lourd, les autres absolument pas. Mais qu'ils soient psychotiques ou non, les «entendeurs de voix» suscitent encore souvent le regard circonspect, le jugement péjoratif, la discrimination. Et l'on est prompt à leur coller sur le front l'étiquette de désordre mental. Depuis un peu moins de 2 ans, des groupes de parole ont éclo en Belgique pour leur permettre de partager leurs expériences et de s'entraider...

Quand le footballeur Zinédine Zidane annonça en 2005 avoir décidé de revenir en équipe de France un an après l'avoir quittée, il fit l'objet de sarcasmes. Parce qu'on le jugeait incapable de tenir à nouveau son rang sur les terrains à l'âge de 33 ans ? Non, parce qu'il avait confié au magazine *France Football* s'être réveillé une nuit à 3 heures du matin et avoir entendu un inconnu, une voix, lui dicter la décision à prendre.

Évidemment, ce type d'expérience renvoie le spectre de Jeanne d'Arc. Sujette à des manifestations d'allure hallucinatoire dès l'âge de 13 ans, la Pucelle d'Orléans en vint à s'assigner la mission de libérer le royaume de France en réponse aux injonctions de l'archange Michel et de «saintes montées au ciel».

Était-elle sous l'emprise d'une pathologie mentale ? Dans un article (1) publié en 2009 dans *L'information psychiatrique*, les psychiatres Alexandre Baratta et Olivier Halleguen ainsi que la neuropsychologue Luisa Weiner sont enclins à refermer la piste de la schizophrénie, estimant que «seules les hypothèses d'un trouble bipolaire, d'un trouble conversif (hystérie) et d'une adolescence normale semblent compatibles avec les signes cliniques et la personnalité de la Pucelle.»

Socrate aussi entendait des voix. Et Freud rapporte dans son journal que, jeune homme en voyage dans une ville étrangère, il avait parfois erronément le sentiment qu'on prononçait son prénom. Beethoven, Sartre ou Churchill, pour ne citer qu'eux, auraient été également des entendeurs de voix. En 2011, les auteurs d'une revue de la question rapportaient

que, selon les sources, le pourcentage d'entendeurs de voix dans la population se situait entre 3 et 55%. *«La disparité de ces chiffres s'explique par la grande variabilité des critères retenus dans les différentes études, fait remarquer Frank Larøi, premier assistant et chargé de cours au sein de l'unité de psychologie clinique comportementale et cognitive de l'ULg. Si la question posée aux sujets est: "Au cours de votre vie, avez-vous déjà eu le sentiment d'entendre la voix d'une personne qui n'était pas physiquement présente ?", le taux de prévalence sera énorme. En revanche, si vous vous référez à la semaine écoulée, seulement 2% environ de la population générale relatera une expérience de ce type. D'après l'ensemble des données disponibles, il semble fondé de considérer que 5 à 15% des individus entendent régulièrement des voix.»*

FANTÔME OU AGENT DU FBI ?

Qu'ils aient un passé psychiatrique ou non, les entendeurs de voix se caractérisent par la grande fréquence de leurs hallucinations. Ils se distinguent en cela des personnes qui auraient vécu des expériences hallucinatoires de façon ponctuelle. Mais comme tendent à le montrer les travaux de la psychiatre Iris Sommer, de l'Université d'Utrecht, les hallucinations des sujets non cliniques se distinguent de celles des patients psychotiques par leur contenu, généralement bienveillant ou neutre, et le caractère plus spirituel que concret des voix prétendument entendues (le fantôme d'une grand-mère par exemple, et non une voisine, un agent du FBI ou le diable).

«Cette nature plus abstraite de l'hallucination facilite son contrôle et évite la dérive vers un état délirant, explique Frank Larøi. Un élément clé différenciant les entendeurs de voix souffrant d'une pathologie psychiatrique et ceux qui en sont épargnés est que le vécu émotionnel des premiers face aux expériences hallucinatoires est beaucoup plus négatif et que leurs capacités à contrôler leurs hallucinations sont très inférieures. Cela suggérerait que ce sont les ressources émotionnelles et cognitives des individus qui déterminent le statut clinique ou non clinique de leurs hallucinations.»

Selon les travaux d'Iris Sommer, il apparaît en outre que les entendeurs de voix non cliniques ont généralement connu leurs premières hallucinations auditivo-verbales au début de l'adolescence, tandis que les patients psychiatriques en ont fait initialement l'expérience plus tard, vers 18 ou 19 ans, précisément à l'âge où est souvent posé le diagnostic de psychose. Bien que la preuve formelle n'en ait pas encore été apportée, il semble cependant que, bien qu'ils soient vierges de passé psychiatrique, la plupart des entendeurs de voix non cliniques ont été confrontés à une ou plusieurs expériences traumatisantes dans leur enfance.

ET DANS LE CERVEAU ?...

Fait remarquable, les études d'imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf) ont dévoilé que lors d'une hallucination, la région associée au canal sensoriel impliqué (visuel, auditif, olfactif, etc.) est activée dans le cortex, alors que, par définition, il n'y a aucune perception. De même, les aires de Broca et de Wernicke, essentielles au langage, sont mises à contribution dans les hallucinations auditivo-verbales. Toutefois, il convient de nuancer le propos, car ces patterns d'activation (aires auditives «allumées» durant une hallucination auditive, etc.) ne se retrouvent pas chez tous les patients. De plus, ce genre de données n'expliquent pas plusieurs aspects cardinaux de l'expérience, comme par exemple le contenu négatif des hallucinations auditivo-verbales chez les patients psychotiques.

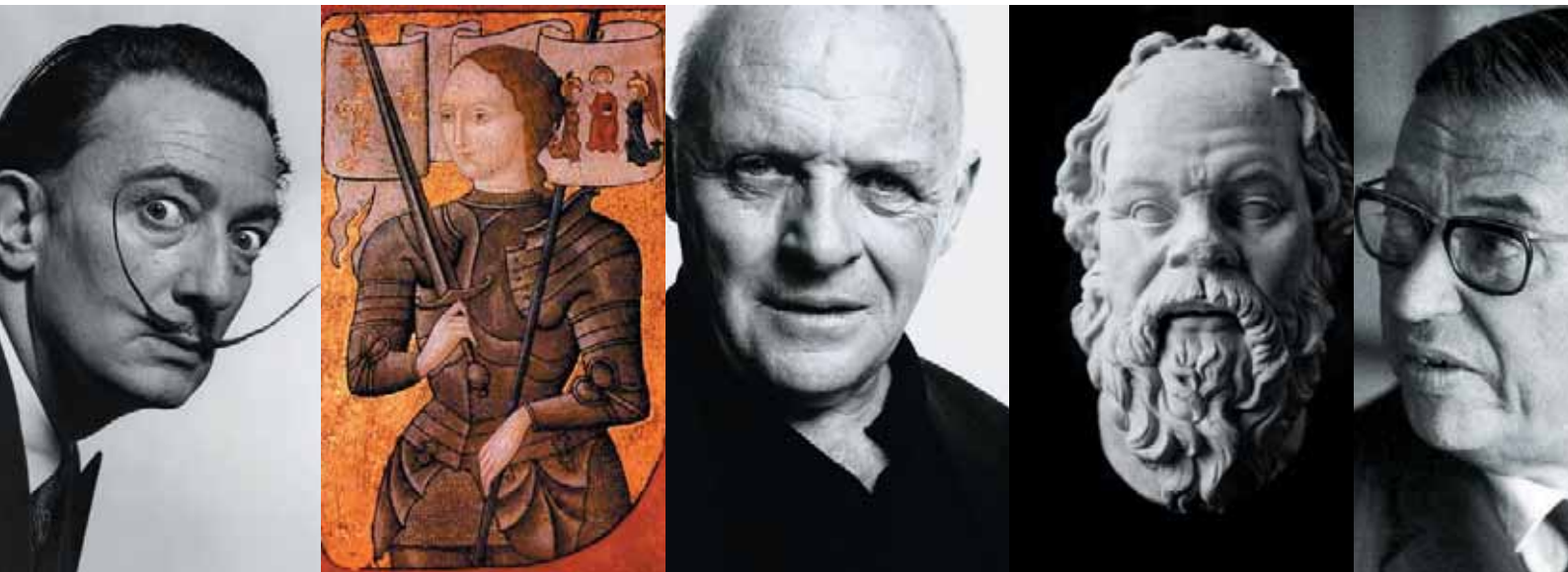
D'autres régions cérébrales sont concernées par les expériences hallucinatoires, mais leur cartographie reste floue et incertaine. On y recense notamment des régions frontales qui pourraient être impliquées, entre autres, dans le «contrôle de la réalité». De surcroît, l'activation d'un petit réseau de l'hippocampe a été mise en évidence dans des hallucinations auditivo-verbales. Aussi, pour Flavie Waters, de la *University of Western Australia*, les hallucinations feraient-elles partiellement appel à un mécanisme mnésique inapproprié. *«À ses yeux, elles pourraient être en lien avec des souvenirs qui remonteraient à l'esprit en raison de déficits d'inhibition et, conjointement, de déficits de la mémoire contex-*

Capucine avait une trentaine d'années quand elle a commencé à entendre des voix, les unes gentilles, les autres agressives. Elle était désarçonnée. À l'hôpital, elle reçut le diagnostic de schizophrénie et est maintenant depuis 10 ans sous neuroleptiques. *«Les médicaments m'ont aidée à mieux contrôler ces voix, mais certaines demeuraient négatives»,* confie-t-elle. C'est pourquoi elle s'est inscrite l'année dernière à un groupe de parole où, dit-elle, chacun est traité comme une personne normale. *«Aujourd'hui, j'ai la paix, je n'entends plus que des voix positives qui m'aident dans la vie courante. Par exemple, elles peuvent très bien me dire: "N'oublie pas ton parapluie." Souvent, je leur demande aussi des conseils»,* déclare-t-elle. Désormais, elle ne voudrait plus que «ses» voix la quittent. À propos du groupe de parole, elle souligne qu'elle a pu s'y exprimer librement et y a reçu des conseils qui lui ont ouvert de nouvelles pistes - *«Je me suis ainsi orientée vers la kinésiologie, qui m'a beaucoup apporté.»*

tuelle, laquelle est centrée sur les éléments du contexte (lieu, organisation temporelle...) de l'acquisition d'une information», explique encore Frank Larøi.

GROUPES DE PAROLE

Classiquement, la psychiatrie considère qu'entendre des voix est une manifestation psychotique. Sa réponse ? Délivrer des neuroleptiques, lesquels peuvent notamment aider les patients schizophrènes à contrôler les symptômes dits positifs de leur maladie, telles les hallucinations et les idées délirantes. *«Toutefois, on estime que, malgré ces médicaments, 30 à 60% des patients éprouvent des difficultés à gérer leurs symptômes»,* précise



Frank Larøi. Par ailleurs, les antipsychotiques ne sont pas orientés spécifiquement contre les hallucinations auditivo-verbales. Ils sont donc peu appropriés pour répondre aux difficultés des entendeurs de voix non cliniques dont la caractéristique est de ne se plaindre d'aucune autre manifestation que d'être envahis par des discours intrusifs, ces derniers fussent-ils généralement à connotation positive en l'absence d'une psychose.

Dans certains cas, les voix ne représentent pas un problème et sont même recherchées. Y compris par une fraction des patients psychotiques, ainsi que l'a révélé une étude réalisée en 1993 par Laura Miller, de l'Université de l'Illinois. Non seulement 52% des patients interrogés estimaient que leurs hallucinations avaient une fonction adaptative, mais, plus étonnant, 20% d'entre eux n'auraient pas souhaité qu'un médicament, s'il l'avait pu, les mît à l'abri de toute hallucination. Aussi Jonathan Burnay, psychologue clinicien et doctorant sous la direction de Frank Larøi, déclare-t-il que ce qui est pathologique est bien davantage le fait de ne pas savoir comment gérer les voix, c'est-à-dire comment les empêcher d'être intrusives et comment ne pas répondre à leurs exigences, que celui de les entendre et même de croire, comme la majorité des personnes concernées, qu'elles sont réelles, qu'elles émanent de Dieu, d'un ange ou d'une personne décédée, par exemple.

C'est pourquoi, sur la base de travaux qu'il avait entrepris à la fin des années

1970, le psychiatre néerlandais Marius Romme en vint à sortir les voix du carcan de la maladie mentale et à les assimiler à une expérience dont on peut s'accommoder. Certes, il leur arrive de «s'emparer» de patients psychotiques, de les insulter, de les menacer de mort, de les pousser à accomplir des actes extrêmes, mais, appréhendées dans une perspective non médicale, néanmoins souvent de façon complémentaire à la prise de neuroleptiques, voire à une psychothérapie, elles semblent plus sujettes à une mise sous contrôle. Dans cette perspective sont nés aux Pays-Bas, il y a une vingtaine d'années, de petits groupes de parole où se côtoient entendeurs de voix cliniques et non cliniques. L'initiative a essaimé ensuite vers de nombreux pays, dont assez récemment la France et la Belgique francophone où, au cours des 20 derniers mois, 2 groupes ont été créés à Bruxelles, puis un à Namur et un à Liège. Ces 4 entités font partie de l'association REV-Belgium (Réseau belge des entendeurs de voix), calquée sur son homologue REV-France.

«Au sein des groupes de parole, jamais on ne discute de l'origine des voix, car ce débat serait stérile», indique Jonathan Burnay, l'un des «facilitateurs» du groupe liégeois fondé sous l'égide de l'asbl Psy'Cause et de la Clinique psychologique et logopédique de l'Université de Liège. Il ajoute: «Peu importe que le sujet attribue les voix qu'il entend à Dieu, à des elfes, au diable ou encore à des défunts ! Le but final est de lui permettre de les gérer pour qu'elles le laissent tranquille quand il les juge indé-

sirables. Par exemple, lorsqu'il se concentre sur un travail ou est en famille.»

NI MARGINALISATION NI DISCRIMINATION

Dans les groupes, la dimension pathologique éventuelle est gommée et, un peu comme lors des séances des alcooliques anonymes, chacun échange avec les autres, fait part de ses expériences, explique son désarroi ou ses avancées et les stratégies qu'il a mises en œuvre pour reprendre le contrôle sur «ses» voix. Comme le souligne Élodie Azarian, facilitatrice d'un des 2 groupes bruxellois, il ne s'agit pas de groupes thérapeutiques, mais de groupes d'entraide. On n'y parle d'ailleurs pas d'hallucinations auditives, mais d'entente de voix. «Débarrassés de leur étiquette de malade, les membres des groupes ont une meilleure estime d'eux-mêmes, retrouvent de la dignité et de l'espoir», assure-t-elle.

En Belgique, le fonctionnement des groupes est horizontal, le facilitateur n'étant là que pour assurer la bonne tenue des réunions. L'exemple de ceux qui ont réussi à contrôler leurs voix ouvre le champ des possibles aux autres participants, qui y puisent motivation et réconfort, ainsi qu'un regain d'estime de soi. Dans les groupes, élément essentiel, les entendeurs de voix échappent à toute marginalisation ou discrimination.

Quelques entendeurs de voix bien connus: Salvador Dali, Jeanne d'Arc, Anthony Hopkins, Socrate, Jean-Paul Sartre...

En voici une liste non exhaustive: Alexandre le Grand, Jules César, Charlemagne, Christophe Colomb, Martin Luther, Emanuel Swedenborg, Ludwig van Beethoven, Robert Schumann, Charles Dickens, Sigmund Freud, Mohandas Karamchand Gandhi, Winston Churchill, Carl Gustav Jung, Virginia Wolf, Mère Térésa, John Forbes Nash, Brian Wilson, John Anthony Frusciantone...

«Dans la société, le poids des stéréotypes et préjugés qui pèsent sur eux est énorme, dit Jonathan Burnay. Ainsi, au sein de certaines familles, on refuse de leur confier la garde d'enfants.»

Selon Frank Larøi, certains entendeurs de voix n'ont jamais fait part de leur problème avant d'adhérer à un groupe de parole. Ils veulent se protéger. «Il faut vraiment créer un climat de confiance, car certains patients psychiatriques ont même peur que leur présence dans un groupe de parole, si elle est révélée, n'aboutisse à une augmentation de la dose des antipsychotiques qui leur sont prescrits en psychiatrie», commente le psychologue.

L'attitude des psychiatres par rapport aux groupes de parole pour entendeurs de voix va de l'intérêt affirmé à l'hostilité en passant par le scepticisme. Pour l'heure, il est vrai, aucune étude scientifique consistante n'a pu être menée pour prouver l'efficacité de la méthode. Toutefois, les témoignages des personnes concernées semblent résolument positifs. Dans un premier temps, n'est-ce pas le principal ? ■

(1) Alexandre Baratta, Olivier Halleguen et Luisa Weiner, Jeanne d'Arc et ses voix: pathologie psychiatrique ou phénomène contextuel ?, L'information psychiatrique, 2009

Ensemble contre l'emprise des voix

Trois questions à Élodie Azarian, étudiante en dernière année de psychologie à l'ULB et facilitatrice d'un des 2 groupes de parole de Bruxelles.

Pour reprendre le pouvoir sur les voix, il faut disposer d'une bonne «boîte à outils», dites-vous ?...

Oui, les stratégies de coping apprises au contact des autres membres du groupe de parole peuvent s'avérer très utiles. Prenons un exemple. Parfois, l'entendeur de voix éprouve le besoin de crier sur les voix qui l'envahissent, de leur exprimer sa colère. C'est difficile à faire en rue sans attirer les regards. Une technique: sortir son portable et faire mine de se fâcher au téléphone.

Autre illustration. En psychiatrie, on conseille généralement aux patients schizophrènes de s'efforcer d'ignorer les voix intrusives, mais cette méthode est rarement efficace. Une technique préconisée par certains de ceux qui arrivent à mieux contrôler leurs voix consiste à leur demander de se taire et à leur fixer rendez-vous plus tard - «On parlera ensemble ce soir à 19 heures.» Assez étonnamment, ça marche souvent.

Estimez-vous que la psychiatrie classique a le tort d'enfermer trop vite l'entendeur de voix dans un statut de malade ?

Oui, et cela a des effets extrêmement délétères, y compris sur la façon dont la personne elle-même se perçoit. Un certain discours médical laisse entrevoir peu de perspectives aux schizophrènes. Or, j'ai vu, dans les groupes d'entraide, des gens qui se sont épanouis, qui ont réussi à faire des choses dont aucune institution ne les aurait cru capables. Mon principe est de ne jamais regarder personne comme un condamné.

Au sein des groupes, vous partez du principe que les voix sont réelles, qu'elles existent ?...

C'est même une affirmation très forte. Le facilitateur doit mettre ses propres convictions de côté. C'est la seule façon de permettre à la personne de s'exprimer librement sur ce qu'elle ressent. Agiter le spectre de l'hallucination ou du délire porterait directement le discrédit sur ce qu'elle a vécu. D'où perte d'espoir, d'estime de soi et de dignité.





Musique

et podcasting en ligne:

les ressources audio du Web

Texte: **Julie FIARD** • jfi@easi-ie.com • **SALVO PRINCIPATO** • spr@easi-ie.com
<http://www.easi-ie.com> • http://www.twitter.com/easi_ie
<https://www.facebook.com/EASI.expertsduWeb>

Illustrations: **Vince** • vincent_dubois@me.com

L'utilisation de plus en plus d'outils et d'applications disponibles en ligne change nos habitudes. Écoutez-vous encore la radio ? Et comment ? Par le biais d'un appareil électronique (poste de radio, transistor, tuner, autoradio, etc.) qui capte, sélectionne et décode les ondes radio-électriques émises par les programmes de radiodiffusion ? Peut-être mais mieux vaut alors se trouver à l'heure devant son poste de radio afin de ne pas rater son programme !

Sur le Web, vous pouvez par contre choisir les émissions que vous souhaitez écouter, les réécouter, les enregistrer pour plus tard, n'écouter qu'une partie, le début, la fin, dans n'importe quel ordre, conserver un morceau de l'émission qui vous a particulièrement plu et l'enregistrer sur votre ordinateur, etc. Aujourd'hui, nous choisissons sur Internet la radio que nous souhaitons écouter et ce, malgré sa localisation. Accéder aux ondes hertziennes de ici.radio-canada.ca n'est plus un problème même si on se trouve en Belgique.

Grâce aux *podcasts*, il est désormais possible de choisir ses émissions et de les diffuser à partir de n'importe quel support tant que celui-ci est connecté à Internet et qu'il dispose d'une sortie audio (écouteurs ou haut-parleurs). Les plateformes de musique en ligne nous permettent par ailleurs d'accéder à toute la musique, ethnique, classique ou moderne.

> Comment fonctionnent les sites de musique en ligne ?

Il y a une dizaine d'années, les artistes et maisons de disque débutaient une guerre acharnée devant l'émergence de la musique en ligne. Faute d'avoir pu échapper à la tendance générale, les grandes «majors» se sont adaptées à la demande et s'accordent avec les sites de téléchargements payants. Depuis peu, le monde de la musique opère un nouveau changement avec l'émergence des sites de musique en *streaming* ou autrement

dit, la diffusion de musique en ligne et en simultané sans besoin préalable de télécharger un morceau ou un album.

LES PODCASTS

> Qu'est-ce qu'un podcast ?

Pod: baladeur numérique (inspiré de l'iPod d'Apple) - **Cast:** distribuer. Un *podcast* est donc un fichier multimédia audio ou vidéo diffusé à partir d'un flux *RSS* (*Really Simple Syndication*). Celui-ci permet de recevoir des notifications à chaque mise à jour du site. Comme un fil d'ariane, il vous relie au site que vous souhaitez suivre et vous prévient dès qu'un changement survient. Grâce aux flux *RSS*, votre bibliothèque sera toujours à jour, quasiment instantanément après la mise en ligne du *podcast* auquel vous êtes abonné.

➤ Comment fonctionnent les podcasts ?

Le principe du *podcasting* est simple.

- 1 Vous installez sur n'importe lequel de vos appareils connectés ou sur tous, un lecteur de *podcasts* (un lecteur par défaut est souvent préalablement installé).
- 2 Vous choisissez les *podcasts* qui vous intéressent parmi un grand nombre de catégories: actualités, technologie, musique, économie, divertissement, jeux et hobbies, sports et loisirs, société et culture, santé, éducation, etc... et vous vous y abonnez.
- 3 Une fois abonné, vous recevez tous les épisodes du *podcast* sur votre lecteur grâce au flux *RSS* lié.
- 4 Vos *podcasts* sont disponibles sur l'application que vous avez choisi pour les lire, vous choisissez d'écouter le *podcast* qui vous intéresse, au moment où vous le décidez.

➤ Les principaux lecteurs de podcasts

Pour les appareils *Apple*:
(*iPhone* et *iPad*)

PODCASTS

<http://apple.co/1AqHPUB>

Cette application se met automatiquement à jour sur tous vos appareils et se synchronise dans *iTunes*. Ce qui vous permet de gérer toutes vos ressources audio depuis un seul appareil, votre ordinateur par exemple. *PODCASTS* est installé par défaut sur tous les appareils mobiles *Apple*. (Ci-dessous, exemple de présentation de *PODCASTS* sur *iPad*).



Le lecteur natif pour les appareils *Apple* est *PODCASTS*, mais tous les autres lec-

teurs proposent à peu de chose près les mêmes fonctionnalités. Il appartient à chacun de les tester afin de choisir celui qui sera le mieux adapté à ses attentes.

INSTACAST

<http://vemedio.com/products/instacast>

DOWNCAST

<http://www.downcastapp.com>

Pour les appareils *Windows* et autres

CLEMENTINE

<https://www.clementine-player.org>.

CLEMENTINE n'est pas simplement un lecteur de *podcasts*, c'est également une excellente alternative à *iTunes* et un gestionnaire de bibliothèque musicale performant et complet.

PODCAST REPUBLIC

<http://bit.ly/1AqNgCr>

Contrairement à *Apple* et son application native *PODCASTS*, il n'existe pas d'application spécifique pour *Android*. Vous trouverez d'autres applications pour lire les *podcasts* sur <http://bit.ly/1bmDPxe>

JUICE

<http://juicereceiver.sourceforge.net>

BANSHEE

<http://banshee.fm>

➤ Comment trouver des podcasts ?

Sur chaque application de *podcasting* figure une barre de recherche vous permettant de chercher sur base de mot-clés des *podcasts* susceptibles de vous intéresser.

Podcasts

Il existe même des annuaires de *podcasts*, comme par exemple:

- <http://dkpod.com> est un annuaire de *podcasts* audios et vidéos. Le site propose une liste des *podcasts* les plus consultés en plus de la fonction «ajouter un *podcast*».
- <http://www.podcasting.fr>, ce site vous propose un classement des meilleurs *podcasts* (ceux ayant le plus d'abonnés) dans le monde entier. Il dispose également d'un moteur de recherche.
- <http://www.mirpod.com> propose des *podcasts*, des radios et des *WebTv* disponibles en ligne et venant du monde entier.

- Principalement en anglais:
<http://www.podcastdirectory.com/>

Les sites web des radios sont aussi des sources inépuisables de *podcasts*. Rendez-vous sur le site de votre radio préférée et cherchez la rubrique «*podcast*».

LES PODCASTS VIDÉO

Comme les radios et les contenus web ne se limitent plus à des sources audio ou texte, il existe également des *podcasts* vidéo.

Pour trouver des *podcasts* vidéo, le principe est le même qu'expliqué ci-avant et la plupart des annuaires de *podcasts* en proposent. Notre suggestion: www.ted.com/talks et www.ted.com/watch/tedx-talks - les fameuses conférences *TED* sont disponibles (en anglais) en vidéo sur la plupart des annuaires de *podcast*. Les conférences *TedX* correspondent à des événements *TED* organisés indépendamment, par des antennes *Ted* locales. Un conseil: cherchez les conférences qui vous intéressent en ligne et ajoutez-les ensuite via votre lecteur de *podcast*.

La plupart des émissions de radio filmées sont également proposées en *podcast* vidéo.

Quelques podcasts à succès:

Cinéma:

Le masque et la plume
<http://www.franceinter.fr/emission-le-masque-et-la-plume>

Humour:

Si tu écoutes, j'annule tout
<http://www.franceinter.fr/emission-si-tu-ecoutes-jannule-tout>

Histoire:

- *La marche de l'histoire*
<http://www.franceinter.fr/emission-la-marche-de-lhistoire>
- *Au cœur de l'histoire*
<http://www.europe1.fr/emissions/au-coeur-de-l-histoire>

Société:

Les pieds sur terre
<http://www.franceculture.fr/emission-les-pieds-sur-terre-0>

LA MUSIQUE EN LIGNE

Aujourd'hui, Internet devient un véritable jukebox géant ! Outre l'achat et le téléchargement, le web propose de nombreux sites permettant d'écouter de la musique en ligne. Minoritaires il y a encore quelques années, les sites de streaming sont aujourd'hui devenus la norme. Il y a quelques années, les grandes maisons de disques voyaient dans ces plateformes des outils de promotion pour leurs artistes. Désormais, ce sont de véritables concurrents potentiellement dangereux commercialement parlant.

Certaines «majors» envisageraient de renégocier les accords établis avec les sites de streaming afin qu'ils suppriment leur abonnement *freemium* (gratuit) permettant aux internautes d'écouter de la musique gratuitement et sans limite de temps.

► Les principaux sites de streaming

DEEZER

www.deezer.com

Créé en France en 2007, *Deezer* est une des références du streaming musical gratuit. Contrairement à ses concurrents, il s'agit d'une plateforme qui se matérialise par un site web et qui propose un catalogue de 18 millions de titres.

Outre le streaming, *Deezer* propose de très nombreuses radios gratuites ainsi que différents outils et fonctionnalités: moteur de recherche, tri par artistes, par genres, par album, création et gestion de playlists, partage et interactions avec les réseaux sociaux... autant de possibilités accessibles dès l'offre gratuite.

SPOTIFY

www.spotify.com

Principal concurrent de *Deezer*, cette plateforme suédoise, dont l'utilisation nécessite l'installation d'une application, a vu le jour en 2008.

Proposant un catalogue important (18 millions de titres), *Spotify* propose aussi des fonctionnalités intéressantes: moteur de recherche intelligent avec système de filtre (artiste, genre, album, etc.), la création de playlists mais aussi la synchronisation de sa musique locale (ordinateur ou smartphone). Très orien-

ÇA ? TON STREAMING
DES ANNÉES '70 ??
UNE ÉNORME PLAQUE NOIRE
QUI PASSE TOUT LE TEMPS
LES 10 MEMES MORCEAUX ??



tée «réseaux sociaux», elle offre la possibilité à chaque utilisateur d'informer ses contacts de la musique qu'il écoute et de savoir en retour ce que ses amis diffusent.

GOOGLE PLAY MUSIC

bit.ly/google_play_music

Google Play Music est l'offre streaming proposée par *Google* depuis 2011 afin de se faire une place sur le marché de l'écoute musicale en ligne. Accessible depuis un site web ou une application, cette plateforme vous donne accès à des millions de titres des plus grandes maisons de disques telles qu'*Universal*, *Sony* ou *Warner Music* et également des labels indépendants.

Google Play Music vous offre toutes les fonctionnalités classiques: moteur de recherche, possibilité de construire des listes de lecture ou de recevoir des suggestions de morceaux à écouter en fonction de vos goûts. Vous pouvez créer des radios à partir d'une chanson ou d'un artiste que vous appréciez ou encore, y stocker jusqu'à 50 000 titres de votre propre musique.

SOUNDGOOD

soundgood.co/

Un peu différente des 3 plateformes que nous venons de vous présenter, *Soundgood* est le site de streaming qui monte. Sélectionnée comme «*Innovation Musique*» par le festival «*Futur en Seine*», l'équipe de *Soundgood* s'attaque à une dimension technologique ambitieuse: le marché de la recommandation musicale. Tel «*Scoop it !*» (voir *Athena* n° 309),

les internautes vont pouvoir proposer des playlists de leur choix. Il n'est donc ici nullement question d'écouter un artiste précis mais plutôt de découvrir un genre musical qui nous attire.

Quelle que soit votre humeur ou le moment de la journée, *Soundgood* a l'ambition de vous proposer la playlist parfaite concoctée par un internaute qui vous ressemble (en terme de goûts musicaux) sans interruption ni publicité.

Actuellement disponible sur le web, *Soundgood* va prochainement déployer une application pour tablette et smartphone.

► Comment trouver de la musique sur le Web?

Aujourd'hui, satisfaire le mélomane qui sommeille en vous est on ne peut plus simple. Remplacé par le téléchargement, l'achat des CD baisse depuis de nombreuses années. Cela s'explique d'une part par l'offre sans cesse grandissante et par la facilité de stockage. Imaginez-vous devoir vous déplacer avec 10 000 CD alors que tout cela tient aisément dans un lecteur mp3 de 6 cm !

La difficulté réside plutôt dans la multiplication des plateformes proposant du téléchargement. Alors comment faire votre choix ? Avant toute chose, évitez les sites de téléchargement illégal, vous pourriez vous exposer à des poursuites (http://bit.ly/loi_sur_le_telechargement). Ensuite, le choix est très vaste ! Voici une sélection non-exhaustive des principaux sites de musique en ligne.

ITUNES STORE

<https://www.apple.com/fr/itunes/music/>

iTunes Store est la plateforme de téléchargement d'*Apple*. Il s'agit, actuellement, de l'offre la plus complète sur le marché. Elle vous propose 26 millions de titres dans tous les domaines musicaux ! Les prix varient de 0,99 euro pour un single à 11,99 euros pour un album. Les chansons téléchargées peuvent être stockées sur vos différents supports, sur *iCloud* et partagées.

MUSICME

<http://www.musicme.com/>

Musicme est une des offres les moins chères du marché. Beaucoup moins complète (environ 6,6 millions de titres dans 14 domaines différents - 5 000 nouveautés par semaine), les prix sur cette plateforme varient de 3,90 euros (pour un pack de 3 à 5 titres) à 29,90 euros (pour un pack de 25 à 47 titres). Les chansons téléchargées peuvent être stockées sur vos différents supports et partagées. Le seul bémol est l'impossibilité d'acheter un titre à l'unité.

QOBUZ

<http://www.qobuz.com/>

Qobuz offre la meilleure qualité sonore et 10 millions de titres dans 11 domaines différents, avec une spécialisation en musique classique et en jazz. Les prix varient de 0,99 euro pour un single à 9,99 euros pour un album en qualité standard. Ajoutez à cela 20% pour une qualité CD et 50% pour une qualité Studio Masters (qualité sonore 10 fois supérieure au CD). L'ensemble du catalogue peut également être loué en illimité avec des prix débutant à 9,99 euros par mois. Les chansons téléchargées peuvent être stockées sur vos différents supports et partagées. Les chansons louées par contre ne peuvent pas être téléchargées.

► Comment synchroniser ses différents appareils ?

Avec la multiplication des appareils (ordinateur portable, tablette, smartphone, baladeur MP3, etc.), se pose la question de la synchronisation de votre bibliothèque musicale. Quelle technique choisir ?

La synchronisation par câble usb

Le câble usb qui vous est (généralement) fourni avec votre appareil mobile vous permet de connecter ce dernier à

vos différents supports. Une fois vos 2 supports reliés entre eux, il devient aisé de faire glisser votre sélection musicale de l'un à l'autre. La limite de cette technique est la contrainte de devoir synchroniser manuellement vos supports dès qu'une nouvelle chanson est ajoutée à votre bibliothèque.

Le cloud computing

Cet espace de stockage de données en ligne vous permet d'y entreposer votre musique. Une fois cette opération effectuée, vous devrez connecter vos différents appareils pour que chacun de ceux-ci puisse avoir accès à vos morceaux favoris.

Si les différentes plateformes de *cloud computing* permettent généralement cette technique, *Apple* offre un service spécifique: *iTunes Match* (<https://www.apple.com/befr/itunes/itunes-match/>), qui vous permet de télécharger vos musiques préférées (jusqu'à 25 000 morceaux) sur les serveurs d'*Apple* et d'y avoir accès depuis n'importe lequel de vos appareils. Ce service vous permet aussi d'avoir une sauvegarde de tous vos fichiers musicaux et même (sous certaines conditions) de les partager avec d'autres personnes.

► Les applications géniales

Avec l'émergence des smartphones, reconnaître une chanson dont on ignore l'interprète ou le titre est devenu facile !

SHAZAM

<http://www.shazam.com/>

Elle est la plus connue et la plus téléchargée des applications d'identification musicale. Elle nous permet d'identifier des chansons en quelques secondes, suivre les paroles, acheter ou écouter des morceaux identifiés sur des sites tels que *Spotify*, *Deezer*, *iTunes* ou *Google Play Music*. Une série d'informations concernant l'artiste, sa discographie et ses prochaines dates de concert vous sont également proposées. Vos tags (vos chansons «shazammées») sont conservés dans l'historique, pour pouvoir y revenir à tout moment.

SOUNDHOUND

<http://www.soundhound.com/>

Cette application permet d'identifier une chanson, afficher les paroles, regarder la

vidéo sur *Youtube* et bien entendu, acheter le morceau. Là où elle se distingue, c'est qu'il est possible de fredonner un morceau à votre smartphone pour que *SoundHound* vous donne toutes les informations le concernant !

SOUND SEARCH FOR GOOGLE PLAY

http://bit.ly/Sound_Search_For_Google_Play

L'application musicale de *Google* vous permet d'identifier les chansons, d'en écouter un extrait et de l'acheter. Cette application garde également une trace des titres que vous avez identifiés afin que vous puissiez les acheter ultérieurement.

CONCLUSION

Nous sommes en droit de nous poser la question suivante: que faire de nos CD et autres appareils-audio ? Sont-ils voués à devenir des objets de collection ou d'antiquité ? Il est évident qu'aujourd'hui grâce à Internet, cette interminable source d'outils et d'applications dans tous les domaines, les choses matérielles qui nous semblaient indispensables, comme un poste de radio, peuvent être remplacées. Un simple smartphone ou une tablette suffisent à accéder à une musicothèque incroyablement riche. Il semblerait que l'industrie filmographique prenne le même chemin. L'arrivée de *Netflix*, application et abonnement de streaming vidéo, tend à le prouver.

N'hésitez pas à nous faire part de vos impressions sur ces innovations. Qu'allez-vous faire de votre bibliothèque de CD ? Profitez-vous de la musique en ligne ? Toutes vos impressions sont les bienvenues à contact@easi-ie.com ■



À la croisée des Sciences :

Cristallographie et Optique

L'UNESCO a décrété 2 années internationales dont on parle peu: celle de la cristallographie (2014) et celle de la lumière et de l'optique (2015). Examinons pourquoi par le prisme de l'Histoire

Cliché de cristaux liquides, microscope optique à lumière polarisée, grossissement x 50.

Texte: **Christiane DE CRAECKER-DUSSART** • c.decraecker@skynet.be

Photos : **Y. MOLARD** (p.32), carionmineraux.com/Calcite (p.33),

lecompendium.com/Polarimètre (p.33), Cdang/Wiki (p.34)

Les **cristaux** sont omniprésents: nature, vie quotidienne, laboratoires, entreprises,... Ils fascinent par leur beauté, faite d'éclat, de couleurs et de symétrie. Leur étude, la **cristallographie** liée à l'optique, est celle de la structure de la matière et à la base des sciences. 45 scientifiques ont eu le Nobel pour des travaux qu'elle permit, mais elle reste méconnue ! En voici de belles facettes...

MINÉRAUX ET... MATHS !

Dès le 1^{er} siècle, Pline l'Ancien consacre 4 volumes de son *Histoire naturelle* aux **minéraux**. Au 11^e, Avicenne les range en pierres, métaux, soufres et sels et montre l'importance de l'analyse pour

les différencier. Le traité fondateur de **minéralogie** est publié au 16^e par Bauer, dit Agricola: *De re metallica* reprend les propriétés physiques des minéraux. Mais le 1^{er} à écrire sur les cristaux sera Gesner (1563). Dès 1611, Kepler admire la symétrie hexagonale du flocon de neige (*voir image 2, p. 33*) et devine sa structure sous-jacente. En 1669, Stenon observe la constance des angles des cristaux de quartz. Capperon introduit le terme cristallographie en 1723; Romé de l'Isle en publiera les 1^{ers} ouvrages en 1772 et 1783, avec sa loi fondamentale de constance des angles. En 1774, Haüy ébauche les 1^{es} théories sur l'organisation et la structure intime de la matière. Il jette les bases de la cristallographie, décrit les règles géométriques d'agencement et dégage l'idée d'atome, d'unité et de périodicité... en observant le **clivage** d'un cristal de **calcite** tombé et cassé ! Les cristaux sont un empilement

de petits volumes (polyèdres), avec règles de symétrie et 7 systèmes cristallins, toujours utilisés ! Il publiera son *Traité de minéralogie* en 1801.

Entre-temps, apparaît le goniomètre d'application, 1^{er} mesureur d'angles, par rapporteur et compas (Carangeot, 1783), remplacé par le goniomètre à réflexion, mesurant les angles par réflexion de la lumière sur les faces du cristal (Wollaston, 1809). L'échelle de dureté de **Mohs**, toujours employée, est publiée en 1822. Puis sont définis les 32 classes de symétrie (Hessel, 1830), les indices ou notations de Miller (1839), la maille élémentaire (Delafosse, 1840) et les réseaux de Bravais (1848). On sait désormais qu'un cristal est formé de la répétition en 3D d'un motif élémentaire en réseau cristallin, suivant les règles d'Haüy. On aboutit à 230 groupes de symétrie par théorie des groupes. En 1873, Gaudin

distingue clairement atome et molécule dans l'*Architecture du Monde des Atomes*. D'étranges découvertes se succèdent: la **piézo-électricité** de certains cristaux, aux multiples applications (P. et J. Curie, 1880); les **cristaux liquides** et l'**état mésomorphe** (Reinitzer et Lehmann, 1889); les semi-conducteurs, l'effet transistor et les circuits intégrés, bases de l'électronique (*Athena n° 298*, pp. 14-15).

Plus extraordinaire encore: en étudiant les cristaux d'un alliage Al-Mn par **DRX**, Shechtman découvre, en 1982, une structure aperiodique, non régulière, à symétrie d'ordre 5, du type pavage de Penrose, considérée comme choquante, des prismes pentagonaux ne pouvant remplir l'espace... ! Cette découverte stupéfiante du quasi-cristal ou cristal pentaédrique montre que sa structure est ordonnée et que la périodicité n'est pas nécessaire en cristallographie: c'est la quasi-périodicité. Puis surgissent de nouvelles structures de carbone C aux propriétés et applications (potentielles) remarquables: les fullerènes ou footballènes C60 (Kroto, 1985); les nanotubes, nanomatériaux et nanotechnologies (Iijima, 1991) et le graphène 2D (Geim et Novoselov, 2004).

LUMIÈRE ET OPTIQUE

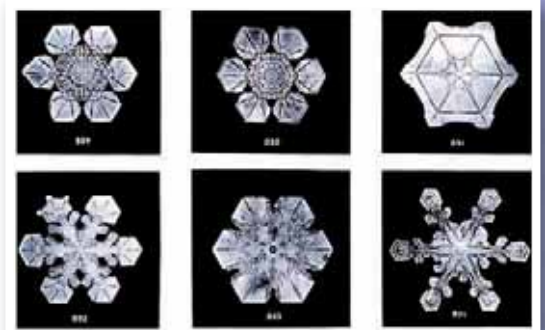
Le plus ancien traité d'optique est publié par Euclide au 3^e siècle avant J.C. Il reprend déjà la loi de réflexion et la **réfraction** de la lumière, (re)décrite par Ibn Sahl en 984. La 1^e invention majeure sera celle du microscope fin 16^e, observant structures et organismes invisibles à l'œil nu (*Athena n° 275*, pp. 12-15). Après la découverte de la réflexion totale (Kepler, 1611), Snell publie sa loi de réfraction (1620), qui deviendra la loi de Snell-Descartes. Mi 17^e, des marins revenant d'Islande (Eskifjord) ramènent un cristal de calcite-**spath d'Islande** (voir image 1 ci-contre) doublant les images ! En 1669, Bartholin décrit cette **biréfringence** ou **double réfraction**, dont Huygens, père de la théorie ondulatoire de la lumière, donne une explication raisonnée (*Traité de la lumière*, 1690). En 1704, Newton publie, dans son traité *Optiks*, ses découvertes en optique depuis 1666 (dispersion ou décomposition de la lumière solaire blanche en ses différentes couleurs spectrales via

prisme triangulaire en verre). Il impose une théorie optique corpusculaire manifestement fautive ! Elle paralysera l'évolution des connaissances en optique pendant près d'1 siècle,... jusqu'à ce que Wollaston la démente en vérifiant expérimentalement la théorie ondulatoire, que Young décrit les interférences lumineuses en 1802, etc.

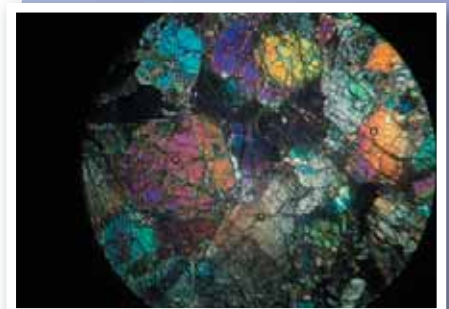
Les découvertes en **polarisation lumineuse** se suivent: celle par réflexion (Malus, 1809; Brewster, 1811-1816); la polarisation rotatoire du quartz (Arago, 1811); la transversalité de vibration lumineuse (Fresnel et Arago, 1817). Biot montre que la polarisation rotatoire s'applique aux liquides et invente le saccharimètre, devenu **polarimètre** (voir image 4 ci-contre). Après les tests de **diffraction** par réseau de Fraunhofer et sa fabrication de spectroscopes (1814-1821) (*Athena n° 283*, pp. 12-15), Nicol fabrique les 1^{ers} **nicols** polariseurs et le microscope polarisant, étudiant le comportement de la lumière dans les cristaux (1828). C'est un remarquable outil d'examen minéralogiques. Mitscherlich étudie l'influence de la t° sur les propriétés optiques des cristaux et sur la cristallisation; A.-E. Becquerel découvre l'effet photovoltaïque (1839) et Pasteur la chiralité ou asymétrie moléculaire (1848). Tyndall révèle l'**effet Tyndall** (1859), devenant la **diffusion Rayleigh** en 1871. Vers 1875, Des Cloizeaux introduit l'optique cristalline pour caractériser et identifier rigoureusement les minéraux transparents et translucides. Exploitant la biréfringence, il détermine la nature des systèmes cristallins au microscope polarisant modifié (voir image 3 ci-contre). Kerr met en évidence l'effet d'un champ électrique sur la polarisation de la lumière (effet Kerr), dont Lacroix se sert pour découvrir de nouvelles espèces décrites dans sa *Minéralogie de la France* (1883). Maxwell publie, en 1873, la théorie des ondes électromagnétiques où la lumière est une onde électromagnétique de haute fréquence (env. 10^{14} Hz) et retrouve les principales lois d'optique. De nouvelles découvertes et inventions vont dès lors se succéder: effet photo-électrique (Hertz, 1887; explication théorique par Einstein en 1905); filtres Polaroid (Land, années 1930); fibres



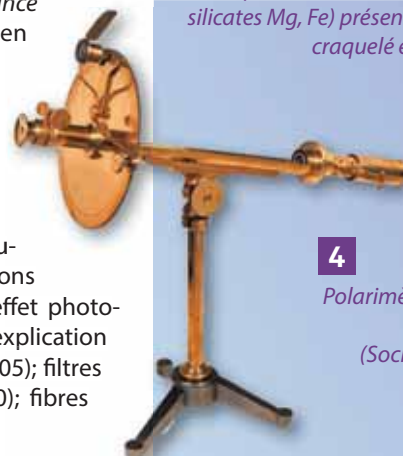
1 Calcite optique ou spath d'Islande. Avec l'octaèdre de fluorine verte placé à l'arrière, on voit bien la biréfringence.



2 Cristaux de flocons de neige photographiés par W. Bentley (1902).



3 lame mince de péridotite (roche magmatique) observée au microscope polarisant: les olivines (ou péridots: silicates Mg, Fe) présentent un aspect très craquelé et des teintes vives.



4 Polarimètre-saccharimètre de Laurent (Société Mabilie, Paris), vers 1900.

optiques par réflexion totale; **synchrotron** (USA, 1952); laser à rubis (Maiman, 1960; *Athena* n° 285, pp. 12-15); fibres à **cristaux photoniques** guidant la lumière par diffraction (1991), etc.

DIFFRACTION ET APPLICATIONS

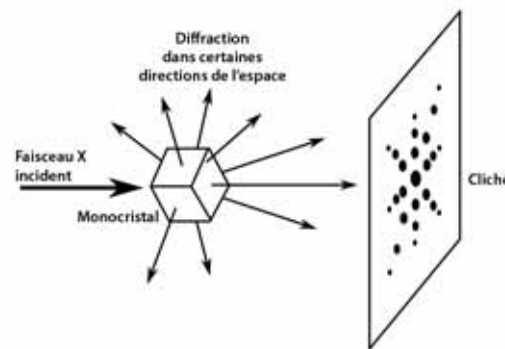
Un nouveau chapitre s'ouvre avec la découverte, par Röntgen, des RX en 1895 (*Athena* n° 281, pp. 12-15). En 1912, Max von Laue, suivant les expériences de Friedrich et Knipping, élucide leur nature exacte en les utilisant pour créer le modèle de diffraction d'un cristal. Il découvre que ce sont des ondes électromagnétiques, comme la lumière, mais d'une longueur d'onde λ plus courte ($\approx 0,1$ nm ou 1 Å), comparable à la distance entre atomes des molécules. D'où l'usage en cristallographie pour révéler la structure moléculaire des cristaux via

la **diffraction des RX (DRX)** par ceux-ci. Connaissant la λ des RX, on remonte, par opération mathématique, de la figure de diffraction ou diffractogramme du cristal, à sa structure. Puis W.H. Bragg et son fils W.L. Bragg, avec un diffractomètre RX précis, examinent la structure de l'halite ou sel gemme NaCl. Ils énoncent la loi de Bragg expliquant les résultats expérimentaux, utilisée pour calculer l'espace entre plans atomiques cristallins connaissant λ , ou mesurer λ connaissant cet espace. La DRX prouve la structure atomique régulière des cristaux !

La cristallographie s'emballe... 1916: Debye et Scherrer réalisent la 1^{er} DRX sur échantillon polycristallin, caractérisant les matériaux (souvent polycristallins). 1930: l'analyse des images DRX permet de déduire la répartition des atomes dans un cristal. Le laboratoire Cavendish étudie la structure des protéines (*Athena* n° 308, pp. 24-27). Davisson, Germer et Thompson réalisent la diffraction des électrons par les cristaux. Sykes et Jones mesurent aux RX les défauts d'empilement, 1^{es} mesures expérimentales d'un écart à l'ordre parfait.

À partir de 1950, Pauling et Corey étudient les spectres DRX sur peptides, après cristallisation. Ils en établissent la stéréochimie sous forme d'hélices et feuillettes. Entre-temps, Wilkins et Rosalind Franklin tentent de percer la structure de l'ADN par étude d'images DRX de qualité à partir de fibres d'ADN purifiées et cristallisées. Avec Pauling, mais contre Franklin, Watson et Crick proposent un 1^{er} modèle à 3 hélices. En 1953, ils construisent un modèle hélicoïdal à 2 chaînes, grâce aux mémorables clichés de Franklin, et publie – à son insu – le 25 avril 1953, dans *Nature*, «leur» modèle de structure de l'ADN à double hélice. L'enroulement de 2 chaînes complémentaires permet de proposer un mécanisme de réplication de l'ADN (*voir illustration 5 p. 35*).

Les découvertes de la structure d'autres biomolécules se suivent: hémoglobine (Perutz, 1953), myoglobine (Kendrew, 1953), cholestérol, pénicilline, vitamine B12, insuline,... (Dorothy Hodgkin, 1937-1969); une protéine membranaire en photosynthèse (Huber, Michel et Deisenhofer, 1970-1988); l'ATP synthase (Boyer, Walker et Skou, 1997); le ribosome perturbé par antibiotiques (voie pour diminuer la résistance des bactéries...?) (Ramakrishnan, Steitz et Yonath, 2009);



Diffraction de rayons X sur un monocristal, mettant en évidence l'organisation de la matière.

les récepteurs couplés à la protéine G (Lefkowitz et Kobilka, 2012); les systèmes chimiques complexes (Karplus, Levitt et Warshel, 1970-2013), etc.

De nouvelles méthodes d'analyse cristalline sont développées, comme la diffraction neutronique (Brokhouse et Shull, 1994). Récemment, la combinaison **radiocristallographie**/super-ordinateurs/ ultradétecteurs/synchrotrons permet l'analyse en routine de microcristaux, structures biologiques complexes, quasi-cristaux, cristaux liquides, (*voir illustration de titre p. 32*) etc. En 2012, la NASA envoie le rover *Curiosity* vers Mars, embarquant des instruments pour détecter des composés susceptibles de supporter la vie et un diffractomètre RX pour la structure cristalline.

La radiocristallographie est, avec la microscopie et la spectrométrie, une des techniques essentielles d'analyse. Elle a révolutionné notre connaissance de la matière et permis de fonder, sur des bases indiscutables, géosciences, physico-chimie, chimie des matériaux, chimie organique et biologie moléculaire. Les applications foisonnent partout !

En conclusion, la cristallographie et l'optique sont des vecteurs fondamentaux d'innovation, permettant la connaissance approfondie de la matière, indispensable pour résoudre la plupart des questions scientifiques. Elles ont donc joué et joueront encore un rôle clé pour répondre aux plus grands défis de l'humanité: matériaux, énergie, environnement, santé, etc. ■



Pour en savoir plus:

- Le Beau Livre de la Physique, par C.A. Pickover, Dunod, Paris, 2012.
- Compendium de Terminologie chimique IUPAC, par J.-C. Richer, Tec & Doc, Paris, 1999.
- Cristallographie, par D. Schwarzenbach, PPUR, Lausanne, 1996.
- Dictionnaire de Physique, par R. Taillet, De Boeck, Bruxelles, 2013.
- Géosciences, par C. Robert, Belin, Paris, 2013.
- Guide Delachaux des minéraux, par O. Johnsen, Paris, 2010.
- Histoire de la Chimie en 80 dates, par A. Sevin, Vuibert, Paris, 2014.
- Histoire des Cristaux, par B. Maitte, Hermann, Paris, 2014.
- Roches et minéraux du monde, par R.L. Bonowitz, Delachaux & Niestlé, Paris, 2013.
- Sciences, année après année, par R. Winston, Flammarion, Paris, 2014.
- <http://www.geminterest.com>
- <http://www.gemmology.be>
- <http://www.iucr.org>
- <http://www.iycr2014.org>
- <http://www.minera.ulg.ac.be>

5 Modélisation de l'ADN à double hélice basée sur les clichés DRX de R. Franklin (1953).

GLOSSAIRE

Biréfringence ou Double réfraction	Propriété optique de milieux anisotropes (à propriétés directionnelles) de (dé)doubler, <i>polariser</i> et <i>réfracter</i> différemment les rayons lumineux les traversant. Le doublage des images s'observe à l'œil nu en certains cristaux (<i>calcite</i> , <i>olivine</i> , <i>zircon</i> ,...).
Calcite et Spath d'Islande ou Spath optique	<i>Minéral</i> (CaCO_3) très répandu. Transparent à translucide ; <i>dureté Mohs</i> = 3 ; <i>clivage</i> parfait. Forte <i>biréfringence</i> qui le fait rechercher pour l'optique : <i>polarimètres</i> , <i>nicols polaris(at)eurs</i> , goniomètres, télémètres, etc.
Clivage (Plan de)	Propriété que possèdent certains <i>cristaux</i> de se diviser mécaniquement selon des plans préférentiels, dit plans de clivage ou plans de moindre cohésion atomique, facilitant la séparation en 2 ou plusieurs morceaux suivant les faces.
Cristal, Structure cristalline ou État cristallin	Classiquement, solide dont la structure microscopique est caractérisée par une répétition périodique en 3D d'un motif cristallin d'atomes, ions ou molécules (nœuds), limité par des plans ou faces à angles dièdres et polyèdres.
Cristal liquide et État mésomorphe	État de la matière intermédiaire entre le liquide et le solide <i>cristallin</i> . Ordre en 2D, d'où une fluidité, dont un solide, rigide par construction 3D, est incapable. A les propriétés optiques des cristaux anisotropes (<i>biréfringence</i> ,...) (LCD).
Cristallographie	Partie de la <i>minéralogie</i> dédiée à l'étude de la structure de la matière à l'échelle atomique, par détermination, classification et interprétation des formes et structures géométriques, modes de croissance et défauts des solides, en particulier des <i>cristaux</i> .
Cristal photonique	Structure en 3D, périodique et artificielle, à l'échelle des longueurs d'onde λ de la lumière visible et la <i>diffractant</i> . Utilisable en optoélectronique comme miroir, fibre-guide d'onde, cavité laser sans perte,... Ex. : opale artificielle.
Diffraction	Phénomène observé quand une onde (son, lumière, RX, radio, électrons, neutrons,...) rencontre un obstacle dont la largeur \approx la longueur d'onde λ de cette onde, qui subit une déviation ou changement de direction de propagation, sans modification de sa λ .
Diffraction et Diffraction de(s) RX (DRX) ou Cristallographie RX	(angl.: <i>XRD</i> pour <i>X-ray diffraction</i>) Analyse physique dite <i>radiocristallographie</i> aux RX rencontrant le <i>cristal</i> et provoquant la dispersion en directions spécifiques. La mesure des angles au goniomètre et de l'intensité des rayons <i>réfractés</i> et réfléchis donne une image en 3D de la densité électronique du cristal (diffractogramme).
Diffusion de lumière et Diffusion (de) Rayleigh ou Effet Tyndall	Si une onde de longueur λ se propage en milieu transparent à fines particules, une partie est déviée en toutes directions. Sous $0,1 \lambda$ (molécules), l'efficacité est d'autant plus grande que λ est faible. Le bleu est mieux diffusé que le rouge d'un facteur 10.
Minéral	Solide naturel inorganique constituant les roches et présentant systématiquement un arrangement en 3D d'atomes ordonnés selon une configuration précise.
Minéralogie, Pétrographie et Pétrologie	Étude des <i>minéraux</i> et roches: 1) genèse (pétrologie); 2) formes et <i>structures cristallines</i> (<i>cristallographie</i>); 3) propriétés; 4) espèces minéralogiques (pétrographie); 5) méthodes physico-chimiques de détermination.
Mohs (Échelle de dureté de)	Graduation définie par Friedrich Mohs pour étalonner la dureté par un ensemble de 10 <i>minéraux</i> étalons de référence, de dureté croissante allant de 1 (talc) à 10 (diamant). Chacun raie les précédents mais ne raie pas les suivants.
Nicol (Prisme de)	Polaris(at)eur en <i>calcite-spath d'Islande</i> utilisé pour produire de la lumière <i>polarisée</i> .
Piézoélectricité et Piézoélectrique	(du grec <i>piezein</i> , presser) Phénomène où une contrainte mécanique sur un matériau anisotrope provoque à ses bornes une différence de potentiel électrique. Propriété de certains <i>cristaux</i> (quartz,...) de se <i>polariser</i> électriquement en une direction via une pression (microphones, hydrophones, sonar, échographie, horloges, briquets,...).
Polarimètre	Instrument mesurant la rotation du plan de <i>polarisation lumineuse</i> .
Polarisation de la lumière ou Polarisation lumineuse	L'onde électromagnétique lumineuse se déplace en vire et vibre en toutes directions. La lumière est polarisée par un polariseur en un plan si l'onde vibre en une seule direction.
Radiocristallographie	<i>Cristallographie</i> par <i>diffraction des RX (DRX)</i> , des électrons ou des neutrons. Technique physique d'analyse permettant de déduire la structure d'une molécule <i>cristallisée</i> en l'exposant aux rayons de λ connue $\approx 1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$ (\approx distances interatomiques).
Réfraction ou Réfringence	Si un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre, sa trajectoire est déviée, car la vitesse de propagation de la lumière est modifiée.
Synchrotron (Rayonnement)	Rayonnement électromagnétique venant de l'accélération de particules chargées en orbites circulaires, sous l'action de champs électrique et magnétique forts, croissant avec la vitesse des particules. Le synchrotron est l'accélérateur utilisé (datation,...).

La chimie est un art

En inventant les «Jardins Chimiques» ou la biologie synthétique, le chimiste Stéphane Leduc (1853 - 1939) pensait avoir accompli le rêve de nombreux scientifiques: recréer la vie. Ce n'est en réalité pas le cas, mais ses créations n'en sont pas moins fascinantes et la compréhension des processus qui leur donnent naissance passionne.

Ainsi, des chercheurs de l'ULB appartenant à l'Unité de chimie physique non linéaire, F. Haudin, F. Brau et A. De Wit et leur collègue J. Cartwright de l'Université de Grenade en étudient les processus de formation. La diversité des formes et des couleurs étonne. Les images émerveillent. Des images de pure chimie, qui démontrent à la fois la puissance créatrice de cette discipline et la beauté de ses productions...



Texte : **José BONTEMPS** • jbontemps@alumni.ulg.ac.be

Photo : **S. QUERBES** • Expérimentations : **R. E. EASTES**

pour *Les Atomes Crochus* & **C. DARRIGAN** pour *Anima-Science*

Les jardins chimiques sont formés par auto-assemblages de précipités minéraux générés lors de certaines réactions chimiques, par addition de sels métalliques à une solution alcaline de silicate de sodium, appelée «liqueur de cailloux». La réaction démarre instantanément après introduction des réactifs et est rapide, de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes. Les structures semblent se construire à une vitesse surprenante. La réaction peut se produire dans un bocal, un aquarium, un vase,...

Au contact avec le silicate, les divers sels métalliques vont se solidifier différemment et créer des structures dans la solution. On peut ainsi observer des formes tubulaires irrégulières et multicolores croissant par l'action combinée de différents processus physiques (pression osmotique (1), effets de gravité, réactions et diffusion). Le jardin se compose au final de jolis stalagmites, de petits

brins aussi fins que des brins d'herbe ou encore des structures fibreuses ou spongieuses. En général, ces formes colorées rappellent des structures végétales, d'où la dénomination de «jardins chimiques». L'on pourrait les comparer à des jardins de coraux sauf qu'ils sont en réalité complètement inertes.

COMMENT ÇA MARCHE ?

Ces structures résultent de la dissolution de sels métalliques dans une solution alcaline de silicate de sodium. Les sels métalliques solides se dissolvent en ions au contact des molécules d'eau. Les ions métalliques forment un précipité insoluble au contact des silicates. Ce précipité est une «enveloppe» solide qui enferme le sel métallique et les ions dissous du reste de la solution. Cette enveloppe est toutefois poreuse à l'eau, qui continue de rentrer pour diluer les ions

ABC des réactions de précipitation

métalliques. Cette entrée d'eau exerce une pression sur l'enveloppe solide qui cède par endroit. La solution contenue à l'intérieur de l'enveloppe étant moins dense que la solution de silicate de sodium à l'extérieur, elle remonte vers la surface le temps de recréer une nouvelle enveloppe. Lors de cette ascension, la réaction de précipitation se poursuit le long du jet ascendant, créant une nouvelle enveloppe sous forme de tube ou d'aiguille.

Tous les métaux réagissent différemment et forment des structures caractéristiques avec une ou des couleurs différentes. La couleur dépend des ions métalliques utilisés, plus précisément du cation, ou espèce ionique positive:

- **Calcium** (Ca²⁺): blanc.
- **Cobalt** (Co²⁺): bleu, rose pâle, vert, violet.
- **Cuivre** (Cu²⁺): bleu.
- **Fer** (Fe²⁺): vert et (Fe³⁺): orangé.
- **Manganèse** (Mn²⁺): beige.

Il est possible de mêler plusieurs métaux dans la même solution pour mélanger les structures entre elles et ainsi former d'étonnantes créations multicolores. Les formes qui se créent dépendent du métal et surtout de la taille des réactifs introduits. Pour obtenir de fins brins, il faut par exemple utiliser de la poudre et pour obtenir des stalagmites, plutôt des grains de quelques millimètres.

Les structures formées perdurent après le retrait de la solution. Ne tentez surtout pas de faire l'expérience dans un aquarium contenant des poissons. Les structures pourront servir dans l'aquarium une fois la solution vidée et le conteneur rincé et lavé! ■

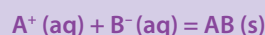


(1) C'est la pression qui empêche l'eau (un solvant, en général) de passer au travers d'une membrane semi-perméable, qui sépare une solution diluée d'une solution concentrée.

Pour en savoir plus

- fr.wikipedia.org/wiki/Jardin_chimique.
- atomes-crochus.org/haikus.
- Contact ULB: Anne De Wit adewit@ulb.ac.be

Une réaction de précipitation est une réaction au cours de laquelle 2 ions en solution réagissent: un cation, A⁺, et un anion, B⁻. Il se forme un «précipité», soit un corps solide qui se dépose au fond du récipient. Celui-ci a généralement une couleur spécifique.



Dans cette équation générale, les symboles «aq» et «s» indiquent que les ions A⁺ et B⁻ en solution dans l'eau (aqua), tandis que le composé AB est solide.

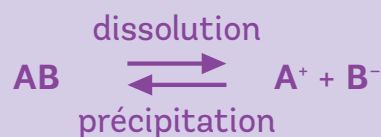
EXEMPLE AU QUOTIDIEN

Le tartre est un dépôt calcaire issu de la précipitation de minéraux contenus dans l'eau sous l'effet de la chaleur, fréquemment retrouvé dans les canalisations. Voici l'«équation chimique» qui décrit le phénomène au niveau moléculaire, dans le cas du calcium, Ca²⁺:



Cette réaction entre 1 ion calcium et 2 bicarbonates conduit à la formation de carbonate de calcium solide, de l'eau liquide (l) et du gaz carbonique (g) qui forme des bulles et s'évapore.

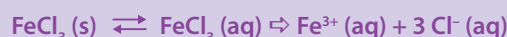
Lorsqu'il est possible de former un composé peu soluble du corps à étudier, qui précipite sous forme solide, le précipité peut être isolé et purifié par filtration et lavage. Une fois sec, son poids permet de remonter à la quantité initialement présente du corps étudié. La méthode est assez générale. Une fois le composé isolé, il est possible de le dissoudre sans difficulté, comme le montre la réaction:



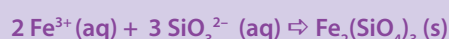
Dans le cas du tartre, il suffit d'ajouter un acide tel que le vinaigre et le précipité blanc disparaît par enchantement. Oui, la chimie c'est magique!

CAS DES JARDINS CHIMIQUES

Lorsque les sels métalliques sont en solution, ceux-ci ont tendance à se solvater, c'est-à-dire que les sels se dissolvent en ions en s'entourant de molécules d'eau. Par exemple avec le chlorure de fer (III):

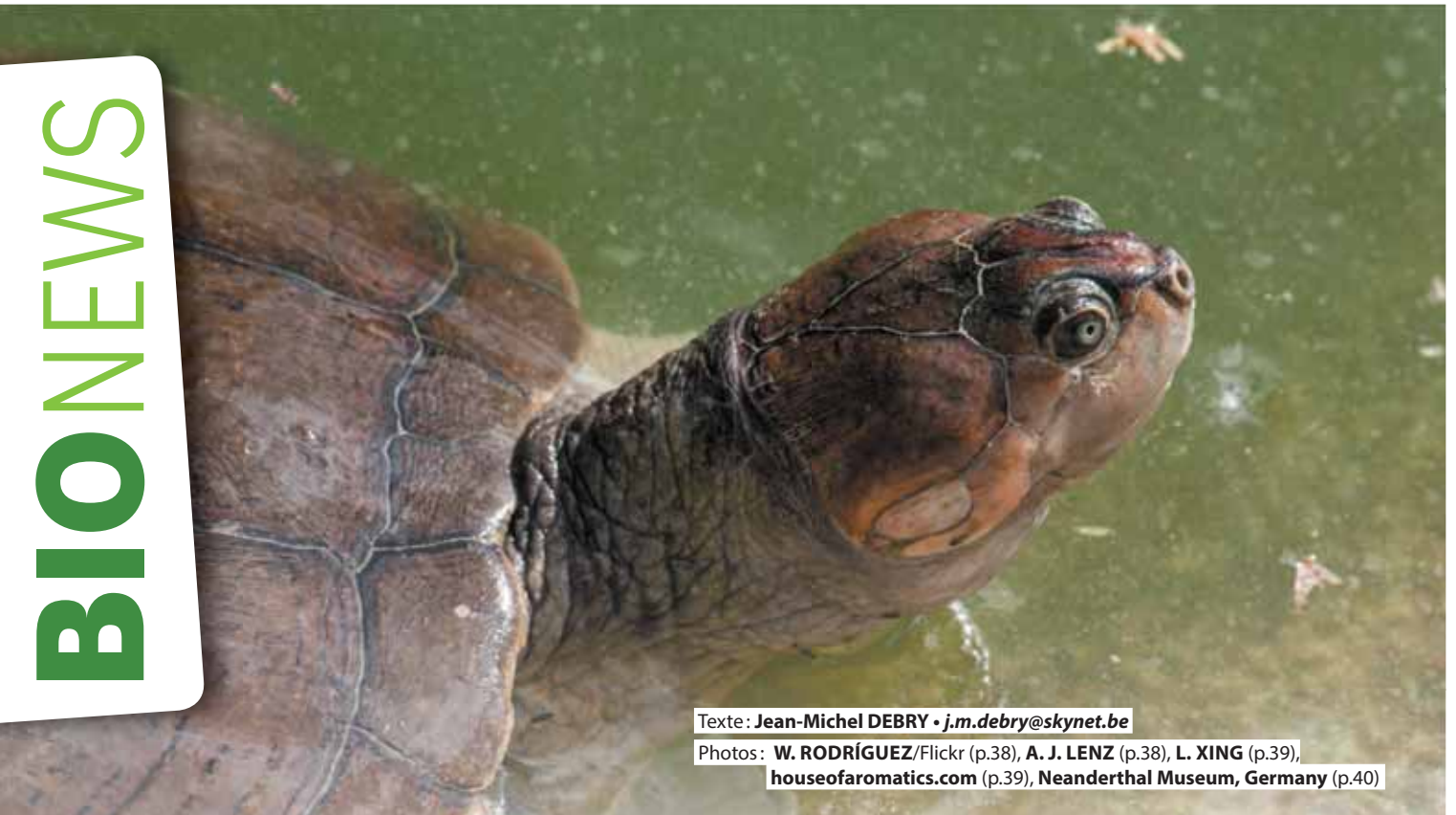


Les ions métalliques forment ensuite un précipité insoluble au contact du silicate (Na₂SiO₃), ce qui forme une pellicule (ou enveloppe) solide, éventuellement cristalline, mais relativement poreuse et perméable à l'eau de la solution de silicate. Parmi les réactions, notons:



Le système est en réalité beaucoup plus complexe que cela car, en parallèle, des hydroxydes de fer peuvent se former et l'enveloppe a généralement une composition finale différente à l'intérieur et à l'extérieur du tube.

Pour en voir plus, n'hésitez pas à visionner la vidéo *Beautiful Chemical Reactions* (<https://vimeo.com/107976057>). Au menu: formation de précipités, de cristaux et de bulles, la fusion de gouttelettes fluorescentes et l'émission de fumées, entre autres...



Texte: **Jean-Michel DEBRY** • j.m.debry@skynet.be

Photos: **W. RODRÍGUEZ**/Flickr (p.38), **A. J. LENZ** (p.38), **L. XING** (p.39), houseofaromatics.com (p.39), **Neanderthal Museum, Germany** (p.40)

De la migration des tortues géantes vers les plages de sable de l'Amazonie à la transition d'une espèce humaine à l'autre, en passant par l'utilité des fourmis pour la bonne santé d'un buisson puant... Tout est décidément une question d'adaptation ! La nature en est plus d'une fois témoin...

Allez, c'est l'heure !

On est parfois surpris de voir avec quel parfait synchronisme des animaux entreprennent des actions collectives. Ce n'est le plus souvent pas le fait du hasard, mais bien celui d'une communication interindividuelle qu'il faut d'abord identifier. C'est par exemple le cas des tortues géantes d'Amérique du sud qui, avec une belle uniformité, sortent de l'Amazonie (le fleuve) pour aller pondre leurs œufs sur, et même dans les plages de sable. Une peu plus tard, c'est au prix de la même belle uniformité que les jeunes, à peine éclos, regagnent en masse leur milieu de vie aquatique.

Des chercheurs ont eu l'idée de déposer des enregistreurs dans l'eau et à proximité au cours de la période la plus probable de survenue de ces événements. Après avoir écouté et décrypté 220 heures d'enregistrements, ils en sont arrivés à identifier 6 vocalises particulières, courtes mais différentes qui semblent présider à ces actions collectives, qu'il s'agisse de celles des femelles ou des tout jeunes. C'est du genre «allez, les gars, on y va !»; un appel à l'action commune assez surprenant pour une espèce plutôt solitaire le reste du temps.

L'intérêt est bien entendu évolutif. Si par exemple les jeunes sortaient l'un après l'autre de leur cachette de sable, les prédateurs potentiels n'auraient qu'à se poster à proximité pour saisir au passage et l'une après l'autre, ces délicatesses saisonnières. Quant aux femelles, il est clair qu'elles s'exposent sans abri de protection pendant toute la durée de la ponte. Le fait d'agir en groupe n'interdit évidemment pas la prédation, mais cela en réduit la portée. Et en fin de compte, davantage de jeunes atteignent l'eau trouble du fleuve où ils peuvent souffler un peu. Ce n'est pas encore gagné pour autant, mais au moins, le plus dur est fait ! ■

► Science 2014; 345: 857 et <http://scim.ag/turtlestalk>



Qui dit mieux ?

Depuis leur découverte dans les profondeurs du sol, les dinosaures nous ont habitués à la démesure. En la matière, un vestige exhumé récemment du sol chinois semble faire partie des «grands».

L'animal, baptisé *Qijianglong guokr*, était un herbivore du groupe des Mamenchisaurides qui ont marqué le sol de leurs - grosses - empreintes il y a plus de 150 millions d'années. L'animal, qui devait excéder les 30 m, était doté d'un long cou et d'une queue à l'avenant. Tiens, le cou précisément. Il mesurait à lui seul 15 m de long et était supporté par 17 vertèbres qui ont toutes été retrouvées intactes. Particularité - utile - de celles-ci: elles étaient constituées d'un os poreux qui contribuait à en réduire le poids.

Mais est-ce le record de longueur ? Que nenni ! La famille regroupe quelques autres spécimens longs eux aussi de plus de 30 m et dont le «grand frère» (*Amphicoelias fragillimus*) devait mesurer 60 m. Et ça, c'est vraiment très, très grand ! ■

► *Science* 2015; 347: 591

Une aide étonnante

Des chercheurs viennent de découvrir qu'une plante américaine doit sa bonne santé actuelle à l'ours. Banal ? Pas vraiment quand on identifie le lien de cause à effet. La Bigélovie puante est un buisson des régions arides de l'Amérique du nord. Plutôt décoratif, il doit son appellation peu avenante à l'odeur dégagée par ses (pourtant jolies) fleurs jaunes.

L'ours, quand il passe par là, se contente - faute de mieux sans doute - de consommer les colonies de fourmis qui peuplent ces buissons. On pourrait facilement en déduire que ces fourmis affaiblissent la plante et que le fait de les manger rend le végétal plus vigoureux. Et bien non. Car ce que font les fourmis, c'est s'attaquer à d'autres insectes qui, eux, sont des prédateurs naturels des phytophages ravageurs tels que les criquets. Le fait de réduire le nombre de fourmis permet donc aux prédateurs d'être plus nombreux et de réduire massivement les nuisibles à la plante. La réalité a été validée par des expériences menées en laboratoire. Ce qu'on peut en retenir, c'est l'effet parfois très indirect que peut avoir une cause, quelle qu'elle soit, dans l'écheveau complexe des relations interspécifiques. Une sorte d'effet papillon en somme. Il faut savoir s'en souvenir quand il est question d'évaluer l'impact de l'homme sur la nature.

Un dernier mot sur la plante en question: son nom latin: *Ericameria* ou *Chrysothamnus*, ne laisse aucun doute sur l'intensité de l'odeur dissipée: *nauseosa*... Il est des saisons où il vaut mieux ne pas aller se promener dans les prairies arides d'Amérique du nord ! ■

► *Science* 2015; 347: 109



BIOZOOM

Photo: E. HUBERT/augoutdemma.be



Cette image n'est pas tout droit sortie d'un conte de fée ou d'un jeu vidéo japonais. Ce lieu magique et poétique se situe même en Belgique. Le Bois de Hal est une forêt de 552 hectares, dont la plus grande partie s'étend en Brabant flamand, une petite partie étant située en Brabant wallon. Fin avril, début mai, ce bois offre aux promeneurs un spectacle étonnant grâce aux vastes étendues de jacinthes sauvages en fleurs...

Insolite ?

Qu'est-ce qui va
consommer
26 milliards
d'heures
en 2015 ?

La recherche scientifique mondiale. C'est en tout cas à cette estimation qu'arrive le magazine *Nature*. Cette somme de travail devrait notamment permettre à 260 000 chercheurs de décrocher un titre de docteur (soit 2 fois plus qu'en 2000) et à 920 000 articles d'être publiés. L'équivalent de 1 440 milliards d'euros de crédit à la recherche devrait permettre de supporter l'ensemble.

Au passage, ce travail sera soutenu par la consommation d'1 milliard de tasses de café.

Une dernière précision: 26 milliards d'heures, ça fait plus simplement 3 millions d'années, soit le temps qui s'est écoulé depuis l'émergence d'*Australopithecus africanus* - notre grand ancêtre - jusqu'à ce jour ! ■

► *Nature* 2015; 517: 12-13



Étonnante rencontre entre un homme de Neandertal (une reconstitution) et une fillette des temps modernes.

Un homme arrive, un autre s'en va...

Longtemps, on s'est posé la question de savoir ce qui avait bien pu se passer pour que l'Homme de Neandertal disparaisse, laissant le champ libre à son cousin sapiens, il y a 35 ou 40 000 ans. Comme souvent, il n'y a pas de réponse simple; on peut objectivement considérer que ce gros consommateur de viande a pu souffrir de la glaciation qui a sévi à l'époque de sa disparition présumée, laquelle a décimé les populations de ses proies habituelles, notamment herbivores. On sait aussi depuis 2 ou 3 ans que Neandertal s'est hybridé avec son cousin sapiens, ce qui lui a permis d'accéder à une sorte de nouvelle vie génétique «en partage». C'est d'ailleurs ce qui fait que nombre d'humains d'aujourd'hui comptent dans leur ADN quelques pourcents de composants néandertaliens.

Les chercheurs ne pouvaient évidemment s'en tenir à ces quelques réalités et se sont mis à la recherche d'indices permettant de préciser davantage cette période de transition, qui a notamment permis aux 2 sous-espèces de cohabiter avant de voir l'une d'entre elles disparaître. Une équipe a ainsi repris en compte des vestiges divers (notamment humains) exhumés de 40 sites de fouille et vieux de 30 et 50 000 ans. Les chercheurs ont d'abord revu leur datation après avoir traité les pièces pour faire disparaître toute forme de «pollution» susceptible d'interférer avec la mesure. Leur résultat - qui devra bien entendu être confirmé par des études

ultérieures - est que la culture néandertalienne aurait disparu un peu plus tôt que généralement admis, entre -39 et -41 000 ans d'ici. Si on se fie aux datations effectuées, le contact entre Neandertal et sapiens aurait finalement été relativement court, d'une durée oscillant entre 490 à 4 900 ans, en fonction de la région. Cette «transition» n'aurait donc concerné que 25 à 250 générations, ce qui est évidemment peu à l'aune du temps.

Comme souvent en la matière et en l'absence de preuves directes, ces résultats font débat. Des détracteurs affirment par exemple que l'«hybridation» entre les 2 sous-espèces d'humains aurait commencé bien plus tôt qu'à la période ciblée, le pic survenant entre -77 et -110 000 ans; autrement dit, les Neandertal qui se sont hybridés avec des sapiens vers -40 000 ans n'en étaient déjà peut-être plus tout à fait vraiment. Qui dit vrai ? Tout le monde sans doute, mais à la seule lumière des pièces étudiées et des valeurs retenues. Plus on évolue dans la connaissance, plus nombreuses sont les questions qui se posent. Ce n'est pas neuf. La «transition» évoquée se précise incontestablement, mais l'interprétation des signes reste complexe. ■

► *Nature* 2014; 512: 260-261



Le juste milieu

La population du globe connaît aujourd'hui une situation apparemment paradoxale: elle continue à croître alors que la natalité, dans nombre de pays, n'a jamais été aussi basse. On a pensé - et certains le pensent sans doute encore - qu'un infléchissement de la population mondiale devrait apparaître avant la fin du siècle alors que des données récentes tendent à accréditer l'idée que la croissance devrait se poursuivre, portant la valeur actuelle de 7,2 milliards d'individus à un niveau compris entre 9,6 et 12,3 milliards en 2100. Une fois de plus, il ne s'agit que d'évaluations basées sur des modèles mathématiques dépendant des données dont on les nourrit.

D'un autre côté, on assiste à une réduction de la natalité dans les pays dits développés, ceux qui sont globalement situés dans l'hémisphère nord. Pour eux, la fécondité moyenne (nombre moyen d'enfants par femme) est de 1,65 alors que celle des pays émergents est de 4,03. Pour qu'une population reste en équilibre, il faut idéalement que le nombre de naissances équilibre celui des décès. Logique. Dans nos pays occidentaux, on estime à 2,1 la valeur qui rend le mieux compte de cet équilibre. C'est le «taux de doublement». Or, on s'en éloigne de plus en plus: des pays comme l'Italie et l'Espagne n'affichent plus qu'une valeur com-

prise entre 1,2 et 1,3. La Belgique se situe un peu plus haut, avec une moyenne actuelle de 1,60. Résultat: les pays dits développés connaissent un double vieillissement. Le premier est lié à la longévité naturelle des hommes et femmes, qui depuis plus d'un siècle s'inscrit à la hausse; le second tient au fait qu'en raison de la réduction de la natalité, la proportion des jeunes se réduit, ce qui ne va faire qu'accroître le vieillissement global et donner à la pyramide des âges un profil de plus en plus inversé.

Nombreux sont les spécialistes qui s'en inquiètent et se demandent quel avenir des pays comme le nôtre vont offrir à leurs ressortissants. Si rien ne change, la situation actuelle ne va que se renforcer avec des dispositions à l'avenant: accroissement de l'âge limite de l'activité professionnelle et réduction des retraites. Avantage: ceux qui connaissent une situation financière aisée s'en tirent bien, avec une qualité de vie en principe meilleure. L'inconvénient, c'est que l'État, confronté à une proportion plus grande d'ainés, doit revoir sa copie pour trouver de nouveaux modes de financement de ses dépenses, avec moins d'impôts et plus de frais de santé. À l'inverse, doper le taux de fécondité et le porter bien au-dessus du taux de doublement, ferait l'affaire de l'État qui y trouverait son compte avec un nombre potentiellement accru de contribuables. À condition toutefois qu'une grande majorité d'entre eux, sinon la totalité, ait un emploi, ce qui est loin d'être gagné.

L'idéal, pour rendre les conditions de vie optimales serait, toujours selon des spécialistes de la question, d'être juste en dessous du taux de doublement: il y aurait certes un peu moins d'actifs, imposés davantage mais qui auraient apparemment un pouvoir d'achat plus intéressant. Le tout, sans tenir compte des crises possibles, des revendications syndicales et d'une foule de contraintes qui rendent sans doute les choses plus complexes. Cela n'interdit tout de même pas d'y réfléchir. ■

► *Science* 2014; 346: 229-234 et 234-237
The Lancet 2014, 381: 1312-1321

L'homme, cette étrange mosaïque

Pendant longtemps, on a cru que l'*Homo sapiens* disposait d'une centaine de milliers de gènes censés assurer le contrôle de toutes ses fonctions. On a ensuite déchanté pour se contenter d'un nombre estimé aujourd'hui à 21 000. Ce qui fait la différence, c'est que plusieurs gènes peuvent agir parfois de concert, et d'autres mener à plusieurs messages différents.

Entretemps, l'épigénétique est venue mettre son grain de sel en nous amenant à constater que ce n'est pas parce qu'un gène est présent qu'il est transcrit, ou qu'il l'est tout le temps. Pour résumer, nous disposons donc d'un peu plus de 20 000 gènes qui codent pour des fonctions bien plus nombreuses, mais dont l'expression est modulée en fonction de contraintes internes ou externes. Quant à notre ADN, on en identifie de nombreux variants mais dont on ne connaît encore rien des implications. Le moins qu'on puisse dire, c'est que l'avancée des connaissances ne va pas dans le sens de plus de clarté. Tout ce qui précède ne vaut que si on considère que toutes les cellules qui nous composent disposent exactement du même ADN. Or, c'est loin d'être le cas.

Toute cellule appelée à entrer en division doit d'abord dupliquer son ADN pour doter chacune de ses «filles» d'un exemplaire en principe identique. Or, cette étape délicate est susceptible d'introduire des petites erreurs, comme par exemple le remplacement d'un nucléotide par un autre. Il y a tout de même 3 milliards d'éléments de ce genre à dupliquer. Et c'est là qu'il est utile de rappeler qu'en 9 mois de croissance intra-utérine, le fœtus passe d'une seule cellule à quelques centaines de milliards. Non seulement des petites erreurs peuvent-elles donc se produire, mais elles peuvent se produire à tout moment; ce qui signifie notamment qu'au sein d'un même organe ou d'un même tissu, des cellules adjacentes n'ont pas forcément un ADN tout à fait identique ! C'est pour cela qu'on peut prétendre que notre corps est une mosaïque génétique. Assurément, le génome de l'homme n'est pas des plus simples ! ■

► *Science* 2014; 345: 1438-1439



Où et quand le prochain ?

Les différents séismes qui ont frappé le Népal ont ravivé l'actualité d'une question qui hante l'esprit des géophysiciens: pourra-t-on un jour prévoir avec précision les tremblements de terre ? Hélas, cela ne semble pas être pour demain....

Texte: **Henri DUPUIS** • dupuis.h@belgacom.net

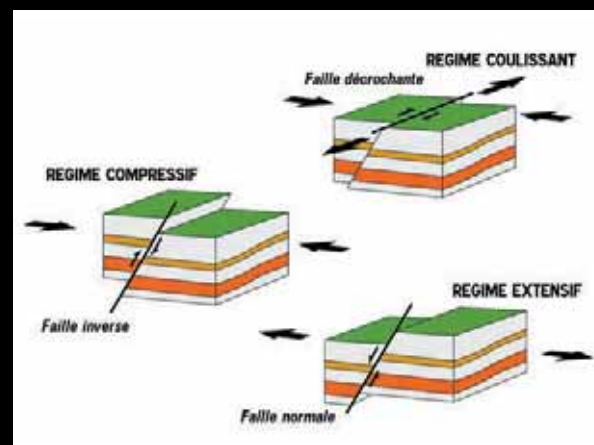
Photos: **XINHUA** (p.42), **Zarmel**/geodiversite.net (p.42)

Pouvoir annoncer avec certitude qu'un séisme va se produire à tel moment en tel endroit avec telle amplitude est un défi que des centaines de scientifiques à travers le monde s'efforcent de relever depuis des décennies. Ils espéraient sans doute pouvoir résoudre le problème assez rapidement parce qu'*a priori*, la question ne semble pas difficile. Tout d'abord parce qu'un tel phénomène met en œuvre des forces colossales et des phénomènes à l'échelle humaine, donc faciles à observer et mesurer (en tout cas plus facile que se qui se passe au niveau des particules élémentaires par exemple): on estime ainsi qu'un séisme de magnitude 7 libère une énergie équivalente environ à 900 fois la bombe atomique d'Hiroshima. Un phénomène d'une telle ampleur ne survient pas sans signes avant-coureurs (nous y reviendrons) dont on espérait tirer profit en matière de prévision. Une autre raison qui poussait à l'optimisme est le progrès enregistré depuis des décennies dans la

compréhension des phénomènes qui agitent la croûte terrestre.

On sait en effet que la couche externe de notre planète est composée de plaques - les plaques tectoniques - au nombre d'une quinzaine, elles-mêmes divisées en plaques plus petites. Ces plaques se déplacent les unes par rapport aux autres à cause de la chaleur provenant des couches plus profondes de la terre. Cette chaleur qui remonte vers la surface modifie et déforme (qui s'étirent ou se compriment) et les mettent en mouvement, entraînant les plaques de roches rigides se trouvant au-dessus. Ces plaques sont séparées par des zones dites de fractures, les failles, au sein desquelles peuvent se produire 3 types de mouvement (*voir schéma ci-contre*): les plaques s'écartent, se rapprochent l'une contre l'autre. C'est là que se produisent surtout les séismes. Les

mouvements des plaques sont lents (de 1 à 20 cm par an) et ne suffisent pas à expliquer les séismes, qui se produisent lorsque les mouvements sont irréguliers, chaotiques. Comme une plaque de gyproc que l'on tire sur le sol. Si elle rencontre un obstacle, elle va être arrêtée et il va falloir fournir de plus en plus d'énergie pour qu'elle puisse le dépasser. Et cela se fera en général de manière bru-



Richter, magnitude et intensité

tale: la plaque progresse uniformément, bloque et accumule l'énergie qu'on lui fournit, laquelle se libère brutalement lorsqu'elle en a accumulé suffisamment pour vaincre l'obstacle.

De même, le séisme est causé par la libération brutale d'une énergie accumulée parfois pendant des siècles. Une faille peut ainsi, pour les séismes de grande ampleur, glisser sur 1 000 km en quelques secondes. Notons cependant que l'énergie se libère essentiellement (fortheureusement pour nous) sous forme de chaleur, ce qui n'est pas perceptible. Seuls 20 à 30% de l'énergie libérée se propage au loin sous forme d'ondes élastiques, responsables des dégâts. Ces ondes sont de 2 types: les ondes de volumes, appelées P (primaires) et S (secondaires), et les ondes de surface. Les premières (P et S) se propagent à l'intérieur du globe. Les P, appelées aussi ondes de compression, sont les plus rapides. Leur passage dans le sol provoque une suite de dilatations-compressions successives de celui-ci. Elles ne causent guère de destruction mais sont responsables du grondement sourd caractéristique du début du tremblement de terre. Les ondes S, plus lentes et plus destructrices que les P, sont dites de cisaillement; sur leur passage, le sol oscille perpendiculairement (de haut en bas).

Quant aux ondes de surfaces (de Love et de Rayleigh), elles se propagent comme des rides sur une surface d'eau. Les ondes de Love provoquent un ébranlement horizontal, causant de nombreux dégâts car les bâtiments résistent moins bien à ce type de mouvement. Ces ondes s'amortissent évidemment avec la distance parcourue, mais cela n'empêche pas les plus puissantes de parcourir le globe en sens divers. Lors d'un séisme de forte magnitude (par exemple 9,2 à Sumatra en 2004), la terre se met alors à résonner comme un gong pendant plusieurs semaines !

ET LES PRÉVISIONS ?

Entendons-nous d'abord sur le terme prévision. Celles à long terme, basées sur des probabilités, sont très correctes... (on évalue le risque sismique en se basant par exemple sur la fréquence des séismes et les zones où il est élevé sont

aujourd'hui bien connues). Mais cela est peu utile pratiquement, sauf pour obliger à construire selon des normes antisismiques très sévères dans les endroits visés par ces prévisions.

Les tentatives de prévisions à moyen et court termes, par contre, se basent sur des signes avant-coureurs. Un de ceux-ci est la diminution de la vitesse des ondes P dans les moments précédant le séisme, avant qu'elle ne se rétablisse lorsque celui-ci se déclenche. Les roches sont en effet constamment soumises à des contraintes, ce qui provoque l'apparition de fissures. Or, les ondes P ne se propagent pas bien dans l'air, d'où leur ralentissement dans ces fissures. Mais lorsque la fissuration atteint une valeur limite avant l'explosion sismique, les fissures se remplissent d'eau, permettant aux ondes P de reprendre de la vitesse. Cette accélération indique l'imminence du séisme... sauf que cela n'a pas toujours été observé et que si la durée du phénomène n'est que de quelques jours pour les très faibles magnitudes, il peut aller jusqu'à 40 ans pour des séismes de magnitude 8 ! Être sur le pied de guerre pendant 40 ans, cela n'a pas beaucoup de sens...

Autre signe avant-coureur: la concentration en radon des eaux souterraines. On a remarqué qu'elle augmentait avant les séismes puisque les roches se fracturent, libérant davantage de gaz. Mais comme on ne sait pas grand chose sur les causes habituelles de fluctuation de radon, on ne peut recourir à ce seul paramètre. On a aussi remarqué que parfois, le sol se soulevait de plusieurs dizaines de cm avant un séisme. Mais là encore, ce n'est pas systématique et d'autres soulèvements sont explicables par d'autres causes.

Tous ces signes et d'autres ont été étudiés dans les années 1980 pour prévoir un séisme sur un endroit de la faille de San Andreas en Californie, une des tentatives les plus précises jamais réalisées puisque les scientifiques avaient alors fourni l'endroit de la faille, la magnitude et déterminé une période pendant laquelle le séisme devait avoir lieu: avant 1993. Deux alertes ont mis tous les secours en alerte en octobre 1992 puis en novembre 1993. Rien ne s'est passé puis les signes avant-coureurs ont disparu. Et le tremblement de terre, de magnitude 6 (celle prévue) s'est produit à l'endroit prévu... le 28 septembre 2004 ! ■

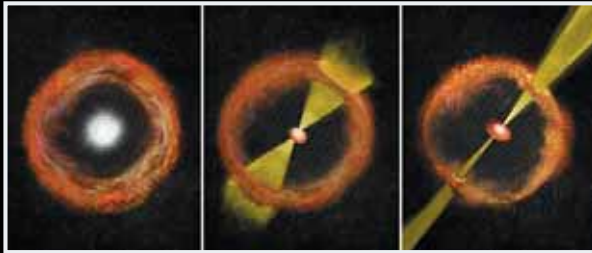
La notion de magnitude d'un séisme est une valeur intrinsèque du séisme qui ne dépend ni du ressenti des observateurs, ni de l'endroit où on l'évalue. Elle a été introduite en 1935 par Charles Richter. La grandeur calculée est l'énergie émise au foyer sous forme d'ondes élastiques (donc pas sous forme de chaleur). Une magnitude 5 correspond à peu près à l'énergie de la bombe d'Hiroshima. Même si on parle d'échelle et de degrés, la magnitude est une fonction continue qui peut être positive ou négative et qui peut prendre toutes les valeurs. Sa valeur minimale est cependant liée à la sensibilité des sismomètres (actuellement, cela correspond à une valeur de -2) et comme on n'a jamais enregistré de séisme supérieur à 9,5, il est admis que la valeur maximale est de 10. Notons encore que comme il s'agit d'une fonction logarithmique, la magnitude change d'une unité lorsque l'amplitude du mouvement varie d'un facteur 10. Ainsi, l'amplitude du mouvement d'un séisme de magnitude 5 est 10 fois plus élevée que celle d'un séisme de magnitude 4.

Il existe plusieurs magnitudes, selon les méthodes utilisées pour les calculer. La plus utilisée, surtout pour les forts séismes, est celle de moment (M_w) que l'on doit à Hanks et Kanamori en 1979. C'est en général elle qui est annoncée dans les médias. Elle tient compte non seulement de l'amplitude des ondes sismiques enregistrées mais aussi des propriétés d'un modèle physique de rupture non élastique en milieu élastique. On tient compte dans ce cas du milieu, du déplacement sur la faille et de la surface de la faille.

L'intensité d'un séisme, quant à elle, n'a rien à voir avec sa magnitude. Il ne s'agit plus ici d'une valeur calculée mais d'une estimation des effets d'un séisme, particulièrement les dégâts observés; 2 séismes de même magnitude peuvent avoir des intensités très différentes. L'intensité se mesure en général sur une échelle européenne (EMS98) divisée arbitrairement en 12 degrés. Il n'est donc pas exact de parler d'un séisme d'intensité 7,4 sur l'échelle de Richter !

À la Une du Cosmos

Texte: Yaël NAZÉ • naze@astro.ulg.ac.be • <http://www.astro.ulg.ac.be/news>



Alors qu'un projet participatif annonce la découverte de 5 supernova par le public, les scientifiques professionnels auraient découvert un chaînon manquant - une explosion intermédiaire entre sursaut gamma et supernova classique. SN 2012ap possédait des jets

qui ont ralenti rapidement, comme pour les sursauts gamma, mais elle ne connut pas une explosion aussi puissante.

Photo: B. Saxton/NRAO (vue d'artiste)

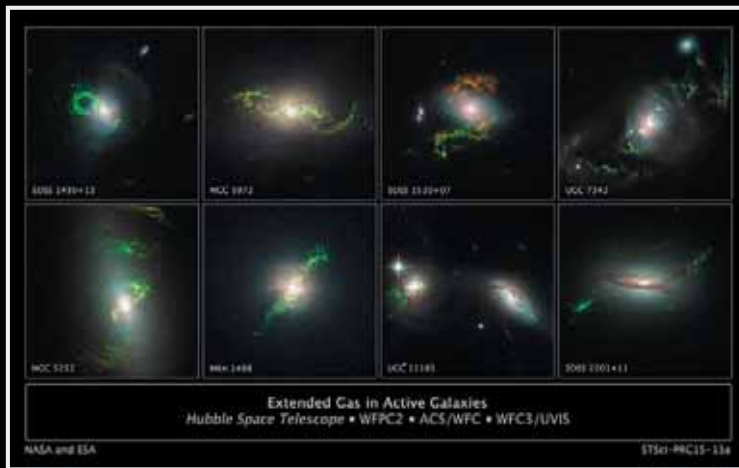
On sait qu'il y a pas mal d'eau (H₂O) dans l'Univers... mais depuis quand ? Des simulations semblent indiquer que ç'aurait déjà été le cas un milliard d'années après le Big Bang: de la vapeur d'eau se serait formée dans les nuages moléculaires denses et froids, alors même que l'univers contenait bien moins d'oxygène que maintenant.

Photo: HST



Le célèbre «objet de Hanny» avait été trouvé par une professeure hollandaise lors du programme de science participative Galaxy Zoo. Suite à un nouveau programme collaboratif, il s'avère que ce n'est pas un cas isolé: la recherche systématique a livré d'autres nuages «fantômes verts» éclairés par le rayonnement intense de trous noirs supermassifs.

Photo: HST

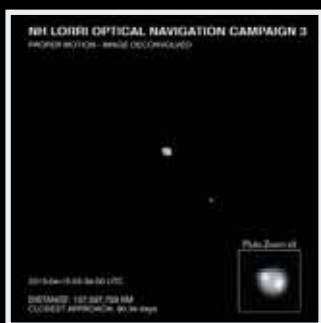
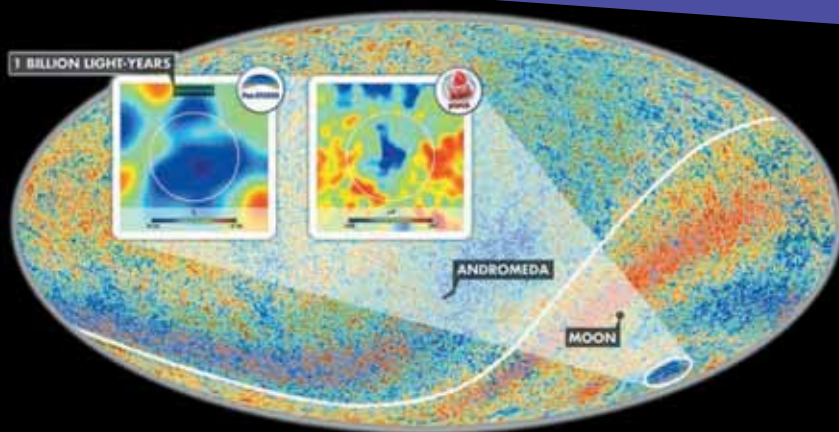


Le réseau ALMA a révélé la présence d'un champ magnétique extrêmement puissant près d'un trou noir supermassif. Cette découverte permet aux astronomes de mieux comprendre la structure et la formation de ces objets.

Photo: ESO (vue d'artiste)

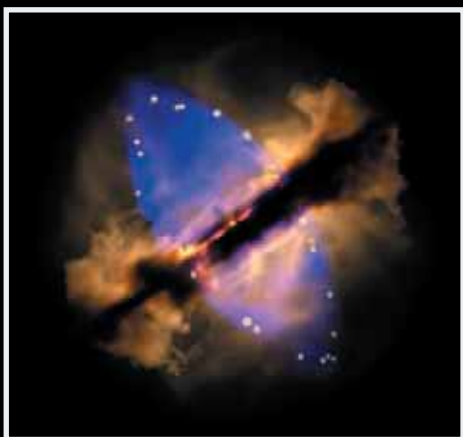
Le «Cold Spot», une zone froide décelée en 2004 dans les observations du fond cosmique micro-onde pourrait être dû au «supervoid», une région anormalement vide s'étendant sur près de 2 milliards d'années-lumière.

Photo: ESA



La sonde New Horizons s'approche doucement de Pluton, et ses images s'améliorent: la découverte de zones brillantes suggère qu'il pourrait exister des calottes polaires sur l'ex-planète. Plus d'infos cet été!

Photo: New Horizons



À gauche: La formation des étoiles plus massives que le Soleil présente encore de nombreux mystères. Un suivi radio montre l'évolution d'un bébé stellaire massif, W75N(B)-VLA2, depuis 1996, ce qui permet d'améliorer notre compréhension des processus de formation - on y a notamment trouvé une éjection de matière, initialement isotrope, puis s'effectuant sous forme de jets. Photo: UNAM • À droite: La comète «Churi» se réveille doucement, sous les yeux de Rosetta... Un jet est même apparu dans la région du noyau plongée dans la nuit! D'autre part, il semblerait que la comète ne soit pas magnétique. Photo: ESA.

Des observations effectuées au moyen du VLT de l'ESO et du télescope spatial Hubble ont révélé que la formation stellaire s'est arrêtée au cœur des galaxies 3 milliards d'années après le Big Bang et que cette extinction s'est progressivement propagée à leurs périphéries.

Schéma: ESO



Après les étoiles hypervéloces s'échappant de leur galaxie à toute berzingue, on a découvert des galaxies elliptiques compactes isolées et animées de grandes vitesses. Elles ont peut-être été impliquées dans des rencontres triples qui les ont éjectées du voisinage de grosses galaxies.

Photo: NASA

Qu'est-ce qui s'y passe ?



Texte: Théo PIRARD

Photos: NASA, Space Adventures

La Station spatiale internationale est, sauf accident, assurée d'une exploitation jusqu'à l'horizon 2024. En quoi est-elle encore utile ?

2015 sera marquée par une mission à bord, pendant près d'une année, de l'Américain Scott Kelly (51 ans) et du Russe Mikhail Kornienko (65 ans). Tous

deux ont déjà vécu quelque 180 jours en impesanteur. Cette fois, en participant à la 43^e expédition - dite *One Year Mission* - dans l'*Iss*, ils vont vivre sur orbite durant 342 jours. Partis le 28 mars dans le vaisseau *Soyouz TMA-15M*, ils regagneront la terre ferme à la mi-mars 2016. La particularité du premier Américain en train d'effectuer ce vol record est qu'il a un frère Mark, également astronaute. Celui-ci est un vrai jumeau (monozygote), qui va être observé au sol en parallèle.

C'est une réelle aubaine pour les spécialistes de médecine de la *Nasa* qui compareront comment les 2 jumeaux se comportent. Sur le plan physique, ils vont réagir différemment au niveau de l'appareil cardiovasculaire, de la circulation sanguine, du système osseux, de la réactivité immunitaire... Par ailleurs, cette mission du duo Kelly-Kornienko, surveillé en permanence, contribuera à comprendre comment le corps humain peut endurer une expédition spatiale de longue durée... Comme ce sera le cas pour l'odyssée martienne d'hommes et de femmes, qu'on envisage à la fin des années 2030.

En septembre, l'équipage de l'*Iss* aura droit à un récital avec la visite d'une soprano britannique...

À quelque 400 km au-dessus de nos têtes, ils sont 6 à tourner... Discrètement, en impesanteur. Deux équipages, chacun constitué de 3 astronautes et cosmonautes, habitent l'*Iss* (International Space Station). Cette infrastructure, qui a pris forme fin 1998, permet la cohabitation sur orbite d'Américains, de Russes, de Canadiens, d'Européens (l'Italienne Samantha Christoforetti y séjourne actuellement), de Japonais. Cet îlot autour de la Terre représente un havre de paix avec de bonnes relations entre nations et cultures différentes !

Habité de façon permanente depuis novembre 2000 par des équipages qui se relaient tous les 6 mois, l'*Iss* sert à des expériences technologiques et scientifiques, à des observations de notre planète et de notre étoile... Construite surtout grâce à des vols du Space Shuttle entre 1998 et 2011, elle est à présent, régulièrement, ravitaillée par des engins Progress de Russie, Kibo du Japon, Dragon et Cygnus des États-Unis. La Belgique, qui est partie prenante du programme d'exploitation, s'est dotée du centre B.Usoc (Belgium Users Support) pour permettre à des laboratoires en Europe de mener à bien des activités de recherche à bord de l'*Iss*.

Il s'agira du 9^e séjour touristique à bord de la Station. La chanteuse d'opéra Sarah Brightman (55 ans) s'entraîne pour ce vol depuis janvier. Elle a payé 50 millions d'euros pour réaliser ce voyage entre ciel et Terre et sera accompagnée de l'astronaute danois de l'*Esa*, Andreas Mogensen. La Russie compte offrir des sièges à bord de vaisseaux *Soyouz* afin de rentabiliser leur production en série chez *Energia*. À partir de 2018, la *Nasa* ne va plus en être dépendante: elle prévoit de disposer de capsules privées - le *Cst-100* de *Boeing*, le *Dragon v2* de *SpaceX* - pour faire voler ses astronautes vers l'*Iss*.

Il reste 10 années d'activités habitées dans l'*Iss*. Et après, qu'en sera-t-il ?

La *Nasa* et *Roscosmos* se sont mis d'accord pour jouer la prolongation de l'*Iss* jusqu'en 2024. Mais Moscou a d'ores et déjà annoncé sa volonté de disposer de sa propre station: elle sera mieux adaptée à la surveillance de la Russie et elle préparera un nouveau matériel pour aller sur la Lune. De son côté, l'Amérique veut économiser les frais d'une station permanente afin d'aller de l'avant dans le système solaire avec des expéditions habitées sur un astéroïde, avant de mettre le cap sur Mars. La Chine est en train de passer à une nouvelle phase de son programme de vols spatiaux: elle mettra en service une station modulaire qu'elle proposera à une coopération internationale. ■



De g. à dr.: Scott Kelly, Gennady Padalka et Mikhail Kornienko.



Sarah Brightman à l'entraînement

Wallonie Espace :

acteur clé du spatial européen

Texte: Théo PIRARD • theopirard@yahoo.fr
Photo: G. SCHOONEWILLE

Le prochain Salon aérospatial du Bourget se tiendra du 15 au 21 juin. La Wallonie, grâce à l'Awex, y sera bien présente avec le pôle wallon des compétences Skywin

Plusieurs des membres qui forment *Wallonie Espace* exposeront leur savoir-faire en matière de systèmes spatiaux. Alors que le gouvernement fédéral se prépare à mettre en place pour janvier 2016 une agence spatiale belge, baptisée *Belspace*, il est question du rôle accru que les régions et communautés ont à jouer dans la mise en œuvre du programme spatial belge. À cette occasion, nous dressons un bilan de ce qui caractérise les compétences des régions de Wallonie et Bruxelles capitale et leur impact, au sein de l'Europe, dans l'exploration et les applications dans l'espace.

Depuis un demi-siècle, la Wallonie et Bruxelles investissent dans la science et la technologie spatiales. Leurs chercheurs dans les institutions universitaires - Liège, Bruxelles, Louvain, Mons -, leurs ingénieurs et techniciens dans les industries de pointe - aéronautique, électronique, informatique, optique, mécanique - jouent les atouts de la carte européenne. Ils ont constitué des groupes de pression stratégique, comme *Belgospace* (dès 1962), *Wallonie Espace* (créé en 1996) et *Bruspace* (depuis 2004). Afin de garder une place de premier plan sur un marché global, aux côtés ou

au sein de grands groupes, il leur faut impérativement garder une longueur d'avance en matière de R & T (Recherche et Technologie).

C'est la Belgique fédérale qui a la mainmise sur la politique spatiale, considérée comme une affaire d'ordre international. Ses ministres de la politique scientifique - notamment T. Lefèvre (1914-1973), C. Hanin (1914-2012) et Y. Ylief - ont joué un rôle déterminant dans la naissance et la croissance de l'Europe dans l'espace. Chaque année et lors des Conseils *ESA* au niveau ministériel, elle renouvelle sa confiance en l'*ESA* en consacrant quelque 200 millions d'euros à ses programmes pour la poursuite d'activités européennes de haut niveau. Jusqu'ici, la Belgique a fait de l'*ESA* son agence spatiale, mais dans le contexte des nouvelles ambitions de l'Europe dans l'espace - notamment avec les systèmes d'applications *Galileo* (navigation) et *Copernicus* (télé-détection), il lui faut se doter d'une structure plus réactive pour valoriser son potentiel scientifique et technologique pour des activités spatiales au service de la société globale.

L'*ESA* a des activités optionnelles ou «menu à la carte». Ce sont des missions avant tout technologiques, qui

préparent de nouvelles ambitions dans les domaines du transport spatial (lanceurs), des vols habités (participation à l'*ISS/International Space Station*), de l'observation de la Terre, des systèmes de télécommunications, de robotique dans l'espace, de la technologie des microsats... Ses États membres acceptent d'y contribuer eu égard aux compétences de ses institutions et industries. La Belgique est exemplaire puisqu'elle participe à toutes !

NICHES TECHNOLOGIQUES

D'ores et déjà, les universités et les entreprises de Wallonie et Bruxelles se mobilisent pour les technologies de l'aéronautique du futur: la propulsion électrique (*TAS/Thales Alenia Space Belgium* à Charleroi), le moteur-fusée cryogénique (*Techspace Aero Groupe Safran* à Herstal), les systèmes avancés de pilotage des lanceurs (*SABCA* à Bruxelles), le traitement des données de télé-détection (Université catholique de Louvain, Centre Spatial de Liège), les nanotechnologies (Facultés Notre-Dame à Namur, Université de Liège), les systèmes de support vie avec le recyclage à bord (*UMons*), la maîtrise des matériaux composites et structures complexes (*Sonaca* à Gosselies), la protection thermique des systèmes spatiaux (*Euro Heat Pipes* à Nivelles), la sécurisation des services de navigation *Galileo* et le développement d'applications (*VitroCiset Belgium* à Redu-Libin), etc. De quoi éveiller des curiosités et susciter des compétences parmi les jeunes générations.

Le savoir-faire spatial wallon s'exprime dans les spécialités suivantes qui font sa renommée au niveau international:

- l'alimentation électrique et les composants électroniques pour les systèmes spatiaux (*TAS Belgium*, qui est leader européen en gestion d'énergie à bord des satellites, sondes et lanceurs);
- les systèmes de pilotage (servo-commandes mécaniques et électriques) et les structures des lanceurs *Ariane 5* et *Vega* (*SABCA*), leur électronique de bord (*SABCA, TAS Belgium*);
- les vannes et des mécanismes pour la propulsion à hydrogène-oxygène liquides des *Ariane 5* (*Techspace Aero/Groupe Safran, Britte Mustad* à

- Vivegnis), les moyens d'essais cryotechniques et d'étude des frottements (*Emt/Éléments de Machines et Tribologie* à l'Université de Liège);
- les équipements de communication à bord des satellites (*TAS Belgium*);
 - le design et le développement de composants «sur mesure» pour des missions sur orbite (*Deltatec* à Ans, *nSiltion* à Mons);
 - les logiciels «sur mesure» à bord de systèmes dans l'espace et pour le traitement des données (*Spacebel* à Liège), pour le contrôle des lanceurs et des satellites (*TAS Belgium*), pour l'analyse des structures d'équipements (*Lms Samtech Groupe Siemens* à Liège, *GDTech* à Liège, le *Ltas* de l'Université de Liège, *Cenaero* à Gosselies), pour la préparation, la planification et l'exploitation des missions spatiales (*Rhea* à Wavre, *Redu Space Services* à Redu-Libin, *Vitrociset Belgium*), pour la gestion sécurisée de réseaux complexes (*Cegelec Infra Technics* à Gosselies, *Aethis* à Louvain-La-Neuve);
 - les bancs de tests électriques pour préparer, contrôler et vérifier les systèmes pour l'espace (*TAS Belgium*, Centre Spatial de Liège, *Gillam-Fei* à Liège);
 - les cuves à vide et des équipements de simulation d'ambiance spatiale pour des tests de systèmes optiques et électroniques (*Amos* à Angleur-Liège, Centre Spatial de Liège), les tests de systèmes électroniques dans des environnements sévères (*SP3 Consulting* à Louvain-La-Neuve);
 - la conception d'instruments opto-électroniques pour satellites (Centre Spatial de Liège, *Lms Samtech Groupe Siemens* à Liège, *Deltatec*, *e-Xstream engineering* et *Free Field Technology* à Mont Saint Guibert, *GDTech* et *Open Engineering* à Liège);
 - l'informatique pour le traitement de l'imagerie spatiale, systèmes d'exploitation des données de satellites pour l'observation de la Terre (Faculté des sciences agronomiques et Centre de recherches agronomiques de Gembloux, Université libre de Bruxelles, École Royale Militaire, Université de Louvain, Centre Spatial de Liège, *Spacebel*, *GIM Projections* à Isnes, *Walphot* à Jambes);
 - les applications de la navigation par satellites (*Vitrociset Belgium*, *M3*

Systems à Transinne-Libin, *Timelink Microsystems* à Angleur-Liège);

- les éléments complexes de fine mécanique et d'optique avancée pour des expériences sur orbite (*Amos*, *Lambda-X* à Nivelles);
- des structures légères et complexes pour des systèmes sur orbite, y compris pour l'*ISS/International Space Station* (*SABCA*, *Sonaca*).
- la réalisation de télescopes au sol, la fourniture d'éléments pour leur bon fonctionnement, et la fabrication de miroirs (*Amos*);
- des équipements scientifiques de pointe, comme les senseurs pour l'étude des composants atmosphériques et du trou d'ozone (*Institut d'Aéronomie Spatiale* à Bruxelles), la détection et l'analyse du rayonnement spatial (*CSR/Center for Space Radiation*), des radiomètres pour mesurer les effets du Soleil sur le comportement et l'atmosphère terrestre (*Observatoire Royal de Belgique*, *Institut royal Météorologique* à Bruxelles),
- des expériences de microgravité - lors de vols paraboliques, à bord de capsules récupérables sur fusées-sondes et en orbite, dans la station spatiale internationale - en physique de fluides (*MRC/Microgravity Research Center* de l'ULB, *Lambda-X*), avec des caloducs pour le contrôle thermique (*Euro Heat Pipes*)...
- des systèmes innovants pour des applications, grâce à l'incubation (*WSL* à Liège, *WSLlux* à Transinne-Libin, *Issep/Institut Scientifique de Service Public* à Liège), via de jeunes Pme (*Hipperos* à Gosselies, *Incize* à Louvain-La-Neuve)...

PRÉSENCES DE L'ESA

Sur le territoire belge, l'Europe spatiale - à savoir l'ESA (*European Space Agency*) - a des installations spécifiques. Ces dernières années, elle a accru sa présence en Wallonie et à Bruxelles:

Le Centre Spatial de Liège (CSL) sert aux essais intensifs, dans des simulateurs d'environnement spatial et à des températures très basses, d'instruments optiques pour satellites et sondes. Il a notamment contribué aux succès scientifiques des observatoires *Planck* et *Herschel* qui ont rempli avec brio leur mission

à 1,5 million de km de nous. Il a fait naître en 1999 *WSL*, incubateur de «spin offs» (Pme qui exploitent des retombées technologiques) dans les sciences de l'espace et de l'ingénieur; en coopération avec *IDELux*, *WSL* a fait naître sur le site *Galaxia* l'*ESA Bic* (*Business Incubator Center*) Redu géré par *WSLlux*, pour l'incubation des applications spatiales, près de l'*Euro Space Center Belgium*.

Le Centre ESA de Redu (Libin, Province de Luxembourg) assure le suivi permanent et le bon fonctionnement de satellites européens, une fois qu'ils sont dans l'espace. Avec le support technique de *RSS* de *Redu Space Services*, elle gère le satellite technologique de télécommunications *Artemis*, contrôle les microsats «made in Belgium» *Proba* (3 en orbite pour l'observation de la planète et de notre étoile), est chargé de valider les satellites de la constellation *Galileo* de navigation, est concerné par la mise en œuvre du système *Edrs* (*European Data Relay Satellite*) du partenariat ESA et *Airbus Defence & Space* pour la collecte de données de satellites en orbite basse.

L'implantation ardennaise de l'ESA - Redu sur-espace - a vu ses missions croître et embellir afin de tirer parti de l'expérience acquise par l'Agence et ses contractants dans la gestion des programmes spatiaux et dans l'apprentissage aux diverses disciplines de la recherche et de la technologie pour l'espace: avec l'*ESA Academy - Training & Learning Centre*, en coopération avec l'*Euro Space Center Belgium*, et avec l'*ECCE* (*European Centre of Excellence*) pour la réalisation de *Cubesats* dans un partenariat public-privé.

Le cyclotron à ions lourds à l'UCL (Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve) simule le rayonnement de l'espace pour tester les composants électroniques destinés aux engins spatiaux. Dans son orbite est né le *Center for Space Radiation* (*CSR*) qui analyse les mesures de ce rayonnement et dont un détecteur compact équipe le microsatellite *Proba V* (*égétation*).

Le banc ESA de tests cryogéniques à Liège ou la maîtrise des extrêmes pour les propulseurs hydrogène-oxygène liquides *Vulcain* et *Vinci*, destinés aux lanceurs *Ariane*. ■

Pour en savoir davantage:
<http://www.wallonie-espace.be/>

Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, Ula, Min.russe Défense



Nouveau rival pour Ariane: le Vulcan américain.

L'opérateur américain de transport spatial Ula (United Launch Alliance) entend frapper fort avec son lanceur de nouvelle génération. Alors que les Européens ont du mal à s'entendre sur l'investissement à finaliser pour le duo Ariane 6, l'entreprise privée, certes assurée d'un fort appui gouvernemental, va de l'avant aux États-Unis. Un lanceur simplifié et évolutif autour d'une technologie est de voler moins cher, en réduisant les coûts tant de production que d'exploitation: tel est le concept que Ula (United Launch Alliance) a voulu pour son NglS (Next Generation Launch System), qui a reçu le nom de Vulcan. Jusqu'ici, la société conjointe de Boeing et de Lockheed, qui avait été créée en 2006 pour la mise en œuvre des lanceurs Delta 4 et Atlas 5, visait le marché gouvernemental de missions de la NASA et du Département de la Défense. En proposant dès 2020 le lanceur Vulcan destiné à remplacer les

Delta et Atlas, son objectif est d'entrer en concurrence directe avec Arianespace et SpaceX ! Les premières missions du Vulcan sont d'ailleurs prévues pour être commerciales.

Ula entend s'affranchir de la dépendance russe pour la propulsion. Avec son Vulcan, elle veut disposer durant la prochaine décennie d'un système d'accès à l'espace qui soit le plus économique possible. Boeing et Lockheed Martin envisagent de récupérer dans les airs la partie propulsive du 1^{er} étage:

ce sont les moteurs qui représentent 65% de la valeur du lanceur, alors qu'ils constituent à peine 25% de sa masse.

Le nouveau lanceur se déclinera en deux versions:

- le Vulcan est basé sur l'Atlas 5 mais propulsé par deux nouveaux moteurs BE-4 méthane-oxygène liquide qui remplaceront le RD-180 de fabrication russe. Il faut préciser que ce BE-4 est développé par Blue Origin, une société de Jeff Bezos, le fondateur et patron d'Amazon, qui s'est lancé dans la technologie des fusées réutilisables.
- le Vulcan Heavy à partir de 2023 doit utiliser l'étage innovant Aces (Advanced Cryogenic Evolved Stage). Celui-ci doit devenir un outil clef dans l'exploitation et l'exploration de l'espace grâce à l'assemblage et au ravitaillement sur orbite ! ■

Vers une prolifération mondiale de lanceurs ?

Au cours de la décennie à venir, 5 lanceurs de nouvelle génération pourraient être mis en service, avec l'objectif de faire baisser le coût du transport spatial, notamment pour placer des satellites sur l'anneau convoité de l'orbite géostationnaire:

- en Russie, la famille Angara de lanceurs modulaires à partir du nouveau cosmodrome de Vostochny dans l'Extrême Orient;
- en Chine, les Longue Marche modulaires depuis le centre de lancements Wenchang, sur l'île de Hainan;
- aux États-Unis, les lanceurs évolutifs Vulcan d'ULA et Falcon de SpaceX qui font appel à la réutilisation d'éléments;
- au Japon, le H-3 de Mitsubishi Heavy Industries qui recourt à des équipements standardisés;
- en Europe, Arianespace compte sur Ariane 6 dans ses deux variantes autour d'éléments communs, à la technologie bien maîtrisée.

C'est à qui se montrera le plus «révolutionnaire» avec des innovations qui rendent l'espace plus accessible ! ■

Angara 5 a volé en décembre dernier.



AGENDA

- Du 27 juin 2015 au 29 mai 2016
- Au Mundaneum
Rue de Nimy 76 à 7000 Mons

Mapping knowledge



Nous vivons dans un monde régi par les données. Aujourd'hui, leur quantité est telle que nous avons bien du mal à appréhender la complexité de cette réalité nouvelle. Pour faire face à ce basculement d'échelle, une discipline connue sous le nom de «visualisation de données» a vu le jour et a connu un essor récent avec la multiplication des outils informatiques, l'avènement d'Internet, la société du tout numérique et le *Big Data*.

Le phénomène n'est toutefois pas neuf. Depuis des millénaires, l'homme se préoccupe de la représentation visuelle de données, comme en témoigne les cartographies antiques ou les formes d'écritures graphiques telles les hiéroglyphes.

L'exposition proposera un voyage interactif au cœur de l'information. En arpentant ces cartographies de données par le biais d'images surprenantes, le Mundaneum invite le visiteur à une immersion dans un univers visuel qui fait usage d'un langage graphique commun et qui présente de nombreuses similarités avec les principes de l'abstraction géométrique utilisés par Mondrian, Malevitch ou d'autres artistes modernes. Un monde de complexité rendu lisible, évident dans sa simplicité visuelle, qui fait autant appel aux émotions qu'à la raison. L'exposition révèle de manière ludique et prospective des univers graphiques suscitant la réflexion et une nouvelle manière d'envisager le savoir. Elle retrace l'histoire des pionniers de la discipline jusqu'aux anticipations d'aujourd'hui à travers une approche mêlant les pratiques: art, science, design, architecture de l'information.

L'exposition *Mapping Knowledge* signe la réouverture du Mundaneum en 2015.

Infos www.expositions.mundaneum.org

- Du 21 juin 2015 au 21 juin 2016
- Aquarium-Museum de Liège
Quai Edouard Van Beneden, 22
à 4020 Liège



Lumière sur le lagon

Les récifs coralliens sont un des écosystèmes les plus complexes et les plus riches de notre planète. Ces réservoirs de la biodiversité sont intimement liés à la lumière, en particulier au niveau des lagons. Coraux bâtisseurs de récifs, mais aussi d'autres espèces, y vivent en symbiose avec des algues microscopiques: ces «couples au soleil», dont l'association apporte protection, nutriments, croissance à chacun, sont à la base de cette extraordinaire biodiversité.

Y voir plus clair sur le sujet ? Découvrez le nouvel aquarium «lagon tropical», 2 nano-aquariums et leurs coraux fluorescents et l'espace consacré aux requins, hôtes des lagons et des récifs, dans leur bassin réaménagé. Le tout dans la salle «Requins et récifs coralliens» à la scénographie entièrement rénovée. De nombreux événements sont prévus sur toute la durée de l'exposition, qui s'inscrit dans le cadre de l'événement «LUMIÈRES: Des expos qui vous éclairent» initié par l'Embarcadere du Savoir:

www.expolumieres.be

Infos www.aquarium-museum.ulg.ac.be

À NE PAS MANQUER !

- Jusqu'au 11 juin 2015
- Gare de Bruxelles-Congrès

Anomalia

Les villes actuelles regorgent d'espaces souterrains: métros, magasins, parkings, tunnels, passages, couloirs,... La gare (souterraine, faut-il encore le préciser) de Bruxelles-Congrès, fait partie de cette liste: un bel espace architectural certes, mais entièrement minéral et sans lumière naturelle. Et la nature dans tous ces sous-sols ? C'est la question que pose ANOMALIA dans le biotope et contexte particulier qu'est la gare du Congrès dès le 5 mai et pendant plusieurs semaines d'exposition et expérimentation dans les vitrines de la gare. Les professeurs fous rassemblés pour ce projet autour d'Hélène Mariage et Bjorn Gielen, tous 2 paysagistes, vont expérimenter alors une nature contre-nature pour la gare, sorte de vivarium composé de curiosités observées en surface et transposées sous terre. Perruches, tortues, champignons et plantes invasives pourraient y faire leur apparition, entre autres espèces et phénomènes.

Infos <http://www.recyclart.be>



- Jusqu'au 4 novembre 2015
- Cour d'Honneur de l'Hôtel de Ville à 7500 Tournai

Les Animaux et la Guerre

A lors que l'on célèbre cette année le centenaire de la Grande Guerre, le Musée d'Histoire naturelle et Vivarium de Tournai rend hommage aux animaux présents sur les champs de bataille à travers l'Histoire. Depuis que les communautés humaines ont commencé à se structurer, à s'organiser et donc, à se faire la guerre, les espèces animales ont été immédiatement entraînées dans ces luttes ou impactées par leurs conséquences.

Si les animaux utilisés comme auxiliaires guerriers, sont ceux auxquels le grand public pense immédiatement, il faut se rappeler que dans bon nombre d'autres domaines, ils ont été impliqués de manière directe ou indirecte lors des

conflits. Sans prétendre à l'exhaustivité et sans oublier que les hommes, femmes et enfants furent incontestablement les premières victimes de ces folies humaines, ce sont aussi à ces contributeurs involontaires que l'exposition qui se tiendra au Musée d'Histoire naturelle de Tournai rendra hommage.

Infos

www.tournai.be/agenda



À LIRE

Kamala, une louve dans la famille

Pierre Jouventin

C'est un récit bouleversant, une réflexion scientifique passionnante. C'est une aventure hors du commun qui débuta un jour de 1975: Pierre Jouventin accepte alors d'adopter un louveteau nouveau-né, que le zoo de Montpellier s'apprête à sacrifier. Lui, dont le métier est d'étudier le comportement des animaux sauvages dans leur environnement, sera amené à réaliser l'impossible: élever une louve en appartement !

Il deviendra non pas son maître, mais sa famille. Car la louve aimera Pierre, Line et leur fils comme s'ils étaient ses «parents», sa meute. Ce livre remet en question toutes les croyances, tous les clichés sur notre plus vieil «ennemi». Et nous découvrons qu'il nous est plus facile de nous entendre avec un loup qu'avec un chimpanzé, notre cousin ! Le loup est un modèle de gestion des ressources naturelles, mais aussi de savoir-vivre en société. Craintif, puissant, éventuellement dangereux, il se révèle joueur, très solidaire, très affectueux et doté d'un sens strict de la hiérarchie. Il n'est pas docile, mais il veille sur ses proches et sait faire preuve d'altruisme - ce qui est démontré ici pour la première fois.

Cet ouvrage, rempli d'anecdotes sur la relation intime avec une louve, nous apprend mille choses sur les mœurs de cet animal sauvage et sur ceux de son descendant domestique, le chien. À être mieux compris, le loup en devient plus fascinant encore. Et à mieux connaître le loup, on en apprend beaucoup sur l'homme.

Pierre Jouventin est Docteur d'État en écoéthologie (Université de Montpellier) et Directeur de Recherche au CNRS (retraité). Durant sa carrière, il s'est surtout attaché à étudier les stratégies de reproduction des oiseaux et mammifères, en particulier antarctiques et marins. Ses missions d'observation lui ont permis de découvrir pas moins de 5 espèces d'oiseaux (albatros, manchots, canard, pétrel). Il est l'auteur de nombreux articles et ouvrages scientifiques et de films de vulgarisation.



Flammarion, 2015
www.flammarion.com

Sur le Web

Printemps du numérique

Faire de la Wallonie une terre d'excellence numérique, voici le projet ambitieux porté par le Gouvernement wallon. Dans quel but ?

- Accélérer la participation et l'intégration de la Wallonie dans l'économie numérique.
- Encourager le développement d'une véritable industrie numérique wallonne, productrice de biens et services à haute valeur ajoutée.
- Intégrer le numérique au service de la croissance et de la compétitivité des entreprises.
- Développer une «culture numérique» auprès des citoyens et plus spécifiquement des jeunes wallons dans le cadre de leur éducation et de leur formation.

Et vous, citoyens, avez un rôle à jouer ! Comment ?

Rendez-vous sur le site, proposez votre idée ou votez pour les suggestions en ligne.

printemps
dunumerique
.be

Infos


www.printempsdunumerique.be



Visitez nos sites:

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

Rejoignez-nous sur:

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