

Athena

Le mag' scientifique

315

Novembre
2015

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

Dossier

COP (21): Qu'y a-t-il
derrière ces 3 lettres ?

Série

Boussoles, compas,
gyroscopes et GPS:
c'est par où ?



Édito



Des illusions perdues ?

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

Après l'effroi, l'incompréhension et la tristesse suite aux attentats de Paris, et à tous les autres perpétrés de Tunis à Bamako rien que cette année, viennent les questionnements. Comment sortir de ce cercle vicieux ? Si nous avons pu jadis venir à bout des fléaux à force de ténacité, de prévention et de solutions médicales, parviendrons-nous à faire de même pour le terrorisme ? La science a-t-elle une réponse face à ce type de fléau moderne ? Un vaccin ? Encore faudrait-il être certain que les racines de l'extrémisme se trouvent au niveau génétique. Lui couper la tête ? Il en repousse cent autres. Un médicament pour cesser d'avoir peur ? Peut-être. Après tout, n'y a-t-il pas de terrorisme que là où naît la terreur ? D'autant que cette guerre idéologique (politique ?) répond à une société en pleine désillusion, qui se nourrit des messages souvent pessimistes véhiculés par les nouveaux médias, et surtout, où les individus cherchent plus que jamais à donner un sens à leur vie.

La science, si elle n'a pas encore trouvé de remède, a par contre les moyens de comprendre les processus et paramètres en présence. Depuis longtemps déjà, les chercheurs en psychologie, sociologie, histoire ou anthropologie se penchent sur le sujet et ce n'est pas tâche facile dans un contexte qui évolue très rapidement. L'on a entre autres pu déceler 2 éléments déterminants: la majorité des djihadistes ont entre 15 et 30 ans, une période «plasticine» marquée par la recherche d'une identité. Ensuite, il y aurait un important «effet de meute». Pour la plupart déracinés de leur pays d'origine et habités par des idéaux qu'ils pensent religieux, ces jeunes ont un grand besoin d'appartenance et surtout, de reconnaissance. Sur les 500 belges partis en Syrie, je me dis qu'il est impossible que tous soient des «monstres» sanguinaires déséquilibrés. Mais tous ont peut-être en commun par contre d'avoir perdu confiance en eux et en la société qui est la nôtre... Dès lors, ne serait-ce pas leur environnement social qui les pousserait à trouver des réponses ailleurs ? Qu'ils aient les armes pour différencier la religion du fanatisme, les rassurer sur leur utilité dans la société, les ouvrir à d'autres horizons, leur permettre d'acquérir un esprit critique, les convaincre qu'ils ont un avenir et qu'eux seuls en ont les clés... C'est peut-être là que la science a un rôle à jouer. Et nous aussi. Lorsqu'on voit la richesse d'un monde multiculturel, ses progrès, les bonheurs qu'il peut apporter, comment pourrait-on vouloir le dépouiller à ce point ? ■

Géraldine

N'oubliez pas qu'*Athena* est disponible en version tablette avec de nombreux bonus !

Téléchargez l'application sur

iOs: <https://itunes.apple.com/be/app/athena-mag/id915381928?l=fr&mt=8>

Android: https://play.google.com/store/apps/details?id=be.pafdesign.athena&hl=fr_BE

ATHENA 315 • Novembre 2015

SPW | Éditions

Tiré à 19 500 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 !

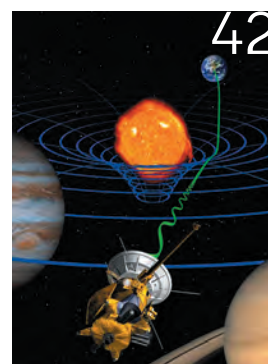
- **par courrier**
Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES
- **par téléphone**
au 081 33 44 97
- **par courriel à l'adresse**
raffaella.ruggiero@spw.wallonie.be

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
- 9 **Matière à penser, matière à rêver**
L'événement de la DGO6 en photos
- 10 **Coup de Projo**
sur l'Embarcadère du Savoir
- 12 **Technologie**
Eye tracking, quand nos yeux nous trahissent
- 16 **L'ADN de ...**
Antoine PERNUIT · Charpentier
- 18 **Dossier**
COP(21): Qu'y a-t-il derrière ces 3 lettres ?
- 23 **Barje**
On est tous Barje, même Athena !
- 24 **Société**
Big data, les nouveaux prophètes
- 28 **Internet**
Un besoin, une appli
- 32 **Série**
Boussoles, compas, gyroscopes et GPS: c'est par où ?
- 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, Virginie Chantry,
Jean-Michel Debry, Christiane De Craecker-
Dussart, Paul Devuyt, 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
Fonte des glaces en Arctique
Crédit: D. PEROVICH/AGU.org



Quatrième
Boussole
Crédit: A. Schiebert

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.



Mise au vert gagnante...

Changement climatique, pollution des océans, des rivières et de l'atmosphère, la nature paie un lourd tribut aux activités humaines. Et si rien n'est fait, le tableau risque de s'assombrir encore. Pour que nourrir ne rime plus avec détruire, les états planchent sur des solutions de développements durables. Vieille terre industrielle, la Wallonie n'est pas en reste sur ce sujet. Très tôt, ses Gouvernements ont pris des mesures de lutte contre les diverses pollutions tout en misant sur les énergies renouvelables. Parmi elles, *GreenSkills*, un programme labellisé par le Gouvernement wallon, fête son 1^{er} anniversaire. Alors que les enjeux environnementaux sont souvent vus comme des contraintes, l'originalité de *GreenSkills* est d'y voir une opportunité stratégique, source de compétitivité pour l'entreprise dès l'instant où celle-ci intègre l'éco-management dans ses compétences et celles de ses salariés.

Sur le terrain, *GreenSkills* identifie les enjeux stratégiques de demain pour offrir ensuite aux entreprises des modules de formation en adéquation avec les nouvelles réalités environnementales. Ces cursus sont soutenus par la Wallonie et gérés en collaboration avec *Cefochim* pour la chimie, *Greenwal* pour la construction et le *Centre de Compétence Environnement*. En phase avec les problèmes d'aujourd'hui, les formations portent sur l'éco-environnement, la chimie durable, la valorisation des déchets, l'optimisation des performances énergétiques, le recours aux matériaux innovants, etc. Figurent également au programme des thèmes comme l'économie circulaire, l'éco-

Texte: **Jean-Claude QUINTART** - jc.quintart@skynet.be
Photo: **iStock** (courtesy of GreenSkills)

nomie collaborative, l'innovation, les biotechnologies, la microbiologie appliquée à l'environnement, la réutilisation du CO₂, la chimie verte, etc. En d'autres termes, *GreenSkills* prodiguera des formations stratégiques, multidisciplinaires et transversales, n'existant aujourd'hui dans aucun autre cursus en Wallonie. Le tout avec en point de mire, les managers et salariés des petites, moyennes et grandes entreprises wallonnes.

En 5 ans, *GreenSkills* entend dispenser quelque 150 000 heures de formation au bénéfice des entreprises qui pourront ainsi booster leur politique environnementale et concocter de nouvelles approches et méthodes, réduisant l'empreinte écologique d'un produit tout au long de son cycle de vie. En parallèle, ces formations contribuent aussi à faire évoluer certains métiers en les dotant de nouvelles compétences «vertes». Et Véronique Graff, directrice générale du pôle *GreenWin*, d'expliquer que «nous avons besoin d'entreprises plus compétitives à l'international. Aussi, ce projet est-il une magnifique opportunité de montrer le potentiel de création d'emplois de la Wallonie, à court et moyen terme». Précisant encore «qu'aujourd'hui, les industries les plus innovantes s'inscrivent dans une dynamique de développement durable qui génère de nouveaux métiers».

Permettre aux entreprises d'acquérir une meilleure compréhension des enjeux environnementaux et développer les savoirs utiles à une bonne exploitation des opportunités stratégiques contribuera à renforcer la compétitivité des entreprises, estime *GreenSkills*. Ceci leur permettra également de réduire les risques liés aux incidents environnementaux; de se différencier sur le marché; de répondre aux exigences environnementales des marchés publics et privés; de réduire leurs coûts; de renforcer leur image de marque et de mobiliser leurs salariés tout en attirant de nouveaux talents. Aujourd'hui, près de 7 500 heures ont été prestées auprès d'un millier de participants. «C'est un début encourageant. Mais les défis restent nombreux. *GreenSkills* est un projet socle dont les partenariats représentent une belle opportunité pour étoffer rapidement et qualitativement un programme de formation continuée ciblé sur les besoins des industries de Wallonie qui doivent, dès maintenant, relever les défis de demain», note Tara Mc Carthy, project manager de *GreenSkills*. ■

<http://www.greenskills.be>



Actus...

d'ici et d'ailleurs

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

Photos: Coris (p.6), EdA - J. DUCHATEAU (p.7), Digital (p.7), AGC (p.8)

La chimie est verte

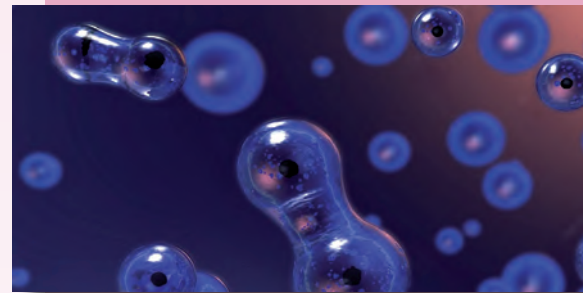
O ublié le passé, la chimie renaît aujourd'hui de ses pollutions pour mieux les traiter, mieux les prévenir. Dans son 4^e rapport de développement durable, *essenscia* pointe les progrès et innovations engrangés par ses membres au cours du dernier exercice. Une prise de conscience qui a permis à la fédération d'être la première à publier, dès 2009, un rapport de durabilité définissant l'impact de la production industrielle sur le plan social, écologique et économique. «*L'industrie chimique et des sciences de la vie joue un rôle prépondérant dans une société qui se veut plus durable*», note Yves Verschueren, administrateur délégué d'*essenscia*. Précisant de suite «*que grâce à ses produits innovants, elle propose des solutions aux grands défis planétaires en termes d'utilisation des énergies, des matières premières, d'accès aux soins de santé ou de disponibilité des denrées alimentaires*» et de déclarer, avec raison, que «*la chimie est la clé des succès de demain et de l'amélioration de la qualité de vie pour tous*».

Sur le terrain, le résultat des actions est spectaculaire. Alors que depuis 1990, la production totale de l'industrie chimique en Belgique a triplé, sa consommation d'énergie n'a augmenté que de 37% ! Sur cette même période, les émissions de

gaz à effet de serre par volume produit ont diminué de 80% ! On note encore que les émissions acidifiantes du secteur ont été divisées par 20 pour ne représenter aujourd'hui qu'à peine 3% de toutes les émissions du Royaume. En 10 ans, les émissions organiques ont chuté de 60%. Enfin, moins de 9% de l'eau utilisée par le secteur provient de l'eau de distribution ou d'eaux souterraines.

Parallèlement à son engagement envers l'environnement, la chimie belge a contribué largement à la prospérité nationale, avec une valeur ajoutée de 16 milliards d'euros, soit 32% de l'industrie manufacturière, en 2013. Le secteur représente près d'un tiers de nos exportations et avec une balance commerciale de 23 milliards d'euros, il en est le champion des exportations. Toujours sur le registre des chiffres, avec 3,6 milliards d'euros en R&D, il représente plus de la moitié du budget total consacré à la recherche belge. Notons qu'en 10 ans, la chimie a doublé ses investissements en recherche. Enfin, grâce à la chimie, notre pays se hisse à la 8^e place du classement mondial du nombre de brevets par habitant. En 2013, la Belgique en a déposé 358, soit près d'un par jour ouvrable. ■

<http://essensciaforsustainability.be>



Attention !



Selon la 1^{re} *European Cyber Risk Survey* de *Marsh*, 38% des entreprises belges ont été hackées l'an dernier, soit près de 4 sur 10 ! Si cette étude montre que nos entreprises sont davantage sensibilisées aux stratégies de gestion de risques et aux cyber-assurances que leurs homologues européennes, en revanche, beaucoup leur reste à faire en matière d'identification des cyber-menaces. «*Trop de nos sociétés pensent qu'elles sont protégées contre le hacking tant qu'elles disposent de la bonne technologie en interne. Rien n'est moins vrai. Personne n'est en sécurité à 100%*», explique Véronique Franken, *Practice Leader, Financial & Professional Risks* pour la Belgique et le Luxembourg, chez le conseiller en assurances, *Marsh*.

Des attaques dont les séquelles peuvent être considérables ! «*Bien que les entreprises considèrent celles-ci comme la menace la plus importante pour leurs activités, il est surprenant de constater que seulement 56% d'entre elles font des prévisions quant à l'impact potentiel d'une cyber-attaque. Or, celle-ci peut avoir des conséquences énormes en termes de pertes de données, de fuite d'informations, d'interruptions d'activité, de propriété intellectuelle et d'image de marque*», note Véronique Franken. Malgré le sérieux du sujet, l'étude montre que 56% des sondés belges déclarent n'avoir aucune solution de trésorerie rapide en cas d'incident. Des résultats parmi d'autres qui intéresseront certainement les acteurs de *Digital Wallonia*. ■

<http://belgium.marsh.com>



Révolution



Ainsi a été présentée la nouvelle plateforme de diagnostic véloce conçue par *Coris BioConcept*, qui permet à l'entreprise wallonne de lancer des tests multiplex rapides sur un marché émergent et prometteur. Dans les grandes lignes, il s'agit d'une technologie qui identifie simultanément plusieurs paramètres d'intérêts cliniques au départ d'un seul échantillon, offrant ainsi un gain de temps précieux dans le diagnostic. Les premières applications s'attacheront à l'identification des bactéries à la base des septicémies et de celles présentant des résistances aux antibiotiques. Validées, selon le calendrier prévu à la fin 2015, ces 2 applications seront commercialisées dans les 2 ans à venir.

Cette innovation tombe à point nommé, car la demande mondiale pour les tests multiplex et l'identification rapide des marqueurs de résistance aux antibiotiques explose. Avec cette nouvelle arme, *Coris BioConcept* conforte sa position d'acteur incontournable au niveau des points chauds de la santé. Notons que pour le développement de

cette solution de diagnostic, l'entreprise gembloutoise a reçu l'aide de la Wallonie via les programmes de compétitivité du Pôle Santé de *BioWin* et des programmes européens FP7. ■

<http://www.corisbio.com>



Ils ont le bourdon

On le présentait, nous en avons la confirmation. Une équipe de l'Université de Mons (UMONS) s'est penchée sur le sort du bourdon d'Europe à l'occasion d'un travail collectif international sur l'impact du changement climatique sur les pollinisateurs. «*Les pollinisateurs sont essentiels à notre sécurité alimentaire et économique et une forte perte de ceux-ci suite aux changements climatiques va générer des problèmes*», explique un des responsables de l'analyse. Ajoutant: «*si nous devons encore mieux comprendre la situation des pollinisateurs à l'échelle continentale, nous savons déjà qu'il est urgent de lancer des mesures drastiques pour freiner le changement climatique*».

Si le réchauffement pousse certaines autres espèces à migrer vers le nord, pour le bourdon, il n'en est rien, d'où sa raréfaction et un risque de disparition. «*L'échelle et l'intensité de ces pertes sont sans précédent et il nous faut de nouvelles stratégies pour aider ces espèces à résister au réchauffement climatique*», note un autre chercheur. Et Pierre Rasmont, professeur à l'UMONS de préciser que «*la conservation de la nature doit s'adapter à une vitesse qu'on ne soupçonnait pas. Aussi, devons-nous mettre au point un ensemble de stratégies pour permettre aux espèces de migrer vers le nord, tout en améliorant autant que possible leur persistance dans le sud*». En d'autres termes, c'est une nouvelle vision dynamique de la conservation qu'il faut mettre en place.

Lors de cette étude, 423 000 données géo-référencées sur 67 espèces de bourdons ont été exploitées et 240 000 données européennes collectées et utilisées par Pierre Rasmont et Olivier Schweiger, son collègue du *Helmholtz Center for Environmental Research* de Leipzig. Notons encore que cette recherche a été soutenue par l'Union européenne dans le cadre du FP7 et du *STEP project - Status and Trends of European Pollinators*. ■

<http://www.step-project.net> et <http://www.umons.ac.be>



L'ULg au galop

Avec un investissement de 840 000 euros sur fonds propres, la clinique vétérinaire de l'Université de Liège (ULg) est la première du Royaume et du monde académique à disposer d'un IRM équin pour l'évaluation approfondie du système ostéo-articulaire. Cet investissement s'inscrit dans un plan de l'ULg en matière de médecine régénérative. Quelque 30 chercheurs sont ainsi mobilisés sur le *Fundamental and Applied Research for Animal Health (FARAH)*, dont l'objectif est de développer des tissus vivants fonctionnels en remplacement de tissus ou organes endommagés.

Un investissement idéalement positionné lorsqu'on sait que le Benelux compte plus de 700 000 chevaux dans un rayon de 200 km autour de Liège, dont 150 000 en Wallonie. L'examen IRM s'adresse à tous les chevaux: de course, de sport, de loisir, de trait et d'élevage. Selon l'ULg, le prix global de ce type d'examen devrait se situer aux environs des 990 euros. Si l'outil actuel est dimensionné pour les chevaux, certains examens sur les animaux de compagnie sont techniquement possibles, en attendant l'arrivée d'un second IRM axé sur les petits animaux cette fois, et qui sera installé dans la future clinique vétérinaire de l'Université liégeoise. ■

<http://www.cvu.ulg.ac.be>



Coup d'crayon

Illustration: Olivier SAIVE/Cartoonbase

Un prix de 3 millions divisé en 1370 particules...



Cette année, le Breakthrough prize - ou l'Oscar comme souhaiterait qu'on le décrive son fondateur milliardaire russe - de physique fondamentale a été attribué non pas à 1, non pas à 2 (à l'instar du Prix Nobel pour la même découverte) mais à 1 370 chercheurs pour leurs travaux sur l'oscillation des neutrinos et leur contribution à la compréhension de la physique des particules.

Scannez, c'est payé !

CREDIT TRANSFER ORDER

Signature

GDSS

If completed by hand, one single UPPER CASE LETTER in black (or blue) per box

Amount: EUR 1000

Origin account (IBAN):

Name and address of the originator:

Beneficiary account (IBAN): BE63363027370307

Beneficiary name: BRUBEBB

Beneficiary address: YOUR COMPANY, RUE DU COMMERCIAL, BE1000 BRUXELLES

Non, en informatique, tout ne vient pas toujours de la *Silicon Valley*. En Wallonie aussi, on sait développer et même bouleverser les habitudes. Installé à Enghien, *Teal IT* vient ainsi de développer *Digiteal*, un portail unique de facturation électronique permettant aux émetteurs d'y envoyer leurs factures et aux clients d'y retrouver les leurs en un seul endroit. Avec *Digiteal*, tout est simple et débute avec la facture nantie d'un QR code qui rassemble les informations utiles au paiement. La facture en main, il suffit de se connecter à l'application mobile de la banque, de suivre les invitations du menu, de scanner le QR code et de valider. Utilisable dans les 34 pays de la zone SEPA (*Single Euro Payments Area*), cette solution est actuellement disponible auprès de *Keytrade* et pourrait l'être prochainement chez *KBC*.

Une excellente initiative lorsqu'on sait qu'aujourd'hui encore, on adresse chaque année en Belgique plus d'un milliard de factures papier et qu'il existe une trentaine de solutions de paiement. Consultant informatique, *Teal IT* place l'innovation au centre de ses développements et cherche sans cesse des alternatives nouvelles pour simplifier le travail de ses clients. Son expérience repose sur des années d'expérience en architecture informatique, développements de solutions informatiques clés en main, etc. ■

<http://www.scan2pay.info>

Cancer du sein: un award bien mérité

Martine Piccart, professeur en oncologie à l'Université libre de Bruxelles (ULB) et chef du département de médecine à l'Institut Jules Bordet, a reçu le Brinker Award 2015 pour sa contribution à divers essais cliniques et à l'élaboration de normes internationales de soin pour le traitement du cancer du sein.

Consciente de l'importance des collaborations internationales, elle a également cofondé le *Breast International Group (BIG)* qui s'attache au développement des meilleurs traitements. Le *BIG* fédère, à travers le monde, 56 groupes de recherches universitaires ciblant le cancer du sein. Actuellement, le groupe a dans ses tuyaux quelque 30 essais cliniques, dont certains sont considérés comme

marquants dans la lutte contre le cancer du sein. «*Martine Piccart est l'un des grands spécialistes des essais cliniques et son action a permis d'améliorer, dans le monde entier, la survie des patientes atteintes d'un cancer du sein au stade précoce*», déclare George Sledge Jr., conseiller scientifique de Komen. Qui s'empresse d'ajouter que «*son travail a amélioré significativement notre compréhension de la biologie du cancer du sein et des mécanismes de résistance aux chimiothérapies*».

La *Susan G. Komen Breast Cancer Foundation* a été créée en 1982 par Nancy Brinker en mémoire de sa sœur, Susan G. Komen, emportée par un cancer du sein à l'âge de 36 ans. ■

<http://www.komen.org>



Aussi fine qu'une feuille de verre

S'il fallait, hier, une carte de mesure ou un équipement professionnel pour mesurer l'épaisseur d'une feuille de verre, grâce à AGC *Glass Europe* désormais, il suffit de scanner celle-ci en positionnant le bord de son smartphone contre la fenêtre à un angle de 45°. Baptisée *AGC Glass Thickness Measurement app*, cette solution est disponible pour les appareils *Android* ou *iOS* et téléchargeable sur *Google Play* et *App Store*. Les cercles qui s'affichent sur l'écran du smartphone correspondent à des épaisseurs allant de 3 à 15 mm, celle de la feuille de verre étant indiquée par 2 cercles se reflétant exactement. Une innovation d'AGC *Glass Europe*, dont le centre de Recherche & Développement est à Charleroi. ■

À découvrir sur: <http://youtu.be/VM6lytDAmD8>



Le chiffre

5000

Tel est le nombre d'ingénieurs diplômés en plus qu'il faudrait par an, estiment *essenscia Wallonie*, *Agoria Wallonie* et la *Confédération Construction wallonne*. Un trio qui représente près de 33 000 entreprises et 175 000 salariés en Wallonie et à Bruxelles. «*Pour satisfaire la demande annuelle et revenir au niveau de 1995, les 1 277 diplômés de cette année ne suffisent pas. Il en manque 500 !*», déclarent les responsables de ces 3 associations. Un constat alarmant mais tout aussi motivant pour les associations patronales qui lancent 7 mesures destinées à endiguer la pénurie et relancer l'ingénierie: informer les jeunes sur les nombreuses opportunités qu'offre une carrière d'ingénieur; stimuler un enseignement de qualité qui titille la curiosité des jeunes envers les sciences; faciliter la transition études et vie professionnelle; participer aux projets industriels avec les pôles de compétitivité et les *Factories of the Future*; développer des synergies entre universités et hautes écoles; encourager des échanges pédagogiques avec l'extérieur; augmenter les échanges internationaux.

Sept actions fédérées autour d'un slogan, «*Ingénieur, l'atout majeur*», d'une campagne de publicité et d'une brochure en ligne.

<http://www.essenscia.be>;
<http://www.agoria.be>
et <http://www.ccw.be>

MATIÈRE À PENSER MATIÈRE À RÊVER

Ce furent 2 jours pour amener les jeunes à se pencher sur les enjeux et les métiers liés aux matériaux et une soirée spectacle grand public pour fêter et réfléchir ensemble à leur rôle dans notre société d'aujourd'hui et de demain. Comme à chaque fois, vous avez répondu présent et nous vous attendons toujours plus nombreux lors de la prochaine édition !

Texte: **Géraldine TRAN** • geraldine.tran@spw.wallonie.be

Photos: **Bertrand Thomas Photography**

jour 1



Notre animateur fétiche, Patrice Goldberg (Matière Grise), a accueilli, encadré et motivé les élèves de secondaire lors de cette 1^{re} journée au cours de laquelle de nombreuses entreprises et centres de recherche sont venus présenter leur rapport aux matériaux, comme par exemple Vigo et ses impressions 3D.



Jeudi, les élèves du primaire ont pu participer à de nombreux ateliers scientifiques proposés par nos acteurs de diffusion des sciences. Fred & Sabine, de C'est pas sorcier !, leur ont rendu une petite visite surprise...



jour 3



Merci à notre collègue, Michel Van Cromphaut, pour l'organisation de cet événement exceptionnel, aux écoles et aux nombreux spectateurs qui avaient fait le déplacement.

Pour clôturer ces 3 jours d'événement en beauté, une grand soirée spectacle au Country Hall de Liège. Les 2 500 spectateurs de tous âges ont pu découvrir des matériaux hors du commun qui se retrouvent dans notre quotidien mais aussi dans des bijoux de technologie: des robes spectaculaires en toile de parachute, un avion solaire, une dent ou plutôt... une prothèse dentaire !



COUP de PROJO

sur:

L'EMBARCADÈRE du SAVOIR

Texte: **Jacqueline REMITS** • jacqueline.remits@skynet.be

Photos: **Observatoire du Monde des Plantes** (p.10), **Jim Trodel** /Flickr - poisson (p.11)



Carte d'identité

NOM

Embarcadère du Savoir

ANNÉE DE CRÉATION

2006

SECTEUR D'ACTIVITÉ

Diffusion des Sciences et des Technologies

ADRESSE

Quai Van Beneden, 22 (Bât II)
4020 Liège

MEMBRES

Aquarium-Muséum universitaire de Liège,
www.aquarium-museum.be

Espaces botaniques universitaires de Liège,
www.espacesbotaniques.be

Hexapoda, www.hexapoda.be

Haute Ardenne,
www.hauteardenne.be

Maison de la Métallurgie et de l'Industrie
de Liège, www.mmil.be

Maison de la Science,
www.maisondelascience.be

Société astronomique de Liège,
www.societastronomiquedeliege.be

TÉLÉPHONE

04 366 96 50

SITE INTERNET

www.embarcaderedusavoir.ulg.ac.be

Serres à fleurs ou à papillons, jardins, aquariums, monde céleste, plongée au cœur du patrimoine industriel liégeois, expériences détonnantes, autant de découvertes aussi intelligentes qu'amusantes pour un esprit curieux proposées par l'Embarcadère du Savoir. Dont les acteurs reconnus et expérimentés de la culture scientifique, technique et industrielle développent des activités ludiques et didactiques selon leurs spécialités. «Ces 7 partenaires brassent pratiquement tous les domaines de la science», souligne Martine Jaminon, docteur en sciences physiques, administratrice déléguée de l'Embarcadère du Savoir. Notre nouveau site Internet, subsidié par la Région wallonne, permet

de découvrir les différents partenaires de notre réseau.» Animateurs scientifiques compétents, dossiers pédagogiques et ouvrages de référence aident, tout au long de l'année, enseignants, élèves, jeunes et moins jeunes, à enrichir leurs connaissances, développer leur curiosité et s'ouvrir sur des savoirs nouveaux. Initié par l'Université de Liège, l'Embarcadère du Savoir est donc un réseau qui rassemble et valorise les ressources existantes pour atteindre un objectif commun: faire de la science un vecteur de culture.

Parmi ces 7 acteurs, 5 se situent en région liégeoise: l'Aquarium-Muséum universitaire de Liège, les Espaces botaniques universitaires de Liège, la Maison de la Métallurgie et de l'Industrie de Liège, la Maison de la Science et la Société astronomique de Liège. Deux autres sont également installés dans la province de Liège: Haute Ardenne à Robertville et Hexapoda à Waremme. Toutes sont en lien direct avec l'ULg.

⇒ 7 acteurs de la culture scientifique

Qui ne connaît pas l'Aquarium-Muséum de Liège? La partie Aquarium accueille

près de 2 500 poissons des océans, des mers et des rivières du monde entier. Tandis que les 1 000 m² du Muséum sont consacrés à la diversité animale avec 20 000 spécimens issus des 5 continents, naturalisés ou sous forme de squelette. Ce pôle d'excellence de la biodiversité animale est labellisé «Institution muséale de catégorie A» par la Fédération Wallonie-Bruxelles et reconnu comme «Attraction touristique 4 soleils» par le Service Public de Wallonie. Il a de quoi toujours surprendre les petits et les grands de 2 à 102 ans.

Asbl fondée en 2008, les Espaces botaniques universitaires de Liège sont composés de plusieurs sites riches de nombreuses collections et espèces remarquables. Créé en 1996 au Sart Tilman, l'Observatoire du Monde des Plantes est une grande serre divisée en plusieurs parties qui reconstituent certaines régions de la planète avec 3 000 espèces. Il s'est associé avec l'Institut de pharmacie pour créer un jardin de plantes médicinales. Dans le domaine universitaire du Sart Tilman, entre le château de Colonster et l'Institut de Botanique, l'Arboretum présente une collection remarquable d'arbres d'origines géographiques variées.



Derrière l'Institut de Zoologie, les Jardins du Monde, petit parc ouvert à tous, présentent un grand échantillon de plantes.

Ouvert en 2010 et géré par l'association *Environnement & Progrès*, *Hexapoda* est le premier espace en Belgique à être entièrement dédié aux insectes. Une centaine de modules didactiques emmènent les curieux à la découverte de plusieurs milliers d'insectes vivants et de spécimens naturalisés provenant de l'unité d'entomologie de Gembloux Agro-Bio Tech de l'ULg, du musée de l'Afrique centrale de Tervueren et du *Field Museum of Natural History* de Chicago. Films et photos illustrent et complètent la visite qui se poursuit dans un jardin de 2 500 m² spécialement aménagé pour attirer une foultitude d'insectes.

L'asbl *Haute Ardenne* se consacre à l'environnement naturel et humain de cette région, en particulier, des Hautes Fagnes. Elle entretient des liens privilégiés avec la station scientifique des Hautes-Fagnes de l'ULg et développe une série d'outils de vulgarisation.

Dans un quartier jadis industriel, la *Maison de la Métallurgie et de l'Industrie* de Liège tisse des liens entre passé et pré-

sent. Sur 2 500 m², on part à la découverte de cet étonnant mélange d'eau, de fer et de feu qui a donné naissance au patrimoine industriel liégeois. Dix salles d'expositions permanentes livrent les secrets de la métallurgie, des énergies et de l'informatique.

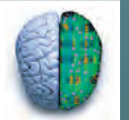
La *Maison de la Science*, qui a ouvert ses portes en 1980, a été officialisée en asbl en 1991. S'inspirant du *Palais de la Découverte* à Paris, elle est l'une des premières structures permanentes en Belgique ayant pour mission la promotion et la vulgarisation des sciences. Au programme: animations scientifiques, expériences interactives, ateliers pédagogiques, collections du patrimoine scientifique universitaire pour permettre à chacun de découvrir ce fabuleux monde des sciences.

La *Société astronomique de Liège* vient de rejoindre l'*Embarcadère du Savoir*. Avec elle, l'univers s'ouvre à vous. Elle propose diverses activités et le Planétarium ouvre régulièrement au public, aux écoles et groupes en collaboration avec l'*Institut d'astrophysique et de géophysique* de Liège et avec la *Maison de la Science*. Deux fois par an, dans le cadre des fêtes de la Pentecôte à Cointe et 6 mois plus tard, la salle convie un public nombreux à ses après-midis portes-ouvertes. Grâce à son grand télescope et sa lunette méridienne, à vous le cosmos !

⇒ 5 expos pour faire toute la lumière

Côté expos, l'*Embarcadère du Savoir* n'est pas en reste et consacre une année entière à la lumière. Plusieurs expositions sont en cours actuellement dans ses musées et jusqu'au 21 juin 2016: «Lumière sur le lagon» sur les récifs coralliens à l'*Aquarium-Muséum*, «Lumière, besoin vital du monde végétal» aux *Espaces botaniques*, «Lumineux insectes» sur les lampyres par *Hexapoda* à l'*Aquarium-Muséum*, «City by light» sur l'évolution de l'éclairage public à la *Maison de la Métallurgie et de l'Industrie* et «Lunettes à gogo ! De Galilée aux *Google Glass*» sur l'optique et les lunettes à la *Maison de la Science*. Sûr, on y verra plus clair après ! ■

Le Palmarès



Chaque mois, nous proposons à notre acteur vedette de décerner 3 palmes à choisir parmi des dates, des personnages, des lieux,...

Voici le palmarès «collectif» de l'*Embarcadère du Savoir*.

Et vous, auriez-vous fait les mêmes choix ?

1

Les stars de la radioactivité et de la physique nucléaire. À côté de Marie Curie, il faut aussi célébrer sa fille Irène Joliot-Curie, Lise Meitner et Maria Goeppert-Mayer, totalisant à elles seules 4 prix Nobel.

2

Les «Leakey's Angels»: Dian Fossey, Jane Goodall et Biruté Galdikas, pionnières dans l'observation en milieu naturel et dans la protection des Hominoïdes (gorilles, chimpanzés et orang-outans), sont devenues les «anges» de l'éminent primatologue britannique Louis Leakey.

3

Le harem de Pickering: véritables calculatrices ou ordinateurs humains, les *Harvard' computers* étaient engagées par le directeur de l'observatoire de Harvard pour traiter mathématiquement d'incroyables quantités d'informations astronomiques. Pour un salaire moindre à celui des hommes, bien entendu !



Eye tracking,

quand nos yeux nous trahissent

Lorsque l'on souhaite voyager en dehors de l'espace Schengen, il est nécessaire de posséder un passeport. Depuis 2014, toutes les communes délivrent, conformément à la réglementation européenne, des passeports biométriques, c'est-à-dire comportant des caractéristiques biologiques uniques qui définissent un individu de manière irréfutable. Le but est double: lutter contre la fraude d'une part, et simplifier le passage en douane des honnêtes gens via des e-gates ou postes de contrôle automatique d'autre part. La puce électronique dont sont dotés les passeports belges depuis 2004, qui contient une photo numérisée et les données personnelles du citoyen, sert maintenant également à stocker des données biométriques comme par exemple, les empreintes digitales du détenteur du passeport.

MONTRE-MOI TON ŒIL, JE TE DIRAI QUI TU ES

Il existe cependant d'autres données de ce genre permettant d'identifier de manière unique un individu, telles que les empreintes vocales ou dans le cas qui nous intéresse, l'iris, grâce auquel on

Texte : **Virginie CHANTRY** · virginie.chantry@gmail.com

Photos: **Opelblog**/Flickr - titre (p.12), **Talos, Jakov & Falcox**/Wiki (p.13),

Mediative (p.14), **Tobii Dynavox** (p.15)

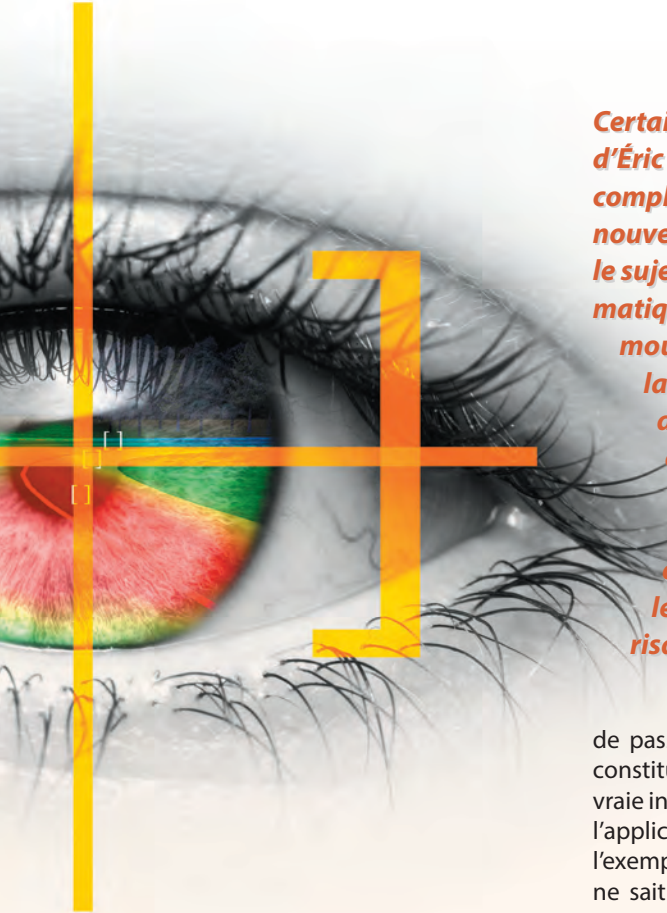
peut recueillir beaucoup plus d'éléments d'information qu'avec les empreintes digitales. Il s'agit du disque coloré de l'œil perforé en son centre dont l'orifice circulaire, appelé «pupille», collecte les photons lumineux. S'il y a peu de lumière, la pupille se dilate afin de laisser entrer plus de photons qui pourront alors atteindre la rétine. Cette paroi recouvrant le fond du globe oculaire convertit le signal lumineux en signal nerveux qui est ensuite acheminé vers le cerveau par le nerf optique. Inversement, s'il fait très lumineux, la pupille se contracte. En réalité c'est l'iris, comportant du tissu musculaire, qui change de taille.

Ce qui est intéressant, c'est que l'iris est unique. Même l'iris droit d'un individu est différent du gauche, autant que de celui d'une autre personne prise au hasard. En scannant un iris au proche infrarouge, on récolte des informations caractéristiques qui peuvent ensuite être stockées dans une base de données. Contrairement à une croyance populaire, la couleur de l'iris, pouvant changer au cours d'une vie, ne fait pas partie de ces données sur lesquelles se base l'identification d'une personne. En

revanche, sa structure, étant très stable dans le temps et peu affectée par d'éventuelles pathologies en plus d'être protégée par la cornée, est à la base de la reconnaissance par l'iris. Ce dernier est composé notamment de nombreuses fibres radiales enchevêtrées de manière unique. C'est sur ce principe d'iris unique qu'est basé le «*long-range iris scanning*» ou «balayage de l'iris à longue distance».

LONG-RANGE IRIS SCANNING

Le Professeur Marios Savvides, fondateur et directeur du Centre Biométrique de l'Université de Carnegie Mellon à Pittsburgh, est à l'origine d'une récente avancée technologique permettant la reconnaissance iridienne à une distance de 6 à 12 m. Son appareil permet de scanner les 2 iris d'une personne, sans que cette dernière ne doive placer la tête dans un dispositif particulier: le balayage et la récolte d'informations se font «à la volée». Ensuite, en comparant



Certains d'entre vous ont peut-être déjà eu l'occasion de lire le roman d'Éric Giacometti et Jacques Ravenne, «Le règne des Illuminati». Entre complots et sociétés secrètes, on ne s'ennuie pas. De plus, en matière de nouvelles technologies, ce livre n'est pas en reste. Il aborde notamment le sujet de l'eye tracking ou oculométrie qui, a priori, paraît aussi énigmatique que les Illuminati eux-mêmes. Il s'agit en fait de la mesure du mouvement des yeux. Autre technologie basée sur le globe oculaire, la reconnaissance iridienne, c'est-à-dire relative à l'iris, permet d'identifier les personnes en scannant leurs yeux. En soi, le principe n'a rien de neuf, sauf qu'avant, il fallait délibérément poser son œil devant un capteur optique et à ce moment seulement, l'iris était scanné. Aujourd'hui, tout se fait à distance, sans même que la personne concernée ne s'en aperçoive... Dangereux ? Selon les applications, dont certaines ont les meilleures intentions, les risques restent encore à déterminer...

les caractéristiques structurelles de l'iris à une base de données, il est possible de reconnaître l'individu en question, à condition que les informations relatives à celui-ci y aient été intégrées auparavant. L'exemple donné dans le cadre de l'étude est celui d'un policier qui arrête une voiture sur le bas côté. Toute personne ou presque étant dans le cas du conducteur en passe d'être arrêté va regarder dans son rétroviseur latéral afin de jeter un œil à la voiture et au policier qui en sort. Si ce dernier possède un scanner longue distance à iris, il pourra se servir de l'image des yeux dans le rétroviseur pour identifier la personne à qui il est confronté. S'il s'agit d'un criminel, le policier peut agir en conséquence. Il faut savoir qu'aux États-Unis, depuis quelques années, les yeux de toute personne condamnée à une peine de prison sont scannés et les informations stockées dans une base de données nationale.

Selon le Professeur Savvides, ce concept peut être appliqué bien au-delà de l'aide aux services de police: le scanner de l'iris pourrait remplacer les documents d'identité, notamment dans les aéroports, ou remplacer le système de mot

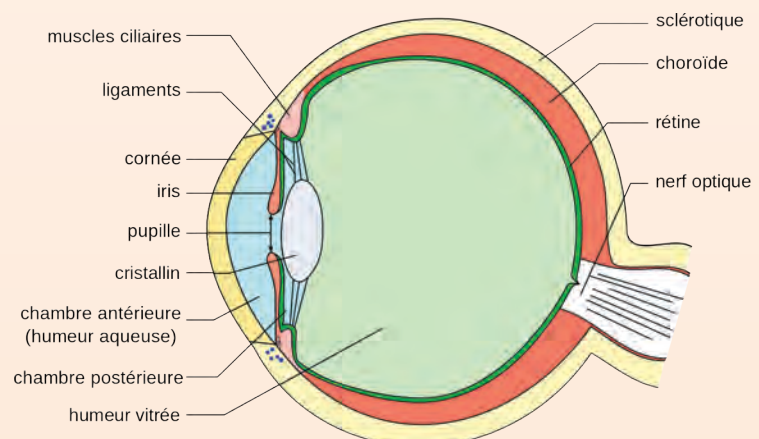
de passe des ordinateurs. Mais cela ne constitue pas une nouveauté en soi. La vraie innovation se situe clairement dans l'application à la sécurité. En effet, dans l'exemple ci-dessus, l'individu analysé ne sait pas qu'il l'est: il ne doit réaliser aucune démarche volontaire pour être identifié. Si des dispositifs de reconnaissance iridienne à longue distance venaient à être installés un peu partout dans les endroits publics ou aux frontières, cela pourrait aider à retrouver des personnes kidnappées ou disparues, ainsi que des criminels en cavale.

Ces derniers cas soulèvent malgré tout des questions d'ordre éthique: quelles peuvent en être les implications au niveau de la vie privée et quelles dérives cela peut-il engendrer ? Car si le *long-range iris scanning* devenait une pratique courante et que les gouvernements obligeaient les citoyens à passer un scanner iridien, n'importe qui pourrait être suivi grâce à la reconnaissance iridienne: vos

faits et gestes pourraient être épiés et utilisés à mauvais escient. Le Professeur Savvides s'en défend: selon lui, nous sommes déjà tous traqués d'une manière ou d'une autre, que ce soit via nos achats par carte de crédit ou nos smartphones. La question est délicate...

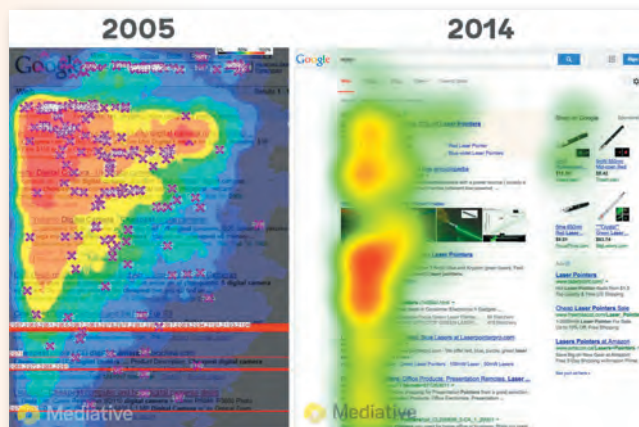
UN NOUVEL OUTIL DE MARKETING

Vos yeux peuvent donc vous trahir et révéler votre identité. Mais pas seulement. Grâce à l'*eye tracking*, encore appelé *gaze tracking* («eye» signifiant œil et «gaze» signifiant regard), ils peuvent aussi révéler des tendances dans votre comportement de consommateur. Le processus consiste à mesurer les mouvements de l'œil, c'est aussi ce que l'on appelle l'oculométrie. En pratique, en



Le triangle d'or

Grâce à l'*eye tracking*, des études menées avec le moteur de recherche Google ont mis en évidence l'existence d'un triangle d'or. Il s'agit d'une zone triangulaire, en haut à gauche de la page de résultats de recherche, qui est la plus regardée et qui concentre la majorité des clics effectués par les utilisateurs. En fait, ça, c'était avant... L'an dernier, une nouvelle étude réalisée par la société *Mediative* a montré que cette zone n'est plus si particulière: quand un moteur de recherche donne des résultats, ce ne sont plus seulement les 3 premiers sites situés dans le triangle d'or qui bénéficient de la majorité des clics. Le comportement des internautes a donc beaucoup évolué au cours de ces 10 dernières années...



**S'EXPRIMER
EN UN REGARD**

étudiant le mouvement des yeux d'une personne en train de regarder une interface de communication comme un écran d'ordinateur ou une affiche, on peut déterminer les zones sur lesquelles le regard s'arrête vraiment, celles qui sont survolées, celles qui sont carrément ignorées et celles où le regard se pose plusieurs fois. En faisant des statistiques sur un échantillon d'utilisateurs types, il est possible de dégager des tendances générales et donc des règles à suivre dans l'élaboration d'un site Internet ou d'une publicité afin de toucher le plus grand nombre de consommateurs ou d'utilisateurs via des informations pertinentes localisées au bon endroit.

Certaines entreprises sont spécialisées dans ce genre d'analyse et peuvent fournir des données sous forme visuelle ainsi que des conseils pour améliorer l'interface étudiée. Mais pour cela, il faut d'abord récolter les données en testant des sujets via un dispositif particulier appelé «*eye tracker*». Il s'agit d'un écran d'ordinateur équipé de diodes qui envoient une lumière infrarouge inoffensive pour l'œil vers le visage de l'utilisateur. Grâce à des capteurs également intégrés à l'écran et mesurant la réflexion de ce rayonnement par l'œil, il est possible d'étudier les mouvements oculaires et de savoir où se porte le regard. Les conditions de ces tests sont dénuées d'éléments perturbateurs tels

que casques ou lunettes, qui pourraient changer le comportement du testeur. Cela a permis à la société française *Mira-tech*, spécialisée dans ce type de tests, de tirer quelques conclusions sur le comportement des utilisateurs devant une interface. Par exemple, un regard permet de lire 15 lettres d'un coup dans un texte. Ou encore, le temps moyen passé par un internaute sur une page est de 8 secondes.

En parlant de marketing, l'*eye tracking* peut s'avérer être un bel argument de vente, d'autant plus dans un marché des smartphones plus que concurrentiel. Si vous possédez par exemple le *Samsung Galaxy S4* ou une version ultérieure, vous êtes peut-être déjà familier avec ce système. En effet, lorsque les bonnes options sont activées, cette technologie permet notamment la mise en pause automatique d'une vidéo lorsque vous levez les yeux de votre écran (*Smart Pause*) ou le défilement intelligent d'une page web ou d'un email (*Smart Scroll*). Sur les appareils *Apple*, cette technologie n'est pas encore intégrée. Mais en janvier dernier, la société basée à Cupertino se voyait accorder un brevet pour une interface utilisateur graphique basée sur un système avancé d'*eye tracking*. Il ne faudra donc pas longtemps au géant américain pour se relancer dans la course à la technologie !

En juin dernier, le Centre Hospitalier Universitaire de Tours en France introduisait l'oculométrie dans ses salles de réanimation comme moyen de communication pour les patients intubés et conscients. En effet, la sonde d'intubation passe entre les cordes vocales et empêche le patient de s'exprimer, ce qui est une énorme source de stress pour ce dernier. La solution trouvée par la société suédoise *Tobii Dynavox*, dont le matériel est utilisé au CHU de Tours, réside dans un dispositif d'*eye tracking*. Comme ci-avant, il s'agit d'un écran équipé de diodes IR et de capteurs que l'on place devant le patient. À l'aide d'une interface oculométrique, celui-ci est alors en mesure de communiquer, grâce aux mouvements de ses yeux. Cette interface se présente sous la forme d'un logiciel adapté comportant notamment des symboles associés à des mots ou des phrases ainsi qu'un clavier virtuel. Doté d'un synthétiseur vocal qui convertit ces écrits en paroles, ce système permet au patient de s'exprimer sur l'intensité de sa douleur, son ressenti, ses besoins...

Le corps médical peut alors agir en conséquence et le patient, qui se sent écouté, ne s'en porte que mieux. Cela lui permet aussi d'interagir avec ses proches lors des visites et évite la frustration de ne pas pouvoir communiquer. Cette technologie peut être utilisée par n'importe quel individu étant dans l'impossibilité de parler. Elle peut également être bénéfique pour des personnes qui éprouvent des difficultés

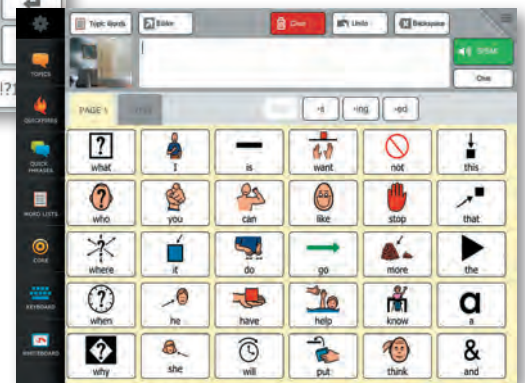
motrices à effectuer une action pouvant être contrôlée par ordinateur. Certaines personnes handicapées se servent d'ailleurs déjà de l'eye tracking pour piloter des installations domotiques dans la vie de tous les jours.

C'est incontestable depuis la nuit des temps et scientifiquement prouvé désormais, nos regards nous trahissent: sourire avec les yeux, avoir les yeux qui brillent, faire les gros yeux... autant d'expressions qui en disent long sur l'état émotif d'une personne. Mais aujourd'hui, la reconnaissance iridienne à longue distance et l'oculométrie portent cela à un tout autre niveau. Entre sécurité et utilisation médicale, les intentions sont les meilleures. Espérons que ces technologies ne seront pas détournées de sitôt vers des utilisations bien moins louables... ■

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de virginie.chantry@gmail.com ou sur la version tablette.



L'interface oculométrique mise au point par la société Tobii Dynavox comprend notamment toutes sortes d'icônes qui, une fois actionnées par le regard du patient, peuvent assurer une communication efficace grâce à un synthétiseur vocal. Celui-ci peut désormais communiquer avec le personnel médical à propos de sa douleur, de ses besoins, de son état de santé, poser d'éventuelles questions... Un bond en avant considérable pour ces personnes diminuées physiquement mais dont les facultés mentales sont intactes.



Techno-Zoom

Quand on habite en ville et qu'on souhaite se déplacer sur de moyennes distances sans trop d'effort, le traditionnel vélo, sa version plus moderne électrique ou encore la trottinette viennent directement à l'esprit. Dans les années 80-90, c'était plutôt skateboard et patins à roulettes. Il existe cependant d'autres solutions qui permettent de se faufiler partout comme un piéton, la vitesse en plus. Le monoroué électrique, encore appelé «uniroue», «unicycle» ou «self balancing unit» (SBU) pour «unité auto-équilibrée», est l'une des nouveautés disponibles sur le marché belge, avec le magasin spécialisé Cityzen, situé à Bruxelles. Constitué d'une roue de 12 à 18 pouces selon le modèle choisi, d'un moteur et d'une batterie, le tout protégé par un caisson design arrondi, le monoroué est doté de 2 repose-pieds. C'est donc debout que l'on se promène sur cet engin, qui peut atteindre une vitesse de 30 km/h et qui possède une autonomie de 10 à 60 km selon le modèle.

Pour une vidéo de démonstration, rendez-vous sur le site: http://www.lavenir.net/cnt/dmf20150917_00704063

Un SBU pèse entre 9 et 14 kg et peut donc être mis sous le bras dans un moyen de transport pour sa version la plus légère. Tous fabriqués en Chine, ils sont dotés d'un système gyroscopique qui assure la stabilité dans la direction avant/arrière et ce, grâce à des capteurs qui envoient des informations sur le degré d'inclinaison du monoroué au moteur qui peut alors rectifier le tir.

Pour avancer, penchez légèrement les pieds en avant; pour freiner, légèrement en arrière. Pour tourner, mettez plus de poids sur la jambe du côté duquel vous voulez tourner. Bref, quelques séances d'apprentissage seront sans doute nécessaires. Pour vous procurer cet engin, il vous faudra tout de même déboursier entre 599 et 1 099 euros, autant que pour un vélo électrique cela dit mais sensation de glisse garantie!



L'ADN de...

Antoine PERNUIT Charpentier

◀◀ RECTO

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

Photos: ... (p.17)

Charpentier, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ? Depuis tout petit, je passe la plupart de mon temps à travailler le bois, j'aime l'idée de partir d'un produit brut pour en faire un produit fini. Grâce à une journée portes ouvertes, j'ai réalisé très tôt, dès la 3^e en France, que je voulais faire ce métier. Ça a été une évidence, tout comme le fait que je suis fait pour travailler de mes mains et en extérieur.

Comment devient-on charpentier ? On le devient par volonté. J'aurais déjà voulu faire un CAP mais mes parents souhaitaient que j'aie mon BAC. J'ai donc choisi le BAC S (scientifique). Ensuite, j'ai voulu suivre une formation, un BTS SCBH (Brevet de technicien supérieur en Systèmes constructifs bois et habitat), mais l'entreprise qui s'était proposée pour me fournir un contrat m'a fait faux bond au dernier moment, je me suis alors retrouvé au chômage. Et en septembre 2013, j'ai commencé les Compagnons du Devoir. Il s'agit d'une formation en alternance en 2 ans (+ 1 année préparatoire en fonction de son parcours scolaire préalable) qui se donne à l'IFAPME à Gembloux. La durée du stage (obligatoire) est égale à celle de la formation (donc 2 ou 3 ans). Ensuite, la formation (le «Tour de France») se fait par le voyage, ce qui permet de découvrir une nouvelle entreprise et une nouvelle région tous les 6 mois. De nombreux pays font partie du réseau: Canada, Allemagne, Australie,... On devient Compagnon au bout de 4 ans.

Vous travaillez actuellement chez Espaces toitures à Etalle, quelle est votre journée-type ? Je travaille de 7h40 à 16h30. Je fais principalement de la couverture mais j'ai eu la chance de faire plusieurs chantiers de charpente. L'avantage, c'est que j'ai la possibilité de «toucher» à tout dans cette entreprise, qui réalise tous travaux de charpente, toiture, terrasse et zinguerie. Nous sommes 4 ouvriers en plus du patron, Emmanuel Blanc, qui est donc Compagnon du devoir charpentier. Ces horaires me permettent de me rendre aux cours «théoriques» qui se donnent en soirée.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ? J'adore les sciences. Surtout les mathématiques et la chimie. Les mathématiques pour la résolution des problèmes et la chimie pour l'aspect découverte et création.

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ? Je n'ai pas (encore tout du moins) rencontré de difficulté particulière. Quand on aime ce que l'on fait, on cherche à aller de l'avant.

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ? Ma plus grande réussite, c'est mon évolution en 3 mois d'entraînement pour les Worldskills (Championnat du monde des métiers) de São Paulo. Le concours débute par les sélections nationales, les Startech's Days en mars. L'épreuve d'une durée de 18h

sur 2 jours consistait à réaliser un kiosque. Normalement, un seul candidat par métier et par pays est sélectionné pour les Worldskills. J'ai obtenu la médaille de bronze mais j'étais le seul à avoir l'âge minimum requis. C'est donc moi qui suis parti, avec les 21 autres candidats des autres disciplines, pour représenter le métier et la Belgique au Brésil en août dernier. La compétition, sur 22h en 4 jours cette fois, consistait à réaliser une maquette de kiosque en 3 modules. Cela a été très éprouvant physiquement et mentalement car il faut gérer le stress et rester concentré tout au long de l'épreuve. C'était une première pour moi mais cela a été une expérience incroyablement enrichissante, une découverte de moi-même et un dépassement total de toute limite. Au final, j'ai reçu le médaillon d'excellence (cotation égale ou supérieure à la moyenne mondiale). Je me suis investi au maximum sans jamais relâcher et aujourd'hui, j'en sors grandi.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ? Le seul conseil à lui donner, c'est que l'on n'a rien sans rien. Si on se donne les moyens, tout est possible. En parlant des Worldskills, c'est une expérience unique que l'on peut vivre, tout le monde ne peut pas prétendre avoir connu cette expérience, mais c'est par le travail que nous y sommes parvenus. Tout donner pour ne rien regretter! ■



ANTOINE PERNUIT
21 ans, Etalle

ÂGE: 21 ans
ENFANTS: Pas encore

PROFESSION: Charpentier pour la SPRL Espaces Toitures à Etalle.

FORMATION: Bac scientifique en Haute-Normandie. Formation «chef d'entreprise» en alternance à l'IFAPME en partenariat avec les Compagnons du Devoir et du Tour de France.

ADRESSE: La Croix Chinin, 3 à 6740 Etalle.

Tél.: +32 473 61 46 46
Mail: espaces.toitures@hotmail.com

Espaces Toitures

Immanuel B.A.N.C.
6740 ETALLE
gsm: 0473 61 46 46
Fax: 063 60 17 42

- Charpente
- Couverture
- Zinguerie
- Carport-Ossature bois

ils
2015



VERSO >>>

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ? Modéliste. Depuis une dizaine d'années, j'adore bricoler, travailler dans mon garage et le modélisme (buggy thermique et électrique radiocommandé) m'a permis de canaliser mon énergie et mon temps libre quand je n'ai rien à faire.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ? Voyager dans le passé ! Surtout pour rencontrer mon grand-père, côté maternel. Je n'ai pas eu la chance de le connaître car il est décédé quand j'étais tout petit. Une personne formidable qui aurait eu des tas de choses à m'apprendre.

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ? Un cours de partage. L'expérience des Worldskills m'a permis de me rendre compte à quel point le partage et l'échange sont importants. Cotoyer d'autres cultures et traditions permet de s'ouvrir sur le monde et d'arrêter de se lamenter sur notre sort. Quand on voit les conditions de vie ailleurs, on est mal placé pour se plaindre des nôtres.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle, ce serait lequel et pourquoi ? Ce serait sans hésiter un drone. Pour voyager bien sûr mais aussi pour avoir un œil sur le monde et sur ses proches par la même occasion.

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ? J'irais au Canada. Pour visiter et pour y travailler.

Je connais plusieurs personnes qui y sont allées et ce qu'ils ont vécu en ce qui concerne l'accueil qu'ils ont reçu là-bas et la beauté des paysages me donne envie d'y aller et j'irai un jour.

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ? Le premier homme sur terre. Juste pour se rappeler que l'on peut vivre simplement et qu'il faut se bouger pour obtenir ce qu'on a.

La question «a priori»: si je vous dis que charpentier, c'est juste exécuter les plans de l'architecte, que me répondez-vous ? L'architecte n'a pas ce côté «chantier», il est dans son bureau et dessine. Il ne se rend pas toujours compte de la faisabilité de ses idées parfois fantaisistes... Le charpentier est là pour dire si c'est réalisable ou pas. Et il est tout à fait possible de travailler à sa manière sans passer par eux. Un charpentier doit être organisé, penseur, facilement compréhensible et connaître les moindres aspects de son métier. On ne peut pas faire n'importe quoi. On ne s'improvise pas dans son métier. C'est pour cela que nous devons évoluer sans cesse pour proposer toujours les meilleures solutions. ■



Plus d'infos

http://www.centrenbw.ifapme.be/fileadmin/documents/formatpme/Folders/CE/CE_Charpentier.pdf

<http://www.compagnons-du-devoir.com/>

<http://www.espaces-toitures.be>

<http://www.skillsbelgium.be/fr/>

LE DOSSIER

COP (21):



Texte : Paul DEVUYST

Photos: MAXPPP - inondations (p.20),

BELGA/AFP - Hoesung Lee (p.20), S. DAVIDSON (p.22)

Qu'y a-t-il derrière ces 3 lettres ?

La 21^e Conférence des parties à la Convention-Cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP21) doit se tenir à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015. Les 195 pays (plus l'Union européenne) représentés ont pour ambition de trouver un accord avant 2020 dont l'objectif est à la fois simple et terriblement compliqué à concrétiser: réduire les émissions à effet de serre afin de limiter la hausse de la température mondiale en deçà de 2 °C par rapport à la moyenne préindustrielle...



Cette convention universelle, principal traité international sur le climat, se réunit chaque année. Elle reconnaît l'existence d'un changement climatique d'origine humaine et donne aux pays industrialisés le primat de la responsabilité pour lutter contre le phénomène. Elle a été adoptée au cours du «Sommet de la Terre» de Rio de Janeiro, le 9 mai 1992, avant d'entrer en vigueur le 21 mars 1994 et a été ratifiée par une majorité d'États, auxquels il faut ajouter l'Union européenne.

UN LONG CHEMIN

En 1859, le physicien et glaciologue irlandais John Tyndall (1820-1893) découvre que certains gaz retiennent le rayonnement infrarouge du soleil et contribuent à réchauffer l'atmosphère. En 1896, le chimiste suédois Svante Arrhenius (1859-1927, Prix Nobel de chimie en 1903) découvre le lien entre la teneur croissante en CO₂ dans l'atmosphère et une augmentation de la température.

Il faudra cependant attendre 1971 pour que d'éminents scientifiques rapportent, lors d'une conférence à Stockholm, la possibilité de changements globaux, rapides et profonds du système terrestre dus à l'activité humaine. L'année suivante, les premières recherches européennes en ce qui concerne le climat sont lancées dans le cadre des «programmes cadres européens». Et c'est en 1979 que se tient, à Genève, la première conférence mondiale sur le climat alors qu'est lancé un appel pour la fondation du programme mondial de recherche sur le climat (WCRP) et d'un Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat. Celui-ci verra le jour en 1988.

La conférence de Rio (connue sous le nom de «Sommet de la Terre») en juin 1992 débouche sur la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et la reconnaissance du problème des gaz à effet de serre. En décembre 1997, le Protocole de Kyoto (on en est à la COP3) vise à réduire, entre 2008 et 2012, d'au moins 5% par rapport au niveau de 1990, les émissions de 6 gaz à effet de serre: le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et 3 substituts des chlorofluorocarbones.

Débutent alors les discussions sur le principe d'échange de quota d'émission de CO₂. Ce Protocole entrera en vigueur en 2005 avant de se «désintégrer» suite au refus des États-Unis de le ratifier et la sortie de la Russie, du Japon, de la Nouvelle-Zélande et du Canada.

En 1990, 1995, 2001, 2007 et 2013 paraissent les rapports du GIEC tandis que depuis 1995 se tiennent annuellement dans le monde, les conférences des Parties (COP), c'est-à-dire des États signataires à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). D'échecs en compromis, on parlera des conférences COP de Nairobi, Bali, Cancun, Copenhague, Durban, Doha ou de Lima.

En décembre 2009, les États réunis à Copenhague créent le «Fonds vert pour le climat», un mécanisme financier rattaché à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui a pour objectif de réaliser le transfert de fonds des pays les plus avancés à destination des pays les plus vulnérables afin de mettre en place des projets pour combattre les effets des changements climatiques. Il s'agit d'un montant de 100 milliards de dollars par an d'ici 2020. Cet

engagement a été télescopé par le krach de 2008 et le surendettement des États. Finalement, en 2014, 22 pays avaient versé 9,5 milliards de dollars (dont 3 milliards par les États-Unis). Il reste donc un long chemin...

L'AVERTISSEMENT DU GIEC

«*Agir vite et fort, sans quoi le changement climatique produira de plus en plus d'effets sévères et irréversibles sur les sociétés humaines et les écosystèmes*». C'est avec ces mots inhabituellement forts que le porte-parole du GIEC avait rendu public, lors de la réunion COP15 en novembre 2009 à Copenhague, la synthèse de son 5^e rapport. «*Ce rapport a été conduit par plusieurs centaines de scientifiques internationaux et est le plus complet jamais entrepris sur le sujet, avait déclaré Ban Ki-moon, le secrétaire général des Nations Unies, présent à la réunion. Il offre 3 messages-clés. D'abord, l'influence des hommes sur le climat est claire et cette influence croît rapidement. Ensuite, nous devons agir vite et de manière décisive si nous voulons éviter des conséquences destructrices. Enfin, nous avons les moyens de limiter le changement climatique en cours et construire un meilleur futur. Les décideurs doivent prendre les décisions, car le temps joue contre nous*».

Toujours selon ce rapport, la teneur atmosphérique en dioxyde de carbone (CO₂), le principal gaz à effet de serre émis par les activités humaines, est inédite depuis 800 000 ans au moins. La

concentration de CO₂ au début de l'ère industrielle était de 280 parties par millions (ppm) et a atteint 400 ppm dans le courant de l'année 2013. Soit une augmentation de 20% depuis 1958 et de 40% depuis 1850.

La température de la basse atmosphère terrestre a grimpé de 0,85 °C depuis la fin du 19^e siècle et le niveau des océans s'est élevé de 18 cm. La quantité globale de neiges et de glaces à la surface de la Terre a chuté dans la plupart des régions du monde. «*Les effets du changement climatique se sont déjà fait sentir au cours des récentes décennies sur tous les continents et les océans*», écrivent les scientifiques.

Pour conserver une bonne probabilité de demeurer sous les 2 °C de réchauffement par rapport à la période préindustrielle - le seuil de danger adopté par la communauté internationale en 2009 - les émissions mondiales de gaz à effet de serre doivent être réduites de 40 à 70% d'ici à 2050, par rapport à leur niveau de 2010. Or, depuis 2010, les émissions augmentent plus vite encore que dans les décennies précédentes ! Ce qui signifie que «*les niveaux d'émissions devront être proches de zéro en 2100, voire en dessous*» et donc que globalement, le système économique devra fonctionner en absorbant du CO₂ plutôt qu'en l'émettant comme c'est le cas aujourd'hui. Les scientifiques ajoutent à ce propos qu'«*une augmentation de la température moyenne au-delà de 4 °C, combinée à une augmentation de la demande en alimentation, représenterait de grands risques pour la sécurité alimentaire mondiale*».

«*Il y a un mythe selon lequel l'action climatique coûtera très cher, alors que l'inaction coûtera beaucoup, beaucoup plus cher*», estiment par ailleurs les économistes réunis par le GIEC. De fait, selon leurs simulations, une politique climatique ambitieuse conduite au niveau mondial et permettant de demeurer sous la barre des 2 °C de réchauffement, ne se solderait que par une faible réduction de la croissance. Cela correspond à une réduction annuelle de 0,04 à 0,14%, avec comme valeur médiane 0,06%, par rapport à une croissance de la consommation comprise entre 1,6 et 3% par an. Ces estimations sont calculées sans tenir compte des dégâts que la part désormais inévitable du réchauffement produira sur les économies. Et plus nous attendons, plus ces coûts seront importants.

L'Europe doit se préparer à affronter des épisodes de sécheresse et d'inondations en série sous l'effet des changements climatiques, a averti un expert du Giec.



LES IMPACTS DÉJÀ VISIBLES

Les impacts du changement climatique peuvent être très différents d'un pays à un autre ou même d'une région à une autre, mais ils concernent toute la planète et ses conséquences sont d'ores et déjà prévisibles.

L'une des grandes questions concerne notamment la fonte des glaciers et l'impact que cela peut avoir sur l'élévation du niveau de la mer. Une équipe du Service de surveillance mondiale des glaciers (Université de Zurich) vient de montrer que la fonte des glaciers à travers le monde a atteint, depuis le début des années 2000, un niveau historique et devrait se poursuivre même si le réchauffement climatique fait une pause. Ces résultats sont fondés sur des données de terrain recueillies entre 2001 et 2010 avec, en moyenne, une fonte de 50 cm à 1 m d'épaisseur. Il faut savoir que la température dans l'Arctique y est supérieure de 1,2 °C par rapport à 1990.

D'après ces chercheurs, cela concernerait des dizaines de milliers de glaciers sur la planète tout comme les calottes glaciaires et le Groenland. Le record de fonte de glace du 20^e siècle (observé en 1998) a été dépassé en 2003, 2006, 2011 et 2013 et le sera probablement à

Au niveau européen, on retiendra :

- **en 2001**: le programme sur le changement climatique;
- **en 2005**: le système d'échange de quotas d'émissions de CO₂;
- **en 2008**: un paquet énergie-climat fixant 3 objectifs pour 2020 (dit 3X20): 20% d'énergies renouvelables, -20% de consommation d'énergie et -20% d'émissions de gaz à effet de serre.

Une brigade d'experts... du climat !

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ou Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), fut créé en 1988 à l'initiative de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Sa mission essentielle est de passer en revue et d'évaluer de manière critique la littérature scientifique et technique traitant du changement climatique, de ses conséquences et des moyens de l'atténuer. Il fournit aussi un appui scientifique, technique et méthodologique à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le GIEC ne fait pas de recherche en tant que telle mais rassemble et synthétise les données publiées dans les revues scientifiques.

Son président est le sud-coréen Hoesung Lee (69 ans - voir photo ci-contre), économiste, spécialisé en «énergie et climat» ainsi qu'en développement durable. Le secrétariat basé à Genève s'occupe de la coordination entre 3 groupes de travail qui assurent chacun la réalisation d'une partie d'un rapport, publié tous les 5 ans, sur la machine atmosphérique. Il met ainsi à contribution plus de 2 500 experts et relecteurs originaires de plus de 150 pays.

Le premier rapport, publié en 1990, affirmait déjà qu'il était très probable que l'humanité, par ses émissions de gaz à effet de serre, induise un changement climatique aux effets sans doute ravageurs. La conclusion du 5^e rapport publié en 2013 et 2014 est désormais très claire: les activités humaines, et notamment l'usage des énergies fossiles, a conduit à une hausse exceptionnelle de la concentration des gaz à effet de serre, transformant le climat en ce qui concerne les hausses des températures et du niveau des mers, la fonte des glaces à un rythme jamais vu par le passé ou à des épisodes météorologiques exceptionnels.



nouveau en 2014. Selon des chercheurs américains (Université du Colorado), la fonte des glaciers serait responsable de 60% de l'élévation du niveau des mers, de ceux du Groenland pour 28% tandis que l'Antarctique aurait une contribution de 12% environ. Ils estiment que le phénomène pourrait faire grimper le niveau des océans de 10,2 à 24,1 cm d'ici à 2100 (de 18 à 59 cm selon le GIEC). Entre 1870 et 2000, le niveau de la mer s'est déjà élevé de 18 cm dans le monde, dont 6 cm durant les 20 dernières années ! De quoi inquiéter les États insulaires et les villes côtières qui pourraient se voir englouties sous les eaux. En effet, plus d'1 million d'habitants de la planète vivent aujourd'hui à moins d'1 m au-dessus du niveau de la mer.

D'autre part, l'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère entraîne une plus forte absorption de ce gaz par l'océan, ce qui a pour conséquence d'acidifier l'eau de mer: de 1751 à 2004, le pH (potentiel hydrogène) des eaux superficielles des océans a diminué de 8,25 à 8,14. Cette acidification représente un risque majeur pour les récifs coralliens et certains types de plancton, menaçant par là même l'équilibre de nombreux écosystèmes.

L'augmentation des températures (moyenne, maximale et minimale) de l'air est certainement un élément qui affecte de manière significative les êtres vivants. Certaines productions agricoles sont déjà en baisse dans de nombreuses parties du globe, les écosystèmes se trouvant perturbés (accélération des cycles des végétaux: aujourd'hui en Champagne, les vendanges ont lieu 2 semaines plus tôt qu'il y a 20 ans !) tandis que 20 à 30% des espèces animales et végétales se trouvent ainsi menacées d'extinction. D'autre part, les risques sanitaires sont accrus, notamment en raison de l'avancée d'insectes vecteurs de maladies et certains événements météorologiques extrêmes tels que vagues de chaleur, sécheresses des sols et tornades deviennent plus fréquents. Au point que l'on commence à envisager leurs conséquences sur les sociétés humaines: migrations forcées, multiplication des conflits (utilisation des ressources en eau, appropriation des terres fertiles,

etc.). Dans le nord canadien, la fonte temporaire des sols gelés menace des villages Inuits et certains sites, dont l'occupation est attestée depuis 9 000 ans, sont susceptibles de disparaître tandis qu'à Tombouctou (Mali), les grandes mosquées sont menacées par la désertification et l'ensablement.

ET SI COP 21 ÉCHOAIT ?

La conférence de Paris est décisive pour la survie des négociations climatiques mais celles-ci butent déjà sur la question de la responsabilité historique dans le réchauffement et sur la répartition des efforts à accomplir. Les pays émergents estiment que cette responsabilité incombe d'abord aux pays industrialisés et refusent de s'infliger les mêmes contraintes. Pour les pays développés, la division entre pays industrialisés et

émergents n'est plus opérante. L'enjeu des négociations est donc de limiter les émissions de gaz à effet de serre sans limiter le droit au développement des pays émergents.

Un autre sujet sensible est celui du choix des mécanismes qui permettront de suivre les engagements des États en matière de lutte contre le réchauffement. Comment mesurer les efforts accomplis ? Quel cycle imaginer pour inscrire l'accord à long terme ?

Pour espérer conclure un accord solide, les négociateurs de la CCNUCC devront par ailleurs convaincre des États particulièrement réticents, à l'instar de l'Australie dont le Gouvernement conservateur affiche des positions «climato-sceptiques». Ils devront aussi tenir compte des demandes des États insulaires, très vulnérables aux aléas climatiques, qui contestent le seuil des 2 °C et considèrent que le réchauffement ne doit pas dépasser 1,5 °C, au risque de voir tout ou partie de leur territoire disparaître suite à la hausse du niveau de la mer.

Et s'il n'y avait pas d'accord climatique à Paris ? La probabilité que ce sommet se termine par un clash, sans la signature du moindre document, est heureusement proche de zéro. Surtout si l'on tient compte des efforts du Gouvernement français et du Président François Hollande (qui a en ligne de mire les élections présidentielles en 2017)... ■



Pour en savoir plus

- *Le climat, à quel Prix ? La négociation climatique*, Christian De Perthuis et Raphaël Trotignon, éditions Odile Jacob, 2015.
- *Climat : 30 questions pour comprendre la conférence de Paris*, Pascal Canfin (ancien ministre) et Peter Staimé (expert international), éditions *Les petits matins*, 2015.
- *Le climat de la Terre - Un passé pour quel avenir ?*, André Berger (Professeur émérite UCL), éditions *De Boeck Université*, 1992.

CO₂ : tous les voyants sont au rouge !

À la différence de l'Argan de Molière, le malade est loin d'être imaginaire. La concentration de CO₂ et de plusieurs autres gaz (méthane, protoxyde d'azote, ozone) dans l'atmosphère n'a eu de cesse d'augmenter ces dernières années, accentuant «l'effet de serre». Sans celui-ci, la température moyenne à la surface de la Terre avoisinerait les -19 °C mais grâce à lui, il fait une moyenne de +14 °C, rendant notre planète vivable. Cependant, un déséquilibre de ce filtre, aussi faible soit-il, peut provoquer des hausses de températures aux conséquences désastreuses, dans l'immédiat mais surtout dans les années à venir.

Les premières mesures de CO₂ remontent à 1957 et n'ont cessé de s'améliorer depuis lors. L'examen des carottages des glaces polaires montre que depuis des centaines de milliers d'années, le CO₂ atmosphérique a constamment varié entre 180 ppm (partie par million) en période froide et 280 ppm en période chaude. Au cours des 10 000 dernières années, le niveau de CO₂ est resté confiné entre 270 et 280 ppm environ. Mais la révolution industrielle a enclenché une série de bouleversements qui se sont emballés avec le temps. C'est ainsi qu'en 2008, la concentration de CO₂ était de 385 ppm, de 398,1 ppm en mars 2014 et de 400,83 ppm un an plus tard ! Les scientifiques du GIEC estiment que pour éviter de dépasser une hausse de la température moyenne de 2 °C, il faut diviser par 2 les émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050 par rapport à 1990 (année de référence) et de 80% pour les seuls pays industrialisés.

Quelle est la position des 3 plus grands émetteurs de gaz à effet de serre (soit la Chine avec 27,3% du total mondial, les États-Unis avec 14,3% et l'Europe avec moins de 10%) devant cette situation ?

Le Premier Ministre chinois, M. Li Keqiang a officiellement fixé pour objectif d'«atteindre le pic des émissions de CO₂ en Chine autour de 2030, tout en s'efforçant de l'atteindre au plus tôt». Il entend aussi «baisser l'intensité carbone (les émissions de CO₂ par unité de produit intérieur brut) de 60 à 65% par rapport à 2005, porter la part des énergies non fossiles dans la consommation énergétique primaire à environ 20% et augmenter le stock forestier d'environ 4,5 milliards de m³ par rapport à 2005».

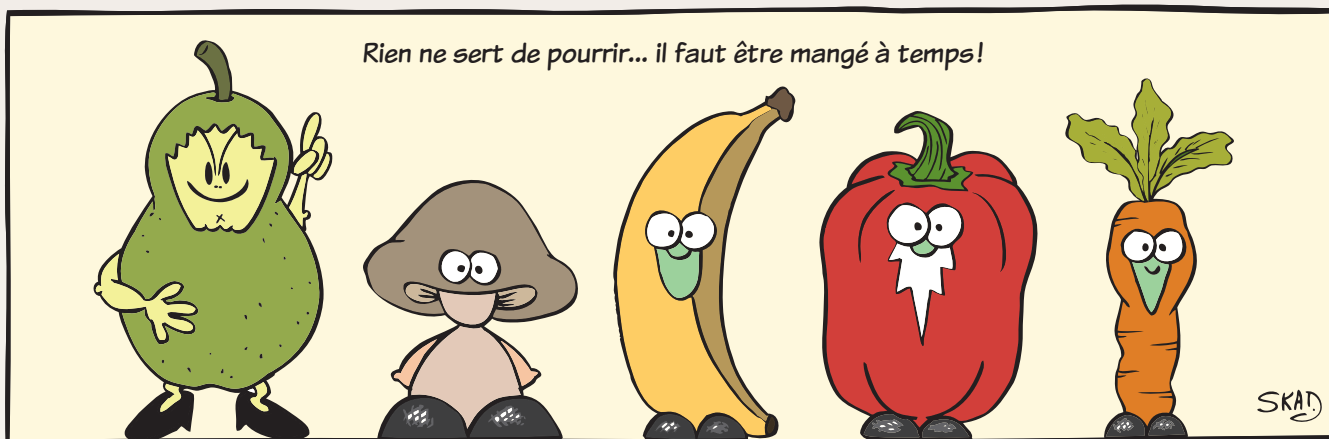
De son côté, le Président démocrate des États-Unis (où les élections auront lieu en 2016), Barack Obama, qui avait promis il y a quelques mois que son pays réduirait de 26 à 28% ses émissions de CO₂ d'ici à 2025, a récemment confié à l'Environmental Protection Agency la mission d'imposer au niveau national une réduction des émissions de carbone par les centrales électriques. Cette baisse oblige d'ici à 2030 à réduire de 32% le niveau de ces émissions par rapport à 2005. Cela revient à forcer les producteurs d'électricité américains à fermer ou modifier d'ici 2022 des centaines de centrales au charbon dont la production est estimée à 73 GW, soit l'équivalent de la consommation de 36 millions de foyers. Et le leader de la majorité républicaine du Sénat, Mitch McConnell, élu de l'État charbonnier du Kentucky, a déjà demandé aux gouverneurs de tout le pays de boycotter ces règles. Rien n'est donc acquis outre-Atlantique.

Enfin, l'Union européenne s'est engagée, au nom des 28, à réduire ses émissions de CO₂ de 40% d'ici à 2030 par rapport à 1990. Ce qui signifie, pour la Belgique, une réduction de 24 à 37% (selon la méthode de calcul utilisée), soit 57 Mt d'équivalent CO₂ dans un scénario moyen. Or, la trajectoire actuelle prévoit que la Belgique en émettra environ 70...



LES AVENTURES DE BARJE

©SKAD 2015 - www.barje.be



Big data, les nouveaux prophètes

Texte: **Philippe LAMBERT** - ph.lambert.ph@skynet.be

www.philippe-lambert-journaliste.be

Photos: **EASYFOTOSTOCK** / © **S. NIVENS** (p.24)

Entre un virus, une information, une pièce de monnaie ou une rumeur, il existe au moins un point commun: leur propagation. Souvent, les épidémiologistes, les médecins, les informaticiens, les sociologues, les économistes sont appelés à s'interroger, chacun dans son domaine, sur l'ampleur et la vitesse de ce processus. En fait, d'un point de vue mathématique, c'est toujours la même question qui se pose, la même équation à résoudre, celle de la diffusion sur un réseau

Billets, virus, mails... se transmettent d'une personne à l'autre au gré des rencontres successives, réelles ou virtuelles. Prenons le cas de l'euro. Quand la monnaie unique a été introduite, les Belges avaient initialement des euros d'origine belge, les Français, des euros d'origine française, etc. À la suite des échanges économiques, un grand brassage s'est opéré et aujourd'hui, il est devenu plus difficile de déterminer si l'on vit en Espagne, en Allemagne ou en Belgique à partir de l'origine des pièces que l'on a dans sa poche. Les mathématiciens s'efforcent depuis longtemps déjà de comprendre le processus de diffusion qui sous-tend ce type de phénomène. En l'occurrence, la question pourrait être: dans quel délai le mélange parfait a-t-il été ou sera-t-il atteint, si tant est qu'il puisse l'être ? Autrement dit, combien de temps faut-il pour que l'on retrouve, dans chaque pays de la zone euro, la même proportion de pièces représentatives des différents États qui la constituent ? Et ce qui vaut pour la monnaie vaut pour la transmission du virus de la grippe, par exemple, au sein d'une com-

munauté - une classe, une école, une région, un pays...

UNE QUÊTE DÉJÀ ANCIENNE

Comme l'explique Jean-Charles Delvenne, professeur à l'École polytechnique de Louvain, 2 éléments essentiels doivent être pris en considération pour étudier un phénomène de propagation. Premièrement, le réseau social: qui connaît qui ou, du moins, qui entre en contact avec qui, physiquement ou virtuellement ? Il est évident, notamment, que des personnes habitant une même ville ont plus de chances de se connaître que des individus résidant dans des lieux distants. Tout comme les élèves d'une même classe constituent une communauté, un réseau social dense qui, lui-même, peut s'intégrer dans un réseau plus large, l'école, laquelle s'imbrique dans la ville et ainsi de suite: autant de structures sociales hiérarchiques plus ou moins connectées.



Second élément capital: la dynamique sociale des individus - en d'autres termes, la fréquence et la régularité de leurs contacts. Ainsi, au sein du réseau familial, on peut téléphoner à sa mère une fois par an, chaque semaine ou tous les jours. Mais cette fréquence n'est pas tout. Car ce qui est typique des relations humaines, c'est leur irrégularité. Certes, certaines personnes appellent leur mère ou leurs amis avec la régularité d'un métronome (tous les mercredis et vendredis, chaque jour à 19 h...), mais, la plupart du temps, la communication entre les individus se réalise par saccades. Bref, on assiste à une alternance de «flambées» et de «silences». C'est le cas, entre autres, lorsque 2 amis entrent en contact à plusieurs reprises au cours d'une même journée pour organiser une activité en commun puis, cette dernière terminée, n'ont plus aucune relation durant plusieurs semaines. «Si vous rendez visite à votre père tous les samedis soir ou si vous le voyez 2 fois au cours de la même journée puis ne le rencontrez plus pendant 2 semaines, vous l'aurez côtoyé en moyenne une fois par semaine dans les 2 cas, mais les 2 situations auront un impact très différent quant à la probabilité

de transmission d'un virus ou d'une rumeur de l'un à l'autre, indique Jean-Charles Delvenne. Des contacts par saccades tendent à ralentir la diffusion des virus, rumeurs et autres éléments transmissibles.»

Il y a longtemps déjà que l'on essaie de prédire les épidémies, telles que la peste, le choléra ou la grippe. Dans l'absolu, il s'agit de processus très imprévisibles. Idéalement, pour les cerner, il faudrait connaître les «destins» individuels de tous les acteurs, savoir qui rencontre qui et précisément quand. A a été en présence de B qui était porteur de tel virus avec une probabilité de transmission de X %, puis A a rencontré C à tel moment, etc. «Si l'ordre des rencontres entre A et B et A et C avait été inversé, A n'aurait eu aucune chance d'infecter C, commente Jean-Charles Delvenne. D'où la nécessité théorique, pour pouvoir opérer une simulation quasi parfaite d'une épidémie, de connaître l'horaire exact des rencontres de chacun avec chacun.»

Inutile de préciser que cela est impossible. Par conséquent, les mathématiciens se sont d'abord rabattus sur des modèles très simplifiés. Ils reposaient ini-

tialement sur la supposition d'individus tous pareils, ou rangés en quelques catégories (1) de susceptibilité différente à la maladie, qui pouvaient tous se rencontrer avec la même probabilité et la même fréquence. Cette équation, qui fut ensuite enrichie de la structure des réseaux sociaux, cadennassait en quelque sorte la dynamique du système, postulant par exemple que 2 individus appartenant au réseau se rencontraient en moyenne une fois par jour, sans variabilité. Autre approche: l'élaboration de modèles très détaillés sur le plan de la temporalité des contacts, mais supposant que le réseau était parfaitement homogène.

APPEL AUX BIG DATA

Ces modèles simplifiés n'étaient cependant pas dénués d'intérêt. Le premier succès de l'épidémiologie mathématique nous entraîne à Bombay, en Inde, où une épidémie de peste avait sévi en 1905 et 1906. En 1927, un modèle introduit par les Britanniques William Kermack et Anderson McKendrick parvint à reproduire les chiffres de cette épidémie, en considérant des individus moyens tant du point de vue de la structure du réseau social que de sa dynamique.

Un autre cas d'école est l'épidémie de grippe ayant contaminé, en 1978, la majeure partie d'un internat anglais pour garçons à partir d'un seul malade. Le modèle de Kermack et McKendrick peut «prédire *a posteriori*», avec une grande précision, le nombre d'élèves malades, jour après jour. Toutefois, cet exemple revêt des allures de caricature. Car un internat est un microcosme où tout le monde rencontre tout le monde. Qui plus est selon un schéma temporel bien orchestré - cours, repas, récréations... Nous sommes loin des conditions de vie à l'échelle d'une ville, d'un pays, d'un continent; loin aussi du fonctionnement d'un réseau social en ligne.

Ainsi que le souligne le professeur Delvenne, les modèles simplifiés marchent dans certains cas, mais s'avèrent inopérants dans d'autres. Pour renforcer les chances de succès d'une prédiction relative à la propagation d'un virus, d'une rumeur, d'une information, etc., il faut être à même d'introduire et de combiner ces 2 ingrédients que sont la structure

“ On peut savoir combien de personnes se trouvent à un moment donné à proximité de telle ou telle antenne d'un opérateur téléphonique, puis quand elles s'en éloignent. Il est possible d'estimer ainsi le nombre d'individus qui se déplacent d'une ville vers une autre, par exemple. D'autres données encore permettent de cerner les mouvements de populations à travers un territoire.

du réseau social et la dynamique des relations entre individus. C'est ce à quoi est arrivé notre interlocuteur, en collaboration avec Renaud Lambiotte, du Centre *naXys* de l'Université de Namur, et Luis E.C. Rocha, chercheur au *Karolinska Institutet* de Stockholm et à l'Université de Namur sous l'égide du *FNRS*. Les résultats de leurs recherches ont été publiés récemment dans la revue *Nature Communications* (2).

Pour mener à bien leurs travaux, les 3 mathématiciens ont tiré profit de la profusion d'informations propre à notre époque: ils ont exploité les «*big data*», ensembles de données à ce point volumineux que leur traitement nécessite de puissants outils informatiques.

Par le biais des réseaux en ligne de type *Facebook* ou *Twitter*, il est possible de savoir exactement à qui et quand un individu a envoyé un message. Les opérateurs de téléphonie mobile, pour leur part, peuvent déterminer à tout moment où vous vous trouvez par rapport à leurs antennes. *Google* n'hésite d'ailleurs pas à répertorier ces positions et, en consultant votre compte, vous serez étonné de la précision de ces données. Se posent évidemment des questions éthiques et légales touchant notamment au respect de la vie privée, ainsi que des questions pratiques, d'ordre technique, pour la gestion des myriades d'informations générées. «*Les nouvelles technologies donnent l'espoir qu'on puisse accéder à un ensemble de données extrêmement détaillées dans le but de comprendre comment une maladie ou une fausse rumeur peut se propager et comment enrayer sa diffusion*», explique Jean-Charles Delvenne.

Le chercheur de l'École polytechnique de Louvain précise que certaines équipes s'efforcent d'effectuer des simulations à partir de toutes les données disponibles, en mettant en œuvre une puissance informatique hors du commun. Mais le challenge reste difficile et coûteux. De surcroît, les données individuelles sont rarement accessibles pour les raisons éthiques et légales que l'on devine. «*Néanmoins, des données agrégées sont souvent suffisantes*, rapporte notre interlocuteur. *Ainsi, on peut savoir, entre autres, combien de personnes se trouvent à un moment donné à proximité de telle ou telle antenne d'un opérateur téléphonique, puis quand elles s'en éloignent. Il est possible d'estimer ainsi le nombre d'individus*

qui se déplacent d'une ville vers une autre, par exemple. D'autres données encore permettent de cerner les mouvements de populations à travers un territoire.»

STRUCTURE OU TEMPORALITÉ ?

Les *big data* ouvrent assurément de nouvelles perspectives pour la prédiction de la propagation de maladies, d'informations ou d'autres entités matérielles ou immatérielles. Jean-Charles Delvenne, Renaud Lambiotte et Luis E.C. Rocha ont cherché à simplifier l'approche consistant à opérer des simulations impliquant la totalité des données disponibles. Ils ont extrait de ces données les ingrédients les plus pertinents pour déterminer si une maladie ou une rumeur va demeurer confinée ou au contraire, va exploser et, dans ce cas, à quelle vitesse elle va envahir tout le réseau social, puis éventuellement le quitter. Ces ingrédients, nous les avons cités: la structure du réseau social et la dynamique sociale des individus. Ce que montrent les équations des 3 mathématiciens est surprenant: en général, un ingrédient écrase l'autre. En clair, dans certaines situations, c'est la structure hiérarchique du réseau qui dicte la loi et dans d'autres, c'est la dynamique des comportements humains, très variables, fréquemment imprévisibles, qui est décisive.

Ce théorème est confirmé par des situations de terrain. Première illustration: les chercheurs ont puisé des milliers de données relatives aux contacts physiques entre clients et prostituées sur un site Internet brésilien où les premiers rapportent leurs expériences et évaluent les professionnelles du sexe qu'ils ont fréquentées. On sait qui a été voir telle prostituée et quand. Le but était d'établir un modèle de la propagation des maladies vénériennes dans ce réseau d'amour tarifé. Il apparut que la temporalité était ici sans grande importance dans la diffusion de ces maladies et que l'élément clé était la structure du réseau observé, scindé de façon assez nette en villes, et même en quartiers. Se dégageait donc l'existence de communautés relativement fermées, ce qui freinait la propagation des M.S.T. à l'ensemble de la population considérée.

Dans une autre étude, les chercheurs se sont intéressés à un site de rencontre à travers les mails échangés entre ses membres. Ils n'avaient pas accès à l'identité réelle de ces personnes, ni à leur âge, ni à leur profil socioéconomique. En revanche, ils savaient qui avait communiqué avec qui et à quels moments. Ils constatèrent que les échanges de mails restaient confinés au sein de groupes restreints, comme si - mais ils n'avaient pas les moyens de le vérifier - les abonnés du site n'entraient en contact qu'avec des individus présentant des caractéristiques similaires aux leurs au niveau de l'âge, du statut social ou du lieu de résidence, par exemple. Le fait est que le réseau était peuplé de communautés très circonscrites et que, selon l'équation susmentionnée, la composante temporelle des échanges pesait de peu de poids devant la structure du réseau, laquelle était peu propice à la diffusion, à large échelle, d'informations - on peut imaginer des «confidences sur l'oreiller»...

L'étude de la propagation de maladies nosocomiales (3) au sein d'un hôpital dévoila par contre une tout autre vérité. «Dans cette expérience, patients, médecins et membres du personnel paramédical étaient équipés de petits capteurs qui révélaient leurs déplacements, leurs contacts et le moment de ces derniers, relate Jean-Charles Delvenne. Notre modèle a permis de déterminer que c'était la fréquence et la régularité des contacts entre les différents intervenants qui orchestraient la diffusion des maladies nosocomiales dans ce réseau qu'est le milieu hospitalier. La vitesse de propagation de l'affection, c'est-à-dire le nombre de jours nécessaires à sa diffusion dans tout un hôpital, dépend clairement du caractère, régulier ou irrégulier, des contacts entre les différents acteurs et plus particulièrement, entre patients et personnel soignant.»

PRÉDIRE POUR PRÉVENIR

L'épidémie d'Ebola, qui a été officiellement constatée en mars 2014 et a frappé 3 pays d'Afrique de l'Ouest (4), semble éteinte aujourd'hui. La société *Real Impact Analytics*, avec laquelle l'École polytechnique de Louvain entretient une collaboration, est spécialisée dans l'analyse des données téléphoniques pour le compte d'opérateurs

GSM. Durant la crise d'Ebola, elle eut en projet d'essayer de prédire, par le biais des mouvements de populations mesurés en temps réel à l'aide des données GSM, les chemins de transmission de l'épidémie et sa vitesse de propagation. Cette initiative ne fut finalement pas mise en œuvre sur le terrain, l'épidémie ayant emprunté la voie de l'extinction. En principe, le modèle élaboré par Jean-Charles Delvenne, Renaud Lambiotte et Luis E.C. Rocha aurait pu servir de support à cette prédiction. «Sur la base de données très partielles que nous avons observées, par exemple celles touchant aux réseaux sexuels, on conjecturerait (mais sans certitude) que c'est l'effet de communauté plutôt que la dynamique sociale des individus qui aurait été déterminant pour prédire l'ampleur et la vitesse de propagation du virus Ebola.»

Si les *big data* ont un intérêt pour comprendre la progression des épidémies ou la propagation de fausses rumeurs, notamment, leur utilisation peut également servir à prévenir ces phénomènes grâce à l'adoption de mesures adéquates comme favoriser la diffusion d'informations publiques susceptibles d'infléchir certains comportements. «Par la conjonction des big data et de modèles mathématiques, il est possible de prédire si une campagne d'information sera utile ou non, indique Jean-Charles Delvenne. Pour atteindre chacun, notamment en situation de désastre humanitaire, le bouche à oreille et le contact direct par SMS peuvent s'avérer plus efficaces pour transmettre un message que les médias. De même, lors d'une catastrophe, il est utile de prévoir où les gens vont se déplacer, afin de gérer au mieux l'urgence de la crise, comme répartir les efforts humanitaires. Et c'est possible, comme des chercheurs du Karolinska Institutet de Stockholm l'ont illustré lors du tremblement de terre d'Haïti de 2010.»

L'option de cibler certaines communautés est en phase avec le concept de «marketing viral», où l'on veille à ce que certains clients potentiels soient au courant de l'existence d'un nouveau produit parce qu'ils occupent une position centrale, stratégique, dans le réseau que l'on veut toucher, l'espoir étant que l'information se répande au départ de ces cibles influentes. «Ici encore, il a été montré dans certains cas que ce type de marketing peut s'avérer plus efficace qu'une publicité télévisée à destination de



l'ensemble du public», souligne le professeur Delvenne.

Analyser la structure sociale d'une population et prendre en considération les horaires précis des contacts de chaque individu qui la constitue est une tâche impossible, même avec les *big data*. Tous les modèles font donc appel à des informations limitées. Encore faut-il pouvoir garantir une prédiction de qualité. C'est ce dont semble être capable le modèle mathématique proposé récemment dans *Nature Communications*.

Chacun connaît le caractère dual de la science. Elle avance pour le meilleur, mais parfois aussi pour le pire. La question des *big data* reste entière. On peut légitimement craindre pour le respect de la vie privée et redouter leur utilisation à des fins de manipulation. ■

- (1) Selon l'âge, par exemple.
- (2) Jean-Charles Delvenne, Renaud Lambiotte & Luis E.C. Rocha, Diffusion on networked systems is a question of time and structure, *Nature Communications*, 6:7366, 2015.
- (3) Contractées au cours d'un séjour en milieu hospitalier.
- (4) La Guinée (3 804 cas selon l'OMS), le Liberia (10 672 cas) et la Sierra Leone (13 945 cas).



Les domaines de la santé et du bien-être sont étroitement liés à l'évolution technologique. De nos jours, avec l'apparition des objets connectés et des applications, nous assistons à une transformation des usages professionnels et également, de nos habitudes dans la manière de gérer la santé. Loin des salles de sport ou des cabinets médicaux et plus que des gadgets, ces nouvelles façons ludiques de gérer et d'améliorer notre santé séduisent un nombre toujours croissant d'entre nous. Petit tour d'horizon...

Un besoin, une appli

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

TABAC



Quit Now est l'application anti-tabac parfaite pour les amateurs de statistiques. Dès que vous êtes prêt à arrêter de fumer, elle vous accompagne. Elle vous indique au fur et à mesure, le nombre de jours passés sans fumer, les économies réalisées et le temps gagné. Pour vous encourager, *Quit Now* va même jusqu'à vous communiquer le pourcentage d'amélioration de votre santé ! Et si vous rencontrez une petite baisse de motivation, un forum et une galerie-photos de poumons encrassés vous aideront à résister à la tentation...

bit.ly/Quit-Now-IOS
bit.ly/Quit-Now-Android



Stop Tabac est une application créée par des chercheurs de l'Université suisse de Lausanne. Elle se propose d'être votre coach personnel pour vous aider dans la gestion de votre sevrage. Si vous le souhaitez, vous pouvez désigner un parrain à contacter en cas de besoin et ainsi mieux appréhender la déprime, l'anxiété et les problèmes de sommeil liés à l'arrêt. Vous y trouverez aussi de nombreuses informations sur le tabac et la dépendance.

www.stop-tabac.ch/fr/application-iphone-et-android



Kwitt est sans doute l'application anti-tabac la plus ludique que vous pourriez trouver. Elle accompagne le (futur/ex) fumeur tout au long de son parcours via la participation à des jeux lui permettant de débloquent des niveaux et de remporter des trophées jusqu'à atteindre le stade de «Kwitter Ultime» ! Comme dans la plupart des applications anti-tabac, une section est réservée aux bienfaits de l'arrêt de la cigarette pour la santé et pour le portefeuille.

www.kwitt.fr



SmartStop est un patch anti-tabac comme les autres, à la petite différence près que celui-ci est connecté ! Il peut être placé à même la peau ou inséré dans un bracelet. Selon le profil du fumeur et les informations enregistrées, il délivre de petites doses de nicotine personnalisées. Grâce à cette technique, la sensation de manque est anticipée. Des notifications quotidiennes sont envoyées au fumeur pour l'encourager dans son sevrage.

www.chronothera.com

NUTRITION



My Fitness Pal est un coach nutritionnel. Cette application vous accompagne au quotidien et vous aide à vous fixer des objectifs. Son compteur de calories et ses rapports de progression sont une énorme source de motivation. Et lorsque votre imagination est en berne, vous pouvez consulter les idées de recettes saines qui vous sont proposées !

www.myfitnesspal.fr



FatSecret est un compteur de calories, idéal pour suivre quotidiennement votre comportement alimentaire et apporter les modifications nécessaires à vos habitudes. Dotée d'une base de données très complète, **FatSecret** vous permet de connaître le nombre de calories ingérées en encodant les aliments consommés ou en scannant le code-barre du produit. En fonction de votre activité physique, l'application peut également vous communiquer une estimation des calories dépensées.

www.fatsecret.com



Maigrir avec plaisir compte les calories que vous consommez. Sa particularité: gérer votre comportement alimentaire. Stressé(e), fatigué(e) ou mangeur(euse) compulsif(ve), un bilan personnalisé vous est proposé. **Maigrir avec plaisir** ne se contente donc pas de compter mais apprend aussi à vous connaître afin de vous aider à comprendre votre comportement alimentaire.

bit.ly/Maigrir-avec-Plaisir-IOS

bit.ly/Maigrir-avec-Plaisir-Android

Fitbit Aria est une balance connectée. Elle permet à son utilisateur de se peser, de mesurer sa masse grasse ou son indice de masse corporelle (IMC). Elle permet également de relever la fréquence cardiaque et la qualité de l'air inspiré. L'ensemble de ces paramètres est synchronisé sur le compte **Fitbit**. L'historique permet à l'utilisateur de constater les progrès réalisés dans sa perte de poids. **Fitbit Aria** est pensée pour un usage familial puisqu'il est possible d'enregistrer 8 profils différents. Ces derniers étant automatiquement reconnus lors de l'allumage. Enfin, le gaming n'est pas oublié puisque l'utilisateur peut se fixer des objectifs et obtenir une récompense lorsqu'ils sont atteints.

www.fitbit.com/fr/aria



Biody Balance est un concept assez révolutionnaire. Plus qu'un objet, il s'agit d'un régime connecté ! Un petit impédancemètre fixé à votre cheville va relever, via ses capteurs, une série de données. Celles-ci sont transmises instantanément au programme et vous permet d'obtenir un bilan précis en kg et en pourcentage (répartition masse musculaire - masse grasse, rétention d'eau, masse osseuse, etc.). Cela aura la vertu de mettre en évidence les carences et les excès de votre équilibre corporel. Ces indicateurs vous serviront également à établir un programme alimentaire entièrement personnalisé. L'abonnement mensuel proposé vous permet de faire évoluer votre alimentation en fonction de vos résultats.

www.mybiodybalance.com

fitbit aria
Wi-Fi Smart Scale



SPORT & SANTÉ



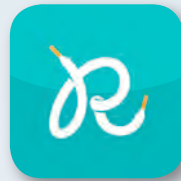
Google Fit est une application ayant pour vocation de centraliser les données récoltées par les différentes applications de santé et de bien-être de votre smartphone. Tendanciellement plus vers le sport que la santé, *Google Fit* offre la particularité de tout automatiser: le nombre de pas que vous avez fait, le nombre de kilomètres parcourus à pied ou à vélo, les calories dépensées, etc. Très complète, elle propose également un coach embarqué qui vous aidera et vous motivera afin d'atteindre vos objectifs.

www.fit.google.com



Map My Fitness Workout Trainer est une application regroupant plus de 600 activités physiques ! Elle vous permet d'extraire les données de vos joggings, de vos marches, courses à vélo et autres types d'entraînement afin d'analyser vos résultats. Vous pouvez les visualiser sur une période déterminée (un jour, une semaine, un mois ou un an). Ce qui vous permet de constater vos progrès sur le laps de temps sélectionné.

www.mapmyfitness.com



RunKeeper n'est pas à proprement parler une nouveauté mais son renouvellement et ses mises à jour en font un incontournable ! Pionnière dans sa catégorie, cette application accompagne les personnes qui souhaitent perdre du poids en proposant d'excellents programmes gratuits d'entraînement. Disponible pour *Android* et *iOS*, elle offre aussi un support web qui permet d'accéder à ses statistiques en ligne.

www.runkeeper.com



Argus recueille et centralise vos données santé afin de les convertir en statistiques. Très complète, elle enregistre votre activité sportive, vos calories brûlées, etc. Sa singularité: la possibilité de comptabiliser le nombre de verres d'eau que vous buvez dans une journée, les plats que vous consommez, vos heures de sommeil, etc.

www.azumio.com/s/argus/index.html



Si jusqu'à présent vous pouviez vous retrancher derrière le manque de temps pour éviter de pratiquer une activité physique, **Carrot Fit** ne laisse plus de place aux excuses ! Basée sur le programme «*Seven minutes workout*», cette application vous propose de retrouver la forme en consacrant 7 minutes par jour à un entraînement ne requérant aucun matériel spécifique et pouvant se pratiquer partout. À cela, *Carrot Fit* ajoute une bonne dose d'humour et se propose de transformer «*votre carcasse flasque en un représentant de première classe de l'espèce humaine*» ! Si vous ne deviez tester qu'une application de remise à forme, nous vous conseillons celle-ci !

www.meetcarrot.com/fit



Apple Health est une application installée par défaut sur les appareils mobiles *Apple*: *iphones* et *ipads*. Il s'agit d'une des meilleures applications de la catégorie «santé et remise en forme». Elle affiche un tableau de bord qui recueille et centralise toutes les données fournies par les applications dédiées à la condition physique présentes sur votre *iPhone* et votre *AppleWatch*. L'ensemble de ces informations sont regroupées et synchronisées sur *iCloud* de manière à pouvoir y accéder à partir d'*OS X*. Cela vous permet donc d'obtenir une vue d'ensemble.

www.apple.com/fr/ios/health



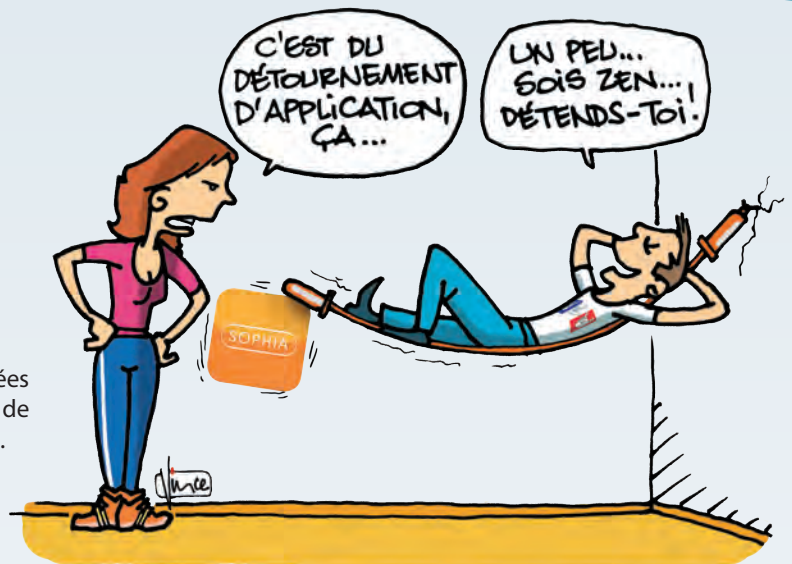
Tracky est une combinaison de sport connectée. Elle est équipée d'un cardiofréquence-mètre, de capteurs respiratoires et de température ainsi que de capteurs de mouvement. Portée lors de vos entraînements, les données sont collectées via une application dédiée. Cette dernière vous offre la possibilité de vous fixer des objectifs (perte de poids, performance chronométrique, etc.) et de générer des exercices personnalisés qui vous permettront de les atteindre. Vos entraînements sont analysés en temps réel et des conseils vous sont prodigués afin d'éviter tout risque de blessure ou une surcharge en terme d'effort.

www.projectpole.com



Sophia est une corde à sauter connectée munie de 2 poignées et d'une corde, comme toute corde à sauter ! Elle permet de gagner en tonicité et d'éliminer rapidement des calories. L'évolution se situe au niveau de la connexion. *Sophia* mesure le nombre de sauts, la vitesse d'exécution et la quantité de calories brûlées. L'application liée vous permet de programmer vos objectifs. Les résultats collectés peuvent être combinés avec *Apple Health* ou *Google Fit* pour obtenir une vision globale de votre niveau de performance. Basée sur le gaming, elle vous permet également d'affronter vos amis en les invitant, via l'application, à relever un défi que vous leur proposez. Enfin, nul besoin d'être connecté en permanence, *Sophia* stocke vos données dans sa mémoire interne et les transfère lors de votre prochaine connexion.

www.sophiatherope.com



RELAXATION



Daily Yoga est une application très populaire proposant différentes intensités d'entraînement pour vous permettre d'avancer à votre rythme. L'application vous fournit plus de 50 séances de yoga, vous enseigne 400 postures grâce à des vidéos, vous propose de la musique apaisante et un réseau social pour échanger avec d'autres personnes, elles aussi en recherche de zenitude.

www.dailyyoga.com



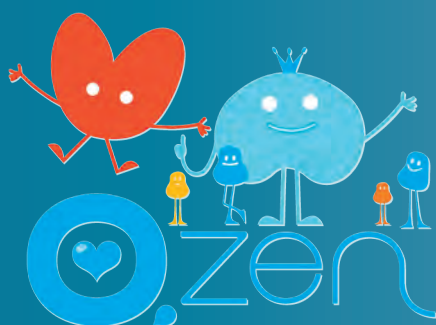
Si vous êtes un(e) adepte de la relaxation, cette application est pour vous ! **Calm** vous propose des séances de méditation simples agrémentées de conseils, d'images et de sons. La sérénité étant le meilleur moyen de lutter contre le risque de burnout, *Calm* vous fournira toutes les clés pour des moments de détente efficaces.

www.calm.com



Pour éviter le stress dû à des journées de travail harassantes, rien de tel que des cycles de sommeil réparateurs. **Sleep Cycle** est un réveil intelligent qui surveille et analyse vos mouvements pendant votre sommeil. Sur base de ces résultats, il vous réveillera pendant votre phase la moins profonde sur une période de 30 min par rapport à l'heure programmée. Cela vous garantira un réveil en douceur et vous assurera une bonne dose de bien-être tout au long de la journée.

www.sleepcycle.com



O.Zen est un objet connecté dédié aux personnes sujettes au stress. Lorsque celui-ci se fait trop pesant, *O.Zen* vous guide, sous forme de petits jeux, dans des exercices de respiration destinés à la décontraction. Vous pourrez, en temps réel, suivre les évolutions de votre rythme cardiaque et constater les progrès réalisés. Se présentant sous forme d'un petit capteur à placer au bout du doigt, il peut être utilisé à votre guise, quand vous en éprouvez le besoin. *O.Zen* doit vous apprendre à gérer le stress, gagner en vitalité et développer votre concentration.

www.experience-ozen.com

Série : INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES, UNE AVENTURE CAPTIVANTE !



Boussoles, compas, gyroscoopes et GPS:

C'est par où ?

Aiguilles aimantées, boussoles et compas magnétiques ont largement contribué à l'exploration du monde, ainsi qu'au progrès des sciences et techniques. Au 20^e siècle, apparaissent gyroscoopes et GPS. Incursion dans le domaine capital et passionnant du magnétisme et des outils d'orientation...



Boussole moderne de poche avec graduation de 0 à 360° à partir du N(ord)

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

Photos: **J. DOBSON**/Flickr (p.32), **Ra'ike**/Wiki - Magnétite (p.33),

J.-P. DONZEY/Wiki - inclinomètre (p.33), **R. FAULKNER**/Flickr - compas de voilier (p.33)

L'«invention» de la **boussole** ne vient pas d'un génie, mais résulte de nécessités, découvertes et transitions successives. Son origine et sa transmission restent controversées. Cet instrument médiéval doit beaucoup aux navigateurs, qui l'appelaient **compas (magnétique)** et l'utilisaient déjà bien avant les mentions littéraires.

AIMANTS ET MAGNÉTISME

Au 6^e s. avant J.C., Thalès de Milet observe déjà le **magnétisme**, capacité de la **magnétite** (aimant naturel ou **pierre d'aimant**) d'attirer le fer (*photo 1*). Platon sait que la propriété se propage aux aimants artificiels que sont les fers. Trois siècles plus tard, les Chinois les

découvrent à leur tour; l'étude critique des textes leur attribue d'ailleurs l'«invention» de l'aiguille aimantée et de la boussole primitive. Ils découvrent les pôles de l'aiguille aimantée et l'action directrice de la Terre dans la foulée. Vers 1099, Chen Koua décrit un instrument pour s'orienter, le «poisson montre-sud»: il s'agit d'un poisson en fer qui, lorsqu'il flotte dans un bol d'eau, se dirige vers le Sud. Il explique en fait ce qu'est le **magnétisme terrestre** ou **géomagnétisme**: l'alignement des aiguilles sur l'axe Nord-Sud vient de l'attraction exercée par le fer en fusion au centre de la Terre. Leur pôle sud S est dévié un peu vers le Sud-Est (le pôle nord N vers le Nord-Ouest). On appellera «déclinaison magnétique» l'angle formé par l'aiguille magnétique avec la direction du Nord géographique. Elle sera constatée par Christophe Colomb en 1492.

En Europe, c'est à Pierre de Maricourt (surnommé Pierre le Pèlerin) et son *Epistola de magnete* (1269), que l'on doit la 1^e étude expérimentale sur l'aimantation et le magnétisme. En 1581, le navigateur et ingénieur anglais, Robert Norman, publie *The Newe Attractive* dans lequel il décrit précisément l'**inclinaison magnétique** et l'invention d'une 1^e **boussole d'inclinaison**. Mais le 1^{er} traité cohérent sur le magnétisme et l'inclinaison (*De magnete*, 1600) viendra de William Gilbert qui y synthétise 20 ans d'expériences au cours desquelles il a pu observer qu'une aiguille de boussole sur pivot placée au-dessus d'un aimant sphérique (modèle réduit de la Terre), indiquait toujours le même point. Il a également constaté que les limailles de fer formaient des courbes régulières convergeant vers les pôles d'un aimant et que le magnétisme traversait les solides.

Au 17^e siècle, alors qu'on mesure inclinaison, déclinaison et intensité magnétiques partout dans le monde, Burrus crée la 1^{re} mappemonde à courbes isogones (d'égale déclinaison) tandis qu'en 1768, Wilcke publie la 1^{re} carte à isoclines (lignes à points d'égale inclinaison magnétique). Coulomb mesure ensuite précisément l'inclinaison magnétique via la nouvelle boussole d'inclinaison (photo 2) des ingénieurs hydrographes en circumnavigation (1802). La carte de Wilcke sera perfectionnée et amenée à l'échelle du monde par von Humboldt, qui a pu observer l'évolution de l'intensité du géomagnétisme, doublant de l'équateur vers les pôles magnétiques (1826). Pendant que James Ross atteint le Pôle Nord magnétique au Nord du Canada (1831), Gauss énonce ses lois en électricité et magnétisme. Il préconise un tout nouvel instrument, le **magnétomètre**, et parvient à calculer la position des pôles magnétiques (1838). En 1855, Faraday introduit la notion de ligne de force, le long desquelles s'oriente la limaille au contact d'une force magnétique et dont s'inspirera Maxwell pour formuler ses équations sur l'électromagnétisme.

Début 20^e, les Américains tentent des mesures magnétiques à partir de navires amagnétiques (le fer y est remplacé par du bois, du cuivre, du bronze,...). Ils dressent des cartes d'isogones en zones maritimes fréquentées à fortes anomalies magnétiques: Baltique, Groenland, Islande, Sicile, etc. Au même moment, Edgeworth David parvient au Pôle Sud magnétique, situé en Antarctique.

AIGUILLE + ROSE = BOUSSOLE

Vers 1119, Tchou Yu cite l'application de la boussole à la navigation en bateaux chinois (et non arabes ou persans) mais il est probable qu'ils l'utilisaient déjà avant cette 1^{re} mention littéraire. D'autres textes le confirment. Tout porte à croire que boussoles flottantes, déclinaisons et applications en navigation sont d'origine chinoise, malgré les contestations d'Européens, mécontents de voir la paternité d'une invention essentielle échapper à l'Europe au profit de la Chine... Certains l'attribueront aux Italiens ou aux Français, voire aux Scandinaves pour navi-

guer en Atlantique Nord jusqu'en Islande et au Groenland, alors qu'une boussole y est inopérante ! Les aiguilles flottantes et sèches chinoises seraient arrivées en Europe à partir du 12 ou 13^e siècle via les Arabes et les Croisés. Cette transmission est plausible mais sans preuve et contestée. L'encyclopédiste anglais, Alexandre Neckam cite l'usage d'une boussole flottante - dite **calamite** - en Méditerranée vers 1197, tandis que Guiot de Provins, suivi par d'autres, en reprend description et emploi vers la même période. Un peu plus tard, en 1242, Baïlak décrit l'usage de l'aiguille par les marins arabes en mer de Syrie. Au temps des 2 Croisades sous Saint-Louis (1248-1270), les navigateurs se servaient d'une calamite pour améliorer la **navigation à l'estime**. Parallèlement, les cartographes dressent les 1^{ers} portulans (cartes marines) via boussole, rose des vents et **rumb**s (photo 4), indiquant les caps d'entrée dans les ports. En 1269, Pierre de Maricourt décrit 2 types de boussoles, l'une flottante, l'autre sèche à pivot, qu'il loge dans une boîte. Il divise la surface de la coupelle en 4 quadrants de 90° découpés par les lignes N-S et E-O, indiquant ainsi les 4 points cardinaux d'une rose des vents de base. Elle sera complétée d'autres rumb, jusque 32 (Voir *Athena n° 301*). Selon la légende, en 1295, Marco Polo aurait rapporté la boussole de ses voyages en Chine. Son *Livre des Merveilles* (1298) n'en contient toutefois aucune trace... !

Une fois arrivée en Europe (par une voie qui reste donc controversée entre historiens...), la boussole ne cessera de se développer. En 1745 par exemple, Knight magnétise durablement les aciers durs en aimantation rémanente. Un siècle plus tard, Poggendorff invente la lecture optique à miroir tournant pour petits angles et Gambey un instrument à lunette pour visées astrales et à microscope pour la position de l'aiguille.

Quand naît l'aviation au début du 20^e siècle, le pilote utilisait une boussole originale d'aéroplane. Dans la brume, la nuit ou au-dessus de la mer, il se servait plutôt du compas. Mais la vitesse et les distances devenant toujours plus grandes, il a fallu trouver une solution pour pallier les changements très rapides de déclinaison en un même vol: c'est l'apparition des planisphères à déclinaison. Les points cardinaux ne figurent plus qu'en décorations et repères, les angles horizontaux étant exprimés en



1 Magnétite avec des copeaux de fer.



2 Boussole à inclinomètre graduée en degrés, pour mesurer l'inclinaison magnétique (géomètre Salmoiraghi).



3 Compas de voilier moderne à sphère.

4 Rose des vents à 32 rumb de la carte-portulan signée Jorge de Aguiar (1492).



degrés à partir du Nord, de 0 à 360. Fin du 20^e, la **boussole électronique** affiche automatiquement le cap grâce à des microprocesseurs.

COMPAS, GYROSCOPES, GPS

En 1483, Ferrande fixe à l'aiguille une rose à 24 (puis 32) rumbes avec vents. Le timonier ne doit plus sans cesse manipuler le boîtier pour recalibrer la rose: il a le cap prescrit par lecture directe en l'alignant sur la ligne de foi, repère dans l'axe longitudinal du bateau. La boussole terrestre maritimisée devient compas (de navigation). En 1545, Cardano invente le **cardan** qui maintient le compas horizontal. Puis arrivent les belles roses en papier et avec le cuivre chaudronné, les cuvettes rondes. En 1766, Pezenas décrit le **compas de relèvement** ou **compas étalon**.



Pour en savoir plus:

- Une brève histoire du magnétisme, J.-L. Le Mouél, Belin, Paris, 2013
- Dictionnaire de la Mer, J. Merrien, Omnibus, Paris, 2014.
- Dictionnaire de Physique, R. Taillet, De Boeck, Bruxelles, 2013.
- Histoire de la Boussole, P. Juhel, éd. Quae, Versailles, 2013.
- Une histoire du point en mer, A. Gillet, Belin, Paris, 2000.
- L'instrument de Marine, J. Rancier, éd. MDV, Le Touvet, 1999.
- Noms latins de la pierre d'aimant et 1^{ères} mentions de la boussole en Occident, R. Halleux, Acad. Inscr. B.-Lettres, Paris, 2012.
- Origine de la boussole, Li Shu-Hua (Univ. Columbia), in ISIS, vol. 45, n° 139, Hist. of Sc. Soc., Cambridge, USA, 1954.
- Science and Civilization in China, vol. 4, J. Needham, Cambridge Univ. Press, NY, 1962.
- La Science classique: XVI^e-XVIII^e s., M. Blay et R. Halleux, Flammarion, Paris, 1998.
- <http://www.compassmuseum.com>
- <http://www.meretmarine.com>
- <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00819271>

Flinders essaie d'éviter les fortes **variations** par **déviations** du compas magnétique dues aux fers du navire. En 1801, il donne un début de solution via des barres de fer doux (les flinders), qui équipent toujours les **compas compensés**. William Thomson (Lord Kelvin) introduit sa rose papier pour compas sec, avec 6 à 8 barreaux et fil de soie, le tout pesant moins de 20 g (1876). Il met au point son compas compensé, qui limite un affolement du compas magnétique sur les navires en fer et le risque de naufrage. Fin 19^e, il est intégré à tout paquebot et navire militaire (photo 5). Le compas sec sera ensuite remplacé par le compas liquide qui élimine les frottements: dans la cuvette remplie d'un liquide peu congelable (alcool ou glycérine), la rose est posée sur anneau circulaire flottant, qui reste stable grâce à un barreau aimanté.

Pour l'aéronautique, début 20^e, Dunoyer conçoit le **compas électromagnétique** ou **compas à induction terrestre à dynamo**, construit aux USA par Pioneer. Vers 1912, l'aviation américaine le choisit pour remplacer le compas magnétique, versatile et peu compensable. En 1927, Lindbergh réussit la 1^{ère} traversée de l'Atlantique avec ce compas à dynamo, placé loin de tout métal.

La preuve de la rotation de la Terre sur son axe via un pendule a fasciné les contemporains de Foucault. En 1852, il affine son protocole par **gyroscope** fonctionnant comme une toupie: un tore (cylindre fermé aux bouts joints) est mis en mouvement par une manivelle (vite remplacée par l'électricité). Par sa vitesse de rotation (150 à 400 tours/s), le tore n'est plus soumis aux contraintes de pesantier durant 10 à 15 min. Ayant vaincu les variations de roulis (vitesse et direction du bateau), Anschütz dépose un brevet pour son **gyrocompas** en 1904. Vingt

ans plus tard, on se trouve face à 2 gyroscopes en une seule sphère flottant dans un liquide. En mer, c'est encore le principal outil d'orientation ! Ses atouts par rapport au compas magnétique, même compensé (qui n'a pas empêché de nombreux naufrages, dont celui du Titanic en 1912) ? Précision, stabilité et sécurité. Une fois lancé, il indique le Nord géographique et plus le Nord magnétique: dès lors, plus de problèmes de déclinaison, inclinaison, déviation ou variation ! L'IMO (International Maritime Organization), via le traité SOLAS (Safety Of Life At Sea), impose le gyrocompas sur tout navire supérieur à 500 t. Par sa stabilité bien qu'il reste mécaniquement fragile, le gyrocompas amélioré devient **gyropilote**. Il est toujours accompagné d'un compas magnétique liquide compensé ou maître compas pour le suppléer en cas de panne et le contrôler. Le compas gyromagnétique combine les qualités des 2.

Fin du 20^e, pour mesurer la rotation et contrôler l'orientation d'un avion, d'un missile ou d'un engin spatial, apparaît le **gyromètre**, mécanique d'abord (capteur gyroscopique), optique ensuite (**gyrolaser**). La navigation moderne, avec radio, radar (voir Athena n° 290), satellites et GPS, permet de connaître toute position au cm, voire au mm près ! Le GPS est accessible sur smartphone. Les vaisseaux ont des gyroscopes, accéléromètres, systèmes de pilotage automatique et calculateurs pour connaître instantanément tous les paramètres, tels que le cap, la vitesse ou la trajectoire suivie.

Il y a une dizaine d'années, la SAGEM (Société d'applications générales d'électricité et de mécanique - groupe Safran) dépose le brevet du **GRH (gyroscope résonant hémisphérique)** aux multiples qualités et présente la Centrale de Cap et d'Attitudes BlueNaute®, pour navigation maritime agréée IMO. Basée sur le GRH couplé au système optronique multicapteurs (caméra IR, vidéo ou télémètre laser), il s'agit d'un système de surveillance marine, le Vigy Observer®.

Ceci dit, on utilise toujours cartes, aimants, boussoles et compas magnétiques (photo 3) pour pallier toute défaillance du gyrocompas et du GPS. Et l'électronique, aide inégalée, ne remplacera jamais l'expérience du randonneur, du conducteur, du marin ou du pilote aguerri... ■

5



GLOSSAIRE



Boussole électronique	<i>Boussole</i> à base de composants électroniques, généralement 2 ou 3 capteurs de champ magnétique fournissant les données de base à un microprocesseur. Elle affiche le cap.
Boussole magnétique (<i>magnetic compass</i>)	(de l'italien <i>bussola</i> , petite boîte) Instrument d'orientation terrestre à cadran, rose des vents et aiguille aimantée mobile sur pivot dirigée vers le Nord magnétique.
Calamite	(du latin <i>calamus</i> , tige de roseau) En langage de marins, ancienne <i>boussole</i> de navigation constituée d'une aiguille aimantée fichée perpendiculairement dans un fêtu de paille, une tige de roseau ou un morceau de liège flottant sur l'eau d'un bol.
Cardan	Suspension à 2 cercles concentriques, l'intérieur axé sur l'extérieur et l'extérieur sur un support (mât,...), par diamètres perpendiculaires. L'intérieur, lesté bas, reste toujours horizontal, quels que soient les mouvements du support.
Compas à induction ou électromagnétique	<i>Compas</i> d'avion, à induit de dynamo à collecteur, mù par moulin à vent extérieur à la carlingue. L'excitation vient du champ magnétique terrestre.
Compas compensé (type) Kelvin ou Thomson	Compas de route et <i>compas de relèvement</i> à haut fût de bois et alidade de visée. Couvert d'un capot. À l'extérieur, le compensateur (boules compensatrices en fer et tubes correcteurs flinders); à l'intérieur, les aimants permanents.
Compas (magnétique) de marin(e), de mer ou de navigation	(du latin <i>compassare</i> , mesurer avec le pas, d'où avec un angle) Nom maritime et aéronautique de la <i>boussole</i> perfectionnée indiquant le Nord magnétique et le cap. 5 parties: aiguille aimantée, rose des vents, cuvette, habitacle et colonne ou fût.
Compas de relèvement ou Compas-étalon	<i>Compas</i> de réglage, tout en haut, à alidade de visée ou viseur azimutal, relevant les repères côtiers ou les astres par lecture sur cercle de visée.
Gyrocompas ou Compas gyroscopique	(du grec <i>gyros</i> , rotation, cercle) <i>Compas</i> de marine ou d'avion basé sur le <i>gyroscope</i> et la stabilité d'une roue tournant dans le plan qu'elle occupe une fois lancée.
Gyrolaser	<i>Gyromètre</i> optique à laser hélium-néon et à bloc vitrocéramique haute stabilité thermique et mécanique; il équipe bateaux, hélicoptères, avions, fusées, missiles,...
Gyromètre	Appareil mesurant une rotation. Capteur <i>gyroscopique</i> mesurant les vitesses angulaires, e.a. pour contrôler l'orientation d'un avion ou d'un engin spatial.
Gyropilote ou Autogouvernail	<i>Gyrocompas</i> perfectionné et coûteux actionnant automatiquement, par relais, l'appareil à gouverner et permettant le pilotage automatique du bateau ou de l'avion.
Gyroscope	Dispositif mécanique en rotation autour d'un axe sur un support pivotant librement. Sans couple appliqué, l'axe de rotation garde une orientation fixe (toupie). Il indique un cap et mesure la rotation.
Gyroscope résonant hémisphérique GRH/HRG	<i>Gyroscope</i> à design simple, exploitant les qualités inertielles du plan vibratoire d'une onde résonant en 1/2 sphère miniature, mécaniquement découplée de l'extérieur.
Inclinaison magnétique et Inclinomètre ou Boussole d'inclinaison	Angle que fait la direction du champ magnétique terrestre avec l'horizontale, en un point donné de la surface de la Terre. Elle se mesure par inclinomètre ou <i>boussole</i> d'inclinaison placée dans le plan vertical qui calcule l'angle formé par son aiguille avec l'horizontale.
Magnétisme	(du gréco-latin <i>magnes</i> , pierre, et aiguille qui, frottée sur elle, devient magnétique) Domaine de la physique relatif au champ magnétique qui étudie la réponse de la matière. Il s'agit aussi de la capacité d'un aimant d'attirer un objet contenant du fer (acier,...).
Magnétisme terrestre ou Géomagnétisme	Champ de forces en surface de la Terre dû aux fluides mobiles du noyau ou gigantesque aimant sur l'aiguille des <i>boussoles</i> et <i>compas</i> . Il varie en intensité et direction selon les lieux.
Magnétite ou Pierre d'aimant	Plus riche minéral de fer (Fe ₃ O ₄), il se présente sous forme de cristaux noirs. Fort <i>magnétique</i> , elle attire la limaille de fer en aimant naturel et dévie l'aiguille d'une <i>boussole</i> et d'un <i>compas</i> .
Magnétomètre	Instrument mesurant l'aimantation d'un système, les anomalies du <i>géomagnétisme</i> , le <i>magnétisme</i> des roches anciennes...
Navigation à l'Estime (<i>dead reckoning</i>)	Ancien type de navigation (13 ^e -18 ^e s.) par <i>compas</i> (donnant le cap), loch - ou son ancêtre log (bûche) - et sablier (estimant la vitesse en nœuds et la distance en milles marins).
R(h)umb	(du néerlandais <i>ruimte</i> , espace) Quantité angulaire correspondant à l'une des 32 aires de vent ou quarts de la <i>boussole</i> et du <i>compas</i> = 360°/32 = 11°15'.
Variations : Déclinaison et Déviations	Erreurs affectant le <i>compas magnétique</i> : a) déclinaison magnétique; b) déviation due aux fers (partiellement corrigée en <i>compas compensé</i>).

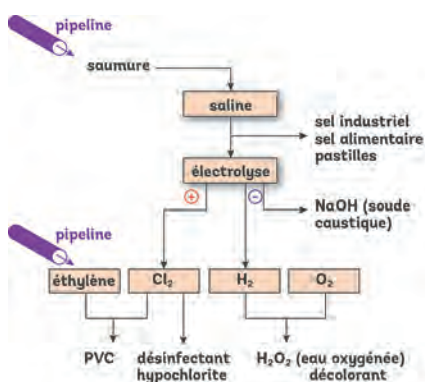
Du NaCl au PVC

La matière première, le sel (NaCl), provient de sondages situés en Allemagne avant d'arriver par pipeline sous forme de saumure saturée. Celle-ci alimente une saline qui en extrait l'eau pour produire un sel solide purifié. Remis en solution dans une eau pure, il est ensuite «électrolysé». Mais pour en faire quoi ?

Texte : José BONTEMPS - jbontemps@alumni.ulg.ac.be

Photos : SCIENCE (p.37)

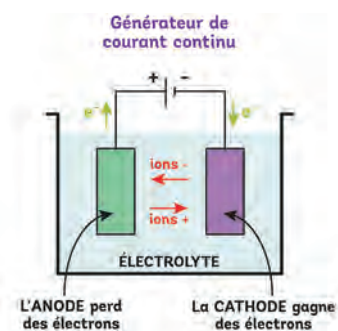
3 produits sont obtenus: le chlore, la lessive caustique et l'hydrogène. Ce dernier sert de matière première à la fabrication de l'eau oxygénée. Le chlore est quant à lui utilisé pour préparer du chlorure de vinyle, dont on a besoin pour la fabrication du PVC. Toutes ces opérations sont réalisées sur les sites INOVYN et Solvay de Jemeppe-sur-Sambre. Il s'agit donc d'un processus industriel de «chimie lourde» parfaitement intégré, comme l'indique le schéma général ci-dessous.



L'ÉLECTROLYSE: UNE MULTIPLICATION CHIMIQUE

L'électrolyse est une technique qui consiste à «provoquer» des réactions chimiques grâce au passage d'un courant électrique continu. Elle transforme donc une énergie électrique en une énergie chimique et permet notamment d'isoler des éléments chimiques à l'état pur. De nombreux pionniers de la chimie sont associés à cette technique qui a permis de montrer que l'eau (H₂O) était constituée d'hydrogène et d'oxygène. C'est aussi grâce à cette technique que Humphry Davy (1178-1829) découvrit une série d'éléments, dont le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium.

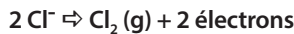
Comment ça marche ? Un générateur de courant électrique continu est raccordé à 2 électrodes plongées dans une solution d'électrolyte, combinaison chimique qui se dissocie en ions lors de sa disso-



lution dans un solvant polaire (l'eau par exemple). Ce liquide, telle une solution aqueuse contenant des ions, Na⁺ et Cl⁻ par exemple (Voir Athena n° 303 à 305), conduit le courant électrique. La flèche indique le sens de parcours des électrons dans le circuit extérieur et des ions (anions) et ions+ (cations) dans la solution. Durant l'électrolyse, les ions jouent le rôle des électrons en transportant, dans la solution, l'énergie électrique. Lors du passage du courant, sous l'effet d'une différence de potentiel, les ions se dirigent vers les électrodes: les ions Na⁺ vers la cathode (borne -, à droite) et les ions Cl⁻ vers l'anode (borne +,

à gauche). Les électrodes attirent donc à elles les ions de charge opposée. Ensuite, ces ions vont se décharger aux électrodes, où se produisent des réactions d'«oxydo-réduction»:

- **l'oxydation** des anions à l'anode: les ions chlorures sont oxydés (élévation de l'état d'oxydation, de -1 à 0) en dichlore gazeux:



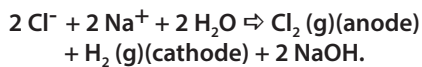
Il y a donc dégagement de chlore gazeux (lettre g) à l'anode.

- **la réduction** de l'eau à la cathode: les ions Na^+ ne subissent pas la réduction à la cathode. C'est directement l'eau qui est réduite suivant la demi-réaction:



Au cours de cette réaction, l'hydrogène est réduit de l'état d'oxydation +1 à 0. Il y a donc formation de soude et dégagement de dihydrogène gazeux (g) à la cathode.

Le bilan global de l'électrolyse du NaCl peut donc se formuler comme suit, par addition des 2 demi-réactions:



La soude caustique (NaOH), aussi appelée «lessive de soude» en solution concentrée, est l'une des composantes de base de la chimie et ses applications sont extrêmement diversifiées, au niveau domestique notamment pour déboucher une canalisation, nettoyer un four, décaper un meuble peint... La soude, très corrosive, intervient aussi dans la fabrication de savons et agents nettoyants.

L'eau oxygénée (H_2O_2) s'intègre dans les productions du site de Jemeppe-sur-Sambre. Elle est le résultat de la réaction entre 2 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène. La molécule d'eau oxygénée contient donc un atome d'oxygène de plus que l'eau. Le peroxyde d'hydrogène est principalement utilisé pour blanchir la pâte à papier. Il est également destiné à l'industrie chimique, où il joue le rôle d'agent de synthèse, mais aussi à l'industrie pharmaceutique, aux industries textiles, à la santé, aux cosmétiques, à la gravure des circuits imprimés, au nettoyage des semi-conducteurs, au traitement de certains métaux ou à la détoxification et l'oxygénation des eaux et effluents. Ce produit chimique a un avenir d'autant plus prometteur que son utilisation ne pose pas de problèmes environnemen-

ABC de ... la chimie du chlore

L'utilisation du chlore a rendu possible la fabrication de milliers d'articles de notre quotidien: jardinage et bricolage, sport et habitation, santé et hygiène, alimentation et cuisine.

Le chlore, élément chimique de symbole Cl et de numéro atomique 17, a été découvert par le chimiste suédois Carl Wilhem Scheele en 1774 et reconnu comme gaz simple, Cl_2 ou dichlore, par le chimiste britannique Humphrey Davy en 1809, qui lui donna son nom actuel de chlore (du grec *chlōros* qui signifie «vert pâle»), en référence à la couleur du gaz (Voir Athena n° 303). À partir du 19^e siècle, il est utilisé sous forme d'«eau de Javel» (NaClO) comme désinfectant et pour le traitement de l'eau potable. Actuellement, il est aussi employé pour la désinfection des eaux de piscine.

Avec le fluor (F), le brome (Br) et l'iode (I), il forme la famille des «halogènes», un groupe d'éléments très électronégatifs et donc très réactifs. Il se combine aisément avec presque tous les éléments. Ainsi, avec l'hydrogène, il produit l'acide chlorhydrique (HCl), tandis qu'avec les métaux, il forme des sels appelés «chlorures», dont le NaCl ou sel de cuisine. Ce dernier est nécessaire à de nombreuses formes de vie.

En raison de sa réactivité, le chlore se trouve donc majoritairement lié dans de nombreuses molécules. En solution, il se présente généralement sous forme d'ion chlorure (Cl^-), principal ion dissout dans l'eau de mer, mais aussi l'anion majoritaire dans notre sang où il s'équilibre avec les cations sodium et potassium. La chimie organique emploie intensivement cet élément comme oxydant et dans la «substitution» parce qu'il donne souvent beaucoup de propriétés désirées dans un composé organique quand il est substitué à l'hydrogène.



Cl_2

taux puisqu'il se décompose en oxygène et en eau. Ainsi, à Jemeppe, on réalise un produit vétérinaire destiné aux fermes piscicoles et en particulier, aux fermes à saumons du nord de l'Europe, confrontés régulièrement à des épidémies de poux qui les rendent impropres à la consommation.

DES APPLICATIONS À L'INFINI

Pour obtenir une «macromolécule», il suffit d'assembler, sous forme d'une longue chaîne, des molécules monomères. Dans le cas du PVC, l'unité monomérique est le chlorure d'éthylène, préparé à partir du chlore venant du sel. Cette matière plastique est un polymère thermoplastique, qui se ramollit lorsqu'il est chauffé mais qui redevient dur lors du refroidissement, le rendant recyclable. La poudre de PVC est généralement expédiée par camions citernes aux entreprises de transformation, qui y ajouteront des additifs (Voir Athena n° 308) afin de le stabiliser pour en

garder les qualités initiales, le colorer, le rendre plus souple, l'ignifuger ou encore à faciliter sa mise en œuvre...

Les applications du PVC sont multiples:

- dans la construction (+ de 65% de la production en Europe);
- dans l'automobile, à raison de 10 à 16 kg par voiture, il allège le véhicule et lui fait consommer moins de carburant;
- dans le secteur médical pour + de 25% du matériel, des poches à dialyse aux emballages des médicaments;
- pour les biens de consommation, y compris la célèbre poupée Barbie. ■

+ Plus d'infos

- Personne de contact Inovyn: muriel.vanschoelandt@inovyn.com
- <http://www.solvay.com>
- <http://www.inovyn.com>



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

Photos : © Davis Landscape Architecture, London, UK - www.davisla.com (p.38),

Danny Perez Photography/Flickr (p.39),

Lennardguppy/Guppies.com (p.40), [jamonation/Flickr](#) (p.41)

Des chercheurs tiennent une piste (végétale) pour venir à bout de l'obésité, y aura-t-il un miracle de Noël ? Peut-être mais pas en 2015... Il en faudrait par contre rapidement un pour ce qui concerne la disparition progressive des abeilles. La faute aux pesticides ? Les OGM non plus n'ont pas bonne presse en ce moment, parfois à tort, vous verrez ! Les petits guppies eux ont toujours bien la cote...

Une nouvelle molécule miracle anti-poids ?

La vague ascendante de surpoids et d'obésité force la pratique biomédicale à chercher des parades tant il est vrai qu'une activité physique accrue ne semble pas en mesure d'endiguer le phénomène et qu'il y a sans doute «autre chose» qu'une inadéquation entre la quantité d'énergie absorbée et consommée, de quelque façon que ce soit.

Le sujet en surpoids, et *a fortiori* obèse, a naturellement tendance à se tourner vers des solutions simples, comme des régimes racoleurs ou des médicaments coupe-faim, «quelque chose» à avaler quoi qu'il en soit, ce qui reste bien dans la tendance globale. Dans les cas les plus sévères, où la santé est réellement en danger, le traitement proposé peut devenir plus radical, comme les techniques de chirurgie bariatrique qui réduisent l'aptitude à l'assimilation alimentaire. Ces options sont forcément plus lourdes et imposent une modification fondamentale de l'hygiène de vie des patients traités, ce qui requiert de leur part une adhésion totale.

On sait aussi que les hormones impliquées dans la sensation de faim peuvent déréguler. La leptine (hormone de la satiété) particulièrement peut ne pas donner suffisamment le signal d'«arrêt» que l'on attend d'elle. Encore que plusieurs gènes peuvent agir sur sa libération éventuellement accrue.

C'est sur cette réalité que des chercheurs ont récemment planché. Ils ont soumis des cellules humaines en culture à différentes substances afin de vérifier si l'une ou l'autre ne pouvait accroître l'expression des gènes qui activent la production de leptine. Et ils en ont trouvé une ! Il s'agit du célastrol, extrait d'une plante connue depuis longtemps pour ses effets anti-inflammatoires et rangée à ce titre dans la pharmacopée traditionnelle chinoise. On lui trouverait aussi un effet bénéfique sur d'autres pathologies, y compris neurodégénératives.

Administrée à des souris obèses, cette substance aurait réduit de façon substantielle leur appétit, menant à une chute moyenne de poids de 45%. Ce n'est sans doute pas une panacée et la souris n'est pas l'homme. Les régimes respectifs n'ont pas la même diversité non plus. Mais il y a peut-être une piste à creuser et le monde biomédical s'en charge. On peut, pour conclure, signaler que cette substance est extraite de la «vigne du dieu du tonnerre» ou plus scientifiquement, *Tripterygium wilfordii*. Avant de se précipiter chez le premier herboriste venu, il faut toutefois se souvenir que toute plante contient des substances aux effets parfois multiples; et à ce propos, autant savoir que ce *Tripterygium* est également cité comme contraceptif masculin... ■

► Cell <http://doi.org/4sm> (2015) et *Nature* 2015; 521: 397

Abeilles et pesticides: le débat continue

Pesticides chimiques et protection de l'environnement font, par essence, mauvais ménage. C'est quasi philosophique; avec, en fonction de la position adoptée, une tendance à forcer le trait dans un sens ou dans l'autre. Si on les trouve nécessaires au maintien d'un rendement cultural indispensable, on peut tenter de n'utiliser que des produits certes actifs mais dont les effets collatéraux sont les moins marqués possibles, études scientifiques à la clé. Et c'est souvent dans l'évaluation des résultats de ces études que les avis divergent.

Parmi les produits de synthèse les plus récents - les néonicotinoïdes - 3 formulations ont été temporairement retirées du marché européen: la clothianidine, l'imidaclopride et le thiamethoxame. En revanche, les États-Unis n'ont pas jugé bon de prendre la même décision, les effets sur les pollinisateurs au centre du débat n'étant pas jugés suffisamment convaincants. Et c'est là qu'est aujourd'hui la polémique. Des essais de toxicité ont bien entendu été réalisés par les scientifiques, qui ont porté sur les abeilles. Ces pollinisatrices sont évidemment importantes, mais elles ne sont pas les seules, de nombreux autres hyménoptères assurent la même fonction et ont des dynamiques de population (quand elles ne sont pas solitaires) bien différentes. Partant, l'impact de pesticides peut être tout autre sur ces espèces.

Les abeilles vivent en populations nombreuses, en général bien suivies, et sont contraintes par d'autres agents, comme des parasites (les varroa) et la réduction de diversité des espèces florales sur lesquelles elles puisent leur matière première. Des tests de toxicité sélective n'ont pas permis par ailleurs de mettre en évidence une quelconque répulsion active de ces insectes pour les plants traités avec chacun des 3 néonicotinoïdes évoqués. Bref, les abeilles ne constitueraient pas «le» modèle représentatif de tous les pollinisateurs. Et elles butinent les plants traités au même titre et aussi abondamment que les autres. C'est précisément ce qui anime le



débat évoqué. Il faut y ajouter le fait que les résultats des essais visant à démontrer la neurotoxicité des pesticides cités ne seraient pas avérés, en raison de biais expérimentaux que certains se plaisent à relever.

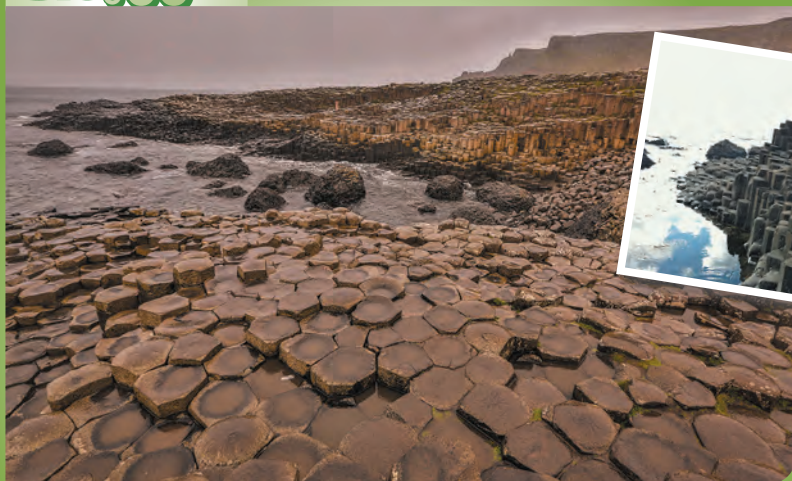
La logique voudrait qu'aucun procès d'intention ne soit fait *a priori*, mais que tous les effets potentiels de produits utilisés (surtout s'ils sont négatifs) fassent l'objet d'une évaluation aussi objective que possible, sur les principaux paramètres au moins de l'environnement

où ils sont sensés agir. Comme pour les médicaments au centre d'essais cliniques, c'est avant l'exploitation sur le terrain qu'il faudrait valider les effets (ou l'absence d'effets) de produits chimiques nouveaux et pas quand il est trop tard. À condition bien entendu d'être honnête dans la démarche scientifique engagée et d'accepter la sanction éventuelle des tests réalisés. Et ça, ce n'est évidemment pas gagné... ■

► *Nature* 2015; 520: 416;
Nature 521: 38-40 et 77-80

BIOBOOM

Photo: T. WEBSTER/Flickr et J. BOYER/Flickr (vignette)



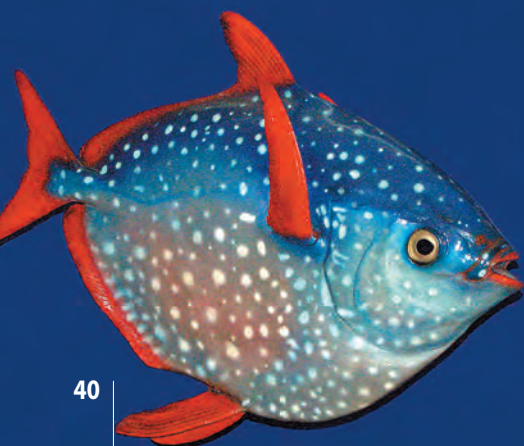
Ce décor fantastique pourrait sortir tout droit d'un livre de Tolkien. Il est pourtant bien réel et se trouve pas trop loin de chez nous, en Irlande du Nord. La «Chaussée des Géants» résulte de l'érosion par la mer d'une coulée de lave basaltique expulsée à l'ère tertiaire. Elle est constituée d'environ 40 000 colonnes hexagonales, dont les plus hautes atteignent plus de 12 m !

Les poissons ont-ils une température identique à celle de l'eau dans laquelle ils nagent ?

En principe oui, mais il existe des espèces qui arrivent à maintenir, dans l'un ou l'autre organe, une température un peu supérieure à celle du milieu ambiant, pour des raisons d'efficacité métabolique. C'est le cas de l'opah (ou Lampris-lune - *Lampris guttatus*) qui, lui, peut maintenir une température plus élevée dans l'ensemble de son corps. Ce gros poisson discoïde des mers et océans tempérés dispose d'un système de récupération de la chaleur générée par le mouvement de ses nageoires pectorales, ce qui permet à son corps d'avoir une température de 3 à 10 °C supérieure à celle de l'eau environnante, laquelle n'excède pas 10 °C. L'avantage ? Une réaction musculaire et oculaire plus vive et donc, une rapidité d'action plus grande. Ceci grâce à une sorte de vessie au niveau des branchies - le rete mirabile - qui fait office d'échangeur thermique. Celui-ci est entouré d'une épaisse couche d'isolant graisseux qui maintient le surcroît de chaleur et le met à disposition des tissus.

Ce poisson aux couleurs bleues et rouges et dont le diamètre peut être supérieur au mètre est, dans l'état actuel des connaissances, une exception biologique. Et s'il n'est pas à proprement parler «à sang chaud», il en prend visiblement la voie ! ■

► *Nature* 2015; 521: 262



De la lumière aux eaux troubles

Même sans être un aquariophile acharné, chacun connaît les *guppies*: ces petits poissons originaires d'Amérique latine qui colonisent les aquariums auxquels ils apportent une palette colorée riche et variée. Comme pour de nombreuses espèces, les mâles sont les seuls à être colorés; des couleurs par lesquelles les femelles semblent être fortement attirées.

Cette réalité est avérée par les lois écologiques bien connues: plus le mâle est coloré, plus il a une longue queue (ou nageoire caudale, dans le cas présent) et plus il est attractif pour l'autre sexe. Ce dont on se rend moins compte en première analyse en tout cas, c'est que cette «visibilité» précarise souvent aussi la survie de ces mêmes mâles qui, s'ils sont plus visibles pour les femelles, le sont aussi pour leurs prédateurs.

La question qui se pose, tenant compte de cette réalité, c'est la raison pour laquelle cette visibilité a été conservée par l'évolution dans la mesure où elle est, partiellement au moins, pénalisante. La réponse semble aller d'elle-même: c'est qu'elle entraîne plus d'avantages que d'inconvénients. On veut bien le croire; encore que la réalité de la coloration est plus complexe qu'évoquée. Si certains mâles *guppy* sont en effet dotés d'une palette chromatique riche, d'autres n'émarginent pas à la gamme des gris. Simple ano-

malie ponctuelle ? Pas vraiment: ces *guppies*-là sont proportionnellement nombreux, ce qui semble indiquer que leur caractère «peu coloré» est évolutivement conservé aussi.

Y a-t-il un avantage à tirer de ce maintien ? Sans doute la discrétion aux yeux des prédateurs, d'abord. Mais ce n'est pas tout. L'environnement naturel de ces petits poissons est celui des fossés ombragés où, l'absence de soleil aidant, les couleurs ont peu l'occasion de livrer leur plein éclat. Et c'est à l'éclairage (!) de cette simple réalité environnementale qu'apparaît l'explication: l'élément auquel la femelle est sensible, ce n'est pas la richesse des couleurs comme on le pensait jusqu'ici, mais à la fois la présence d'une palette (qui peut être un camaïeu de gris, noir et argenté) et l'aptitude de celle-ci à trancher sur le fond. Quelles que soient les couleurs qu'il arbore, le mâle *guppy* garde donc toutes ses chances aux yeux des femelles, pourvu qu'il y mette les formes.

Une fois de plus, on évitera de transposer les réalités propres à ce poisson à d'autres espèces - y compris la nôtre - où elles n'ont évidemment aucune raison d'être. Même si on peut briller de plusieurs façons bien différentes; aux yeux de nos semblables... ■

► *Nature*, 2015; 521: 34-35

N'en ajoutez plus !

Les articles de synthèse rapportant par le détail la génomique d'espèces animales ou végétales, sont classiquement et logiquement signés de nombreux auteurs. Le travail est en effet considérable et requiert une collaboration souvent longue et internationale. Résultat: plusieurs dizaines de signataires retrouvent leur nom sous le titre de l'article; un nombre qui, parfois, peut atteindre voire excéder la centaine.

Mais un article récent bat incontestablement le record. Il concerne, il est vrai, la mouche drosophile, chouchou des généticiens. Mais est-ce ce qui justifie que les contributeurs soient au nombre de... 1 014 ?!

C'est en tout cas du jamais vu et la classe scientifique elle-même s'émeut de ce qui apparaît (peut-être ?) comme une dérive. Neuf cents de ces signataires seraient en effet des étudiants qui ont incontestablement apporté leur écot - sans doute dans le cadre d'un travail de fin d'études - mais qui ne poursuivront pas, pour la plupart, de carrière dans la recherche. L'évocation de leur nom en première page d'un article scientifique fait sans doute plaisir aux intéressés et à leurs proches mais n'appelle aucune suite en matière de recherche. Or, ces mêmes noms sont repris dans des index de citations où ils risquent de n'apparaître qu'une seule fois et est donc sans grand intérêt pour la classe scientifique elle-même.

Faut-il, comme certains le pensent, réguler la citation des contributeurs au prorata d'une intervention jugée minimale ou en fonction du niveau de compétence sanctionné par un diplôme ? La question interpelle depuis longtemps. Certaines revues ont prévu de n'accepter qu'un nombre maximal d'auteurs souvent

réduit à quelques-uns. On sait aussi que le nom des étudiants, même si ceux-ci ont largement contribué aux résultats publiés, passe rarement le cap de la citation. Peut-être, dans le cas évoqué, l'auteur principal - une généticienne américaine - a-t-elle voulu réparer une injustice ou... provoquer une réaction ?

Si c'est le cas, c'est réussi. L'«article à plus de 1 000 auteurs» fait déjà référence dans ce registre-là en tout cas. Quant à son contenu, il appelle bien entendu une tout autre évaluation. ■

► *Nature*, 2015; 521: 263



Un OGM ouvert à la culture

Introduire un gène d'intérêt dans un organisme où il n'est pas naturellement présent et lui permettre de s'exprimer, c'est produire un OGM. On sait à quel point la démarche est décriée, essentiellement quand elle bénéficie de façon financière et unilatérale à une société commerciale. L'option sait déjà s'adoucir quand un avantage médical est à la clé. Mais c'est aussi oublier que la méthode peut s'inscrire dans une évolution tout à fait naturelle et nombre d'organismes ont gagné à cette rencontre intégratrice souvent fortuite. C'est en particulier le cas de plantes dont le contact avec le sol est obligé. Or, le sol est riche en virus et bactéries qui peuvent profiter de ramifications racinaires pour gagner la plante. La suite est à chaque fois un cas d'espèce: le génome de l'envahisseur s'intègre ou non à celui de sa «victime» et s'il y a pénétration, la plante y gagne ou non. Au pire, elle devient malade et meurt; au mieux, elle y gagne un caractère nouveau qui lui est tout bénéfique.

Un nouvel exemple vient d'être identifié par des scientifiques péruviens dans une des productions-phares de ce pays des hauts plateaux andins: la patate douce (*Ipomoea batatas*), la camote des Péruviens. La plante est connue et peut-être cultivée depuis des millénaires par les gens du crû qui en apprécient les tubercules. Jusque-là, il n'y a rien de neuf; mais le séquençage à haut débit a fait son œuvre et a permis de retrouver de l'ADN bactérien intégré à celui de la plante. La bactérie d'origine a été identifiée, il s'agit d'une espèce du genre *Agrobacterium*, autant dire d'un pathogène connu des végétaux. Mais le cas de figure diffère un peu du tableau habituel: 2 séquences de l'ADN bactérien ont été intégrées dans plusieurs tissus de la plante où elles participent au génome, vraisemblablement depuis longtemps. Mais le plus surprenant est ce qui a récemment été observé: une des 2 séquences n'est retrouvée que dans les patates douces cultivées et non dans les plants sauvages ! Tout se passe donc comme si cette séquence était nécessaire à une adaptation agricole de la croissance de la patate. Et dans ce cas-là, Monsanto n'y est vraiment pour rien !

Une fois de plus, on constate que l'Homme n'a rien inventé et que ce qui apparaît parfois comme un miracle de la technologie moderne n'est souvent qu'une méthode bien rodée de dame Nature. Et le plus surprenant en la matière reste sans doute encore à découvrir... ■

► *Nature* 2015; 520: 410



Les 100 ans de la générale

Le 25 novembre 1915, il y a tout juste un siècle, Einstein présentait ses équations de la relativité générale devant les membres de l'Académie de Prusse.

Une théorie dont la physique continue à se nourrir aujourd'hui comme l'actualité vient d'ailleurs de le rappeler. Et ce n'est pas fini, elle a apparemment encore de beaux jours devant elle !

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

Photos: **EASYFOTOSTOCK** (p.42), **NASA** (p.43),

N. Baldocchi/EGO & The Virgo Collaboration (p.43)

Décidément, rien ne va pour Einstein en cet automne 1915. Il y a la guerre, bien sûr, mais aussi la solitude: sa femme Mileva l'a quitté, emmenant avec elle leurs 2 fils. Devenu professeur et membre de l'Académie de Prusse, Einstein vit seul à Berlin mais il ne rencontre guère de soutien auprès de ses collègues. Sur le plan professionnel, la conception de la relativité générale progresse mais il se heurte à des difficultés mathématiques. Il s'en ouvre à l'un des plus astucieux mathématiciens de l'époque, David Hilbert. Celui-ci est tellement enthousiaste qu'il décide de se lancer dans la formulation mathématique de la théorie d'Einstein ! Qui, de son côté, comprend que ses équations comportent de sérieuses lacunes... et par là même, qu'Hilbert risque de le dépasser. La pression est d'autant plus forte qu'il s'est engagé à présenter sa

théorie devant ses collègues de l'Académie de Prusse lors de 4 conférences, chaque jeudi de novembre. Commence alors un mois que les historiens des sciences se plaisent à décrire comme exceptionnel pour Einstein, coïncé entre les récriminations de sa femme (notamment pécuniaires) et la pression exercée par Hilbert.

Les 2 savants vont progresser pas à pas sur fond de rivalité (du moins est-ce perçu ainsi par Einstein) avec un progrès considérable enregistré par Einstein (et Hilbert aussi !) lors de la troisième conférence, celle du jeudi 18 novembre. Einstein y démontre en effet que les nouvelles équations auxquelles il est parvenu sont à même de rendre compte de l'anomalie observée dans le périhélie de Mercure. On sait que les planètes tournent autour du Soleil selon une ellipse qui serait fixe si chaque planète était seule. Mais

chacune influence le mouvement des autres avec pour conséquence que les ellipses ne sont pas fixes mais tournent lentement sur elles-mêmes, ce qu'on appelle la précession du périhélie. Et cela s'explique parfaitement par la mécanique newtonienne... sauf pour Mercure dont l'ellipse tourne légèrement plus vite qu'elle ne devrait selon cette mécanique. La cause ? D'après la théorie qu'Einstein essaie alors de formuler mathématiquement, la déformation de l'espace-temps est plus forte près du Soleil, là où est située Mercure. Suffisamment forte pour invalider la mécanique newtonienne. C'est la première confirmation, éclatante de sa théorie. Einstein se remet au travail et pour sa dernière conférence, celle du jeudi 25 novembre, dont l'intitulé est *Les équations du champ de la gravitation*, il parvient à boucler un système d'équations qui décrivent sa théorie. La relativité générale était née !

UN PAS DÉCISIF

La relativité générale peut se résumer comme étant une formulation tout à fait nouvelle des lois de la gravitation. Avec Newton, on pouvait dire que la Terre attire vers le bas la pomme qui se détache de l'arbre; avec Einstein, on dira que la Terre courbe l'espace-temps en son voisinage et que la pomme glisse vers le sol en suivant la courbure de cet espace-temps. C'est pourquoi Einstein avait l'habitude de dire que la gravité est gravée dans la géométrie de l'univers.

L'importance de cette nouvelle vision (démontrée expérimentalement dès 1919 par l'astronome Eddington lorsqu'il observa et calcula lors d'une éclipse que les positions des étoiles étaient légèrement différentes de celles attendues par les lois de Newton à cause de cette courbure de l'espace-temps au voisinage du soleil, infléchissant ainsi les rayons lumineux en provenance des étoiles), fut considérable puisqu'elle provoqua la naissance de la cosmologie moderne et déboucha, notamment, sur la notion d'univers en expansion... qu'Einstein refusa d'admettre !

C'est elle aussi qui révéla l'existence possible des trous noirs, ces « aspirateurs » géants de matière et de lumière. Elle aussi qui montre que le temps ralentit plus on s'approche d'un champ gravitationnel intense (le temps s'écoule ainsi plus lentement au niveau de la mer qu'au sommet d'une montagne !), un effet qui a dû être pris en compte pour que nos GPS ne nous envoient pas dans le décor !



Test de haute précision de la relativité générale par la sonde spatiale Cassini (vue d'artiste): des signaux radio envoyés entre la Terre et la sonde (onde verte) sont retardés par la déformation de l'espace et du temps due à la masse du Soleil.

LES ONDES GRAVITATIONNELLES

Si, comme on vient de le voir, Einstein n'a pas toujours prévu les conséquences de sa théorie, il n'en va pas de même pour les ondes gravitationnelles qu'il conceptualise très vite, dans la foulée de sa théorie. Si les corps massifs courbent l'espace-temps par leur présence, leurs mouvements doivent entraîner une propagation de cette courbure, exactement comme le jet d'un caillou sur une surface d'eau provoque une onde qui s'étend de proche en proche. Ce sont les ondes gravitationnelles. Cela vaut pour tout corps massif à condition que la masse ne soit pas trop symétrique et qu'elle varie au cours du temps (1). Les caractéristiques de ces ondes, comme dans le cas du caillou, dépendent notamment de la masse de l'objet qui les provoque.

C'est pourquoi on tente de les repérer en étudiant des phénomènes astrophysiques précis comme l'explosion d'une supernova ou une paire d'étoiles en rotation rapide qui s'effondrent l'une sur l'autre. Mais sans succès jusqu'à aujourd'hui malgré des décennies de tentatives. Certes, une preuve indirecte de l'existence de ces ondes a été découverte en 1974, mais jamais de détection directe. Mais au fait, détecter quoi ? Elles déforment l'espace sur leur passage, l'étirant et le contractant alternativement. Il faut donc repérer des déformations de l'espace-temps, ce qui est *a priori* à la portée de tout observa-



teur... sauf que si on considère 2 masses tests séparées par une distance d'1 m, les calculs montrent que la déformation de la distance entre ces 2 masses due aux ondes gravitationnelles sera de l'ordre du millième de milliardième de milliardième de mètre !

Pour y arriver, les physiciens ont construit 2 interféromètres géants, Virgo (*photo ci-dessous*) et Ligo, mais sans succès jusqu'à présent. Leurs performances ont donc été boostées; Ligo, implanté aux USA, vient de réaliser ses premières mesures cet automne; Virgo, l'europpéen, fera de même ce printemps. Les premiers résultats sont attendus... dans les années qui viennent. Un siècle plus tard, on n'a pas encore fini de parler de la relativité générale ! ■

(1) On soupçonne aussi l'existence d'ondes gravitationnelles primordiales émises peu après le Big Bang, lors de la phase d'expansion rapide de l'univers. L'expérience BICEP 2 pensait les avoir détectées l'an dernier... avant de devoir se rétracter peu après (voir Athena n° 301, 302 et 308).

Vue aérienne de l'une des branches de l'interféromètre Virgo.

À la Une du Cosmos

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



Les astronomes ont observé en rayons X les signes de la destruction d'une étoile par le trou noir central d'une galaxie. Ce n'est pas la première fois (on a déjà repéré une douzaine de cas semblables) mais cette fois-ci, le système est observé au tout début du processus.

Photo: ESA (vue d'artiste)

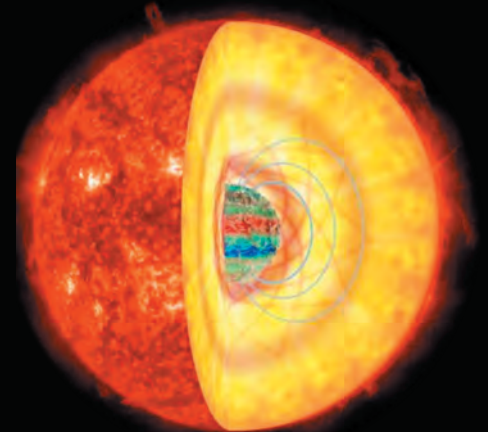


Comprendre la formation du Système solaire n'est pas simple. Un nouveau modèle planétaire baptisé VSPA (Viscously Stirred Pebble Accretion) jette un nouveau regard sur l'accumulation de rochers et permet d'expliquer la petite taille de Mars et la faible masse de la ceinture des astéroïdes comparées à Vénus et la Terre. Le même modèle semble aussi fonctionner pour les planètes géantes.

Photo: A. Brandon/Nature (vue d'artiste)

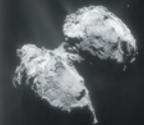
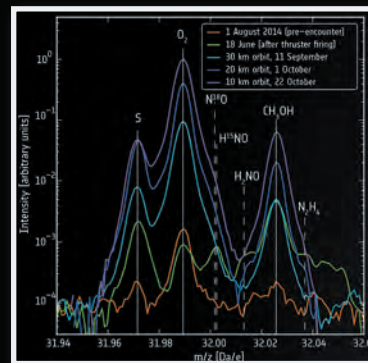
Il est difficile d'obtenir des informations sur le cœur des étoiles. Une des rares possibilités est d'étudier les mouvements «sismiques» - comme les tremblements de terre nous renseignent sur l'intérieur de notre planète. Grâce à des mesures prises par le télescope spatial Kepler, les astronomes ont ainsi sondé le cœur d'étoiles géantes rouges, y dénichant la signature d'un champ magnétique intense - un paramètre important pour l'évolution des astres.

Photo: Caltech (vue d'artiste)



Une équipe internationale, dont des Belges, dévoile que la sonde Rosetta a détecté de l'oxygène (O_2) dans l'atmosphère de la comète «Churi». Ce n'est pas un produit de réaction, mais bien un composant cométaire - alors que les astronomes pensaient jusqu'ici que l'oxygène n'aurait pu survivre que combiné à autre chose et pas sous cette forme. En fait, il aurait pu être piégé dans des grains de poussières qui auraient formé la comète.

Photo: ESA

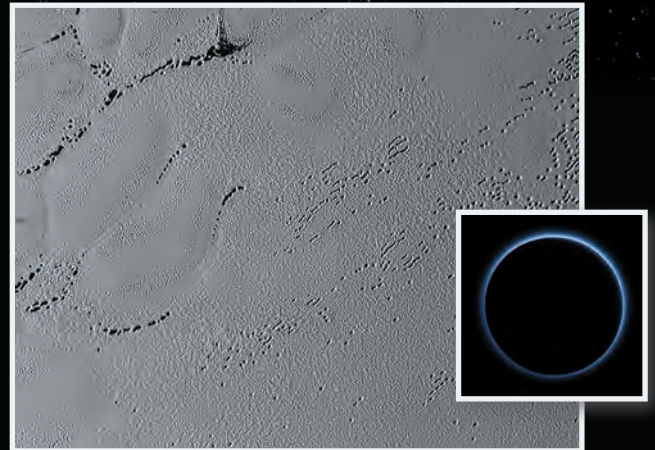
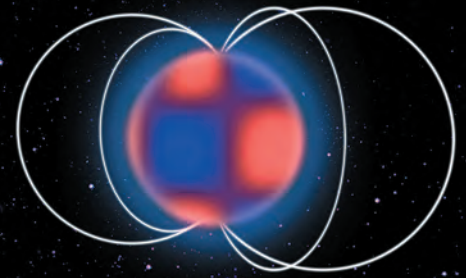


Grâce à Kepler, les astronomes ont détecté pour la première fois les transits d'une petite planète autour d'une naine blanche, résidu de la mort d'une étoile semblable au Soleil. Cet objet se délite: il est soumis à la gravité intense du cadavre stellaire très proche ainsi qu'à des bombardements de rochers.

Photo: NASA (vue d'artiste)

Cela ne fait que quelques années que des champs magnétiques peuvent être détectés dans des étoiles assez massives. Depuis, les découvertes s'enchaînent ! Cette fois, un duo féminin, dont une Belge, a déniché pour la première fois la trace d'un champ magnétique dans une étoile variable dite de type delta Scuti.

Photo: © S. Cnudde LESIA / Observatoire de Paris (vue d'artiste)

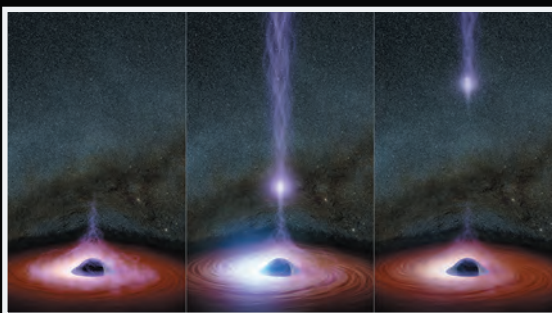


Diverses nouvelles concernant l'univers lointain, donc jeune. Tout d'abord, on comprend désormais que si les galaxies lointaines forment beaucoup d'étoiles, c'est que le processus était plus efficace en ces temps reculés qu'aujourd'hui - et pas parce que le réservoir de gaz disponible était plus important. Ensuite, le télescope spatial Hubble a observé un vaste échantillon de galaxies naines, mettant en évidence leur rôle important dans la réionisation de l'Univers - la fin des «âges sombres» aurait donc eu lieu 700 millions d'années après le Big Bang. Enfin, le télescope spatial Suzaku a étudié en rayons X l'amas de galaxies de Virgo, montrant que le cocktail chimique que nous connaissons (nécessaire à l'apparition de la vie) était déjà d'actualité quelques milliards d'années après le Big Bang et qu'en outre, tout était bien réparti car le mélange est uniforme dans tout l'amas.

Photo: NASA/ESA HST.

Quoi de neuf du côté de la sonde New Horizons ? Elle envoie toujours de nouvelles données de son survol plutonien, générant diverses découvertes (présence de petits composés appelés tholins, nés de l'interaction avec le vent solaire, qui donnent une couleur bleue au ciel plutonien et rouge à la glace d'eau en surface; découverte de nombreux trous liés à l'activité en surface; lune Kerberos de forme bilobée, comme la comète «Churi»). En parallèle, elle prépare la suite, en effectuant les premières manœuvres destinées à l'envoyer vers l'objet 2014 MU69.

Photo: New Horizons



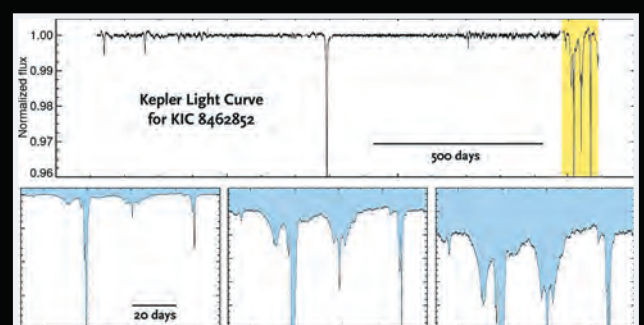
La galaxie Mrk 335 abrite en son cœur un trou noir supermassif. Celui-ci a connu des éruptions importantes, ce qui a permis de comprendre la couronne de particules énergétiques qui entoure l'objet: lors des éruptions, elle se concentre puis est éjectée à grande vitesse (20% de la vitesse de la lumière !) le long de l'axe (modèle dit «du lampadaire»).

Photo: NASA (vue d'artiste)

L'observatoire Kepler a détecté un signal étrange pour l'étoile KIC 8462852: un transit, comme en font les exoplanètes, mais contrairement à celles-ci, sa forme n'est pas régulière (simple une fois, complexe la suivante). Que se passe-t-il donc près de cet objet ? Ce n'est pas un disque de poussière bizarre (l'étoile est trop vieille), ni des débris résultant d'une collision (aucun signal de ce genre n'a été observé).

Une possibilité serait qu'il s'agisse d'une panoplie de morceaux cométaires, une autre la trace d'une civilisation extraterrestre avancée... Bien sûr, la balance penche actuellement en faveur de la première explication.

Photo: Kepler



Qu'est-ce qui s'y passe ?



Texte: Théo PIRARD

Photo: ESA

La mise en œuvre d'un satellite reste bel et bien tributaire d'une infrastructure au sol opérationnelle 24h/24, 7j/7. Qu'en est-il pour l'Europe spatiale ?

Dans les années 60, l'Europe se lance dans un programme de satellites scientifiques. Afin d'assurer leur suivi, il lui faut se doter d'un réseau de stations au sol, baptisé *Estrack*. La Belgique, qui n'a pu obtenir le centre technique de l'Europe spatiale, est choisie pour l'implantation d'une station. C'est dans une cuvette naturelle, près du village ardennais de Redu (qui fait aujourd'hui partie de la commune de Libin) dans la province du Luxembourg, qu'est installée, dès 1968, une infrastructure de communications avec les satellites. À cette époque, pour que leurs signaux ne soient pas affectés par des parasites, un feu clignotant avec panneau explicatif obligeait tout véhicule à proximité d'arrêter son moteur lors du passage de satellite.

Les choses ont bien changé. Avec l'avènement de l'ESA (*European Space Agency*), la station de Redu va prendre de l'importance en étant connectée à l'ESOC (*European Space Operations Centre*) de Darmstadt (Allemagne). Aujourd'hui, c'est un centre spatial qui assure le contrôle des petits satellites *Proba* «made in Belgium», la gestion de charges utiles, ainsi que les tests sur orbite de chacun des satellites de navigation *Galileo*, une fois dans l'espace. Redu dispose d'un ensemble de plus de 50 paraboles, dont la plus grande a un diamètre de 20 m. SES, l'opérateur grand-ducal de satellites géostation-

L'envoi dans l'espace d'un satellite donne lieu au spectacle grandiose, mais sous haute tension, d'un lancement de fusée. Le succès d'une mission spatiale dépend de cette étape cruciale. Après le décollage, qui en met plein les yeux et les oreilles, la mise sur orbite terrestre peut prendre entre 9 minutes et 9 heures: cette durée dépend des manœuvres à effectuer pour arriver sur la trajectoire prévue. Une fois le satellite placé autour de la Terre, il faut assurer son contrôle afin qu'il puisse remplir au mieux sa mission: exploration, observations, navigation, télécommunications... Ce qui suppose, autour du globe, un réseau de stations chargées de veiller à un fonctionnement parfait et d'assurer la bonne réception des données

naires à 35 800 km, y a aménagé son centre technique de secours.

Quelles autres stations sont exploitées par l'ESOC ?

L'ESA dispose d'un réseau global de stations qui s'est élargi au fur et à mesure de missions de plus en plus complexes. Aujourd'hui, l'*Estrack* comprend une dizaine d'installations. Outre celle de Redu, il en existe à Kiruna (Suède), Santa Maria (Portugal), Maspalomas et Villafranca (Espagne), Kourou (Guyane française) ou Perth (Australie). Il faut ajouter 3 antennes de 35 m de diamètre: New Norcia (Australie), Cebreros (Espagne) et Malargüe (Argentine).

Ces grandes paraboles, réparties à quelque 120 degrés l'une de l'autre, servent à mener à bien, grâce à un contact permanent, des opérations lointaines dans le système solaire. Comme les manœuvres de la sonde *Rosetta* autour du noyau de la comète Tchourioumov-Guérassimenko, la réception des données et le suivi du petit robot *Philae* qui s'y est posé le 12 novembre 2014. Cette infrastructure sera bien utile pour le contrôle des sondes que l'ESA mettra en œuvre avant la fin de cette décennie: *ExoMars 2016* (lancement en mars prochain), *BepiColombo* vers Mercure (en 2017 pour une arrivée à destination en 2024), *ExoMars 2018* avec un rover européen pour la détection de traces de vie (en 2018), *Solar Orbiter* près de notre étoile (en 2018)...

Pour les vols spatiaux habités, l'Europe participe à l'ISS (Inter-

national Space Station). Afin de gérer en continu les activités à bord, n'a-t-on pas recours à des satellites-relais géostationnaires ?

C'est le nec plus ultra. La NASA a mis en place un système, appelé *Tdrs* (*Tracking & Data Relay Satellite*) de satellites géostationnaires pour rester en communication, le plus possible, avec la Station spatiale internationale. Par ailleurs, l'ESA utilise son satellite géostationnaire *Alphasat* comme relais optique (liaisons laser) pour récolter les hauts débits de données des satellites d'observation *Sentinel* que l'Union européenne met en œuvre pour son programme *Copernicus* de surveillance du globe pour l'environnement et la sécurité. ■

Station ESA de poursuite lointaine à New Norcia (Australie)



TAS Belgium

un Wallon dans l'espace

Texte: **Théo PIRARD** • theopirard@yahoo.fr

Photos: **Thales Alenia Space** (p.47), **ESA/AOES** (p.48)

Thales Alenia Space Belgium, alias TAS-B (anciennement Etca), est un nom de référence pour le spatial en Europe. Issue des Acec (Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi) au début des années 60, l'entreprise, qui compte quelque 600 emplois, est bien présente sur les lanceurs mis en œuvre par Arianespace, ainsi que sur les satellites Spacebus et Elitebus pour les télécommunications, la télévision, la télédétection, l'exploration. Avec ses spécialités que sont l'alimentation électrique et l'électronique de bord des systèmes spatiaux, elle a réussi à percer sur le marché mondial. À l'avenir, elle va tirer parti des compétences de son implantation récente à Louvain...

Intégré depuis 1989 dans le groupe européen Alcatel, devenu Thales Alenia Space, TAS-B remplit pleinement, pour les missions ESA (science, observations) et pour les satellites commerciaux «made in Europe», son rôle d'électronicien spatial. S'appuyant sur des équipements de pointe qu'elle ne cesse d'améliorer par sa capacité d'innover, l'entreprise est restée aux avant-postes de la technologie. C'est bel et bien un fleuron de la Belgique spatiale, grâce à sa participation aux programmes européens de lanceurs, satellites, instruments dans l'espace. Et la prouesse est là: il ne se passe pas un mois sans qu'un équipement conçu et produit à Charleroi ne quitte la Terre pour permettre le fonctionnement parfait d'un lanceur d'Arianespace ou d'un satellite réalisé en Europe, voire dans le monde ! Chez TAS-B, on se réjouit des succès de ses produits à la pointe du progrès, devenus des équipements incontournables pour les satellites et leurs lancements. Il lui faut cependant faire preuve de créa-

tivité face à une concurrence de plus en plus vive: si le marché connaît un certain essor actuellement, on insiste à Charleroi sur le fait que la technologie spatiale évolue vite, très vite.

PARTENAIRE N°1 DU TRANSPORT SPATIAL EUROPÉEN

Tout lancement depuis le Centre spatial guyanais (Csg) de Kourou - 12 y sont prévus cette année - met en œuvre des équipements de TAS-B réalisés à Mont-sur-Marchienne, près de Charleroi. Pour le lanceur européen Ariane 5, cheval de bataille de la société Arianespace pour le transport des satellites géostationnaires, TAS-B est le principal fournisseur d'équipements électroniques remplissant des fonctions vitales pour la fiabilité et la sécurité. Chaque année en moyenne, ce sont quelque 130 équipements électroniques qui sont livrés à Airbus Defence

& Space pour Ariane 5. Chaque lanceur comporte 21 boîtiers destinés à:

- contrôler et distribuer l'énergie à bord,
- piloter l'orientation des tuyères pour un guidage précis,
- transmettre les ordres de séparation des étages et de la coiffe de protection des satellites,
- commander l'autodestruction en cas de mauvaise trajectoire.

Par ailleurs, il y a des cartes d'acquisition et de calcul de la centrale inertielle qui servent à connaître la position, la vitesse et l'altitude du lanceur. La société carolo-régienne est également impliquée dans la majorité des bancs de contrôle au sol qui surveillent de façon automatique les opérations de lancement d'Ariane au Csg. Elle est chargée de la mise à jour permanente de ces bancs avec des solutions innovantes.

Deux autres lanceurs sont exploités au Csg - chacun au rythme de 3 tirs par an -, qui est le port spatial de l'Europe. Le Soyuz produit par le Centre spatial Progress de Samara et lancé de la côte guyanaise est doté d'un système de sauvegarde réalisé à Charleroi. TAS-B fournit également des systèmes répéteurs passifs qui assurent, avant l'envol, la communication entre le(s) satellite(s) sous coiffe et le segment sol. Quant au Vega, il est équipé par TAS-B pour les cartes d'acquisition et de calcul de la centrale inertielle. L'entreprise carolo-régienne vit au rythme des vols d'Arianespace, dont elle est actionnaire.

L'avenir du transport spatial européen, c'est Ariane 6, qui se décline en 2 versions: 6.2 (4,5 t en orbite héliosynchrone) destiné surtout à des missions gouvernementales et 6.4 (9,5 t en orbite de transfert géostationnaire) pour des satellites commerciaux. Ce lanceur de nouvelle génération, financé par 12 États européens (dont la Belgique), a ASL (Airbus Safran Launchers) pour maître d'œuvre dès la conception et responsable de l'organisation industrielle. Il doit effectuer son premier vol en 2020 et remplacer Ariane 5 à partir de 2023. En tant que partenaire essentiel du programme Ariane (investissement public estimé à 4,3 milliards d'euros) depuis les années 1970, l'électronicien spatial belge entend y être partie prenante en ce qui concerne l'avionique. À ce jour, TAS-B a remis plu-

sieurs offres dans le but de se voir confier, pour *Ariane 6*, le sous-système de sauvegarde et, comme sous-traitant de *SABCA*, l'électronique de pilotage des tuyères sur les boosters, les propulseurs cryogéniques *Vulcain* et *Vinci*. Elle est également intéressée par le segment sol des bancs de tests et de contrôle.

SPÉCIALISTE DE L'ÉNERGIE

À BORD DES SATELLITES

La spécialité qui fait le renom de *Thales Alenia Space Belgium* au-delà des frontières de l'Europe porte sur les boîtiers électroniques qui assurent la distribution et le conditionnement d'énergie à bord des systèmes spatiaux. Depuis les plateformes pour micro- et mini-satellites jusqu'aux satellites *Spacebus 4000* de forte puissance, en passant par les *Elitebus* destinés aux constellations et à la télédétection. *TAS-B* fait honneur à ses origines au sein des *Acec* en étant sans cesse sur la brèche pour innover. Surtout que la clientèle a des exigences élevées en matière de performances et de coûts.

Les équipements hauts de gamme conçus à Charleroi et à Leuven pour l'électronique des satellites ont des noms et fonctions associés à la puissance électrique des systèmes dans l'espace:

- *PCU (Power Conditioning Unit)* qui constitue le cœur du satellite: désormais sous forme de boîtier modulaire, on en trouve sur de nombreux satellites géostationnaires de télécommunications que *Thales Alenia Space* réalise pour la Corée, l'Indonésie, le Brésil, la Grèce et l'opérateur *Inmarsat*... Pour leurs satellites, la Russie et l'Argentine font également appel à la technologie carolorégienne.
- *PCDU (Power Conditioning & Distribution Unit)* qui regroupe, en un seul boîtier, les fonctions de régulation de l'énergie et d'avionique du satellite: il équipe les satellites des constellations *O3b* (12 sur orbite) et *Iridium Next* (81 en production, pour des lancements en 2016-2017); les satellites *Galileo* et *Sentinel* en sont également équipés.
- *SDIU (Standard Distribution & interface Unit)*, en quelque sorte l'avionique de gros satellites, pour gérer la plateforme et la charge utile; il est proposé sous sa

forme compacte *Rtu (Remote Terminal Unit)* pour les petits satellites.

- *PPU (Power Processing Unit)*, équipement clé de la propulsion électrique, notamment pour les moteurs plasmiques des gros satellites géostationnaires: *TAS-B* en fabrique pour *Thales Alenia Space*, comme pour les constructeurs européens *Airbus Defence & Space* et *OHB*, ainsi que pour *IAI (Israel Aerospace Industries)*.
- *TWTA (Travelling Wave Tube Amplifiers)*: il s'agit des alimentations haute tension pour tubes à ondes progressives pour l'amplification des signaux émis; elles équipent notamment les prochains satellites *Mtg (Meteosat Troisième Génération)* d'*Eumetsat* (6 à lancer dès 2019) et les *GeoKompsat-2* de la Corée.
- *LPLC (Low Power Low Cost)*: convertisseurs électriques en technologie hybride qui sont fabriqués à la cadence de 250 par année.
- *BAS (Boîtiers d'Alimentation et de Synchronisation)*: ils servent à synchroniser les instruments optiques pour l'observation de la Terre et équipent les satellites militaires *Cso (Composante Spatiale Optique)* français et 2 *Falcon Eye* pour les Émirats, les *Earth Observer-Optical* commerciaux, etc.

TAS-B est présente avec de l'électronique sur tous les satellites que l'Union européenne est en train de déployer au-dessus de nos têtes: les *Galileo* pour un système global de navigation civile et les *Sentinel* d'observation environnementale du programme *Copernicus*.

Elle équipe, pour l'ESA, les sondes spatiales *ExoMars 2016* (lancement en mars) et *ExoMars 2018* (pour une arrivée sur la Planète Rouge en 2019), *Solar Orbiter* qui sera expédiée en 2018 près du Soleil. *TAS-B* est partie prenante du programme *Neosat*, qui est l'objet d'un partenariat entre l'ESA et *Thales Alenia Space* pour le développement des technologies d'une plateforme de nouvelle génération qui sera employée dès 2019 par les satellites géostationnaires *Spacebus Neo*. Le premier vient d'être commandé par l'opérateur *Eutelsat* pour couvrir l'Afrique avec de l'Internet haut débit.

MICRO-ÉLECTRONIQUE

À LA MODE LOUVANISTE

Fin 2014, *TAS-B* a officialisé l'ouverture d'un nouveau site à Leuven. Cette implantation lui vaut de s'insérer dans l'écosystème industriel louvaniste, où des entreprises spécialisées de micro- et de nano-électronique constituent un pôle de compétences unique dans l'orbite du centre de recherches *Imec*. Ses débuts avec 25 personnes sont prometteurs, puisque l'effectif doit doubler en 2016. Avec des activités qui s'articulent autour de plusieurs technologies de pointe: système de localisation de fusées, gestion de l'avionique des lanceurs et satellites ou technologie des convertisseurs électriques. *TAS-B* Leuven établit un partenariat essentiel entre le domaine spatial et la micro-électronique. ■



Du carolo à bord de la sonde *Solar Orbiter*, expédiée en 2018 vers notre étoile.

Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, Boeing

Le *Cst-100 Starliner, vaisseau spatial habité de Boeing*. Après l'avion 787 Dreamliner, voici le *Cst-100 Starliner (Commercial Space Transportation)* de Boeing. Il s'agit d'un vaisseau spatial privé qui servira dès 2017-2018 à la desserte de l'*Iss (International Space Station)* dans le cadre du programme *CCtCAP (Commercial Crew Transportation Capability)* de la NASA. Celle-ci a choisi 4 de ses vétérans pour la mise au point et les vols d'essais de 2 vaisseaux: celui de Boeing est en concurrence avec le *Dragon v2* de la société *SpaceX* de transport spatial. Les vols d'essais sur orbite du *Cst-100* et du *Dragon v2* devraient avoir lieu dès 2017 en vue d'une première mission opérationnelle au cours de 2018. Le contrat pour ce vol opérationnel a été conclu avec Boeing. Dans les prochains mois, *SpaceX* devrait avoir le sien, à condition qu'elle démontre la fiabilité de son lanceur *Falcon 9 v1*.

Reste une incertitude concernant le financement public du *CCtCAP*: le Sénat américain a fait une coupe de 300 millions de dollars dans son budget pour 2016, ce qui remet en cause le calendrier des vols du *Cst-100* et du *Dragon v2*. Si rien ne s'arrange au niveau budgétaire, il faudra compter sur un



retard d'1 à 2 ans... durant lesquels la NASA continuera d'avoir recours au vénérable vaisseau russe *Soyouz* pour que ses astronautes aient accès à l'*Iss* ! La station doit rester opérationnelle jusqu'à l'horizon 2024. En parallèle, la NASA poursuit le développement, avec *Lockheed Martin*, de son vaisseau *Mpcv (Multi-Purpose Crew Vehicle)*, alias *Orion*, pour l'exploration du système solaire. Il sera doté d'un module de service «*made in Europe*» pour un vol de démonstration en 2018: réalisé par *Airbus Defence & Space*, il est dérivé de celui qui équipait le ravitailleur automatique européen *Atv (Automated Transfer Vehicle)*. ■

La *Chine spatiale en marche vers de nouvelles ambitions*. Pékin/Beijing affirme de plus en plus sa présence dans l'espace avec la mise en œuvre de nouveaux systèmes d'accès. Le *CZ 6 (Longue Marche 6)* a inauguré, le 19 septembre dernier, une nouvelle génération de lanceurs chinois, qui utilisent des propergols écologiquement «propres» avec des propulseurs kérolox (kérozène/oxygène liquide). Capable de satelliser plus d'1 t, il a servi à placer sur orbite 19 petits et très petits satellites. Le 25 septembre, c'est au tour du *CZ 11* avec 3 étages à propulsion solide de démontrer sa réactivité avec un 1^{er} vol pour 4 satellites. L'année prochaine, la *CALT (China*

Academy of Launch Vehicle Technology), responsable du développement et de la production des lanceurs chinois, démarrera l'exploitation d'un 4^e centre de lancements à Wenchang sur l'île de Hainan (Sud de la Chine): un *CZ 7* (pour satelliser jusqu'à 13,5 t), puis un puissant *CZ 5* (pour placer 25 t en orbite basse) en décolleront pour la 1^e fois. Ils constitueront des outils clés pour la construction modulaire de la station chinoise et pour l'exploration de notre satellite naturel. Les autorités chinoises veulent encourager la coopération internationale autour de leur programme spatial par le biais de partenariats technologiques et l'Europe semble très intéressée. ■



Lisa Pathfinder bijou technologique

Prévu pour début décembre, le 3^e vol 2015 du lanceur *Vega* - le 11^e lancement de l'année pour *Arianespace* - servira à satelliser *Lisa Pathfinder* pour l'*ESA*. Cet observatoire technologique de 1,9 t, réalisé par *Airbus Defence & Space* avec un niveau très élevé de propreté magnétique et gravitationnelle, doit préparer l'ambitieuse mission *eLISA (Evolved Laser Interferometer Space Antenna)* de 2034 ! Une fois placé sur une orbite elliptique, *Lisa Pathfinder* gagnera la position Lagrange L1 à 1,5 million de km de nous. Il contient un interféromètre laser qui sera capable de mesurer les variations infimes de distances, à l'intérieur du satellite, de 2 masses étalons en or-platine, pesant chacune 1,96 kg. Leur déplacement sera mesuré avec une précision de l'ordre du picomètre (millième de milliardième de m, soit 1 millionième de l'épaisseur d'un cheveu humain). L'objectif est de pouvoir discerner les ondes gravitationnelles que provoquent les vibrations de l'Univers. *Spacebel (Liège)* et *Thales Alenia Space Belgium (Charleroi)* ont participé au développement du *Lisa Pathfinder*. ■

AGENDA

- Jusqu'au 28 août 2016
- *Museum des Sciences naturelles*
Rue Vautier, 29 à 1000 Bruxelles

Wow, Wonders of Wildlife



Courir, sauter, chasser... Dans la nature, le mouvement est souvent puissant, précis, impressionnant, sauvage. Un troupeau de bouquetins bondit d'un rocher à l'autre. Deux mâles rivaux s'affrontent. Un loup pourchasse des sangliers. Des lionnes rattrapent des zèbres en fuite. Un tigre court, majestueux...

Ce que vous montrent les documents animaliers, vous pourrez le voir de près, en vrai, dans des installations acro-

batiques, des panoramas spectaculaires, des arrêts sur image époustouflants. Véritables prouesses techniques, certains ensembles ne reposent que sur une patte ou une queue ! Plus des spécimens, ce sont des œuvres d'art que l'on doit au travail unique du taxidermiste, un métier qui requiert autant la rigueur, la précision et le savoir scientifique que le regard et la créativité de l'artiste.

Quelques touches de comportement animal, un soupçon de biomécanique, une pincée de conservation des espèces et des paysages: le Muséum fait parler ces scènes d'action grâce à des vidéos, des objets, des interactifs présentés dans une mise en scène sobre et soignée. Cette expo pour tout âge va «wow!, vous couper le souffle».

Infos www.naturalsciences.be

- Jusqu'au 16 décembre 2015
- *Espace Wallonie de Liège*
Place Saint-Michel, 86 à 4000 Liège

EXPLOR-O-SONS

Rendez-vous Place Saint-Michel, 86 à la maison «*Explor-o-sons*». Partir à la découverte du bruit qui court, du robinet magique et du bruit... qui chatouille.



Dans l'univers d'*explor-o-sons*, l'enfant découvre les différents espaces à son rythme, selon ses envies et son imagination. Ces espaces riches en expérimentations, en manipulations et en découvertes favorisent également la créativité dans un cadre de jeu, de plaisir et de partage.

L'asbl *Les Marmots* propose ici un aménagement de l'espace conçu à partir d'objets usuels de la maison, afin de permettre à l'enfant, à partir de la 2^e maternelle, d'explorer le potentiel sonore de notre environnement.

Cette maison sonore se donne pour objectif de:

- permettre à l'enfant d'être ACTEUR de ses découvertes;
- percevoir le son à travers nos sens, nos émotions, notre corps;
- découvrir l'infinie possibilité de créer des sons en manipulant des objets très diversifiés;
- découvrir spontanément les actions productrices de sons (souffler, pincer, gratter, frapper...);
- découvrir des instruments construits à partir de l'exploitation de la résonance des matériaux de notre environnement;
- jouer avec les différentes qualités du son (durée, hauteur, intensité, intervalle, amplification, etc.);
- ressentir les vibrations engendrées par ces sons;
- favoriser l'écoute ainsi que l'association des 5 sens à partir du son;
- jouer avec la couleur affective des sons en rapport avec sa propre perception;
- ouvrir la porte aux expériences cognitives (jeux de vider/remplir, vases communicants...).

Infos www.lesmarmotsasbl.be
www.expositions-wallonie.be

À NE PAS MANQUER !

- jusqu'au 10 décembre 2015

Les nocturnes des musées bruxellois

Cette année, les musées fêtent les 15 ans des Nocturnes avec un florilège de nouveautés et d'activités pour petits et grands. Jusqu'au 10 décembre, entre 7 et 9 musées ouvriront leurs portes au public tous les jeudis soir. Au total, pas moins de 66 musées proposeront chaque semaine toutes sortes d'animations festives, des visites guidées, des ateliers, des démonstrations, des rencontres avec des conservateurs, etc. L'occasion idéale pour (re-)découvrir les richesses des musées bruxellois. Une sortie entre amis ou en famille au tarif avantageux de 3 euros (ou 1,50 euro jusqu'à 25 ans inclus). Certains musées ouvriront même gratuitement. Une bonne excuse pour une excursion culturelle à la capitale !

Infos <http://brusselsmuseumsnocturnes.be/fr/>



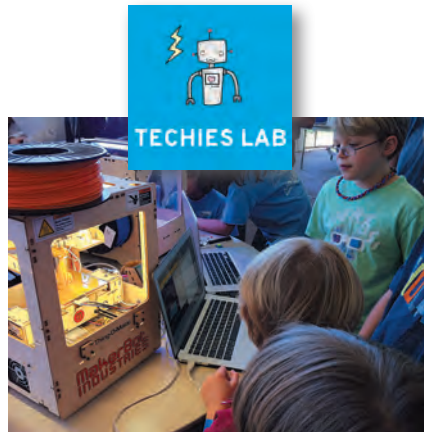
- Toute l'année

- Place Sainte-Gudule, 5 à 1000 Bruxelles

Techies Lab

Le *Techies Lab* est une nouvelle initiative en Belgique pour permettre aux enfants et adolescents de découvrir, expérimenter, apprendre et s'amuser avec les nouvelles technologies (robots, code, jeux vidéos, impression 3D...) Ouvrons-leur les portes de la créativité !

L'objectif de ses 2 fondatrices, Anne Collet et Margo Tinawi, est de transmettre aux plus jeunes la joie du bidouillage, de déconstruire pour mieux reconstruire et de comprendre l'envers du décor. Leurs ateliers sont rigolos, pratiques (on fait soi-même !) et recyclables (on ramène chez soi nos projets pour les bichonner et continuer à les développer).



Parents et enfants ont ainsi pu, en octobre dernier, apprendre à dompter le code web et construire une page web de A à Z ! À l'heure d'un Internet tout puissant, ce n'est pas inutile lorsqu'on cherche à donner une visibilité à nos activités, passions, projets...

Infos & inscriptions

www.techieslab.org

Sur le Web

Répertoire des appels à projets

On le sait, il n'est pas toujours facile pour les entreprises, centres de recherche, hautes écoles et universités de mener à bien leurs projets, faute de moyens. C'est pourquoi il existe les appels à projets. Le hic, c'est que ceux-ci proviennent de nombreuses entités régionales, fédérales ou européennes. Pas évident de s'y retrouver sans perdre un temps précieux.

L'interface *Adisif* a donc eu la bonne idée de mettre en place un nouvel outil pour être tenu informé des appels publics, des pôles, des fondations, des prix... Découvrez leur nouvelle plateforme et toutes les opportunités de financement actuellement disponibles.

Infos

www.adisif.wordpress.com
www.adisif.be



À LIRE

60 questions étonnantes sur l'alimentation

Maxime Morsa

Le souvenir d'un bon repas peut-il apaiser la faim ? Être amoureux change-t-il le goût des aliments ? Les produits bio rendent-ils obèse ? Le thé vert stimule-t-il le cerveau ? Certains aliments mènent-ils à l'échec scolaire ? Pour savoir ce que dit la science de notre rapport à l'alimentation, plongez au cœur du travail des chercheurs en psychologie. À partir de questions étonnantes, faussement anodines, voire légèrement provocantes, l'auteur vous amène à réfléchir en véritables scientifiques. Au rythme d'une question/réponse par double page, sur un ton léger, drôle et précis, vous accéderez à des conclusions d'études scientifiques enfin intelligibles !

Les 60 questions/réponses que comporte cet ouvrage sont réparties en 6 chapitres: «Le goût, la faim, l'appétit, la satiété... c'est dans la tête !»; «Les régimes: ce qu'on ne vous dit pas»; «Faire ses courses est-il dangereux pour la santé ?»; «Apprendre aux enfants à bien se nourrir: mission impossible ?»; «Quand l'alimentation se transforme en indigestion»; «Je mange donc je suis...»; et enfin, «...Et je suis, donc je mange...». Il y a bien sûr beaucoup à dire sur un tel sujet mais tous les aspects sont abordés, comme les pièges tendus dans les magasins d'alimentation, les pistes pour contrôler

son alimentation, ses effets sur le comportement, les choix alimentaires sous influence psychologique...

60 questions sur l'alimentation fait partie d'un ensemble de 4 ouvrages pour l'instant (*60 questions étonnantes sur l'amitié, sur les parents et sur la musique*) édités par les éditions belges *Mardaga* dans une toute nouvelle collection: *In psychoveritas*. Dirigée par 2 psychologues, Jean-Baptiste Dayez et Anne-Sophie Ryckebosch, elle vise à permettre à un public non averti de s'instruire sur des thèmes en résonance avec la vie quotidienne, le tout alimenté par les résultats des recherches scientifiques récentes de chercheurs aguerris.

Cette collection au ton et à la forme décalés, drôle et sérieuse à la fois, vous donnera quelques clés pour vous comprendre mais aussi pour comprendre les autres. Si la vérité se trouve, dit-on, dans un verre de vin, vous en trouverez certainement quelques-unes également dans ces 4 ouvrages !




Mardaga, 2015
www.editionsmardaga.com



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)