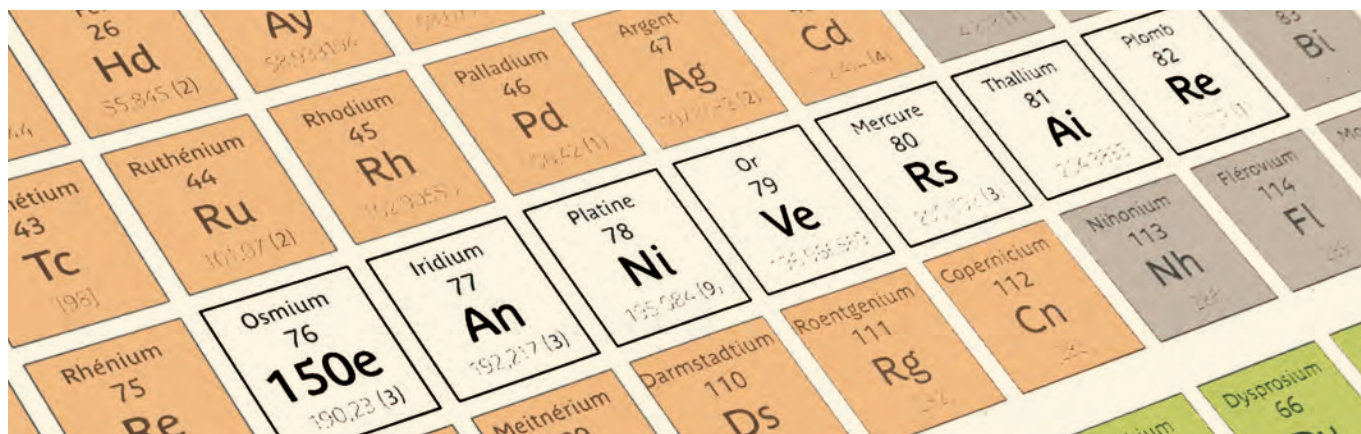


EN DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN - NUMÉRO 281 - MARS - AVRIL 2019



GRAND FORMAT [COMPOSITION DE CHIMIE]

ATOMES SAVAMMENT ORGANISÉS

ACTUALITÉS

CELLULES DE MESURE DE FORCE
ULTRASENSIBLES

ÉLÉMENTS [DE FORMATION]

LE DROIT ANGLAIS ENSEIGNÉ
À BESANÇON

PUBLICATION [ÉTOILÉE]

SECRETS DE COMÈTES

EN DIRECT

NUMÉRO 281 - MARS - AVRIL 2019

3 | ACTUALITÉS

- Pascal Vairac aux commandes de l'ENSMM
- Belle avancée pour des cellules génétiquement modifiées «CAR T-Cells» dirigées contre le cancer
- La certification des chronomètres devient automatique à l'Observatoire de Besançon
- Ping-pong académique Corée du Sud - France
- Cellules de mesure de force ultrasensibles
- Les bibliothèques de l'Arc jurassien en réseau
- Le masque sur le devant de la scène

9 | ÉLÉMENTS [DE FORMATION]

Le droit anglais enseigné à Besançon

10 | RETOUR [À LA TERRE]

Au jardin botanique, on sait parler aux fleurs

12 | ANALYSE [DES SENTIMENTS]

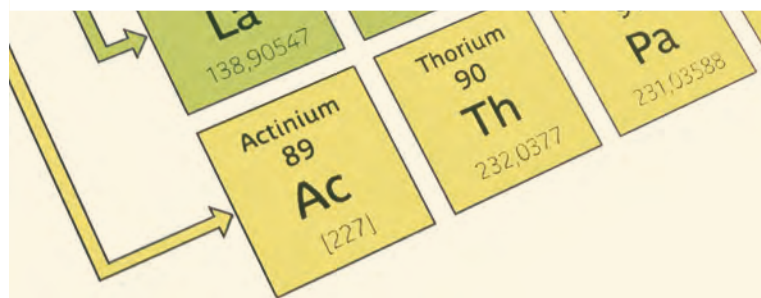
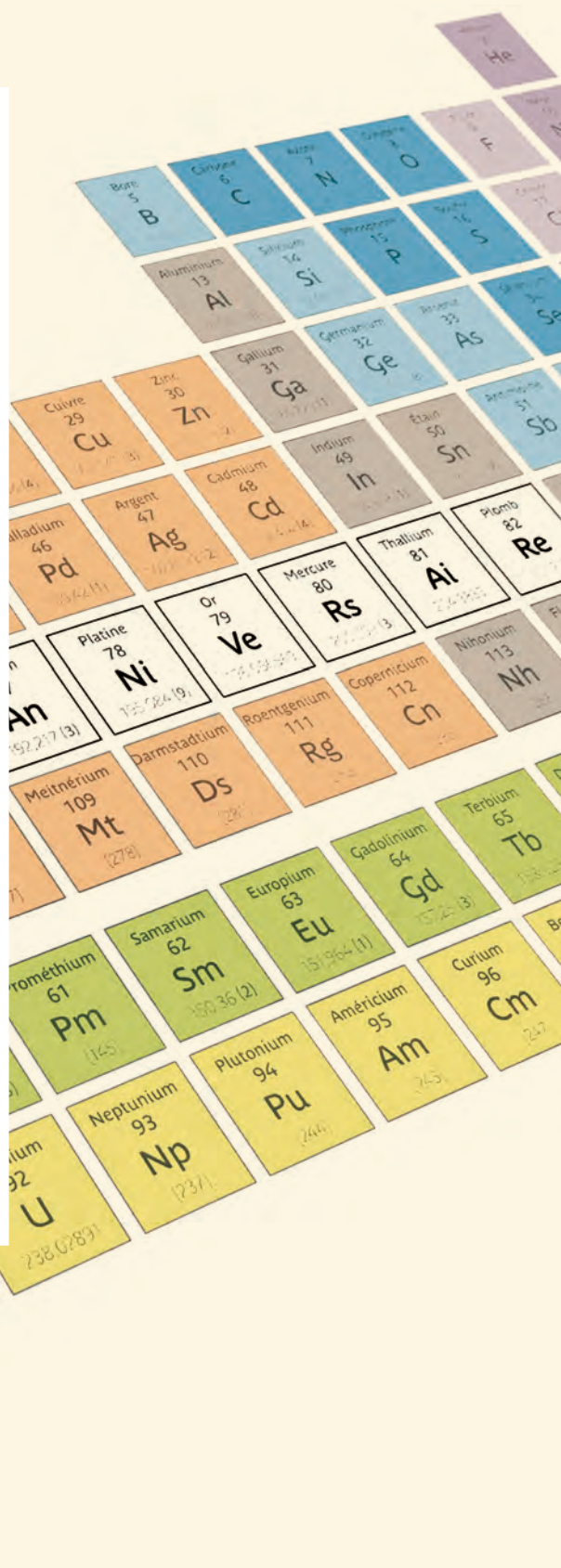
La mélodie du bonheur interprétée par la sociologie

14 | PUBLICATION [ÉTOILÉE]

Secrets de comètes

15 | GRAND FORMAT [COMPOSITION DE CHIMIE]

Atomes savamment organisés



C'EST OFFICIEL

PASCAL VAIRAC AUX COMMANDES DE L'ENSM

Reconnaissance, visibilité et attractivité : ces mots sous-tendent le programme dans lequel veut s'engager Pascal Vairac, nommé directeur de l'ENSM en janvier dernier, pour un mandat de cinq ans. Pascal Vairac prend ses fonctions alors que l'école connaît une période de restructuration, consécutive à son changement de statut en 2018. Désormais établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPCSCP), ce qui lui confère autonomie et reconnaissance, l'ENSM inaugure un nouveau système de gouvernance valorisant plus encore le lien entre formation et recherche. Avec 850 élèves accueillis chaque année, l'ENSM reste certes une structure de petite taille, dont la qualité de la formation comme l'excellence de la recherche, principalement concentrée au sein de l'Institut FEMTO-ST, n'en sont pas moins réputées dans les mondes professionnel et académique. L'ENSM se place dans les premiers rangs français en termes d'insertion professionnelle, avec un taux de 92% d'après les enquêtes CGE (Conférence des grandes écoles). « Les retours de nos diplômés, une fois engagés dans la vie active,

sont de plus très positifs quant aux enseignements qu'ils ont reçus, rapporte Pascal Vairac. Nous souhaitons davantage mettre en valeur notre vocation et nos qualités ». Une volonté que devraient localement servir l'engagement de l'école dans le projet Grand Besançon Synergie-Campus et le développement de collaborations avec d'autres structures d'enseignement supérieur. En région, l'ENSM est membre fondateur de la COMUE UBFC, une instance « dont il est nécessaire d'assurer la pérennité » ; le pôle Ingénierie et management d'UBFC est un outil de cohésion sur le territoire, en lien avec les entreprises, dans les domaines de prédilection de l'ENSM. De la même façon, l'adhésion à des réseaux nationaux demande à être renforcée : si l'école est actuellement engagée dans une organisation à dominante mécanique, elle trouvera avantage à rejoindre d'autres structures encore, tournées vers les transports ou les microtechniques. « Les microtechniques, avec la mise au point de systèmes intelligents et de capteurs de nouvelle génération, par exemple, ont un rôle certain à jouer dans l'avènement de l'industrie 4.0 », affirme



Pascal Vairac. Microtechniques toujours, cette fois à l'échelle européenne, avec un projet de réseau « microtechniques et industrie du futur », associant les acteurs du secteur en France, Suisse, Allemagne et Pologne. Renforcer les liens avec nos voisins suisses, symbolisés entre autres par l'adhésion à la Communauté du savoir (CdS), reste une priorité, à laquelle s'ajoute la volonté de s'ouvrir davantage à l'international, notamment avec la création de masters en anglais sous l'égide du projet I-SITE. Toutes ces pistes de travail, et d'autres encore, guideront le mandat du nouveau directeur. Professeur des universités en sciences pour l'ingénieur, investi de nombreuses responsabilités à l'ENSM comme à l'Institut FEMTO-ST depuis plusieurs années, Pascal Vairac succède à Bernard Cretin, qui, après avoir exercé cette fonction pendant dix ans, a choisi de reprendre ses recherches en physique à l'Institut FEMTO-ST, tout en conservant ses responsabilités de directeur du Campus des métiers et des qualifications microtechniques, créé l'an dernier en Franche-Comté.

Contact : ENSM - Direction
Tél. +33 (0)3 81 40 27 02
direction@ens2m.fr

CRÉER DES CHAIRES INDUSTRIELLES

Fortement investie dans les relations avec le monde industriel, l'ENSM a su tisser avec lui des partenariats importants et gagner sa confiance. Pascal Vairac souhaite consolider et dynamiser ces collaborations en impliquant davantage les industriels dans la vie de l'établissement. La création de chaires industrielles est à ce titre en projet. « Une chaire industrielle signifie pour une entreprise mettre une de ses problématiques au cœur d'un cursus ou d'une option, et soutenir la création d'une équipe de recherche dans le même objectif. »

THÉRAPIES INNOVANTES

BELLE AVANCÉE POUR DES CELLULES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES « CAR T-CELLS » DIRIGÉES CONTRE LE CANCER

L'aventure des CAR T-Cells se poursuit au laboratoire Interactions hôte-greffon-tumeur & ingénierie cellulaire et génique. Le brevet déposé en début d'année 2018 a été prolongé et étendu à l'international en novembre dernier. Une publication dans la revue de référence *Cancer Research* en 2019 a définitivement validé la preuve de concept, l'absence de toxicité et la sécurité du médicament, après tests sur la souris. Les CAR T-Cells sont des lymphocytes T guidés par un récepteur CAR vers des cellules tumorales qu'ils sont capables de détruire, sans que les cellules saines soient touchées. Ces lymphocytes issus du système immunitaire et génétiquement modifiés deviennent des médicaments de thérapie innovante (MTI), sur lesquels sont fondés bien des espoirs en matière de lutte contre le cancer, chez des patients en impasse thérapeutique. Le CAR T-Cell mis au point à Besançon est le premier en France né des

travaux de recherche d'une équipe académique. La preuve de concept a de plus été établie pour un récepteur CAR ciblant de façon inédite la protéine associée au récepteur de l'interleukine 1 (IL-1RAP), marqueur de la cellule souche leucémique dans un premier temps visée par les chercheurs.

PROCHAINE ÉTAPE : L'ÉTUDE CLINIQUE

« Personne n'avait encore songé à ce marqueur pour des immunothérapies cellulaires CAR T-Cells, alors que le spectre de tumeurs qu'il est susceptible de concerner est très large », racontent Christophe Ferrand et Marina Deschamps, tous deux spécialistes de génétique moléculaire, et inventeurs avec Fabrice Larosa, hématologue au CHU de Besançon, du CAR IL-1RAP. L'équipe a apporté la preuve de l'innocuité du traitement chez la souris, à qui du sang de cordon humain a été injecté

dans la moelle osseuse. Les chercheurs ont démontré que les cellules saines de la moelle, reproduisant grâce à ce procédé des caractéristiques humaines, étaient restées intactes après réimplantation de lymphocytes T génétiquement modifiés selon la formule CAR IL-1RAP. La prochaine étape devrait concerner l'être humain, mais pas moins d'un million d'euros sont nécessaires pour lancer un test clinique auprès d'une douzaine de patients. Les chercheurs mobilisent leurs ressources et formulent le souhait que cette recherche pionnière en France, et qui force l'intérêt de l'INCA¹, fasse un jour partie de l'arsenal thérapeutique proposé aux patients. Un souhait d'autant plus réaliste que les conditions les meilleures sont réunies sur le sol bisontin pour mener à bien un tel projet : équipements, technologies, compétences académiques et industrielles, proximité du CHU et liens hospitalo-universitaires, et un établissement pharmaceutique EFS de fabrication de MTI en capacité de produire les dizaines de millions de cellules nécessaires par patient.

¹ INCA : Institut national du cancer



Photo © UFC

Contact :
Laboratoire Interactions hôte-greffon-tumeur & ingénierie cellulaire et génique
Équipe TIMC - Thérapeutique immuno-moléculaire des cancers
EFS BFC / UFC / INSERM
Christophe Ferrand / Marina Deschamps
Tél. +33 (0)3 81 61 56 15
christophe.ferrand@efs.sante.fr
marina.deschamps@efs.sante.fr

TRADITION HORLOGÈRE

LA CERTIFICATION DES CHRONOMÈTRES DEVIENT AUTOMATIQUE À L'OBSERVATOIRE DE BESANÇON

L'Observatoire de Besançon adopte un système de certification automatique des chronomètres mécaniques. Mis au point par des ingénieurs et techniciens bisontins, ce dispositif innovant satisfait toujours plus l'exigence liée à la délivrance du fameux poinçon à tête de vipère.

Il intéresse les passionnés d'horlogerie mécanique, les amoureux des montres de facture traditionnelle : le poinçon à tête de vipère délivré par l'Observatoire de Besançon garantit la bonne marche d'un chronomètre mécanique, selon une norme tolérant une incertitude d'une seconde sur la lecture de l'heure de la montre. Fort d'une expérience séculaire en la matière, l'Observatoire de



Besançon est le seul organisme accrédité en France pour délivrer le bulletin de marche d'un chronomètre mécanique. François Meyer, Joël Petetin et Emmanuel Tisserand, de l'Observatoire de Besançon, et Olivier Lehmann, de l'Institut FEMTO-ST, ont mis au point un système automatisé de prises de mesure, capable de « lire » l'heure sur tout type de montre à aiguilles. Comparé à l'ancienne méthode, ce dispositif automatise, fiabilise et accélère les processus de prises de mesure menées au cours des 3 semaines de qualification des chronomètres

mécaniques. Il permet aussi d'assurer la traçabilité des mesures effectuées, avec un archivage de données ayant valeur de preuve.

PRISES DE MESURE ET D'IMAGE EN SIMULTANÉ

Le système, composé d'un logiciel, d'une caméra et d'un système de datation des prises de vue, détecte la position des aiguilles de la montre, qu'il compare avec les signaux de l'horloge atomique de référence ; les prises de mesure et d'image sont simultanées. L'éclairage de la montre a été étudié pour supprimer les ombres et les reflets invariablement générés par le verre et les nuances du cadran, afin que le dispositif repère très exactement la position angulaire des aiguilles lors de la prise de mesure. Car l'étalonnage s'effectue sur la montre finie et non sur le mouvement seul, une particularité qui ajoute à la reconnaissance de l'Observatoire bisontin dans le monde horloger. C'est sous la forme d'une coupole lumineuse irradiant l'objet qu'un éclairage optimal a pu être obtenu. La perception de l'infinie variété des cadrans et des aiguilles, si elle est aisée pour l'œil humain, est d'une grande complexité pour les capteurs d'une caméra et sa traduction logicielle. Pour remédier à cette contrainte, la montre porte un QR Code, une sorte de carte d'identité indiquant ses principales

caractéristiques, notamment la forme des aiguilles et les repères de cadran, pour que le système l'identifie sans erreur.

Le système est entré en service opérationnel en septembre 2018, après deux années consacrées à valider, en parallèle avec le système manuel, la capacité du nouvel instrument à s'adapter à toutes les configurations de cadrans et d'aiguilles possibles. L'Observatoire de Besançon délivre environ 200 bulletins de marche de chronomètres par an, un marché de niche très haut de gamme qui concerne de petites séries ou des pièces uniques que lui confient les plus grands noms de l'horlogerie, tels que Tag Heuer, Laurent Ferrier, Urban Jürgensen, Dodane 1857, SMB (Lip)...



Contact :
Observatoire des sciences de l'Univers
de Besançon - OSU THETA
de Franche-Comté - Bourgogne
Joël Petetin
Tél. +33 (0)3 81 66 69 30
joel.petetin@obs-besancon.fr

ESPRIT SPORTIF

PING-PONG ACADÉMIQUE
CORÉE DU SUD - FRANCE

PyeongChang 2018 - Paris 2024... D'une Olympiade à l'autre, les liens se renforcent entre la Corée du Sud et la France, et plus précisément l'université de Franche-Comté et son laboratoire de recherche C3S. Enseignant-chercheur en sociologie et spécialiste de la question olympique, Éric Monnin est intervenu à diverses reprises sur le sol coréen lors des derniers JO d'hiver, une collaboration favorisant encore un partenariat établi de longue date. C'est dans ce contexte que Seon Yu, fonctionnaire du ministère de la Culture, du sport et du tourisme coréen, vient d'effectuer un stage de six mois à Besançon, dans le but d'étudier les méthodes françaises de soutien aux grands événements sportifs. « L'implication de l'État dans le sport en France, qui se traduit par la création de délégations sportives locales, n'existe pas dans notre pays », raconte Seon Yu. La Coréenne multiplie les prises de contacts avec les instances nationales, effectue des recherches à la bibliothèque, et parallèlement peaufine

son français au CLA. Réputé dans le monde entier pour la qualité de ses formations, le Centre de linguistique appliquée est l'autre argument retenu par le gouvernement coréen pour placer Besançon en tête de ses choix pour cette étude à la française.

En marge de son travail, Seon Yu est reconnaissante pour l'accueil qui lui a été réservé à l'université, et plus généralement en Franche-Comté, dont elle ne manque pas de vanter les beaux paysages... et la qualité des fromages. La visite de Seon Yu intervient au moment où l'université reçoit le label Génération 2024, décerné pour trois ans par le gouvernement français. L'université répond aux critères énoncés dans le cahier des charges et dispose du potentiel pour répondre aux objectifs fixés : développement des liens avec l'environnement associatif sportif, participation à la recherche et aux manifestations promotionnelles olympiques et



paralympiques, accompagnement ou accueil des sportifs de haut niveau, accès aux équipements sportifs de l'établissement pour les associations et entreprises locales. La récente nomination d'Éric Monnin comme vice-président de l'université de Franche-Comté délégué à l'olympisme, une innovation dans le monde académique, fait écho à cette labellisation et souligne l'engagement de l'établissement dans une démarche sportive de haut niveau.

Contact :
Laboratoire C3S
Université de Franche-Comté
Éric Monnin
Tél. +33 (0)6 02 50 12 43
eric.monnin@univ-fcomte.fr

SYSTÈMES NANOMÉTRIQUES

CELLULES DE MESURE
DE FORCE ULTRASENSIBLES

Des chercheurs du département AS2M de l'Institut FEMTO-ST ont mis au point une technologie hybride de fabrication de cellules de mesure de force, combinant technologie silicium et micromécanique. Ces cellules sont réalisées par micro-

assemblage de microjauges de contrainte piézorésistives sur un corps d'épreuve déformable, de dimension centimétrique. Cette technologie hybride a permis de relever un défi proposé par l'entreprise suisse Alemnis AG, dans le cadre du projet Interreg

CITHaDel, liant également le centre de recherche suisse EMPA, l'entreprise bisontine Percipio Robotics et une équipe de l'Institut FEMTO-ST menée par Emmanuel Piat, chercheur en microrobotique et enseignant à l'ENSMM. « Peu d'entreprises fabriquent ce type de cellules dans le monde ; il s'agit pour les membres du consortium de développer un savoir-faire transfrontalier franco-suisse spécifique pour obtenir des

cellules plus performantes que celles existant sur le marché. » Déterminer des faibles forces est indispensable si on souhaite caractériser les propriétés mécaniques d'un matériau aux petites échelles. Cependant la force n'est pas une grandeur physique directement mesurable car elle est forcément déduite d'une interaction : c'est l'évaluation de la déformation élastique du matériau d'un corps d'épreuve, soumis à une action mécanique, qui permet de déduire la force qui s'applique sur le matériau à caractériser. Les déformations du corps d'épreuve sont captées par des jauges de déformation placées à l'intérieur de la cellule, qui convertit l'effet de la force en signal électrique mesurable. Plus le matériau est rigide, plus la sensibilité de la cellule doit être grande pour réussir à mesurer les déformations subies. Cette règle est d'autant

plus contraignante que l'échelle de travail est petite et les variations infimes. Elle concerne au plus haut point l'entreprise Alemnis AG, qui porte le projet côté suisse : spécialisée dans la caractérisation des propriétés micro- et nanomécaniques des matériaux dans des conditions environnementales variées, elle souhaite disposer de cellules de mesure de force dont le corps d'épreuve ne se déforme quasiment pas. Les différentes cellules de mesure de force que les chercheurs ont mises au point présentent des architectures spécifiques sur lesquelles sont assemblées, en des points très précis grâce aux compétences de l'entreprise Percipio Robotics, des jauges de déformation piezorésistives qui ont été spécialement fabriquées en laboratoire pour ce projet. Une première version utilisant des jauges disponibles dans le commerce a permis d'approcher

l'objectif fixé par le cahier des charges et d'évaluer le potentiel des solutions retenues. D'autres prototypes, 1-axe et 3-axes, munis de jauges fabriquées en laboratoire, sont en cours de tests avec pour ambition d'aller au-delà de la raideur de 250 kN/m imposée par le cahier des charges initial pour le corps d'épreuve. La cellule 1-axe promet une sensibilité 40 fois supérieure à celle du premier prototype, toujours pour une raideur mécanique de 250 kN/m. La raideur de la cellule 3-axes est portée à 1 100 kN/m, avec un gain en sensibilité de 27. Une technologie innovante et des résultats prometteurs, un pari remporté pour cette première étape de laboratoire.

Contact :
Département AS2M - Institut FEMTO-ST
UFC / ENSMM / UTBM / CNRS
Emmanuel Piat
Tél. +33 (0)3 81 40 27 95
emmanuel.piat@ens2m.fr

RESSOURCES DOCUMENTAIRES

LES BIBLIOTHÈQUES DE L'ARC JURASSIEN EN RÉSEAU



Photo © UFC

Institutions chevillées aux universités et écoles d'enseignement supérieur, les bibliothèques ont un rôle prépondérant à jouer

en réseau et mettent en commun leurs catalogues. Toute inscription à l'une des bibliothèques donne automatiquement la possibilité

de bénéficier des services de toutes les autres, notamment du prêt entre bibliothèques. Un ouvrage sur les lasers blancs, le ressort spiral d'une montre, l'assassinat d'Henri IV ou le *lean manufacturing* ? Si une bibliothèque ne possède pas l'ouvrage recherché, il y a fort à parier qu'une de ses consœurs le trouvera sur ses rayons. Même principe pour la documentation en ligne, dont l'échange est parfois possible entre la France et la Suisse, sous réserve de respect des clauses de la licence d'abonnement, ou pour fournir ponctuellement un document issu d'une ressource numérique dans le respect du droit d'auteur. Dans tous les cas, le service est gratuit et l'envoi des exemplaires papier pris en charge par la CdS. Agnès Dervaux-Duquenne est responsable de la bibliothèque

de la Haute Ecole Arc Ingénierie. Chargée du projet de mise en réseau franco-suisse, elle explique l'intérêt de la démarche : « Les ressources sont complémentaires, et le fonds constitué grâce à la mutualisation des catalogues est devenu très pertinent : il comporte des ouvrages très pointus, des abonnements et des ressources numériques spécifiques ». La mise en réseau est aussi une formidable occasion pour les professionnels d'échanger sur leurs pratiques à l'heure de la

transformation numérique et de monter des projets communs, quand la plupart ne se connaissent jusqu'alors pas. « Nous avons l'intention de créer un service transfrontalier de questions/réponses qu'alimenteraient les usagers des bibliothèques et les spécialistes de la recherche documentaire. » Une cartographie des différents sites, indiquant leurs fonds respectifs et leurs spécificités, a d'ores et déjà été établie ; elle est une représentation concrète de l'existence et de l'importance

du réseau. De la BU Santé de Besançon à la médiathèque de la HEP Bejune de Delémont, en passant par les bibliothèques de l'UTBM et de l'ENSMM, au moins 15 structures ont souhaité adhérer au réseau. Les étudiants, enseignants, chercheurs peuvent tous bénéficier du dispositif, de même que les professionnels ou le grand public.

Contact :
Agnès Dervaux-Duquenne
Bibliothèque HE-Arc Ingénierie
Tél. +41 (0)32 930 13 30
agnes.dervaux@he-arc.ch

ARTS DU SPECTACLE

LE MASQUE SUR LE DEVANT DE LA SCÈNE

Depuis l'Antiquité, le masque fait ses apparitions sur les planches, plus ou moins marquées selon les époques et les contextes. Affichant au fil du temps une vocation tour à tour politique, esthétique ou festive, le masque opère un retour sur la scène occidentale, après des décennies d'absence. Spécialiste d'histoire et esthétique des arts de la scène, Guy Freixe enseigne à l'université de Franche-

Comté et mène ses travaux de recherche au laboratoire ELLIADD. Après avoir étudié son destin depuis l'Antiquité jusqu'au XX^e siècle, il porte aujourd'hui un nouveau projet sur le masque scénique, s'intéressant à ses fonctions et ses usages dans le spectacle contemporain. « Dans les années 1950-1960, le recours au masque souligne le renouveau d'un théâtre populaire qui souhaite s'affranchir du texte, une

tendance confirmée par l'essor de la *commedia dell'arte*, très en vogue dans les années 1980. » Aujourd'hui, le masque rencontre la marionnette, et avec elle fait renaître le théâtre d'objets. Il s'intègre à des performances dansées. Il se prête au jeu des nouvelles technologies et à la création d'avatars numériques, dans des spectacles où l'image a pleinement trouvé sa place.

Il inspire de nouvelles formes théâtrales issues

de rituels masqués prévalant non seulement en Asie, mais aussi en Afrique. Il renoue avec l'engagement politique et la défense de l'opprimé, souvent dans des comédies populaires. Le masque fait par ailleurs toujours partie intégrante de la formation des acteurs, une réalité là aussi à interroger. Toutes ces directions supposent une recherche pluridisciplinaire et internationale, menée dans une perspective à la fois ethnologique et artistique. Une recherche académique en lien avec la réalité de la pratique théâtrale, puisqu'elle implique également les artistes et les créateurs de masques. Colloques et rencontres viendront en support à ce programme au cours de l'année, à Avignon lors du festival, à Paris en lien avec le Théâtre du Soleil, à Besançon... Ce projet s'inscrit dans la programmation scientifique de la MSHE Claude-Nicolas Ledoux.

Contact :
Laboratoire ELLIADD
Université de Franche-Comté
Guy Freixe
guy.freixe@univ-fcomte.fr



Interaction entre masque et avatar.
Projet de recherche mené par G. Freixe à Athènes, octobre 2018



Ouvert à la rentrée 2018 à l'université de Franche-Comté, le Diplôme universitaire (DU) *English Law* enseigne les bases du droit anglais. À destination des étudiants comme des professionnels, il est un bagage précieux pour se préparer à une année d'étude dans une université anglophone ou pour parfaire ses connaissances.

ÉLÉMENTS [DE FORMATION]

LE DROIT ANGLAIS ENSEIGNÉ À BESANÇON

Deux grands systèmes juridiques régissent la presque totalité du monde : le droit civil, qui concerne en grande partie l'Europe, l'Asie, l'Amérique du Sud, ainsi que la moitié de l'Afrique, et la *Common Law*, née au Royaume-Uni, qui a essaimé dans tout le *Commonwealth* et jusqu'aux États-Unis. Cependant, si en France les étudiants connaissent sur le bout des doigts le Code civil, ils ne sont que peu formés à la *Common Law*, à laquelle ils auront pourtant à se frotter au cours de leur carrière professionnelle.

Complétant une offre très limitée au sein de l'hexagone, l'université de Franche-Comté a ouvert le DU *English Law* à la rentrée 2018, à l'instigation de Célia Berger-Tarare, enseignante en droit privé et chercheure au CRJFC. « Les cours sont dispensés en anglais, c'est un moyen d'acquérir un vocabulaire juridique adéquat, d'éviter les pièges tendus par les faux-amis linguistiques, et d'être plus à l'aise dans la conversation. » Les futurs juristes sont amenés à travailler dans un contexte international, à entretenir des relations avec les entreprises : acquérir les clés de compréhension et de connaissance du droit anglais est un bon point pour leur insertion professionnelle.

SUCCESSFUL DIPLÔME

Les prévisions s'accordaient sur une petite vingtaine d'étudiants... Ils étaient près de 60 à la rentrée à s'inscrire puis à suivre les cours en anglais du nouveau DU. La formation, construite sur 5 modules de 8 heures chacun, apporte « une vision d'ensemble des principales branches du droit anglais ». L'ouverture du diplôme aux professionnels est prévue dès la rentrée prochaine. Le coût de la formation est de 485 €. Pour tout renseignement et inscription, contacter Françoise Clerc à la Formation continue : 03 81 66 67 45 ou du-english-law@univ-fcomte.fr

Célia Berger-Tarare rappelle qu'à l'international, en droit des affaires et notamment en matière de droit des contrats, il est possible sinon de faire sa propre loi, du moins de la choisir. Or le droit anglais, réputé le plus souple, est souvent privilégié pour les affaires relevant du droit privé. D'où l'importance de cette formation complémentaire, dont les grandes lignes seront d'ailleurs peu à peu intégrées au master bisontin Droit des affaires. Suivant la même logique, la création d'un DU Droit américain est en projet pour la rentrée prochaine.

Contact :
CRJFC - Centre de recherches juridiques
de l'université de Franche-Comté
Célia Berger-Tarare
celia.tarare@univ-fcomte.fr

DROIT ANGLAIS DES AFFAIRES REVU ET CORRIGÉ

C'est LA référence en la matière : le précis Dalloz *Droit anglais des affaires*, publié en 2000, fait l'objet d'une réédition cette année. Rédigé en français, cet ouvrage est le seul à destination des francophones à entrer dans les arcanes du droit anglais. Il en explique les bases historiques, la structure, les mécanismes et le rayonnement international, étudie ses règles en livrant des éléments de connaissance pratiques autant que théoriques. Le premier opus, mis à jour, sera complété d'un chapitre sur le droit des trusts, équivalent de la fiducie du droit français, rédigé par Célia Berger-Tarare, dont c'est l'une des spécialités de recherche au CRJFC. La réédition, sous la direction d'Olivier Moréteau, est prévue dans le courant de l'année chez Dalloz.



© Jardin botanique de Besançon

Attentifs à l'éclosion d'un pétale, à la croissance d'une feuille, les spécialistes du jardin botanique veillent scrupuleusement au bien-être des milliers de plantes qu'ils cultivent, conservent et étudient dans leurs serres et plates-bandes. La sauvegarde des espèces menacées fait partie de leurs missions, et le sol comtois recèle certaines raretés qu'ils s'appliquent à protéger.

RETOUR [À LA TERRE]

AU JARDIN BOTANIQUE, ON SAIT PARLER AUX FLEURS

RENDRE LA NIGELLE À L'ÉTAT NATUREL

Petite fleur bleue, blanche ou rosée, la nigelle des champs (*Nigella arvensis*) pousse en terrain calcaire au gré des moissons.

Plus discrète que le coquelicot, elle accompagne comme lui la croissance des blés, des orges et autres céréales, mais tend à disparaître en raison de sa grande sensibilité aux pesticides. En Franche-Comté, elle n'est présente que sur un site, à proximité de Champlitte, en Haute-Saône. Précieusement récoltées par des botanistes de terrain, ses graines sont mises en culture au jardin botanique de Besançon dans l'espoir de sauvegarder la population franc-comtoise de l'espèce, et de la faire renaître dans son milieu naturel. Un travail scientifique s'appuyant sur l'examen de la littérature existante et la réalisation de tests en laboratoire, pour lui donner les meilleures chances possible de réussite. L'opération semble en bonne voie puisque

après deux années de soins adaptés, 30 graines rescapées et recueillies ont donné naissance à 200 000 nouvelles graines, qui seront semées sur leur site d'origine. Avec l'espoir que l'espèce puisse de là prospérer et se diffuser. « Différentes nigelles existent sous forme de plantes cultivées, mais il est important de ne pas polluer génétiquement la plante sauvage », explique Arnaud Mouly, enseignant-chercheur et directeur du jardin botanique de Besançon. Car la nigelle des champs, comme tant d'autres, participe au bon fonctionnement de l'écosystème dans lequel elle évolue, assurant ressources nutritives aux insectes et pollinisation.

REVOIR BRILLER LA SAXIFRAGE DORÉE

Les tourbières et zones humides sont le domaine de prédilection de la saxifrage dorée (*Saxifraga hirculus*). En France, seule une station, située dans le secteur de Frasne dans le Doubs, peut s'enorgueillir de la voir fleurir en été. Sa rareté a incité le

En France,
la saxifrage
dorée ne
fleurit que
sur un seul
site, en
Franche-
Comté

ministère de l'Environnement à engager en 2012 un plan d'action pour assurer sa survie. Ce plan prévoyait la préparation d'un protocole de mise en culture très précis, sur lequel plusieurs jardins botaniques français et suisses ont planché. Les résultats obtenus ont conduit à élire la proposition bisontine comme modèle, un modèle qui sera notamment repris en Suisse où, là aussi, la saxifrage dorée est en voie d'extinction. « La culture de cette plante est très dépendante des propriétés physico-chimiques des substrats, d'autant qu'elle ne supporte pas la compétition. La tourbe doit être recouverte de mousse, en quantité suffisante pour que la plante puisse se marcotter à l'intérieur, mais pas trop pour qu'elle ne l'étouffe pas », racontent Isabelle Diana-Mathé, botaniste et responsable conservation au jardin, et Cédric Bouvier, responsable du programme. Moins d'une centaine de pieds seulement subsistait lors du lancement du programme, et très peu de graines étaient viables pour une mise en culture. Aujourd'hui, la « production » atteint 1 000 plants par an. Grâce aux premières réimplantations, ce sont également près de 1 000 pieds de saxifrage qu'on dénombre dans leur milieu d'origine. Une œuvre patiente, car pour que la réintroduction de la plante soit une réussite, plusieurs tourbières sont en cours de restauration, notamment grâce au rebouchage de drains, au reméandrement de cours d'eau... C'est en effet la dégradation des milieux qui est responsable de la disparition de la saxifrage dorée, un phénomène que la collecte sauvage a accentué. Des suivis réguliers sont effectués pour contrôler l'efficacité du protocole et des actions engagées sur le terrain, et donnent lieu à des rapports scientifiques.

JARDINIERS-BOTANISTES SPÉCIALISÉS

Neuf collaborateurs contribuent par leurs compétences et leurs soins à la conservation, à la reproduction et à l'étude de plus de 5 000 espèces différentes, provenant des quatre coins du monde. Tous titulaires d'un diplôme délivré à Besançon et unique en France, les jardiniers-botanistes qui s'en occupent sont spécialisés dans des domaines particuliers, comme les collections médicinales, les collections aquatiques, les plantes de montagne ou encore celles héritées de l'Antiquité.

LA GENTIANE CROISSETTE AU SECOURS DE SON PAPILLON

Protégé en France, le papillon répondant au joli nom d'azuré de la croisette (*Phengaris alcon*) doit sa survie à une fleur à laquelle il est très attaché. C'est pourquoi la gentiane croisette (*Gentiana cruciata* L.) bénéficie d'une attention particulière. L'azuré est incapable d'assurer sa reproduction en l'absence de la gentiane, car il pond ses œufs sous les boutons des fleurs, dont sa larve se nourrit. La progéniture du papillon, en tombant au sol dès lors qu'elle a évolué à l'état de chenille, libère des phéromones qui ressemblent à s'y méprendre à celles que produisent les reines des fourmis. Et justement les fourmis s'y laissent prendre, entraînant une nymphe dans leur colonie comme s'il s'agissait d'une reine. Le futur papillon profite sans complexe de ce traitement de faveur, qui lui permet de se nourrir à moindre frais jusqu'à maturité. Si l'hôte indélicat perturbe le monde des fourmis, il n'en reste pas moins une espèce protégée par l'Homme. Pour assurer sa sauvegarde, il convient de rendre le milieu naturel plus propice à sa reproduction, et donc de favoriser la gentiane, plante de pâturages calcaires trop souvent fauchée en pleine floraison estivale. Des graines, là encore mises en culture *ex-situ*, donnent naissance à des plants, qui sont réintroduits en Haute-Saône

pour aider la gentiane à proliférer dans un milieu où les fauches sont désormais limitées. Et si le papillon n'y a pas encore montré le bout de ses ailes bleutées, les conditions sont réunies pour qu'il élise à nouveau domicile dans les prairies comtoises. Qu'on se le dise dans les fourmilières : il faudra à l'avenir faire preuve de plus de discernement, l'azuré de la croisette revient...

Les partenaires des programmes :

- Nigelle des champs : Conservatoire botanique national de Franche-Comté - Observatoire régional des invertébrés (CNBFC-ORI) et Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté
- Saxifrage dorée : CNBFC-ORI
- Gentiane croisette : Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté



Contact :
Jardin botanique de Besançon
Arnaud Mouly
Isabelle Diana-Mathé
Tél. +33 (0)3 81 66 64 49 / 57 78
arnaud.mouly@univ-fcomte.fr
isabelle.diana@univ-fcomte.fr

Le bonheur n'est pas une partition simple à déchiffrer. S'il se ressent et s'exprime, il s'explique plus difficilement. Au terme d'une longue et patiente recherche sur tous les tons, le sociologue Gaël Brulé propose des clés de compréhension pour percer les mystères de sa composition.



ANALYSE [DES SENTIMENTS]

LA MÉLODIE DU BONHEUR INTERPRÉTÉE PAR LA SOCIOLOGIE

« En un mot,
le PIB mesure
tout, sauf ce qui
fait que la vie
vaut la peine
d'être vécue. »
Robert Kennedy,
1968

Non, les gens qui vivent dans des endroits pauvres ne sont pas plus heureux sous prétexte qu'ils sont souriants, non, les jeunes ne sont pas plus heureux que les vieux, les études prouvent même l'inverse, et le mythe de l'imbécile heureux,

pour avoir la vie dure, n'en est pas moins largement contestable. S'il s'attaque aux idées reçues, l'ouvrage *Le bonheur n'est pas là où vous le pensez* cherche avant tout à comprendre de quoi est fait le bonheur. Sociologue à l'université de Neuchâtel, Gaël Brulé livre ici le fruit de sept années de recherches de terrain et d'analyse d'enquêtes internationales, sur un sujet aussi universel que difficile à cerner. Sur l'échelle du bonheur, le *World Happiness Report 2018* classe la France à la 23^e place, entre Malte et le Mexique, et

l'appréciation que les Français eux-mêmes portent sur leur vie est de 6.5/10, une moyenne bien inférieure à celles de la Suisse, du Danemark ou du Costa Rica, toutes supérieures à 8. Porteur de contradictions, l'exemple français sous-tend le

propos de l'auteur : le bonheur consisterait en une savante combinaison de collectif et d'individuel, endosserait différentes facettes et dépendrait de la façon dont nous le considérons.

OUI OU NON, L'ARGENT FAIT-IL LE BONHEUR ?

Le bonheur est un jour devenu un récit de société, de ceux qui guident les choix individuels et collectifs. La ferveur religieuse du Moyen-Âge, le progrès et l'émancipation à la Renaissance, le travail et l'effort au XIX^e siècle figurent au nombre des grands récits des sociétés occidentales. « Après l'horreur des guerres mondiales et la perte de grandeur due à la décolonisation dans les années 1960, l'idée du bonheur fait sa place comme valeur-phare dans la société. » Il impose vite ses diktats et s'associe à l'idée de richesse : le PIB né à cette époque devient le moyen de mesurer la qualité de vie d'un pays et par là même le *bonheur supposé* de ses habitants. « Si le mythe du progrès économique est toujours très fort

dans les sociétés occidentales, c'est peut-être parce qu'il n'existe pas d'autre récit collectif convaincant », postule Gaël Brulé. Largement repris par le marketing, les médias, et plus encore les réseaux sociaux aujourd'hui, les indicateurs économiques s'imposent comme indicateurs de bonheur. Le *bonheur clandestin*, lui, se conforme à l'air du temps pour dire ce qu'il convient de faire pour accéder à la félicité : consommer, accéder à la propriété... La perception de ce qui rend réellement heureux est doublement faussée. Il ne s'agit bien sûr pas de nier la contribution d'une bonne situation financière personnelle et/ou d'un contexte économique favorable au bonheur, mais de prendre conscience des autres paramètres entrant en ligne de compte.

ENTRE BESOINS ET ENVIES

La satisfaction de nos besoins et de nos envies conditionne l'appréciation que nous portons sur nos vies, elle est le garant de notre *bonheur réel*. Les besoins sont du registre de l'émotion et de l'affectif, et sont directement en lien avec la sphère sociale : besoin de communiquer, d'être reconnu, apprécié, respecté, de se sentir utile... Les envies sont de l'ordre du cognitif, de la pensée ; elles sont en général liées à des schémas existants, fondées sur le culturel et le social.

Le bonheur serait en résumé intimement lié au social : la qualité des relations que nous entretenons avec les autres et la capacité que

nous avons d'agir, d'avoir une influence sur le monde qui nous entoure, dans la sphère familiale, professionnelle ou politique, sont ainsi des composantes essentielles de notre bonheur, de même que

la façon dont nous regardons ce monde. À la fois dirigés par un besoin de liberté et des besoins sociaux, animés par l'esprit de compétition et l'esprit de coopération, façonnés par un contexte socioculturel et à l'écoute de notre personnalité profonde, nous naviguons à vue sur le chemin du bonheur.

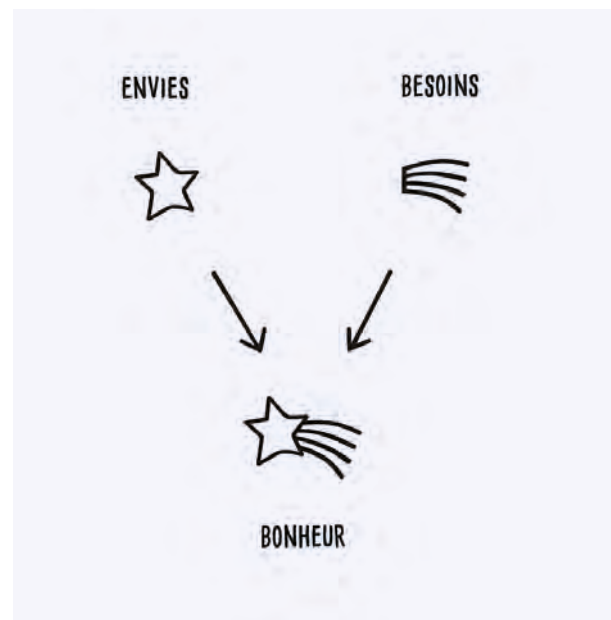
Avec une poésie et un humour qui n'entament en rien la rigueur scientifique du propos, l'ouvrage de Gaël Brulé propose « d'éclairer cet itinéraire pour une vie plus heureuse ».



Brulé G., *Le bonheur n'est pas là où vous le pensez - Itinéraire vers une vie plus heureuse*, Ed. Dunod, 2018.

Contact :
Institut de sociologie
Université de Neuchâtel
Gaël Brulé
Tél. +41 (0)718 14 20
gael.brule@unine.ch

Tandis que les
besoins sont
liés au social
de manière
plus ou moins
forte, les
envies ne sont
que sociales



Illustrations de Camille de Besombes, tirées de l'ouvrage

Si nous nous
souvenons
sûrement de
moments
de bonheur,
comprendre ce
qui nous rend
heureux n'a
rien d'évident



En 164 avant J.-C., deux tablettes babyloniennes relatent un phénomène bien peu habituel repéré dans le ciel mésopotamien. C'est l'un des premiers témoignages de l'observation d'une comète, identifiée des siècles plus tard comme la comète de Halley. Une aventure comme bien d'autres contées dans l'ouvrage *Les comètes et leurs secrets*.

PUBLICATION [ÉTOILÉE]

SECRETS DE COMÈTES

La comète de Halley doit son nom à un astronome de génie, Edmund Halley, qui fut le premier à élaborer des calculs pour déterminer son orbite. Des calculs incluant les préceptes de la toute récente théorie de la gravitation de Newton. Halley prédit le prochain passage de l'astre, avec raison, pour la fin de l'année 1758. Aucun des deux scientifiques ne vécut malheureusement assez longtemps pour se réjouir de cette éclatante démonstration de leurs hypothèses. La comète de Halley, elle, répète inlassablement son voyage elliptique à travers les siècles, selon une période de 76 ans. Elle devient définitivement la plus célèbre représentante de son espèce lorsque, en 1986, son retour à proximité du Soleil est l'occasion de tester la toute première sonde d'exploration cométaire de l'Agence spatiale européenne (ESA). Pour la première fois, des informations sont recueillies au voisinage d'une comète. L'événement suscite un engouement scientifique et médiatique sans précédent. Si l'historique de l'observation de la comète de Halley illustre nombre

de croyances, de questionnements et d'avancées scientifiques sur le sujet, d'autres éléments encore nourrissent cette connaissance.

DES ASTRES FASCINANTS

Sous la plume de Philippe Rousselot, astrophysicien spécialiste de l'étude des petits corps du système solaire, directeur de l'Observatoire des sciences de l'univers de Besançon, l'ouvrage *Les comètes et leurs secrets*

propose d'explorer le monde de ces astres fascinants, et de suivre l'évolution des techniques et des savoirs scientifiques qui ont permis de percer leurs mystères. « L'étoile chevelue » des Égyptiens de l'Antiquité se révèle être un noyau solide et sombre

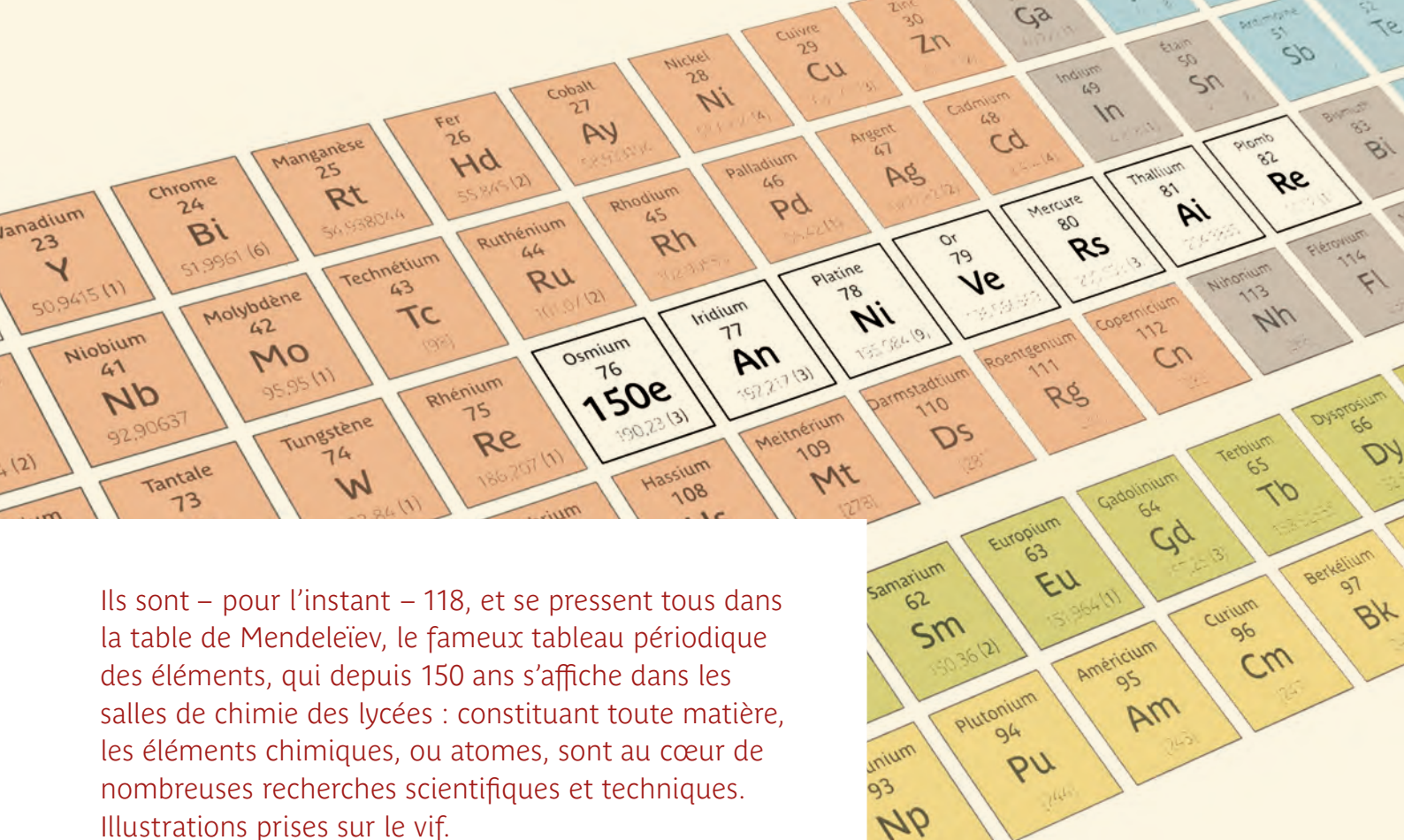
de quelques kilomètres de diamètre, dont la chevelure (coma) longue, elle, de milliers de kilomètres, se divise en deux parties bien distinctes dans le ciel : d'un côté, des grains de poussière microscopiques, repoussés par la pression de la radiation solaire, et qui donnent un

effet de halo gazeux ; de l'autre du plasma, créé à partir de molécules issues du noyau et dont les électrons, là encore sous l'effet du rayonnement solaire, ont été arrachés et transformés en ions générant une longue traînée bleutée.

Du côté des techniques, la lunette de Galilée de 1609 laisse place à des télescopes d'une incroyable sensibilité, capables de collecter deux millions de fois plus de lumière que l'œil humain, qui sera analysée par spectroscopie pour déterminer la composition chimique des comètes. L'observation depuis la Terre se double d'explorations spatiales : la sonde européenne Rosetta représente un tournant dans cette aventure, ayant pour la première fois permis une observation longue et rapprochée d'une comète. De 2014 à 2016, Rosetta est placée en orbite à une dizaine de kilomètres seulement du noyau de la comète 67P, sur lequel est envoyé, avec les difficultés que l'on sait, l'atterrisseur Philae. Il faudra encore plusieurs années aux scientifiques pour analyser les informations envoyées sur Terre par Rosetta et contribuer ainsi encore un peu plus à la connaissance des comètes, et par là même de la formation du système solaire.



Rousselot P., *Les comètes et leurs secrets - De l'Antiquité à Rosetta*, Éditions Ellipses, 2018



Ils sont – pour l’instant – 118, et se pressent tous dans la table de Mendeleïev, le fameux tableau périodique des éléments, qui depuis 150 ans s’affiche dans les salles de chimie des lycées : constituant toute matière, les éléments chimiques, ou atomes, sont au cœur de nombreuses recherches scientifiques et techniques. Illustrations prises sur le vif.

GRAND FORMAT [COMPOSITION DE CHIMIE]

ATOMES SAVAMMENT ORGANISÉS

En 1869, la table de Mendeleïev de classification des éléments chimiques s’impose dans le monde scientifique. Elle demeure la référence 150 ans après, marquant une quête dont les origines remontent à l’Antiquité. De l’apparement des 7 métaux aux 7 planètes par les philosophes, astrologues et alchimistes de tout temps et de tout continent, aux découvertes les plus récentes concernant les leptons, quarks et autres particules, cataloguer les éléments a toujours été un casse-tête pour les scientifiques. Créant un vrai consensus lors de son adoption, le tableau proposé par le chimiste russe se complète au fil des avancées de la science de nouveaux éléments, dont il considère la nature et la structure. « Mendeleïev a fait preuve d’une formidable intuition, car la construction de sa table est cohérente avec les modèles qui ont vu le jour par la suite », souligne Sylvain Picaud, directeur de l’Institut UTINAM.

ARSENIC ET FAUX DIAMANTS

Le tableau classe les éléments en lignes par ordre croissant de masse atomique, et en colonnes selon leurs caractéristiques chimiques. Organisé autour des 67 éléments connus au XIX^e siècle, le tableau s’est peu à peu étoffé, et compte aujourd’hui 118 atomes. 94 d’entre eux se trouvent à l’état naturel sur la Terre, dont 83 sont plus anciens qu’elle ;

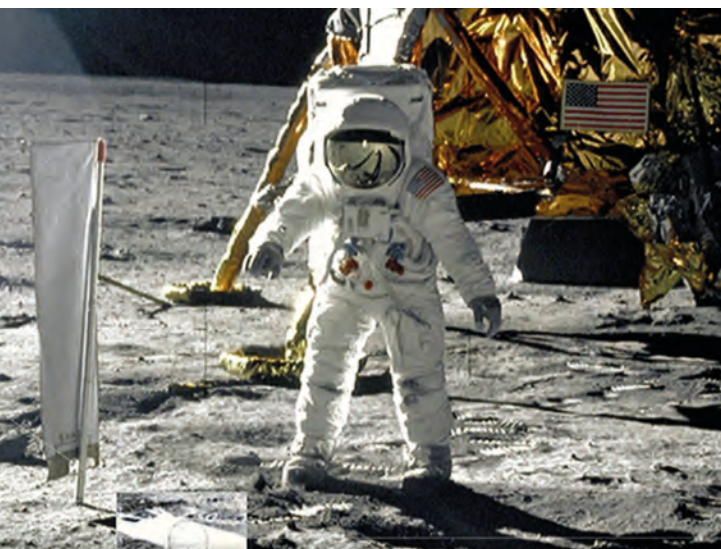
« La table de Mendeleïev est à elle seule un concentré de petite et grande histoire des sciences »

les 24 derniers sont produits artificiellement, par réactions nucléaires. Ces éléments portent le nom de grands chimistes ou prix Nobel comme le curium (n°96), qui rend hommage à Pierre et Marie Curie, le bohrium (n°107), à Niels Bohr, le rutherfordium (n°104), à Ernest Rutherford ou... le mendélévium (n°101) bien sûr. Leur appellation est aussi dérivée de noms de pays ou de villes : l'ytterbium (n°70) pour Ytterby en Suède, où il fut découvert, le lutécium, qui le suit au n°71, référence antique à Paris, ou le magnésium, tiré du grec Magnesia, une région de Thessalie riche de ce minerai. Les symboles apparaissent, As pour le toxique arsenic, Zn pour le zirconium qui fait les faux diamants. Certains sont d'une simplicité enfantine, I pour iode ou F pour fluor ; d'autres semblent aux non-initiés d'une logique plus floue : le N de l'azote provient en fait de *nitrogen* en allemand ; idem pour le sodium, symbolisé par Na, pour *natrium*. « Beaucoup d'éléments ont été découverts au cours du XIX^e siècle et ont fait l'objet de querelles entre chimistes français et allemands », rappelle Sylvain Picaud, pour qui la table de Mendeleïev est à elle seule « un concentré de petite et grande histoire des sciences... » Une histoire dont le début remonte à 14 milliards d'années.

TOUS ENFANTS DES ÉTOILES

Les 94 éléments qui se trouvent à l'état naturel sur notre planète sont issus de la lente formation de l'Univers. Tout ce qui existe sur Terre, les plantes, les animaux, les montagnes, les mers et l'air qu'on respire, a été créé dans le cœur d'une étoile. Retour sur une épopée vieille de 14 milliards d'années, alors que le Big Bang fait naître l'hydrogène et l'hélium, qui seront les composants principaux des premières étoiles. Au cours de leur vie, ces boules de gaz, par succession de réactions nucléaires dues à l'augmentation de leur température, font naître de nouveaux éléments chimiques, qu'elles libéreront à leur mort : le carbone et l'oxygène, composant majoritairement le cœur des étoiles de petite masse, poussent les enveloppes d'hydrogène et d'hélium qui les entourent, et se diffusent dans le milieu interstellaire en compagnie d'autres éléments déjà présents eux aussi, comme l'azote, le magnésium ou le sodium. Ce phénomène d'expulsion génère la capture de

neutrons, elle-même à l'origine de la création de nouveaux éléments chimiques tels le cadmium, le mercure, l'étain ou encore le tungstène. Le mécanisme est sensiblement le même dans le cas des étoiles massives, à ceci près qu'une température plus élevée permet la formation d'éléments de plus en plus lourds à mesure qu'on s'approche du centre de l'étoile. Sous l'effet d'une chaleur de plus en plus intense, le cœur de l'étoile se contracte et provoque son explosion en supernova, générant du même coup, par capture de neutrons également, l'apparition de l'or, de l'argent, de l'arsenic ou du radium dans le milieu interstellaire. « C'est à partir de la composition du milieu interstellaire que se forment de nouvelles étoiles, autour desquelles vont tourner des planètes, dont la Terre, formée il y a quelque 4,5 milliards d'années. » L'astrophysicienne Nadège Lagarde, conteuse pour l'occasion de l'histoire de nos origines chimiques, s'intéresse dans ses travaux plus précisément à l'hélium. C'est sur la Lune que nous transportent cette fois ses recherches. C'était il y a 50 ans. Le physicien Johannes Geiss, en poste à Berne, obtient de la NASA d'envoyer une de ses expériences à bord d'Apollo 11 : une feuille d'aluminium à exposer sur la



La feuille d'aluminium installée sur la Lune en 1969 pour récolter du vent solaire (photo officielle Apollo 11).

ARBRE GÉNÉALOGIQUE SCIENTIFIQUE

Les générations se succèdent au fil des directions de thèses, formant une sorte de grande généalogie liée par les avancées scientifiques. Par ce jeu d'héritage, Nadège Lagarde se trouve être l'arrière-petite-fille scientifique d'Hubert Reeves, qui a donné, avec Johannes Geiss, une explication de l'abondance de

deutérium recueilli sur la Lune au même moment que l'hélium 3. Plus de 40 années se sont ainsi écoulées entre l'anomalie de la mesure de l'hélium 3 révélée par l'un, et son explication par l'autre... Aujourd'hui, Nadège Lagarde poursuit ses recherches à l'Observatoire de Besançon

sur la formation et l'abondance des éléments chimiques dans les petites étoiles, notamment le lithium. Elle étudie comment le mouvement de rotation des étoiles a une influence sur leur composition chimique, de même que la circulation thermohaline qui les parcourt.

Lune, où l'absence d'atmosphère crée les conditions idéales pour récolter du vent solaire. Pour la petite histoire, la bannière en aluminium suisse aurait été plantée sur le sol lunaire avant même le drapeau américain ! Des mesures ont ainsi pu être effectuées à plusieurs reprises grâce au programme Apollo. Les analyses du vent solaire capturé donnent de précieuses indications sur la composition du nuage protosolaire qui a vu naître le Soleil, voilà plus de 4 milliards d'années. Confrontés aux modèles numériques, les résultats révèlent cependant une teneur en hélium 3 (^3He) très inférieure aux attendus¹, alors qu'ils sont conformes pour l'hydrogène et son isotope le deutérium (^2H), ou pour l'hélium (^4He). Une incohérence à l'origine de questionnements restés sans réponse dans la communauté scientifique pendant des décennies, jusqu'à ce que Nadège Lagarde livre les clés de compréhension de ce phénomène, dans la thèse qu'elle soutient à Genève en 2012. « Les petites étoiles sont celles qui produisent le plus d'hélium 3. Un processus particulier, en marge d'une réaction nucléaire classique, pouvait-il provoquer la destruction d' ^3He et ainsi expliquer son absence ? » Nadège Lagarde a mis en évidence qu'une circulation de type thermohaline, combinant variations de température et de teneur en éléments chimiques, assure le transport d' ^3He vers le cœur de l'étoile, où il est détruit par la chaleur. C'est donc bien sa destruction au cœur de l'étoile qui explique la relative rareté de l'hélium dans les mesures du vent solaire, ainsi que dans le milieu interstellaire actuel.

¹ Les isotopes d'un même élément présentent des propriétés physiques différentes, notamment de radioactivité. C'est le nombre de neutrons présents dans le noyau de l'atome qui caractérise un isotope. L'hélium 4, majoritaire, est l'isotope stable de l'hélium, il possède 2 protons et 2 neutrons ; l'hélium 3, moins abondant sur Terre, possède 2 protons et 1 neutron.

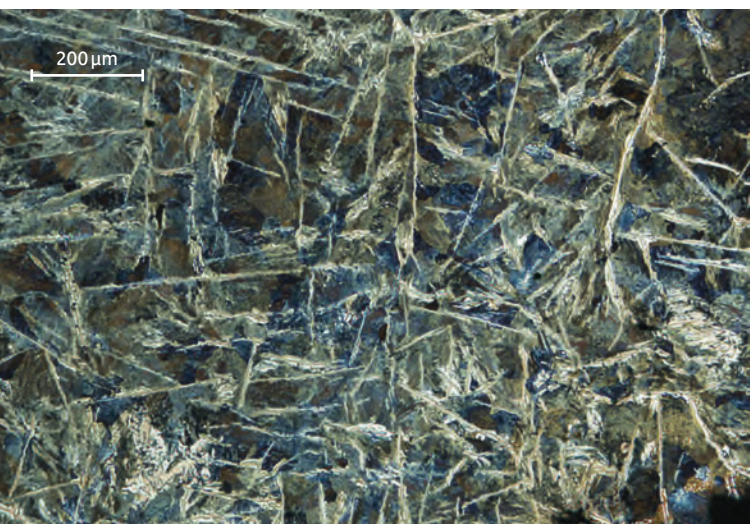
LE CARBONE 14, POUR DATER LES MÉTAUX FERREUX AUSSI

Sur Terre, les organismes vivants intègrent tous du carbone 14. La présence de cet isotope du carbone décroît de façon très régulière dès la mort de l'organisme : la mesure de la quantité de ^{14}C contenu dans un objet permet ainsi d'en déduire l'âge. La datation au ^{14}C est largement répandue en climatologie, volcanologie et bien sûr en archéologie. Dans ce dernier domaine cependant, des chercheurs du Laboratoire métallurgies et cultures (LMC-LAPA) de Belfort ont mis au point une méthode innovante pour pouvoir utiliser l'outil ^{14}C sur les métaux ferreux anciens. La démarche, initiée en 2012 et aujourd'hui parfaitement opérationnelle, reste unique au monde pour la datation des fers. Elle apporte un éclairage nouveau à l'histoire d'objets dont l'interprétation n'était jusque-là possible que par des approches stylistiques ou des éléments de contexte archéo-culturel. Des portions de fer anciennes, façonnées sous forme de bipyramides ou de plats roulés à leurs extrémités, et dont l'âge faisait débat dans le monde scientifique, ont ainsi pu être soumises à l'épreuve de la datation

La méthode analytique mise au point pour la datation des métaux ferreux anciens au ^{14}C a été développée dans le cadre d'une collaboration impliquant le LMC, le Laboratoire archéomatériaux et prévision de l'altération (LAPA), laboratoire de recherche correspondant du CEA, et le laboratoire de mesure du carbone 14 (LMC 14), qui réalise les mesures de ^{14}C pour l'ensemble de la communauté scientifique en France.

au carbone 14. « Tous les éléments, datés entre 500 et 800 av. J.-C., proviennent de la culture de Hallstatt, soit avant le second âge du fer, comme l'estimaient certains archéologues, et bien avant encore l'époque romaine à laquelle d'autres les attribuaient, en raison de leur découverte à proximité de vestiges de villas romaines. » Différents programmes de recherche dédiés à la datation d'éléments architecturaux sont menés au LMC-LAPA selon ce modèle. Ils concernent notamment les temples d'Angkor et la circulation du fer au Cambodge, ou encore les cathédrales de Beauvais et de Bourges, pour en déterminer la chronologie des étapes de construction et de rénovation. La datation des métaux ferreux permet également de mettre en évidence l'ancienneté et la diffusion du procédé indirect de fabrication des alliages de fer, qui est l'un des thèmes de recherche du laboratoire.

CARBONE DE COMBUSTION INCLUS DANS LE FER



© Marion Berranger LMC-IRAMAT-CNRS

*Acier hypereutectoïde (teneur en carbone supérieure à 0,9%)
Masse brute de réduction provenant d'Entraîns-sur-Nohain (58)*

À travers l'histoire, la production des métaux ferreux est obtenue selon deux techniques. Par réduction du minerai de fer, c'est-à-dire à une température inférieure au point de fusion du métal, soit 1536°C , on obtient un métal directement façonnable à chaud. La fonte du métal dans des hauts-fourneaux intervient, elle, à partir des XIV^{e} - XV^{e} siècles : ce procédé, dit indirect, a permis le développement de nouveaux alliages (fonte), nécessitant un traitement intermédiaire avant de pouvoir être déformés à chaud.

« Lors de la montée en température des fourneaux, le charbon de bois utilisé comme combustible libère du carbone qui s'allie au métal. C'est ce carbone qui est extrait et daté », explique Marion Berranger, archéométallurgiste au LMC. Le protocole d'analyse prend en compte la structure de l'objet, parfois réalisé d'un bloc, parfois comportant deux ou trois masses soudées entre elles, les inclusions de

scories ou de produits de corrosion, sources potentielles de pollution, et la répartition très hétérogène du carbone dans l'objet. « Il nous faut localiser et quantifier sa présence pour déterminer l'endroit où prélever un échantillon non pollué et dont la nature de l'alliage est connue. » Le carbone, extrait par combustion en quantités infimes, donne lieu à une analyse par spectromètre de masse par accélérateur.

PAS DE CHROME VI POUR LE TRAITEMENT DE SURFACE DE L'ALUMINIUM

Peu de laboratoires universitaires en France travaillent sur l'aluminium. À Besançon, c'est l'aspect traitement de surface, l'une des spécialités de l'Institut UTINAM, qui est développé, principalement pour des applications de protection contre la corrosion (aéronautique) ou de décoration (bâtiment).

La couche d'oxyde naturellement présente sur l'aluminium, de l'ordre de 30 nm d'épaisseur, est dans un premier temps décapée chimiquement ; l'application d'un traitement d'anodisation assure ensuite la protection. Une couche d'oxyde d'aluminium poreuse est formée lors de l'anodisation et atteint, en fonction des objectifs souhaités, une épaisseur de 5 à 100 µm. Cette couche peut être

Le chrome VI, fortement toxique, est désormais interdit pour de nombreuses applications

colorée par la pénétration de pigments dans sa porosité. Ultime étape du traitement de surface de l'aluminium, le colmatage permet, en refermant les pores de la couche d'oxyde, d'accroître la résistance à la corrosion du matériau et de piéger de manière durable les pigments. Virginie Moutarlier, responsable de la plateforme de chimie, et Rémy Viennet, enseignant-chercheur en génie des procédés, expliquent que l'ensemble des étapes du traitement de surface de l'aluminium est maîtrisé à l'Institut, pour lesquelles différentes recherches sont développées. « Elles sont souvent liées à la nécessité de trouver un substitut au chrome VI, fortement toxique et désormais interdit pour de nombreuses applications. » Les fabricants ont élaboré de nouvelles solutions chimiques, dont les modes d'action n'ont cependant pas clairement été identifiés. Les chimistes d'UTINAM s'emploient à caractériser ces solutions en vue d'aider les utilisateurs industriels à se rendre maîtres de leurs procédés. Toujours pour éviter de recourir aux solutions chromiques, des substituts à base d'acides moins toxiques sont développés pour l'étape d'anodisation, que l'on cherche par ailleurs à optimiser. « Pour assurer une coloration uniforme de l'aluminium, il est important que la régulation en température à 20°C lors de l'anodisation soit homogène sur toute la pièce. » Le système de circulation thermique est revu et contrôlé pour éviter que se forment des zones chaudes dans des structures de grande dimension, provoquant des défauts de couleur. Pour la dernière étape du procédé, le colmatage s'opère par immersion dans de l'eau à une température supérieure à 80°C, additionnée d'inhibiteurs de corrosion pour lesquels on doit encore une fois s'affranchir du chrome VI. Réduire la toxicité des procédés implique le recours à des bains chimiques d'une plus grande sensibilité que par le passé. Les jeunes générations de chimistes, par exemple titulaires du master Formulation et traitement de surface délivré par l'Université de Franche-Comté, rejoignent aujourd'hui les effectifs des entreprises, dont ils étaient presque absents il y a vingt ans encore, pour assurer le contrôle, la maîtrise et l'optimisation des procédés de traitement de surface.

SUIVRE LA TRACE DES TERRES RARES DANS LA NATURE

Pour une grande partie d'origine naturelle, les terres rares (TR) sont des éléments traces métalliques (ETM). Elles se comportent chimiquement comme tels, et si elles sont moins toxiques que le cadmium ou le plomb, elles sont susceptibles d'avoir des effets délétères sur les organismes. Mais si le problème environnemental est avéré aux abords des sites d'exploitation des terres rares, qui sont pour l'essentiel localisés en Chine, dans les pays consommateurs on ne peut pas vraiment parler de pollution, comme l'indique le géochimiste Marc Steinmann. « L'élément que l'on retrouve le plus dans les rivières est le gadolinium, principalement utilisé comme agent de contraste pour l'imagerie médicale. Les stations d'épuration ne peuvent filtrer le complexe organique dissout très stable qu'il forme avec son enveloppe, qui ne se dégrade pas. Cependant les doses détectées sont homéopathiques, mille fois en dessous de la dose estimée toxique. » Outre les aspects de pollution, Marc Steinmann et son équipe suivent à Chrono-environnement la trace des terres rares naturelles, pour comprendre les mécanismes à l'œuvre lors des échanges chimiques et des transferts opérés à l'interface eau / sol. « Les TR sont utilisées pour

BAINS GALVANIQUES POUR REVÊTEMENTS COMPOSITES

Les chercheurs de la Haute Ecole Arc Ingénierie ont développé un bain galvanique assurant le dépôt électrolytique d'une couche composite à base d'or, de cuivre et de cadmium, pour lequel ils ont déposé un brevet en 2016. « L'intérêt majeur du procédé est d'obtenir des revêtements de grande résistance à l'usure, tout en améliorant la conductivité électrique de l'alliage », explique Pierre-Antoine Gay, du groupe Ingénierie des surfaces. L'amélioration de la performance de ces revêtements est utile dans le domaine de l'électronique. La résistance accrue de certains composants pour satellites a été démontrée au travers de campagnes. L'ajout de nanotubes de carbone dans le bain galvanique a permis d'optimiser le procédé. Le revêtement, s'il fait toujours preuve d'excellentes performances en termes de résistivité électrique (inférieure à 10 mOhms) et de résistance à l'usure, présente un avantage esthétique certain pour des applications en horlogerie par exemple, la couche d'or (55 à 80 % du poids total) n'étant pas ternie par des nanoparticules aussi petites que celles du carbone.

caractériser l'origine des matières en suspension (MES) mobilisées lors d'une crue, dont on a pu distinguer deux catégories : en début de crue ce sont des sédiments déjà présents dans le karst qui sont remaniés par effet piston, suivis au pic de crue par des particules de sol mobilisées par l'événement pluvieux à l'origine de la crue. »

Dans une publication, issue de la thèse de Cybèle Cholet, parue en 2018 dans la revue *Hydrogeology Journal*, il est mis en évidence comment de fortes pluies ont une influence sur la composition chimique des sources

de la vallée de la Loue, alimentées par le plateau karstique du Jura. Le karst n'a pas d'effet filtrant, ce qui signifie que la pluie, si elle est abondante, s'écoule directement dans les sources. Lorsque les pluies sont très fortes, celles-ci agissent comme un piston et poussent l'eau stagnant dans les failles et les conduits, qui, elle, est au contact de la roche depuis longtemps. Les chercheurs ont relevé la présence de terres rares, des particules ultrafines déposées lors de crues anciennes, et expulsées avec l'eau par effet piston. Il s'agit essentiellement de néodyme, qui est présent dans ces particules avec d'autres ETM comme le plomb et le cobalt. Cette présence infime a été mise en évidence grâce à une méthode développée à Chrono-environnement pour analyser les polluants insolubles, fixés sur les matières en suspension dans l'eau, qui ne peuvent pas être détectés par les méthodes standard, recourant à de l'eau filtrée.



Dans le monde des terres rares © Pixabay

PRÉCIEUSES TERRES RARES

En général, les chimistes les appellent lanthanides, les géochimistes terres rares, et le grand public métaux rares. Même leur classification n'est pas unanimement admise par les scientifiques. Un consensus les définit cependant comme le groupe des 17 lanthanides du tableau des éléments, auxquels s'ajoutent l'yttrium et le scandium.

Tous ces éléments sont métalliques, mais tous ne sont pas forcément rares, au sens où on l'entend habituellement, comme pour l'or ou le platine. Ils étaient qualifiés de rares au XIX^e siècle parce qu'il était difficile de les séparer individuellement et de les doser. De nos jours, rare fait référence au fait qu'il est difficile de les exploiter de manière économiquement viable, en raison d'une concentration trop faible sur de nombreux sites. L'attitude de la Chine a aussi renforcé ce trait : en 2010, alors que les besoins explosent dans diverses industries du monde entier et qu'elle détient le quasi-monopole de leur production, la Chine décide d'interdire l'exportation de terres rares, générant panique et explosion des prix. Depuis, de nouveaux sites d'extraction se sont ouverts en Australie, aux États-Unis ou encore en Russie, obligeant la Chine à revenir sur sa décision. Les prix ont chuté, de même que les entreprises de recyclage créées entretemps, comme celle implantée en 2014 par le groupe Solvay à La Rochelle.

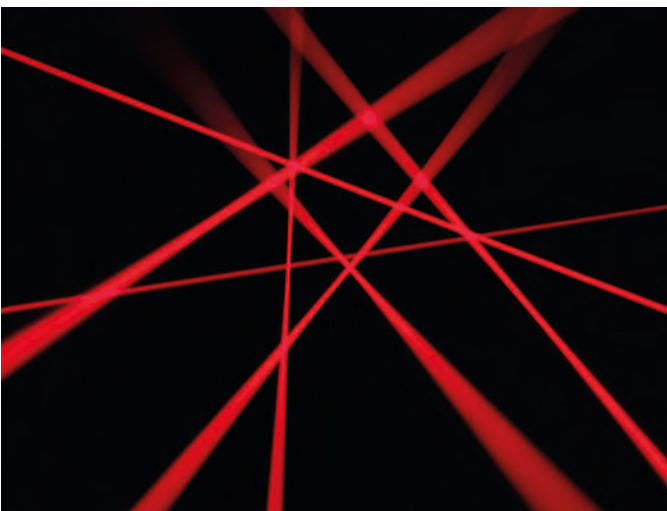
Les terres rares entrent dans la fabrication des céramiques et des verres, des catalyseurs, des aimants (pas moins de 600 kg de néodyme sont nécessaires pour faire tourner une éolienne), des batteries, des composants électroniques, des LED, dont ils modifient la spectralité et donc la couleur. Elles sont utilisées dans le domaine du nucléaire, en médecine, et même en agriculture où certaines remplacent les antibiotiques pour l'élevage.

Les chimistes
les appellent
lanthanides, les
géochimistes
terres rares, et
le grand public
métaux rares

LARGE SPECTRE D'ÉLÉMENTS CHIMIQUES POUR LES LASERS

Hélium, néon, aluminium, gallium, arsenic, oxygène, carbone, titane, chrome, ytterbium, erbium, néodyme... la technologie laser exploite largement la palette des éléments chimiques, et là aussi les ions de terres rares, pour créer des rayons lumineux monochromatiques de grande pureté spectrale : à différentes longueurs d'onde, ceux-ci correspondent à autant de couleurs du spectre électromagnétique, visibles ou non. Ainsi dans un laser à gaz hélium-néon, prisé en spectroscopie, les atomes d'hélium transmettent leur énergie électronique par collision avec des atomes de néon, qui génèrent une émission laser rouge. Le laser utilisant un cristal de saphir (Al_2O_3) dopé par ion titane est le plus répandu actuellement pour créer des impulsions femtosecondes ; il entre dans la grande famille des lasers à solides, tout comme le laser Nd-YAG, à cristal de grenat d'yttrium-aluminium ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) dopé au néodyme, servant à l'usinage par exemple, ou les lasers à fibre de silice (SiO_2), dopée à l'erbium, pour les télécommunications optiques. La combinaison arséniure de gallium-aluminium (AlGaAs) est un exemple de conception de lasers à semi-conducteur, qui sont les plus utilisés au monde actuellement, notamment pour la lecture de codes-barres, de disques optiques... Dans le large éventail des rayonnements ainsi obtenus, l'appellation « laser blanc » est un abus de langage, comme l'explique Hervé Maillotte, spécialiste en optique non-linéaire à l'Institut FEMTO-ST : « Le rayon blanc résulte de la combinaison de différentes couleurs, et donc

La technologie laser exploite la palette des éléments chimiques pour créer des rayons lumineux monochromatiques de grande pureté spectrale



de photons différents, au contraire du laser. Il est obtenu par une conversion de longueur d'onde, spectralement élargie par une cascade d'effets non-linéaires, dans une fibre optique par exemple, à partir d'un rayonnement laser monochromatique. »

En revanche, comme pour un laser, les photons vont bien tous dans la même direction. La brillance de cette lumière blanche, directive et confinée, qui en réalité s'appelle un supercontinuum, est supérieure à celle du Soleil. Cette technologie fait l'objet de recherches au département Optique de FEMTO-ST, qui s'attache aujourd'hui à développer des supercontinuum dans l'infrarouge et l'ultraviolet, à partir de fibres optiques spécifiques réalisées au laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB). « Le domaine du moyen infrarouge présente un intérêt extraordinaire pour la spectroscopie, permettant la détection de molécules pesticides, de polluants atmosphériques, de bactéries... Des lasers ou des supercontinuum de nouvelle génération pourraient apporter des développements inédits à ce domaine prometteur. »

CHAUD OU FROID À LA DEMANDE AVEC L'HYDROGÈNE

« L'hydrogène est
l'élément chimique
le plus abondant
sur Terre : c'est un
incontournable, qui
s'inscrit pleinement
dans une démarche
de développement
durable »

La cogénération consiste à produire deux types d'énergie, le plus souvent de l'électricité et de la chaleur, à partir d'un même combustible : énergies fossiles, biomasse, déchets de production... À partir d'hydrogène aussi, l'élément chimique favori des chercheurs et ingénieurs de FCLab, à Belfort. La fédération de recherche vient de s'engager dans un projet ANR réunissant UBFC, l'Institut FEMTO-ST, la *start-up* H2SYS et les universités de Perpignan et de la Polynésie française : « Dans le domaine de la cogénération, le projet RECIF est innovant en ce sens qu'il veut élaborer une réponse sur mesure à une demande particulière à un territoire », explique Daniel Hissel, directeur du FCLab. Ce territoire, la Polynésie, n'a pas de grands besoins en eau chaude sanitaire, et encore moins en chauffage. Il est en revanche fortement concerné par des installations de climatisation. Le projet prévoit la réalisation, sur place, d'un système énergétique complet, dans un premier temps sous la forme d'un prototype de dimensions réelles. Des panneaux photovoltaïques piégeant l'énergie du soleil génèrent de l'électricité, elle-même assurant la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau. Cet hydrogène stocké dans des réservoirs sera transformé en électricité à la demande, par l'intermédiaire d'une pile à combustible (PAC). La chaleur dégagée lors de cette opération sera transmutée en froid pour la climatisation, grâce à un système thermochimique inclus dans le dispositif de cogénération.

« Le stockage d'hydrogène pour ces applications énergétiques ne constitue pas un problème car il s'effectue à basse pression (30 bars) », souligne Daniel Hissel.

Le recours à l'hydrogène pour les besoins énergétiques

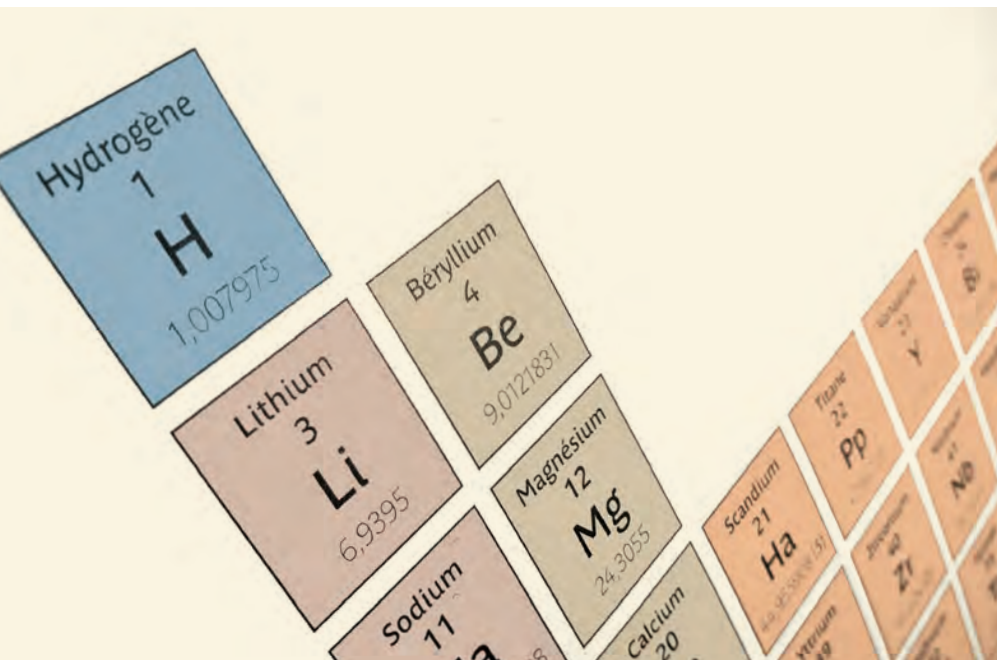
de l'habitat fait l'objet de développements, notamment au Japon, où, après la catastrophe de Fukushima, la volonté est de trouver des solutions de substitution au nucléaire. 300 000 systèmes de cogénération à base d'hydrogène ont ainsi été installés sur l'archipel pour la production d'électricité et d'eau chaude, avec le soutien financier de l'État. Sous nos latitudes, les spécialistes ont élaboré des projections : à Belfort, ils estiment que 40 m² de panneaux photovoltaïques pourraient sans problème répondre aux besoins en énergie d'une famille sur l'ensemble de l'année.

L'hydrogène, énergie d'avenir ? Daniel Hissel en est convaincu.

« L'hydrogène est l'élément chimique le plus abondant sur

Terre : c'est un incontournable, qui

s'inscrit pleinement dans une démarche de développement durable dès lors qu'il est produit à partir d'énergies renouvelables, comme celle provenant du soleil. »



L'ALLIANCE DU FER ET DE L'OR POUR LUTTER CONTRE LE CANCER

Il travaille à partir d'or, connu pour ses propriétés radiosensibilisantes. Elle étudie le fer et ses effets thermiques sur les cellules. Ensemble, ils élaborent des nanoparticules susceptibles de renforcer l'efficacité des traitements anticancéreux, tout en réduisant leur toxicité. Rana Bazzi et Stéphane Roux sont tous deux chercheurs en chimie à l'Institut UTINAM, et enseignants à l'université de Franche-Comté. « Nous savons depuis plusieurs années que l'action radiosensibilisante des particules d'or rend les cellules cancéreuses plus réceptives aux radiothérapies », explique Stéphane Roux. Une action rendue possible grâce à la porosité des vaisseaux sanguins irriguant les tumeurs solides, favorisant à cet endroit l'accumulation des nanoparticules : les nanoparticules franchissent allègrement la barrière sanguine, alors que leur diamètre ne leur permet pas de s'échapper des autres vaisseaux, ce qui constitue à l'inverse une garantie de protection pour les cellules saines. L'accumulation préférentielle permet alors d'exploiter les propriétés des nanoparticules pour imager et traiter la zone tumorale. Des tests d'hyperthermie magnétique récemment effectués sur des rongeurs apportent par ailleurs la preuve des propriétés de nanofleurs d'oxyde de fer, nanostructures résultant de l'assemblage contrôlé de nanoparticules sphériques, pour augmenter la température dans la tumeur. « Sous l'effet d'un champ magnétique opérant à distance, l'oxyde de fer provoque un échauffement local fragilisant les cellules cancéreuses, qui deviennent d'autant plus sensibles aux traitements », explique Rana Bazzi. Rendue à double titre plus efficace, la radiothérapie pourrait être reconsidérée en termes de dosage, un intérêt d'autant plus important qu'un traitement lourd peut provoquer l'apparition de nouvelles tumeurs, des années après son administration. Les chercheurs étudient parallèlement les phénomènes d'élimination des particules dans l'organisme, d'une part pour évaluer d'éventuels risques de toxicité, et d'autre part pour assurer une plus grande viabilité au procédé. « Les praticiens ont besoin d'un laps de temps suffisant, après l'injection des nanoparticules, pour mettre en place le protocole de radiothérapie. Les particules doivent donc rester suffisamment longtemps dans l'organisme. » L'or n'est pas biodégradable, mais il est facilement éliminé par le rein, car sa taille est limitée à 7 nm. Les particules d'oxyde de fer, de 20 à 30 nm, ne peuvent pas être éliminées, mais sont biodégradables. Il convient de jouer sur les deux tableaux pour trouver un point d'équilibre, une combinaison efficace pour retarder l'élimination de l'or. Les premiers ajustements ont permis de passer de 20 min à 5 h, voire 7 h de présence de l'or dans la zone tumorale, et de meilleurs résultats encore sont espérés. « L'effet sensibilisant d'un élément chimique augmente avec son numéro atomique », rappellent les chercheurs. Ainsi l'or, portant le n°79, présente des propriétés supérieures à celles d'un autre radiosensibilisant, le gadolinium, affichant le n°64. Mais leurs performances, sous la forme de nanoparticules de taille similaire, sont en réalité pour l'instant comparables, car le gadolinium reste plus longtemps que l'or dans l'organisme, avant d'en être éliminé. L'or sert également de marqueur pour un suivi par imagerie. « On vérifie ainsi que les particules se trouvent bien dans la zone d'intérêt, et on détermine le moment le plus adéquat pour appliquer le traitement par radiothérapie. Car les cancers sont tous différents et les zones à traiter variables. » Les travaux de recherche menés par Stéphane Roux et Rana Bazzi s'inscrivent dans le cadre de projets ANR et I-SITE, et sont soutenus par le Cancéropôle du Grand Est et la Région Bourgogne - Franche-Comté.

Contacts :

• Institut UTINAM

UFC / CNRS

Sylvain Picaud

Tél. +33 (0)3 81 66 64 78

sylvain.picaud@utinam.cnrs.fr

Virginie Moutarlier / Rémy Viennet

Tél. +33 (0)3 81 66 20 22 / 68 56

virginie.moutarlier@univ-fcomte.fr

remy.viennet@univ-fcomte.fr

Nadège Lagarde

Tél. +33 (0)3 81 66 69 33

nadege.lagarde@utinam.cnrs.fr

Rana Bazzi / Stéphane Roux

Tél. +33 (0)3 81 66 62 94 / 62 99

rana.bazzi@univ-fcomte.fr

stephane.roux@univ-fcomte.fr

• Institut FEMTO-ST

UFC / ENSMM / UTBM / CNRS

Département optique

Hervé Maillotte

Tél. +33 (0)3 81 66 64 25

herve.maillotte@univ-fcomte.fr

• Haute Ecole Arc Ingénierie

Pierre-Antoine Gay

Tél. +41 (0)32 930 13 86

pierre-antoine.gay@he-arc.ch

• Laboratoire Chrono-environnement

UFC / CNRS

Marc Steinmann

Tél. +33 (0)3 81 66 65 46

marc.steinmann@univ-fcomte.fr

• Laboratoire métallurgies et cultures

(LMC) - UTBM / CNRS

Marion Berranger

Tél. +33 (0)3 84 58 38 11

marion.berranger@utbm.fr

• FCLAB - CNRS / Institut FEMTO-ST /

SATIE / AMPERE / LEMTA / ICB / LTE

Daniel Hissel

Tél. +33 (0)3 84 58 36 21

daniel.hissel@univ-fcomte.fr



EN DIRECT

LE JOURNAL DE LA RECHERCHE ET DU TRANSFERT DE L'ARC JURASSIEN

Direction recherche et valorisation | Université de Franche-Comté

Tél. +33 (0)3 81 66 20 95 / 20 88 | Journal-EnDirect@univ-fcomte.fr

endirect.univ-fcomte.fr

Directeur de la publication : Jacques Bahi | Rédaction : Catherine Tondou

Composition : Gaëlle Ruf | Conception graphique : Gwladys Darlot

Impression : L'imprimeur Simon, Ornans / Imprim'vert.

en direct est édité par : Université de Franche-Comté^{1/2}

1, rue Claude Goudimel | 25030 Besançon cedex

Président : Jacques Bahi | Tél. +33 (0)3 81 66 50 03

en association avec : Université de technologie de Belfort-Montbéliard^{1/2}

90010 Belfort cedex | Directeur : Ghislain Montavon | Tél. +33 (0)3 84 58 30 00

École nationale supérieure de mécanique et des microtechniques^{1/2}

Chemin de l'Épitaphe | 25030 Besançon cedex

Directeur : Pascal Vairac | Tél. +33 (0)3 81 40 27 00

Université de Neuchâtel¹ | Avenue du 1^{er} mars 26 | CH - 2000 Neuchâtel

Recteur : Kilian Stoffel | Tél. +41 (0)32 718 10 20

Haute Ecole Arc¹ | Espace de l'Europe 11 | CH - 2000 Neuchâtel

Directrice : Brigitte Bachelard | Tél. +41 (0)32 930 11 11

Établissement français du sang Bourgogne - Franche-Comté

1, boulevard A. Fleming | 25020 Besançon cedex

Directeur : Pascal Morel | Tél. +33 (0)3 81 61 56 15

¹ Établissement membre de la Communauté du savoir, réseau de collaboration de l'Arc jurassien franco-suisse. ² Membre fondateur de la communauté d'établissements UBFC

Avec le soutien du Conseil régional de Bourgogne - Franche-Comté.
ISSN : 0987-254 X. Dépôt légal : à parution. Commission paritaire de presse :
2262 ADEP - 6 numéros par an. Pour s'abonner gratuitement, formulaire sur
endirect.univ-fcomte.fr