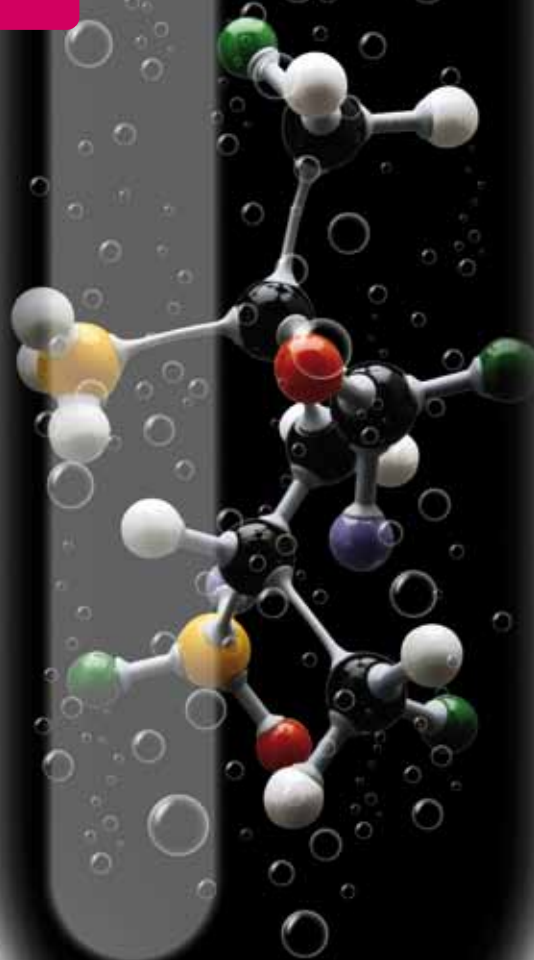


Campus

N° 102 février-mars 2011



CHIMIE: LES ÉLÉMENTS SE DÉCHAÎNENT

La **surpêche** menace
les dauphins du Pérou

Une formation pour aider
Haïti à **se reconstruire**



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

Le code nouveau est arrivé



Depuis le 1^{er} janvier dernier, un nouveau code de procédure pénale est entré en vigueur au niveau fédéral. Il unifie 26 codes cantonaux parfois très différents. Explications avec Bernhard Sträuli, professeur au Département de droit pénal

Ce nouveau code est-il censé simplifier la procédure pénale en Suisse?

BERNHARD STRÄULI: Harmoniser oui, mais pas nécessairement simplifier. Le nouveau code est assez lourd, notamment en ce qui concerne l'obligation de documenter les actes de procédure. En termes d'économie de procédure, certains cantons, dont Genève, vont y perdre. Cela dit, l'unification des 26 codes cantonaux constitue un progrès. Désormais, une perquisition sera effectuée dans tous les pays selon les mêmes règles; et un meurtre, qui était autrefois jugé selon un rituel pouvant varier d'un canton à l'autre, le sera au gré d'une procédure identique, les particularismes se limitant à la composition des tribunaux. Par ailleurs, cette réforme est intéressante pour les praticiens. Auparavant, le morcellement du droit ne permettait que rarement de générer de la jurisprudence et de la doctrine en quantité et en qualité suffisantes. Depuis le 1^{er} janvier, les expériences réalisées à Saint-Gall, par exemple, pourront être reprises à Genève et inversement.

A Genève, le changement le plus important concerne la disparition du juge d'instruction. Qu'est-ce que cela implique?

La fonction du juge d'instruction est née avec le code d'instruction pénale napoléonien du début du XIX^e siècle. Ce magistrat avait la particularité d'être indépendant et impartial. Distinct du ministère public, il était chargé d'instruire un dossier, seul ou en collaboration avec la police. Jusqu'à l'année dernière, tous les cantons romands et certains cantons alémaniques possédaient encore un juge d'instruction. Dans le nouveau système, cette figure disparaît. Ses principales fonctions passent aux mains du ministère public. Cela signifie que le procureur cumule désormais les casquettes d'autorité de poursuite et d'autorité chargée de l'enquête. De par la loi, ce magistrat a l'obligation d'instruire tout dossier à charge et à décharge alors même

qu'il est l'adversaire naturel du prévenu. Ce modèle a déjà été adopté par certains cantons voilà plusieurs années, notamment Bâle-Ville et le Tessin. Le juge d'instruction, qui existe encore en France, a également été supprimé en Allemagne au milieu des années 1970 et en Italie à la fin des années 1980.

Le ministère public ne risque-t-il pas d'instruire un dossier uniquement à charge?

Cette crainte est exagérée. A Genève seulement 10 à 15% des affaires étaient instruites par un juge d'instruction. Les autres, d'importance moindre, étaient déjà traitées par la police et le ministère public. Et cela fonctionnait de manière satisfaisante. Quoi qu'il en soit, le système s'autorégulera. On peut sans doute qualifier de «suicidaire» le procureur qui irait en audience de jugement avec un dossier instruit exclusivement à charge; le risque de voir ce dernier se «dégonfler» durant le procès est bien trop grand.

Quelles sont les autres différences pour le justiciable genevois?

L'une des innovations, qui contrebalance d'ailleurs le pouvoir accru du ministère public, est l'apparition de l'avocat dit «de la première heure», qui n'existait pas à Genève. Aujourd'hui, toute personne entendue par la police en qualité de prévenu peut d'emblée être assistée d'un avocat. La jurisprudence de la Cour européenne des droits de l'homme, qui progresse plus vite que nos réformes législatives, en partie déjà dépassées avant même leur entrée en vigueur, prévoit d'ailleurs que l'interrogatoire par la police d'un prévenu en l'absence d'un avocat pourtant sollicité est simplement inutilisable comme moyen de preuve. Une autre nouveauté est la généralisation du double degré de juridiction, soit la possibilité pour les parties (accusation et défense) de soumettre un jugement de première instance à un contrôle complet, en fait (appréciation des preuves) comme en droit (application de la loi),

par une instance cantonale supérieure, ce qui n'était par exemple pas possible à Genève dans les affaires de moyenne et grande criminalité.

Les professeurs de droit ont-ils été consultés dans la genèse de cette loi?

Sur le papier, oui. En réalité, fort peu d'observations venues de Suisse romande ont été prises en compte. Nous avons eu l'impression que le train était déjà lancé quand nous avons été sollicités. Dans les grandes lignes, la loi actuelle, dont l'avant-projet a été rédigé par un professeur de l'Université de Zurich, est un code de procédure zurichois mis à jour et comprenant des influences bernoises. Pour ne rien arranger, la version française est calamiteuse. A tel point que certaines dispositions disent en français le contraire de ce qui figure dans le texte allemand. Je crains que ces «bombes à retardement» n'aient pas encore toutes été détectées.

Cela peut-il se corriger?

Le texte est entré en vigueur tel quel. Il est néanmoins possible que la loi soit révisée rapidement, à l'image de la réforme du droit des sanctions dans le code pénal, entrée en vigueur en 2007 et presque aussitôt soumise au feu nourri de démarches parlementaires.

Contribuez-vous à former les magistrats aux subtilités du nouveau code?

Oui. La Faculté de droit a organisé en novembre 2010 une journée complète sur le nouveau code. Pas moins de 550 personnes y ont participé. Par ailleurs, les professeurs de droit pénal des universités romandes se sont fait un devoir d'offrir des formations aux procureurs et aux juges, mais aussi aux policiers et aux avocats des différents cantons de langue française. Maintenant, il appartient à ces praticiens de faire leur propre bout de chemin pour se familiariser avec le nouveau texte. ■

Propos recueillis par Anton Vos

RECHERCHE

- 4 **Génétique**
Une étude récente de génétique moléculaire indique que la population péruvienne de marsouins de Burmeister est menacée d'extinction. Ce sont les restes de ces animaux, vendus sur des marchés locaux, qui le révèlent.
- 6 **Education**
Les tests de QI sous-estiment le potentiel de près d'un tiers des élèves en difficulté. Pour y remédier, deux chercheurs en éducation spéciale ont mis au point une série de tâches permettant un diagnostic plus précis et des interventions mieux ciblées.
- 8 **Géologie**
La géologie de Genève est enfin complète. Une cartographie en trois dimensions des couches sédimentaires qui composent le sous-sol du canton a été réalisée dans une thèse qui vient d'être publiée.
- 9 **Etudes internationales**
Confronté à la retraite annoncée du dalaï-lama, le mouvement nationaliste tibétain se trouve aujourd'hui à la croisée des chemins. Une thèse primée par le Prix Pierre du Bois 2010 en retrace l'histoire.

10 – 27 DOSSIER CHIMIE: LES ÉLÉMENTS SE DÉCHAÎNENT



2011 a été déclarée année internationale de la chimie. C'est l'occasion pour les chercheurs de présenter leur discipline, souvent méconnue du grand public

L'UNIGE possède une chaire dédiée à l'étude d'une série d'éléments connus sous le nom de terres rares qui défrayent l'actualité. Entretien avec son titulaire, le professeur Claude Piguet

Marylou Tercier-Waeber, du Département de chimie minérale, analytique et appliquée, a développé des sondes capables de détecter dans l'eau la présence de métaux lourds avec une très grande précision

RENDEZ-VOUS

- 28 **L'invitée**
Cynthia Fleury: «Le coût de la lâcheté est bien supérieur à celui du courage.»
- 30 **Extra-Muros**
Mieux anticiper et mieux gérer les conséquences des catastrophes naturelles: tel est l'objectif de la formation mise sur pied en Haïti par le Centre d'enseignement et de recherche en action humanitaire. Un programme inauguré en juin dernier, six mois à peine après le séisme du 12 janvier 2010.
- 32 **Tête chercheuse**
Au cours du XIX^e siècle, le chercheur genevois Jean-Charles Galissard de Marignac a mesuré la masse atomique de 28 éléments chimiques. Il est également le seul Suisse à en avoir découvert deux: le gadolinium et l'ytterbium.
- 34 **A lire**
«La Chaîne du pénal», par Michel Porret (dir).
«Histoire de la Suisse» tomes I à V, par François Walter.
«Le Projet de Ferdinand de Saussure», sous la direction de Jean-Paul Bronckart, Ecaterina Bulea et Cristina Bota.
- 35 **Actus**
- 36 **Thèses**

PHOTO DE COUVERTURE: ISTOCK

Abonnez-vous à «Campus»!

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau. Des rubriques variées vous attendent, sur l'activité des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue!

Abonnez-vous par e-mail (campus@unige.ch) ou en remplissant et en envoyant le coupon ci-dessous:

Je souhaite m'abonner gratuitement à «Campus»

Nom: _____ Prénom: _____
Adresse: _____ N° postal/localité: _____
Tél.: _____ E-mail: _____

Université de Genève – Presse Information Publications – 24, rue Général-Dufour – 1211 Genève 4
Fax: 022/379 77 29 – E-mail: campus@unige.ch – Web: www.unige.ch/campus

Un petit dauphin du Pérou victime de la surpêche

Une étude récente de génétique moléculaire semble indiquer que la population péruvienne de marsouins de Burmeister est menacée d'extinction. Ce sont les restes de ces animaux, vendus sur des marchés locaux, qui le révèlent. Explications

La population péruvienne d'une espèce de dauphin, le marsouin de Burmeister (*Phocoena spinipinnis*), est peut-être sur le point de disparaître. C'est une étude récente menée par Athanasia Tzika, post-doctorante et membre du laboratoire de Michel Milinkovitch, professeur au Département de génétique et évolution, qui le révèle. Paru dans la revue *Conservation Genetics* du mois de décembre, l'article se base sur une estimation des captures «accidentelles» effectuées par les pêcheurs locaux. Alors que ce cétacé, pourtant protégé par des lois sévères, représentait environ 50% des prises non ciblées au cours des années 1990, cette proportion semble s'être effondrée brutalement à 18,1% sur la période 2006-2007. Le marsouin de Burmeister du Pérou est d'autant plus vulnérable à la surpêche qu'il n'entretient aucun contact avec ses congénères habitant tout le pourtour de l'Amérique du Sud, du Chili jusqu'aux côtes du Brésil. Il ne peut donc pas compter sur les effectifs des eaux voisines pour repeupler ses rangs clairsemés.

MORCEAUX MÉCONNAISSABLES

«Le Laboratoire d'évolution artificielle et naturelle que je dirige tente avant tout d'identifier les mécanismes moléculaires qui génèrent la complexité et la diversité des êtres vivants, précise Michel Milinkovitch. Mais ces mêmes méthodes de génétique permettent parfois de répondre à des questions beaucoup plus concrètes, comme celles touchant à la conservation des espèces. Dans le cas présent, nous avons analysé 182 échantillons de peau et de viande de cétacés collectés sur trois marchés péruviens entre juillet 2006 et avril 2007. La génétique moléculaire était indispensable pour obtenir des renseignements sur l'espèce et le sexe des individus auxquels appartenaient ces morceaux, car ils n'étaient pas, en l'état, reconnaissables.»

En plus du marsouin de Burmeister, les chercheurs ont identifié quatre autres espèces:

le dauphin commun à bec court (*Delphinus delphis*), le dauphin commun à long bec (*Delphinus capensis*), le dauphin obscur (*Lagenorhynchus obscurus*) et le grand dauphin (*Tursiops truncatus*). Ces espèces ne sont pour l'heure pas menacées d'extinction, à l'exception peut-être du dauphin obscur qui est un animal côtier et moins fréquent, comme le marsouin de Burmeister, et dont la population péruvienne pourrait également être en danger.

Les captures «non ciblées» (by-catch) dans la pêche représentent un problème à l'échelle mondiale depuis l'apparition des filets en nylon il y a environ soixante ans. Avec un tel matériel, meilleur marché et plus résistant que l'ancien, la pêche a changé d'échelle. On estime que dans le monde plus de 300 000 petites baleines, dauphins et marsouins sont ainsi pris chaque année dans les mailles de pièges qui ne leur sont, en principe, pas destinés. Résultat: le by-catch est devenu la première cause de mortalité des petits cétacés. Au point d'amener certaines espèces au seuil de l'extinction.

Au Pérou, la situation est critique. La pêche des cétacés y est suivie par des biologistes depuis 1985 ce qui a permis de remarquer une augmentation régulière des prises non ciblées. Pour contrer cette évolution, l'exploitation de ces mammifères marins devient illégale par décret en 1990. Cette première mesure s'avère inefficace et elle est suivie par une loi en 1996 qui interdit toute capture et commerce des cinq espèces de marsouins et de dauphins cités plus haut, entre autres.

C'est dans ce contexte que l'on retrouve Michel Milinkovitch. Le généticien travaille depuis 1992 sur les dauphins obscurs et les marsouins de Burmeister du Pérou. Son objectif est d'étudier la structure génétique de leurs populations. «Au début, nous nous sommes focalisés sur ces deux espèces simplement parce

qu'elles étaient les plus fréquentes, se souvient-il. A l'époque, leur pêche n'était pas interdite et les captures accidentelles étaient ramenées entières au port avant d'être dépecées.»

En dix ans, grâce à l'aide de collaborateurs locaux, très actifs dans la conservation de ces animaux, Michel Milinkovitch a rassemblé des centaines d'échantillons qui lui ont permis d'effectuer ses analyses de génétique des populations. C'est alors que le généticien remarque que les populations péruviennes de marsouins de Burmeister et de dauphins obscurs sont totalement isolées génétiquement de leurs congénères du Chili ou d'Argentine.

FRONTIÈRE INFRANCHISSABLE

«Il existe entre ces populations une barrière à la reproduction dont on ignore la nature», explique Michel Milinkovitch. La raison peut être comportementale ou océanographique. Le courant marin du phénomène *El Niño* vient en effet justement frapper entre le Pérou et le Chili et pourrait jouer le rôle de frontière infranchissable. A moins qu'il ne s'agisse d'autre chose encore.

Quoi qu'il en soit, cette découverte a permis d'alerter les autorités sur le fait que, dans ce cas, il est erroné de fixer des quotas pour une espèce entière et qu'il faut plutôt considérer le problème de la pêche population par population. Car si l'une d'elles disparaissait, elle pourrait bien ne jamais être remplacée à cause de son isolement. Et les tentatives de relocation, trop complexes, délicates et coûteuses, sont, en majorité, vouées à l'échec.

«Dans cette situation, la législation actuelle, mise en place en grande partie grâce à la pression d'experts dont font partie nos collaborateurs, peut paraître une bonne chose, note Michel Milinkovitch. En réalité, elle a eu un effet pervers. Elle empêche désormais de réaliser un suivi précis des captures de cétacés. Par crainte de la répression, les

pêcheurs ne ramènent en effet plus aucun cadavre entier au port. Cela ne signifie pas que l'exploitation des cétacés a cessé. Elle est juste devenue invisible.»

La grande partie des prises prétendument accidentelles est soit utilisée comme appât pour la pêche d'autres poissons ou simplement rejetée à la mer. Le reste est vendu clandestinement dans les marchés locaux dont ceux de San José, de Salaverry et de Chimbote, où se sont approvisionnés les biologistes genevois.

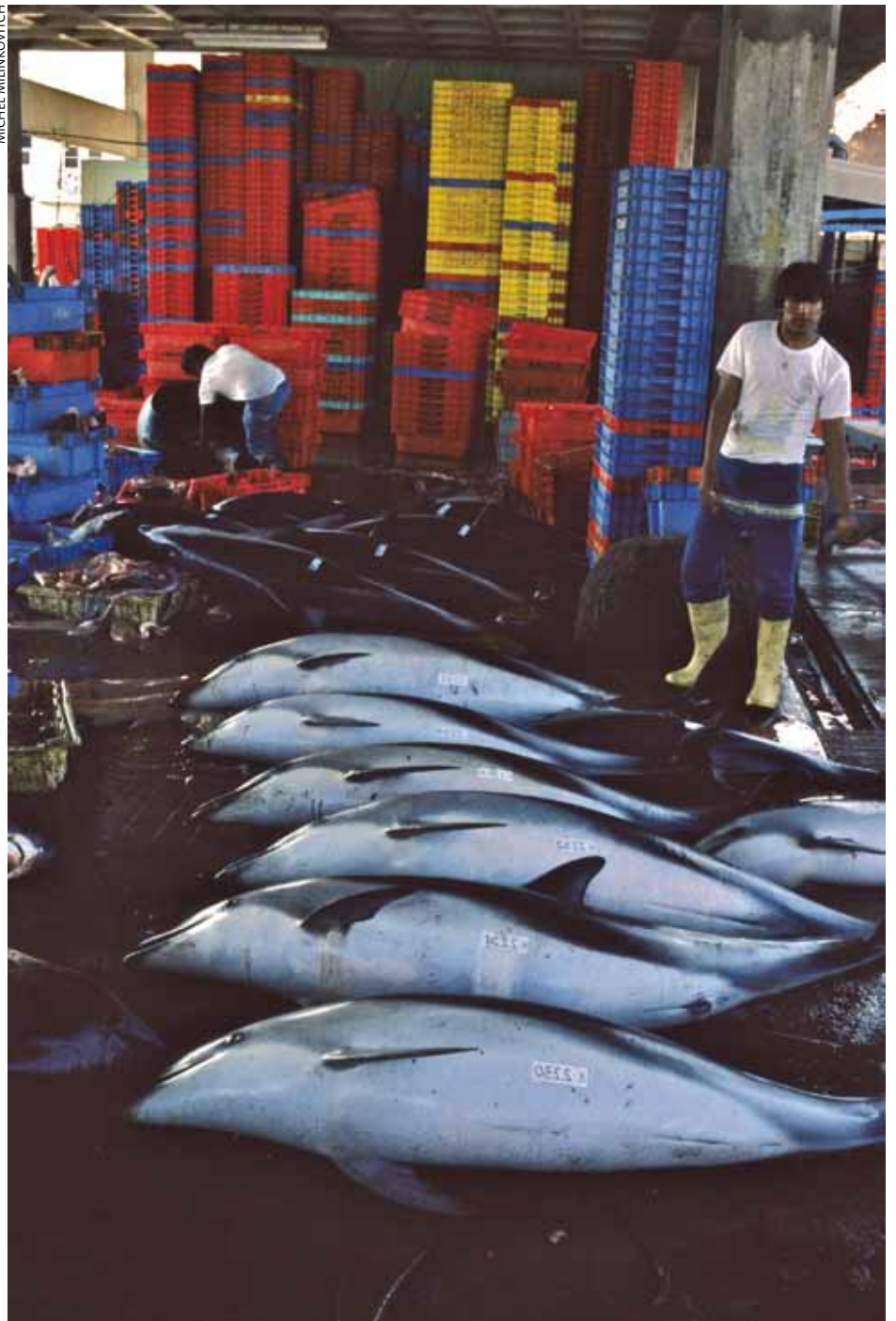
«Il est difficile de s'assurer que notre échantillon est représentatif des populations vivant en mer, admet Athanasia Tzika. Je peux néanmoins affirmer que chaque morceau de viande ou de peau trouvé sur les marchés que nous avons analysé a appartenu à un individu différent. De toute façon, il n'y a plus beaucoup d'autres façons de procéder si l'on veut connaître l'évolution des effectifs.»

Une alternative est celle adoptée par Jeffrey Mangel, de l'Université d'Exeter et cosignataire de l'article de *Conservation Genetics*. Le chercheur britannique est en effet monté à bord de petits bateaux de pêcheurs basés dans le port de Salaverry. Au cours de 66 sorties en mer, entre mars 2005 et juillet 2007, son équipe a pu constater la capture de 253 petits cétacés appartenant aux espèces protégées dans des filets dérivants ou des palangres (une succession de lignes terminées par des hameçons).

ENCORE PLUS INQUIÉTANT

L'article qui rapporte ces observations, paru dans la revue *Biological Conservation* du mois de janvier 2010, indique que la proportion de marsouins de Burmeister sur l'ensemble des prises n'est que de 6%, un chiffre encore plus inquiétant que celui avancé par les chercheurs genevois. Le papier conclut que le port de Salaverry pêche en moyenne plus de 2400 individus par année et que la côte péruvienne en général représente l'une des régions les

MICHEL MILINKOVITCH



Des dauphins obscurs, dans le port de Pucusana en 1993, à 50 km au sud de Lima.

plus préoccupantes du monde en matière de captures non ciblées de petits cétacés.

Au final, il en ressort que la loi, trop facilement contournée, ne parvient pas à juguler les prises accidentelles. La sensibilisation de la population est un levier qui fonctionne dans une certaine mesure. Il y a vingt ans, on ne trouvait pratiquement que des étrangers pour s'intéresser au sort des dauphins. Aujourd'hui, ce sont des Péruviens qui s'occupent en majorité des problèmes de conservation. Mais le problème majeur est que les pêcheurs (et de manière générale l'être humain, qu'il soit pauvre ou riche) se préoccupent de leur bien-être à court terme et n'adhèrent pas facilement à l'idée d'une exploitation durable, donc moins agressive, de leurs ressources.

Des solutions existent pourtant, mais elles sont onéreuses et généralement mal accueillies par les professionnels: modification du matériel de pêche, utilisation d'alarmes acoustiques pour effrayer les cétacés, fermetures saisonnières ou complètes de pêcheries. Pour Athanasia Tzika et Michel Milinkovitch, toutefois, le Pérou ne pourra pas s'affranchir d'un débat public réunissant tous les acteurs de la pêche s'il veut éviter que les dauphins ne subissent le même sort que les anchois. A cause de la surpêche, les stocks péruviens de ce poisson, jadis parmi les plus riches du monde, se sont en effet effondrés au début des années 1970 pour ne jamais plus se relever. ■

Anton Vos

www.lanevol.org

L'intelligence cachée des élèves en difficulté

Deux chercheurs en éducation spéciale ont mis au point des tests d'apprentissage destinés aux élèves connaissant des déficiences intellectuelles ou des difficultés scolaires. Leurs résultats montrent que le potentiel de près d'un tiers d'entre eux est sous-estimé par les tests traditionnels

Depuis 2005, la lutte contre l'échec scolaire et l'intégration des personnes handicapées figurent parmi les priorités du Département de l'instruction publique (DIP). Ces objectifs pourront cependant difficilement être atteints sans un changement en profondeur des méthodes d'évaluation et d'intervention auprès des élèves connaissant des difficultés scolaires ou souffrant de déficience intellectuelle. Comme le montre le récent ouvrage de Marco Hessels et Christine Hessels-Schlatter, respectivement maître d'enseignement et de recherche et chargée d'enseignement en éducation spéciale au sein de la Faculté de psycholo-

tiquer cette approche, explique Marco Hessels. De la même manière, c'est sur ce type d'évaluation que se base toujours l'Assurance-invalidité pour distinguer les enfants scolarisables de ceux qui sont considérés comme «éducables sur un plan pratique», pour reprendre les termes utilisés par l'institution. Or, on sait depuis les années 1960 au moins que cette approche pose des problèmes pour l'évaluation des élèves en difficulté.»

Comme le soulignent les deux auteurs, les tests d'intelligence les plus utilisés actuellement sont basés sur des connaissances et des habitudes scolaires. Ils sont donc par définition peu appropriés pour évaluer des personnes qui

sus est le suivant: la personne qui se trouve confrontée à un élève ayant obtenu un résultat très faible lors d'un test d'intelligence en déduit que ce dernier ne dispose que de très peu de capacités d'apprentissage. Logiquement, elle va donc lui proposer un enseignement qui semble adapté à ces faibles moyens et l'élève n'aura aucune opportunité de progresser, comme le test l'avait prédit.»

BRISER LE CERCLE PERNICIEUX

Les différentes études menées par Marco et Christine Hessels montrent pourtant qu'il est possible d'échapper à ce cercle pernicieux en recourant à des méthodes d'évaluation évitant des connaissances de type scolaire, ainsi que les biais dus à un manque de connaissances procédurales, de compréhension des attentes ou de langage. C'est précisément l'objectif des trois tests dynamiques mis au point par les deux chercheurs qui sont présentés dans l'ouvrage (lire ci-contre). Des tests dont le but n'est pas d'évaluer ce que l'élève sait ou ne sait pas, mais ce qu'il peut apprendre. Pour ce faire, ces méthodes privilégient les exercices de raisonnement non verbal. *«On enseigne par exemple les processus nécessaires pour résoudre une analogie: il s'agit de découvrir les relations unissant trois images et de les appliquer afin de trouver la quatrième qui complète l'ensemble, explique Marco Hessels. Beaucoup d'élèves disposent des capacités de raisonnement nécessaires, mais n'ont jamais appris à les utiliser dans de telles conditions. Avec ce type de mise en situation, on parvient à mesurer effectivement l'intelligence définie comme la capacité d'apprendre et non plus comme un savoir acquis.»*

Simple en apparence, le dispositif demande davantage d'encadrement que les approches traditionnelles, même s'il n'est pas forcément plus long à mettre en place. Il a par ailleurs une valeur prédictive nettement supérieure et favorise donc une prise en charge mieux ciblée en classe spéciale ou en institution. *«Un élève*

Des tests dont le but n'est pas d'évaluer ce que l'élève sait, mais ce qu'il peut apprendre

gie et des sciences de l'éducation, les pratiques actuelles, basées pour l'essentiel sur le calcul du quotient intellectuel (QI), tendent à sous-estimer le potentiel d'apprentissage de ce type de population. Conséquence: les attentes sont faibles et les résultats aussi.

INVERSER LA TENDANCE

Pour inverser la tendance, les deux chercheurs genevois ont élaboré trois tests d'apprentissage qui mettent l'accent sur ce que l'élève peut encore apprendre plutôt que sur les connaissances qui lui font défaut. Ces nouveaux outils permettent également de mettre en place des interventions mieux ciblées et plus efficaces. *«Aujourd'hui, la référence au QI reste quasiment obligatoire pour publier dans les revues les plus prestigieuses, même si c'est pour cri-*

se trouvent confrontées à des difficultés sur les bancs de l'école. Par ailleurs, cette méthode présuppose que tout le monde a eu les mêmes chances d'apprendre et a été exposé au même type d'apprentissage, alors que dans la réalité les disparités peuvent être importantes. Et c'est particulièrement vrai pour les enfants de conditions socio-économiques défavorisées ou présentant des déficiences intellectuelles.

Les méthodes basées sur le QI ont en outre l'immense inconvénient de n'apporter aucune information sur ce que l'élève concerné pourrait apprendre et donc sur sa marge de progression. D'où une tendance à adapter les enseignements qui lui sont destinés vers le bas. *«Dans la littérature scientifique, on parle de prophétie autoréalisatrice à propos de ce type de situation, explique Christine Hessels-Schlatter. Le proces-*



En Angleterre, où ils sont intégrés d'office à l'école ordinaire, 25% des élèves trisomiques parviennent à un niveau de lecture équivalent à celui d'un élève de 6^e primaire.

peut avoir de la difficulté à comparer des éléments, mais pas à en tirer la déduction attendue, précise Marco Hessels. Grâce aux outils que nous avons développés, ainsi qu'à une analyse des processus d'apprentissage, on peut travailler plus finement sur ce genre de situation, fixer des priorités et intervenir précisément sur ces problèmes.»

Mais le grand intérêt de ces nouveaux outils réside surtout dans le fait qu'ils donnent une image beaucoup plus contrastée des élèves en difficulté et en particulier des enfants souffrant de déficiences intellectuelles sévères comme la trisomie 21 ou l'autisme.

Selon les résultats obtenus par les deux chercheurs, le potentiel de près de 30% des individus est ainsi sous-estimé par les tests

traditionnels. «Nos travaux confirment que les personnes souffrant de trisomie 21, par exemple, disposent de capacités d'apprentissage très variables, commente Christine Hessels-Schlatter. Certaines sont effectivement très limitées et ne peuvent espérer accéder à la lecture ou à l'écriture. Pour d'autres cependant, c'est tout à fait envisageable, à condition d'exploiter correctement ce potentiel. En Angleterre, où ces personnes sont intégrées d'office à l'école régulière, 25% d'entre elles sont susceptibles d'atteindre un niveau de lecture équivalent à celui d'un élève de 6^e primaire, tandis que la moitié parvient à un niveau de 2^e à 3^e primaire. On en est encore loin à Genève, où de tels cas se comptent encore sur les doigts de la main.» ■ Vincent Monnet

Mieux tester pour mieux progresser

TAPA: Conçu par Christine Hessels-Schlatter et Fredi Büchel (aujourd'hui professeur honoraire au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), le Test d'apprentissage de la pensée analogique est destiné à des personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère (c'est-à-dire dont le QI est inférieur à 50-55, la moyenne étant de 100). Visant à évaluer les capacités d'apprentissage en matière de raisonnement analogique, il permet de repérer les individus qui sont susceptibles de profiter d'une intervention cognitive ou d'un enseignement académique poussés. Le test est composé de trois parties: une phase préparatoire permettant une bonne compréhension des tâches demandées, une phase d'apprentissage durant laquelle le candidat est assisté et une phase de test à proprement parler.

HART: Développé par Marco Hessels, le Hessels Analogical Reasoning Test vise à estimer la capacité d'apprentissage d'élèves de 5 à 18 ans sans difficultés particulières ou avec des difficultés et/ou une déficience intellectuelle légère. Il peut être appliqué de manière individuelle ou en groupe et requiert trente à quarante-cinq minutes selon le niveau de l'élève. Une version informatisée du test est à l'étude. Le HART est centré sur des tâches non scolaires faisant appel au raisonnement analogique et comprend une phase d'entraînement suivie d'une phase de test.

LEM: Mis au point aux Pays-Bas par Marco Hessels et également adapté pour la Suisse romande, le *Leertest voor Etnische Minderheden* a été élaboré pour évaluer les capacités des enfants issus de minorités ethniques âgés de 5 à 8 ans. Il vise non seulement à obtenir une estimation précise des compétences cognitives générales de ces enfants, mais également une meilleure prédiction de la réussite scolaire future. Précédé par une phase préparatoire basée sur des consignes non verbales, le test consiste à résoudre une série de tâches impliquant le raisonnement (classifications, séries de nombres et analogies figuratives), la mémoire verbale et la mémoire associative.

«Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficultés», par Marco G.P. Hessels et Christine Hessels-Schlatter, (éd.) Peter Lang, 206 p.

Le sous-sol genevois mis au jour

La géologie de Genève est enfin complète. Une cartographie en trois dimensions des couches sédimentaires qui composent le sous-sol du canton a été réalisée dans une thèse qui vient d'être publiée

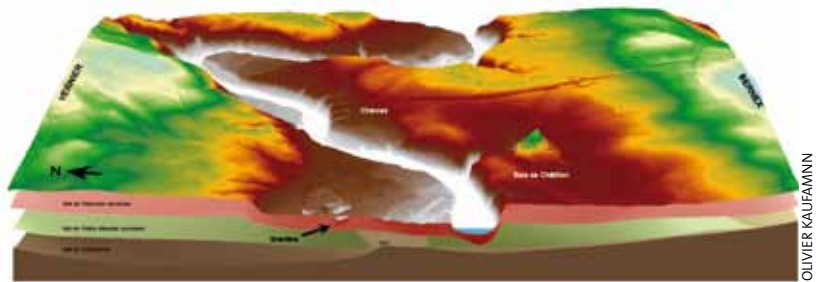
La carte complète en trois dimensions du sous-sol genevois existe enfin. Les données géologiques très éparses accumulées sur le canton depuis un siècle ont été, pour la première fois, compilées, retraitées et corrigées afin d'obtenir un ensemble cohérent et exploitable. Le résultat le plus spectaculaire de ce travail, réalisé par Olivier Kaufmann dans le cadre d'une thèse en sciences de la terre qui vient d'être publiée*, est un ensemble de modèles géologiques en trois dimensions parfaitement imbriqués à travers lesquels on peut évoluer virtuellement, depuis le toit de la molasse, situé à plus de 150 mètres de profondeur parfois, jusqu'à la surface. Cet outil permet de fournir des informations précises qui peuvent servir à l'exploitation durable des ressources du sous-sol.

ABONDANCE DE DONNÉES

«J'ai essayé d'intégrer le maximum de données existantes, explique Olivier Kaufmann dont la thèse a été dirigée par Walter Wildi et Jean-Michel Jaquet, professeur et docteur à la Section des sciences de la terre et de l'environnement de la Faculté des sciences. *Mes sources sont nombreuses mais les principales sont l'Atlas géologique de la Suisse, les documents du Service de géologie, sols et déchets (Gesdec), parmi lesquels on trouve pas moins de 13 000 sondages, des cartes géotechniques, géologiques et structurales, etc.*»

Si l'abondance de données semble favorable à première vue, Olivier Kaufmann remarque vite qu'elle est souvent source de difficultés. Les trois cartes de l'Atlas géologique de la Suisse couvrant le canton de Genève ont ainsi été réalisées par trois géologues différents interprétant chacun à sa manière les observations faites sur le terrain. Le doctorant a dû développer une table de correspondance afin de produire, à partir des trois cartes d'origine, un seul support contenant toutes l'information concernant la géologie de surface, c'est-à-

Image générée à partir du modèle 3D du sous-sol genevois



OLIVIER KAUFMANN

dire les affleurements des différentes couches géologiques.

«Ces cartes, qui remontent aux années 1930 et 1960, sont parfois inconciliables entre elles là où elles se rejoignent, précise Olivier Kaufmann. *Je ne suis pas allé sur le terrain pour trancher ces dilemmes car les activités humaines ont grandement modifié les données géologiques de surface. J'ai donc raisonné autrement et déduit la nature du sol en me basant sur un modèle de la topographie actuelle du canton, le type d'érosion que subissent les différents types de roches et quelques sondages stratégiques.*»

Autre écueil: les sondages. D'une profondeur variant entre 30 centimètres et 2 kilomètres, ils sont répartis sur tout le territoire, avec une légère préférence pour les zones couvertes par la ville et celle couvrant les infrastructures du CERN. Sur les 13 000 forages existants, dont le plus ancien date de 1888, le doctorant en a révisé 3000. Il a lui-même déballé les rouleaux de papier rapportant les données géologiques des sondages. Et il s'est vite avéré que nombre d'entre eux comportaient des erreurs.

VOLER AU TRAVERS DU SOUS-SOL

«J'ai dû mettre au point une méthodologie de traitement des données permettant d'extraire les incohérences de la façon la plus automatique possible, souligne Olivier Kaufmann. *Environ 2000 sondages étaient soit mal positionnés, soit mal interprétés. Il faut admettre que certaines couches sont extrêmement difficiles à distinguer et que ce travail a souvent été confié à des techniciens et non à des géologues.*»

En tout, le chercheur a digitalisé pas moins de 5000 kilomètres de lignes de niveau et 600 kilomètres carrés de surfaces. Après avoir soumis

le tout à des tests logiques et à des corrections à répétition, le doctorant a obtenu un produit d'une puissance spectaculaire. Sur demande, le logiciel de visualisation peut montrer la carte topographique du toit de la molasse où l'on reconnaît les surcreusements dus aux torrents sous-glaciaires. Il est possible de voir aussi les dépôts successifs de sédiments lacustres ou glaciaires qui ont comblé les trous. Beauté de l'informatique et de la réalité virtuelle, on peut même incliner le plan de vision et se prendre pour une mouette volant au travers du sous-sol genevois.

Les applications potentielles ne manquent pas: estimation des ressources de graviers et de sables destinés à la construction, évaluation du potentiel géothermique à basse température pour le chauffage des habitations ou encore protection des couches géologiques aquifères qui renferment les nappes phréatiques.

«Le sous-sol représente un capital naturel irremplaçable, estime Olivier Kaufmann. *Il dispense des services environnementaux, comme le filtrage naturel de l'eau, la minéralisation de la matière organique ou encore le stockage des déchets. Il peut aussi se transformer en un capital anthropique puisqu'il fournit des matériaux de construction, de l'eau, de la chaleur et pourquoi pas de l'espace pour y héberger des infrastructures. Cependant, ces usages divers peuvent s'avérer antagonistes. C'est pourquoi il est indispensable de gérer cette ressource de manière responsable et durable dans le cadre d'un plan d'aménagement du territoire en trois dimensions.*» ■

Anton Vos

*<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:11810>

La nation tibétaine à la croisée des chemins

Né dans l'exil il y a un demi-siècle, le mouvement nationaliste tibétain se trouve aujourd'hui confronté à un défi de taille: assurer la succession du dalaï-lama au moment même où, selon une thèse qui vient d'être primée, les perspectives de résolution de la «question tibétaine» paraissent de plus en plus sombres

La cause tibétaine survivra-t-elle à l'inéluctable disparition du dalaï-lama? Alors qu'à 75 ans, Tenzin Gyatso vient d'annoncer une nouvelle fois sa volonté de réduire ses activités politiques, l'enquête menée par Anne-Sophie Bentz dans une quinzaine de camps de réfugiés situés en Inde permet d'en douter. Distingué par le Prix Pierre du Bois 2010, qui récompense la meilleure thèse annuelle en histoire et politique internationales de l'Institut de hautes études internationales et du développement, ce travail met en effet en évidence, d'une part, les liens très forts qui unissent le dalaï-lama et le mouvement nationaliste et, de l'autre, une érosion déjà perceptible de l'engagement politique au sein de la diaspora.

UNE NAISSANCE TARDIVE

Comme le montre Anne-Sophie Bentz dans les premières pages de son ouvrage, il est difficile d'affirmer ou d'infirmier l'existence du Tibet en tant que nation avant le milieu du XX^e siècle. Les frontières de ce que l'on pourrait appeler «l'espace tibétain» restent en effet longtemps mouvantes. Dans cette région dominée par des seigneurs locaux, on peine également à trouver trace d'un Etat centralisé. Signe révélateur, il n'existe par ailleurs aucun mot équivalent au concept de nation tel qu'il est entendu en Occident dans la langue tibétaine. Quant aux relations que la Chine entretient avec cette région isolée, les sources restent lacunaires. Les deux parties se trouvent-elles dans un rapport d'égalité ou de vassalité? «Il n'y a pas vraiment d'éléments qui permettent de trancher en faveur de l'une ou l'autre option», conclut Anne-Sophie Bentz.

Ce qui est certain, en revanche, c'est que l'entrée des troupes chinoises à Lhassa puis la fuite du dalaï-lama en mars 1959 changent radicalement les termes de l'équation. Pour le gouvernement en exil qui s'installe à Dharamsala, l'affirmation des spécificités de la nation

tibétaine fait figure de priorité absolue. C'est indispensable pour pouvoir prétendre au soutien de la communauté internationale. Mais c'est également nécessaire pour répondre au vide identitaire que l'exil a créé chez les dizaines de milliers de réfugiés qui ont suivi leur leader politique et spirituel.

L'HEURE DU DÉSENCHANTEMENT

Cette stratégie semble toutefois toucher aujourd'hui à ses limites. Pour de nombreux réfugiés, après un demi-siècle d'exil, le cœur n'y est plus vraiment. «*Même si la majorité des Tibétains se disent prêts à rentrer au pays dès que le dalaï-lama y sera retourné, leur motivation à se battre pour la cause tibétaine semble en train de fléchir*», explique la chercheuse. Avec le temps, l'effet d'exacerbation causé par l'exil, qui expliquait l'enthousiasme initial pour le mouvement nationaliste, a été remplacé par une certaine lassitude et un désenchantement croissant.»

Plus marquée dans les camps situés au sud du pays que dans les régions proches de Dharamsala et de New Delhi, où il y a davantage d'opportunités politiques, cette tendance est confirmée par l'attitude de certains hauts responsables du gouvernement en exil qui évitent désormais de se référer à la «nation» tibétaine pour privilégier l'emploi de termes comme «culture» ou «civilisation».

Autre signe d'érosion: alors que le mode de vie communautaire des camps a longtemps été considéré comme le meilleur moyen de préserver l'identité tibétaine, cette idée est désormais remise en question. Compte tenu de l'augmentation démographique, de nombreux camps créés dans les années 1960 sont en effet saturés, ce qui pousse de plus en plus d'individus à en sortir pour tenter de trouver de meilleures opportunités en termes d'éducation ou d'emploi.

Sur le plan culturel, les choses ne sont plus non plus ce qu'elles étaient. «*Dans l'idée de pré-*

server la culture tibétaine, explique Anne-Sophie Bentz, *de nombreuses institutions ont été créées par la diaspora. Le problème, c'est que ces dernières ont tendance à s'adapter aux attentes du public occidental et qu'elles renvoient l'image de traditions figées qui n'ont plus grand-chose d'authentique.*» D'où une influence croissante de l'Inde en matière de cinéma, de musique ou de sport auprès des Tibétains, qui sont aujourd'hui devenus de grands passionnés de cricket.

UNE IMPROBABLE RADICALISATION

Le facteur temps joue également en défaveur du mouvement nationaliste. Car si en plus de trente ans de négociations, le Tibet n'a rien obtenu de la Chine, cette dernière n'a cessé de gagner du terrain. Au point que les Chinois sont aujourd'hui majoritaires dans la région du Grand Tibet. «*Beaucoup d'observateurs estiment que cette stratégie sera payante à long terme et notamment lorsque le dalaï-lama ne sera plus là*, commente Anne-Sophie Bentz. *Mais elle pourrait aussi se retourner contre la Chine. Privé de l'élément qui assure sa cohésion, le mouvement nationaliste pourrait avoir plus de peine à contenir ceux pour qui la négociation apparaît de moins en moins comme une solution.*»

De là à envisager le recours à des actions radicales, il y a un pas qu'Anne-Sophie Bentz se garde bien de franchir: «*Pour différentes raisons, les Tibétains sont très attachés à la non-violence. Même en l'absence de résultats, beaucoup d'entre eux continuent à penser que la voie choisie par le dalaï-lama reste la solution la plus réaliste et que les choses finiront par s'arranger d'elles-mêmes. Et si ce n'est pas dans cette vie, ce sera dans la suivante.*»

Vincent Monnet

«*Les Réfugiés tibétains en exil. Nationalisme et exil*», par Anne-Sophie Benz, Presses Universitaires de France/ Institut de hautes études internationales et du développement de Genève, 264 p.

CHIMIE: LES ÉLÉMENTS S

H 1 Hydrogen																			
Li 3 Lithium	Be 4 Beryllium																		
Na 11 Sodium	Mg 12 Magnesium																		
K 19 Potassium	Ca 20 Calcium	Sc 21 Scandium	Ti 22 Titanium	V 23 Vanadium	Cr 24 Chromium	Mn 25 Manganese	Fe 26 Iron	Co 27 Cobalt	Ni 28 Nickel	Cu 29 Copper									
Rb 37 Rubidium	Sr 38 Strontium	Y 39 Yttrium	Zr 40 Zirconium	Nb 41 Niobium	Mo 42 Molybdenum	Tc 43 Technetium	Ru 44 Ruthenium	Rh 45 Rhodium	Pd 46 Palladium	Ag 47 Silver									
Cs 55 Cesium	Ba 56 Barium	Yttrium		Hf 72 Hafnium	Ta 73 Tantalum	W 74 Tungsten	Re 75 Rhenium	Os 76 Osmium	Ir 77 Iridium	Pt 78 Platinum	Au 79 Gold								
Fr 87 Francium	Ra 88 Radium	Yttrium		Rf 104 Rutherfordium	Db 105 Dubnium	Sg 106 Seaborgium	Bh 107 Bohrium	Hs 108 Hassium	Mt 109 Meitnerium	Ds 110 Darmstadtium	Rg 111 Roentgenium								
		La 57 Lanthanum	Ce 58 Cerium	Pr 59 Praseodymium	Nd 60 Neodymium	Pm 61 Promethium	Sm 62 Samarium	Eu 63 Europium	Gd 64 Gadolinium	Tb 65 Terbium									
		Ac 89 Actinium	Th 90 Thorium	Pa 91 Protactinium	U 92 Uranium	Np 93 Neptunium	Pu 94 Plutonium	Am 95 Americium	Cm 96 Curium	Bk 97 Berkelium									

E DÉCHAÎNENT

									He ² Hélium
	B ⁵ Bor	C ⁶ Carbone	N ⁷ Azote	O ⁸ Oxygène	F ⁹ Fluor				Ne ¹⁰ Neon
	Al ¹³ Aluminium	Si ¹⁴ Silicium	P ¹⁵ Phosphore	S ¹⁶ Sulfure	Cl ¹⁷ Chlore				Ar ¹⁸ Argon
Zn ³⁰ Zinc	Ga ³¹ Gallium	Ge ³² Germanium	As ³³ Arsenic	Se ³⁴ Sélénium	Br ³⁵ Brome				Kr ³⁶ Krypton
Cd ⁴⁸ Cadmium	In ⁴⁹ Indium	Sn ⁵⁰ Étain	Sb ⁵¹ Antimoine	Te ⁵² Tellure	I ⁵³ Iode				Xe ⁵⁴ Xénon
Hg ⁸⁰ Mercure	Tl ⁸¹ Thallium	Pb ⁸² Plomb	Bi ⁸³ Bismuth	Po ⁸⁴ Polonium	At ⁸⁵ Astatine				Rn ⁸⁶ Radon
Uub ¹¹² Ununbium	Uut ¹¹³ Ununtrium	Uuq ¹¹⁴ Ununquadium	Uup ¹¹⁵ Ununpentium	Uuh ¹¹⁶ Ununhexium	Uus ¹¹⁷ Ununseptium				Uuo ¹¹⁸ Ununoctium
Dy ⁶⁶ Dysprosium	Ho ⁶⁷ Holmium	Er ⁶⁸ Erbium	Tm ⁶⁹ Thulium	Yb ⁷⁰ Ytterbium	Lu ⁷¹ Lutétium				
Cf ⁹⁸ Californium	Es ⁹⁹ Einsteinium	Fm ¹⁰⁰ Fermium	Md ¹⁰¹ Mendelevium	No ¹⁰² Nobelium	Lr ¹⁰³ Lawrencium				

2011 a été déclarée Année internationale de la chimie. C'est l'occasion pour les chercheurs de présenter leur discipline, souvent méconnue du grand public

L'UNIGE possède une chaire dédiée à l'étude d'une série d'éléments connus sous le nom de terres rares qui défraient l'actualité. Entretien avec son titulaire, le professeur Claude Piguet

Marylou Tercier-Waeber, du Département de chimie minérale, analytique et appliquée, a développé des sondes capables de détecter dans l'eau la présence de métaux lourds avec une très grande précision

Dossier réalisé par
Vincent Monnet et Anton Vos

UN «LEGO» MOLÉCULAIRE QUI D

Capables de créer des composés n'existant pas à l'état naturel, les chimistes ont longtemps souffert d'une image d'apprentis sorciers. D'où l'importance qu'ils accordent aujourd'hui à la maîtrise des méthodes et des processus qu'ils utilisent pour déclencher des réactions. Entretien avec Jérôme Lacour, professeur au Département de chimie organique et vice-doyen de la Faculté des sciences

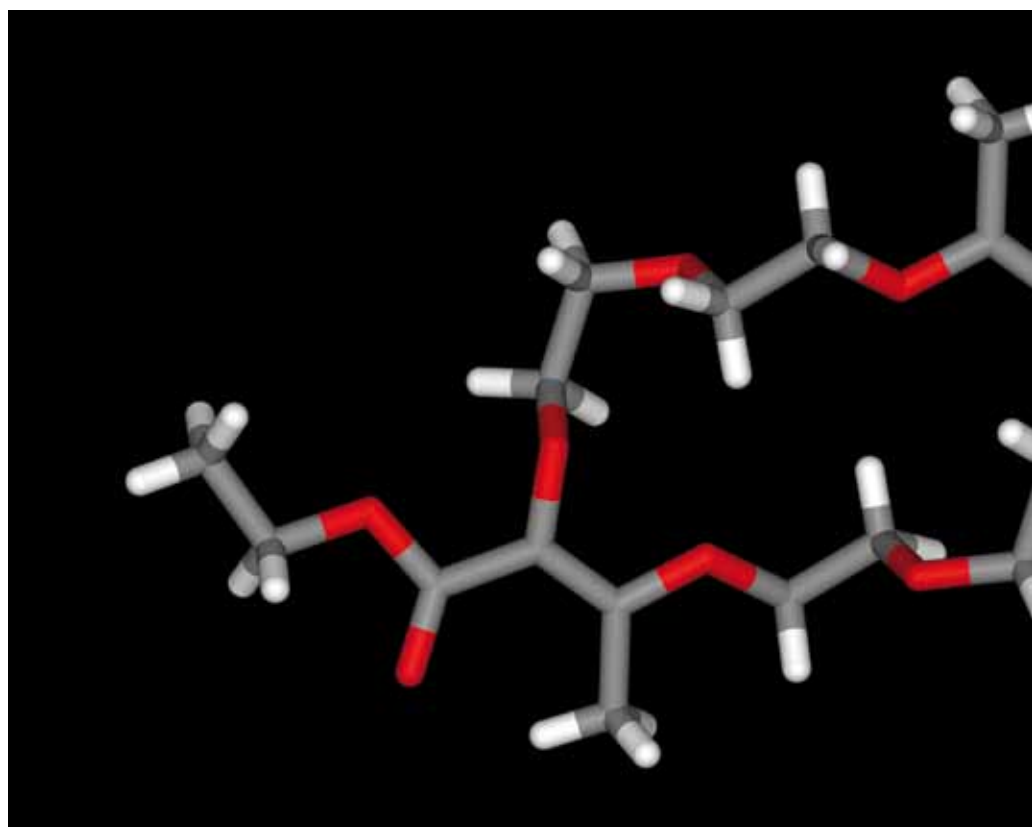
Campus: L'Année internationale de la chimie permettra de donner au public une autre image de la chimie que celle qui est liée aux catastrophes industrielles du XX^e siècle (Seveso, Bhopal ou encore Bonfol). Quel message souhaitez-vous faire passer à cette occasion?

JÉRÔME LACOUR: Que la chimie est partout. Pour fabriquer des objets aussi banals qu'un stylo jetable ou une batterie de téléphone, il faut de la chimie. Mais, ce dont le public ne se rend pas forcément compte, c'est que derrière le cachet que l'on prend pour soulager un mal de tête ou pour soigner une grippe, il y a le travail de 200 chimistes qui, en modifiant les substrats, en ajoutant de la polarité ici, en grattant quelques atomes par là pour que la molécule soit plus active, sont parvenus à produire la substance voulue. Quant à la question des risques et de l'image négative dont peut souffrir parfois la chimie, il me semble que c'est inhérent au pouvoir même de cette science.

Que voulez-vous dire par là?

Le travail du chimiste consiste à manipuler des matières qui peuvent avoir une grande puissance énergétique comme le fuel ou le kérosène. Mettre 10 litres d'essence dans une voiture semble tout à fait banal aujourd'hui. Mais, il faut réaliser que ce geste permet de propulser pendant plus de 100 kilomètres un engin qui pèse 2 tonnes à 150 kilomètres/heure. Ce qui suppose une énergie faramineuse, donc un danger potentiel. Tout le défi pour le chimiste, c'est de s'assurer de la maîtrise totale des méthodes et des processus qu'il utilise pour déclencher une réaction.

Si vous deviez mettre en avant un aspect de la chimie pour susciter de nouvelles vo-



Une molécule «en roue de vélo», développée par le laboratoire de Jérôme Lacour.

cations auprès des futurs étudiants, que diriez-vous?

La spécificité du chimiste est de pouvoir fabriquer son propre objet d'étude. La chimie permet en effet de concevoir de nouvelles molécules n'existant pas dans la nature, puis de produire ces objets nanoscopiques en quantité macroscopique. Nous disposons par ailleurs aujourd'hui d'outils avec lesquels nous pouvons analyser très précisément la structure des molécules afin de vérifier que le résultat obtenu correspond bien aux attentes.

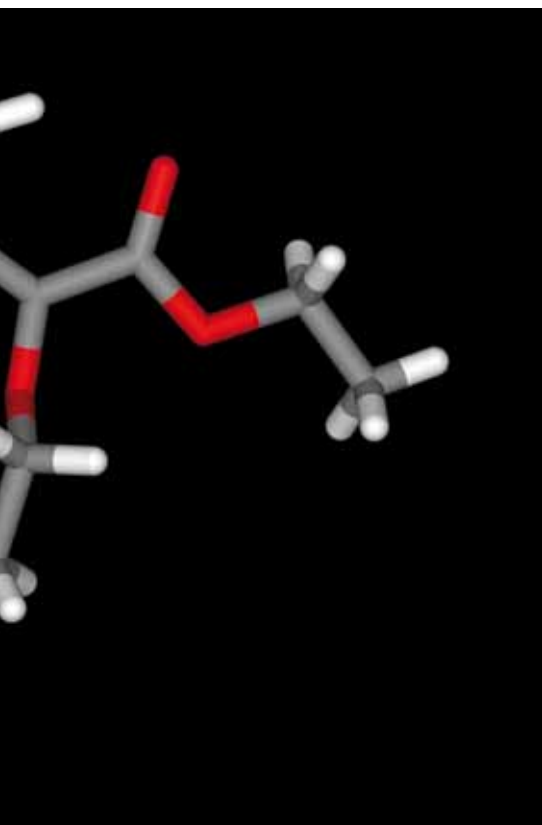
C'est une sorte de jeu de Lego infiniment petit qui nous permet parfois de faire ce que la nature ne veut pas ou de dépasser les contraintes qu'elle impose.

Avez-vous des exemples?

La bryostatine est une molécule sécrétée par une bactérie qui permet à des organismes marins proches du corail (les bryozoaires) de protéger leurs larves contre la prédation des poissons. Mais on s'est également aperçu que cette molécule avait des propriétés anticancé-

ÉFIE LES LOIS DE LA NATURE

reuses. Le problème, c'est qu'elle se trouve en faible quantité à l'état naturel, qu'elle est délicate à cultiver et très compliquée à synthétiser. Cependant, des chercheurs américains se sont aperçus qu'on pouvait obtenir un produit beaucoup plus réactif en supprimant purement et simplement une partie de la molécule particulièrement ardue à reproduire en



laboratoire. Du coup, une quinzaine d'étapes de synthèse ont été supprimées, ce qui permet de réduire considérablement les coûts d'un futur médicament. Un autre succès est celui du Taxol, un médicament utilisé pour le cancer ovarien. Il s'agit cette fois d'une molécule extraite à l'origine de l'if de Californie. Mais là encore, elle existait dans de très faible proportion à l'état naturel. Un peu par hasard, un chercheur français s'est aperçu que l'if européen contenait une molécule très proche, mais en beaucoup plus grande quantité. En

laboratoire, on est ensuite parvenu, grâce à l'adjonction d'un produit de synthèse, à réaliser une molécule sept fois plus active que le substrat naturel. Ce genre de bricolage moléculaire est souvent assez empirique, mais il constitue le fondement même de la chimie.

Ce type de manipulation se rapproche-t-il du concept de «chimie verte», dont on parle de plus en plus depuis la fin des années 1990?

Un des problèmes actuels de la chimie est que certaines transformations qui ont l'air superbes de prime abord supposent l'utilisation de réactifs en grande quantité. Cela génère des déchets importants, ce qui est naturellement nuisible à l'environnement. La réflexion autour de la chimie verte vise donc à développer des outils et des méthodologies permettant de réaliser des synthèses aussi «propres» que possible et à accélérer les transformations en utilisant des catalyseurs. En d'autres termes, il s'agit de raccourcir le chemin qu'il faut parcourir pour arriver au produit final.

Concrètement comment vous y prenez-vous?

On peut réaliser un produit final identique en réduisant le nombre d'atomes impliqués dans une réaction grâce à des réactifs plus performants. On peut également travailler sur les solvants, chercher à réduire le nombre de manipulations nécessaires à la réalisation d'une molécule. On peut également tenter d'abaisser le niveau d'énergie requis pour provoquer la réaction souhaitée. Si, au lieu de chauffer votre four à 150° pendant quarante-huit heures, vous pouvez obtenir le même résultat en dix minutes, vous réduisez considérablement les coûts énergétiques (et donc l'impact environnemental) de l'opération et vous contrôlerez mieux votre réaction. Et c'est vrai dans des domaines aussi variés que la production de médicaments, de polymères ou de parfums.

Un de vos domaines de prédilection est l'étude des molécules chirales, c'est-à-dire des molécules qui possèdent deux formes énantiomères dont l'une est l'image miroir de l'autre et qui ne sont pas superposables,

comme la main gauche est l'image symétrique de la main droite. Quel intérêt particulier présentent ces molécules?

Deux molécules composées des mêmes atomes, ordonnées selon la même séquence de liaison, mais dont l'arrangement dans l'espace est un peu différent, peuvent sentir soit le cumin soit la menthe selon leur forme énantiomère. Ces molécules sont donc naturellement très importantes pour l'industrie des arômes et des parfums. L'étude de la chiralité est aussi essentielle pour l'industrie pharmaceutique dans la mesure où, depuis 1993, il est interdit de mettre sur le marché un médicament contenant une molécule sous forme racémique, c'est-à-dire qui est composée d'un mélange des deux formes énantiomères d'une molécule chirale. Par ailleurs, avant de commercialiser un nouveau produit, il faut également s'assurer que celui-ci ne se racémisera pas une fois absorbé par l'organisme. Et cela même dans le cas de molécules très complexes ne pouvant passer d'un état à l'autre que ►

«Ce dont le public ne se rend pas forcément compte, c'est que derrière le cachet que l'on prend pour soulager un mal de tête, il y a le travail de 200 chimistes»

par le biais de très nombreuses manipulations. Ce qui constitue une contrainte très lourde pour l'industrie pharmaceutique qui se voit du coup forcée, pour chaque produit, de fabriquer et de tester ces deux énantiomères.

Pourquoi de telles précautions?

C'est notamment dû au scandale causé par le Thalidomine. Ce médicament a été commercialisé à la fin des années 1950 notamment pour lutter contre les nausées matinales chez les femmes enceintes. Il a été retiré quelques années plus tard après avoir été la cause de malformations chez des nouveau-nés. Ce problème est survenu parce que ce produit contenait les deux formes énantiomères du produit. Or, il se trouve que l'une agit de manière positive tandis que l'autre cause de graves problèmes. Et même si on sépare les deux formes de la molécule, la forme favorable est capable de se transformer à nouveau dans la mauvaise. Le paradoxe c'est que cette substance, qui a le grand avantage de ne pas être chère à fabriquer, revient aujourd'hui en force pour le traitement de certains cancers de la peau. La question qui se pose donc désormais est de savoir si on peut se permettre d'utiliser cette molécule qui est à la fois ange et démon.

Vous travaillez également sur le développement d'une molécule «en roue de vélo». De quoi s'agit-il?

Le but est de développer une longue molécule composée de carbone et d'oxygène qui soit capable de se refermer sur elle-même pour former une boucle. C'est simple à énoncer, mais c'est très compliqué à réaliser. Naturellement, les atomes de carbones ont tendance à s'arranger de manière linéaire. On intercale donc des atomes d'oxygène, qui sont plus flexibles, pour orienter la molécule et la faire tourner de 60°. Dans les molécules qui sont produites ainsi, tous les atomes d'oxygène ont la particularité d'être orientés vers le centre, ce qui leur permet de fixer certains éléments comme du sodium ou du potassium. On peut donc s'en servir pour fabriquer des sondes ou des senseurs permettant notamment de détecter des métaux en très faible quantité. Le problème, c'est que jusqu'ici pour arriver à fermer la chaîne, il

La chimie, le Nobel et les Juifs

Au cours du XX^e siècle, près d'un Prix Nobel de chimie sur cinq est revenu à un scientifique d'origine juive. Comment expliquer un tel succès pour une communauté qui ne représente que 0,25% de la population mondiale? Après s'être penché il y a quelques années sur le cas de la physique – discipline qui présente la même caractéristique – (lire Campus n° 69), Isaac Benguigui, privat docent au sein de l'Unité d'histoire et de philosophie des sciences de la Faculté des sciences, reprend le fil de sa réflexion dans un ouvrage qui se propose de rendre hommage à ces 23 personnalités ayant décroché la récompense suprême dans le domaine de la chimie.

En quelques pages, chaque portrait permet de découvrir non seulement l'environnement social et culturel dans lequel ces scientifiques ont évolué, mais également les épreuves et les obstacles qu'ils ont dû traverser, ainsi que des

épisodes relativement peu connus de leur parcours personnel ou professionnel.

Au fil du parcours, on croise notamment la figure patriarcale d'Adolf Johann Friedrich Wilhelm Von Bayer, fils d'un officier prussien qui mit au point la synthèse de l'indigo et régna en maître sur son laboratoire jusqu'à l'âge de 80 ans. Celle d'Alan Jay Heeger, lauréat de l'année 2000, qui découvrit le principe des polymères conducteurs (utilisés notamment pour la fabrication de diodes électroluminescentes ou d'écrans vidéo) de manière tout à fait fortuite, suite à une erreur de manipulation en laboratoire. «Dominant son siècle de sa stature de géant», Ilya Prigorine y trouve également sa place, au côté de personnages parfois moins enthousiasmants, à l'instar de Fritz Haber, père de l'hygiène (le sinistre gaz moutarde utilisé durant la Première Guerre mondiale) qui fut distingué par le comitè de Stockholm en 1918.

Tous les protagonistes du livre - ou presque - ont un cependant un point commun: celui d'avoir connu l'exil. Une expérience qui, selon Isaac Benguigui, n'est pas sans influence sur leur trajectoire: «A la douleur de cette séparation et de ce déracinement s'ajoute l'urgence d'une nécessaire intégration et d'un «dépassement de soi-même» qui s'exprime par une volonté surhumaine de s'adapter à un monde nouveau dans un contexte souvent hostile, angoissant, inhabituel et incertain», écrit ainsi l'auteur.

Quant à expliquer pourquoi ce rôle émancipateur est revenu à la science, Isaac Benguigui évoque d'une part le rapport très particulier que la tradition judaïque entretient avec le savoir et, de l'autre, un argument plus prosaïque: «Peut-être est-ce dû au fait que le savoir est la seule chose dont on ne peut pas se voir privé.» ■

Les Nobels juifs de chimie, par Isaac Benguigui, Slatkine, 235 p.

fallait isoler les molécules en les diluant dans de grandes quantités de solvants (3 à 5 litres pour 100 milligrammes du produit). Pour l'industrie, c'est un véritable cauchemar, parce que cela implique de nombreuses étapes de purification, ce qui est toujours très onéreux. Notre contribution a été de mettre au point une réaction qui fonctionne de manière exactement contraire. C'est-à-dire que plus elle est concentrée, plus les chaînes ont tendance à se refermer sur elle-même.

Au sein de l'Université, l'Année de la chimie sera principalement marquée par l'ouverture du chimiscope, prévue en septembre prochain. Quelle est la vocation de ce projet?

Tout simplement de motiver les jeunes à s'intéresser aux sciences et de mettre à

leur portée une compréhension technique et scientifique du monde qui les entoure. Nous souhaitons montrer l'importance de la chimie dans notre société et rendre le public attentif à l'excellence de la chimie genevoise. Nous voulons également communiquer notre enthousiasme pour la chimie et souligner les perspectives d'emploi et de carrière passionnantes offertes par des études scientifiques à l'Université de Genève, mais aussi dans les entreprises genevoises. Concrètement, le chimiscope est destiné en priorité à recevoir des classes d'écoliers. Il sera équipé de moyens de communication audiovisuels de pointe, dont l'agencement permettra des démonstrations et des projections en lien avec la chimie, la biochimie, les matériaux, les sciences pharmaceutiques et les autres sciences de la vie. ■

PREMIÈRE DÉCOUVERTE POUR LE PÔLE «BIOLOGIE CHIMIQUE»

Les chercheurs du Pôle de recherche national ont développé un nouveau composé qui permet de réaliser de l'interférence ARN, soit d'arrêter l'expression d'un gène donné. Un outil puissant pour la génétique

Le Pôle de recherche national (PRN) «Biologie chimique», basé à l'Université de Genève, débute fort. A peine a-t-il démarré officiellement le 1^{er} décembre dernier que son directeur, Howard Riezman, est allé frapper à la porte du service de transfert de technologie UNITEC. Dans sa mallette, le professeur au Département de biochimie a amené la première découverte de son PRN. Il s'agit d'un composé chimique, mis au point par son laboratoire et celui de Stefan Matile, professeur au Département de chimie organique. Cette molécule permet d'introduire des brins d'ARN dans des cellules vivantes et ce dans le but d'éteindre l'expression d'un gène précis.

«Ce phénomène s'appelle l'interférence ARN, rappelle Howard Riezman. Il a été découvert il y a une dizaine d'années et est devenu un outil très pratique pour les scientifiques actifs dans les sciences de la vie.» Concrètement, les chercheurs introduisent dans les cellules des doubles brins de siRNA (*small interference RNA*) conçus de telle façon qu'ils s'hybrident avec leur cible, à savoir l'ARN messager «produit» par le gène que l'on veut endormir. Cette action empêche l'ARN messager de mener à bien le processus de traduction du gène en une protéine. Il entraîne aussi la destruction de ce même ARN par le système de défense des cellules. Ces dernières, bernées, croient en effet avoir affaire à une invasion de virus et sortent l'artillerie lourde pour les éliminer.

ENTRE 80 ET 90% D'EFFICACITÉ

L'interférence ARN est efficace puisqu'elle parvient à diminuer entre 80 et 90% de l'activité d'un gène. Il suffit pour cela d'introduire dans les cellules un peu plus de siRNA que le gène ne peut produire d'ARN messager.

L'opération bute cependant sur une difficulté: l'entrée des siRNA dans les cellules. Ces petites molécules doivent en effet être amenées à destination à l'aide d'un «véhicule» moléculaire, sinon cela ne fonctionne pas.

«Il existe sur le marché un produit qui permet d'effectuer cette opération, précise Howard Riezman. C'est la *Lipofectamine 2000*, un produit assez efficace. Le problème, c'est que ce composé complexe coûte cher, que sa formule est secrète et qu'il ne fonctionne pas avec tous les types les cellules. C'est pourquoi, nous nous sommes lancés dans la recherche d'une molécule alternative. Avec succès.»

Il est trop tôt pour décrire le composé découvert par les chercheurs genevois, étant donné que la procédure de dépôt de brevet est en cours. Tout au plus le chercheur laisse-t-il filtrer que sa molécule est beaucoup plus simple que sa concurrente et qu'elle fonctionne au moins aussi bien, en tout cas selon les premiers tests effectués sur des cellules humaines mises

en culture. «Nous ignorons si notre produit peut fonctionner sur un être vivant», admet toutefois Howard Riezman.

Le PRN «Biologie chimique» part donc sur de bonnes bases d'autant que l'un de ses membres, Stefan Matile, a reçu un *ERC Advanced Investigator Grant* de 2 millions d'euros afin qu'il poursuive ses travaux sur la photosynthèse artificielle (lire en page 18). Par ailleurs, les premiers papiers commencent également à paraître dans les revues importantes comme *Science*. «Nous sommes déjà dans les actualités scientifiques», se réjouit le directeur.

NOMBRE GIGANTESQUE DE RÉACTIONS

L'objectif du pôle, doté d'un financement de 13,3 millions de francs sur quatre ans, est l'étude des processus biologiques qui se déroulent dans les cellules tout en gardant ces dernières vivantes. Ce qui se passe à l'intérieur de ces organismes échappe en effet encore largement aux sondes des chercheurs. Un nombre gigantesque de réactions biochimiques se déroule dans les cellules, mais elles restent en majorité invisibles et hors de contrôle.

La stratégie consiste à tableur sur des technologies innovantes déjà existantes ainsi que sur celles que les chercheurs du pôle développeront eux-mêmes. Ces derniers pourront également s'appuyer sur un outil puissant, la plateforme technologique ACCESS (pour *Academic Chemical Screening Platform for Switzerland*). Cette dernière ressemblera avant tout à une collection inédite de molécules de toutes formes et de toute nature, qu'elles soient organiques, métalliques ou autre.

ACCESS offrira la possibilité de réaliser des criblages, c'est-à-dire de soumettre des cellules vivantes à des séries de molécules et de dénicher celle qui possède exactement l'effet recherché. La plateforme sera établie pour l'essentiel à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, où travaille le codirecteur du pôle, le professeur Kai Johnsson. ■

Le pôle en deux mots

- ▶ **Directeur:** Howard Riezman, prof. au Département de biochimie, Fac. des sciences
- ▶ **Codirecteur:** Kai Johnsson, prof. au Laboratoire d'ingénierie des protéines, EPFL
- ▶ **Équipes genevoises participantes:**
 Prof. Marcos González-Gaitán, Dép. de biochimie et biologie moléculaire, Fac. des sciences
 Prof. ass. Monica Gotta, Dép. de médecine génétique et développement, Fac. de médecine
 Prof. Jean Gruenberg, Dép. de biochimie, Fac. des sciences
 Prof. ass. Robbie Loewith, Dép. de biologie moléculaire, Fac. des sciences
 Prof. Stefan Matile, Dép. de chimie organique, Fac. des sciences
 Prof. ass. Aurélien Roux, Dép. de biochimie, Fac. des sciences
 Andreas Zumbuehl, maître assistant au Dép. de chimie organique, fac. des sciences
- ▶ **Financement du Fonds national suisse:** 13,3 millions de francs sur quatre ans.

METTEZ DU BORE DANS VOTRE RÉSERVOIR

Le perfectionnement des voitures à l'hydrogène passe notamment par le développement de réservoirs efficaces pour contenir le précieux gaz à bord du véhicule. Les différentes formes d'hydrure de bore font l'objet de recherches depuis dix ans

A l'avenir, les millions de voitures immobilisées quotidiennement dans les embouteillages aux entrées des villes fonctionneront peut-être toutes à l'hydrogène. Si c'est le cas, il est presque sûr que le gaz sera stocké à bord des véhicules dans des réservoirs non pas creux mais pleins, fabriqués avec des matériaux jouant le rôle d'éponges à hydrogène capables de délivrer leur précieux contenu à la demande. C'est à la conception de tels conteneurs que contribuent les recherches de Hans Hagemann, maître d'enseignement et de recherche au Département de chimie physique de la Faculté des sciences. Une recherche très fondamentale pour l'instant mais qui obtient déjà des résultats intéressants, notamment sur des composés à base d'hydrure de bore (BH_4), de manganèse et de magnésium.

Les voitures roulant à l'hydrogène et équipées d'une pile à combustible existent déjà sous forme de prototypes chez différents constructeurs. Mais, sur le terrain économique, si cette filière veut rivaliser avec celle du moteur à explosion et de l'essence, championne toutes catégories en matière de concentration d'énergie chimique, elle doit encore relever plusieurs défis technologiques.

SOLUTION PEU DURABLE

Le premier est la production de l'hydrogène proprement dit. Aujourd'hui, 95% de ce gaz est issu de la réformation du gaz naturel (CH_4), un combustible fossile dont l'utilisation entraîne l'émission de gaz carbonique, principal contributeur au réchauffement climatique. Cette solution n'est ni durable ni en accord avec l'image écologique que voudrait colporter le moteur à hydrogène. Les alternatives existent, l'une d'elles étant l'électrolyse de l'eau, une technique maîtrisée depuis plus de deux siècles et perfectionnée depuis. Cette dernière consomme bien du courant électrique mais

Les alternatives existent, l'une d'elles étant l'électrolyse de l'eau, une technique maîtrisée depuis plus de deux siècles

celui-ci pourrait provenir de sources renouvelables telles que l'éolien ou le photovoltaïque. L'augmentation du prix du pétrole pourrait rendre cette piste économiquement de plus en plus intéressante.

Le deuxième défi est le stockage de l'hydrogène dans les automobiles. Sous forme comprimée dans des bombonnes (350 bars), le gaz occupe toujours, à énergie égale, dix fois plus de place que l'essence. L'hydrogène liquide (maintenu à $-252,85^\circ C$) fait mieux: il concentre 8 millions de joules par litre. Cela demeure toutefois insuffisant pour détrôner le carburant fossile et ses 32 millions de joules par litre.

Pour contourner ce problème, les chercheurs se sont tournés vers des matériaux qui jouent le rôle d'éponges à hydrogène. Ceux-ci, dans certaines conditions de température et de pression, absorbent le gaz à des concentrations très élevées. Certains alliages de métaux (à base de lanthane et de nickel, $LaNi_5$, par exemple) y parviennent très bien à température ambiante.

TONDEUSE AU LANTHANE

Klaus Yvon, professeur honoraire du Laboratoire de cristallographie, a beaucoup travaillé sur ce sujet et a même fabriqué il y a vingt ans une tondeuse à gazon fonctionnant sur ce principe. Elle marche encore. Le principal désavantage de cette technique de stockage d'hydrogène, rédhibitoire pour l'industrie automobile, est le poids excessif de ces réservoirs. Cette solution a néanmoins été retenue dans des applications différentes, comme pour la fabrication d'un sous-marin allemand qui a pu ainsi se doter d'un moteur électrique silencieux – indispensable pour l'utilisation furtive de cet engin de guerre – sans passer par un réacteur nucléaire.

«Cependant, pour une application automobile, il faut que l'hydrogène représente au moins 6% de la masse du matériau utilisé pour le réservoir», précise Hans Hagemann. C'est pourquoi les chercheurs s'intéressent depuis une dizaine d'années environ aux composés contenant de l'hydrogène alliés à un autre élément léger comme le bore, le carbone, l'azote ou encore l'aluminium.»

BEAUCOUP DE CONTRAINTES

Mais il ne s'agit pas là de la seule contrainte. Pour espérer marquer des points dans le domaine de l'industrie automobile, il faut également que le stockage de l'hydrogène soit réversible dans des conditions raisonnables (température inférieure à $100^\circ C$, pression



L'un des problèmes auxquels sont confrontés les constructeurs de voitures à l'hydrogène est le stockage du gaz. Des composés à base d'hydrure de bore (BH_4^-) pourraient représenter la solution.

maximale de 100 bars); que le matériau soit résistant aux cycles d'échange du gaz; que l'on puisse faire le plein rapidement; que le processus de «désorption» soit légèrement endothermique (pour ne pas créer d'emballement qui libérerait tout l'hydrogène d'un coup); que la réaction ne dégage pas de produits toxiques et que le matériau ne soit pas trop cher.

Dans ce contexte, c'est le bore qui mobilise actuellement l'attention de Hans Hagemann. Le borohydrure de sodium ($NaBH_4$) est connu depuis longtemps. Il a été synthétisé initialement par le chimiste américain Herbert Charles Brown dans le cadre du projet Manhattan pour la purification de l'uranium. Le souci c'est que ce composé ainsi que le $LiBH_4$ et le KBH_4 , également disponibles dans le commerce, sont très stables. Ils ne libèrent leur hydrogène qu'à très haute température (plus de 300° C, voire 500° C), ce qui rend difficile leur utilisation dans des voitures.

«En réalité, jusqu'à il y a cinq ans, on ne connaissait pas grand-chose de la structure des hydrures de bore, souligne le chimiste genevois. Il se trouve qu'à l'Université de Genève, nous combinons depuis près de dix ans plusieurs compétences complémentaires très utiles pour avancer dans ce domaine: l'étude cristallographique (notamment grâce au Swiss-Norwegian Beamline une coopération qui assure un accès privilégié au synchrotron ESRF de Grenoble), la spectroscopie vibrationnelle et l'approche théorique. Ces deux dernières disciplines ainsi que

la synthèse en solution constituent ma spécialité. Le Laboratoire de cristallographie réalise, quant à lui, des synthèses «sèches» dans un moulin à billes ou par hydrogénation des solides sous pression. Cette concentration de forces nous rend très compétitifs, sur le plan international, dans la caractérisation des nouveaux composés contenant des ions BH_4^- .»

HYDROGÈNE ET DEUTÉRIUM

L'une des prouesses du groupe genevois* a été la caractérisation du $Mg(BH_4)_2$, ou borohydrure de magnésium. Plus de 20 modèles différents avaient été proposés par les spécialistes dans la littérature scientifique. Le résultat obtenu par Hans Hagemann et ses collègues s'est révélé tout autre, comme le montre l'article paru dans la revue *Chemistry of materials* du 10 mars 2009.

Plus récemment, le chercheur a réussi à remplacer les atomes d'hydrogène contenus dans le $Mg(BH_4)_2$, par du deutérium, qui est un isotope de l'hydrogène dont le noyau contient un neutron en plus du proton. Cette manipulation ouvre la voie à une meilleure compréhension des liaisons entre les atomes de bore et ceux d'hydrogène, qui représentent, après tout, la partie essentielle dans le processus de libération du précieux gaz.

D'autres travaux ont également été menés sur des composés contenant d'autres métaux. Pour l'instant, aucun d'entre eux ne s'est révélé idéal pour la fabrication de réservoirs d'hydro-

gène. Le $Mg(BH_4)_2$, par exemple, lorsqu'il est chauffé, commence à produire des espèces très stables, le $B_{12}H_{12}^{2-}$, qui empêche toute réversibilité du phénomène.

«Nous essayons maintenant de combiner les ions BH_4^- avec deux métaux différents dans l'espoir que leurs propriétés se rapprochent de celles que l'on cherche, poursuit Hans Hagemann. Nous avançons en terrain inconnu et nos recherches sont encore très fondamentales. Mais j'estime que les composés à base d'hydrure de bore ont de bonnes chances de répondre un jour à nos attentes.»

Quoi qu'il en soit, si cette prédiction se réalise et que l'hydrure de bore permet un jour ou l'autre de fabriquer un réservoir léger contenant une grande quantité d'hydrogène facilement disponible, il faudra encore régler un autre problème, qui est celui de la pile à combustible. C'est cet appareil qui produit, en faisant réagir l'hydrogène et l'oxygène de manière à obtenir de l'eau (H_2O), le courant électrique nécessaire à faire tourner le moteur de la voiture. Il faudra l'adapter à la nature du réservoir. Ce dernier est en effet susceptible d'émettre d'autres molécules en même temps qu'il relâche l'hydrogène. Mais cela est une autre affaire. ■

*Les principaux collaborateurs de Hans Hagemann sont Radovan Cerny, maître d'enseignement et de recherche au Laboratoire de cristallographie structurale de la Faculté des sciences, Yaroslav Filinchuk, à l'Université catholique de Louvain depuis janvier 2011.

LE SOLEIL SE LÈVE S ARTIFICIELLE

Le professeur de chimie organique Stefan Matile a reçu cet automne un financement européen de 2 millions d'euros pour poursuivre ses travaux sur la photosynthèse artificielle. Un domaine plein de promesses, bien qu'il en soit encore au stade de la recherche fondamentale

que s'est lancé depuis quelques années Stefan Matile, professeur au Département de chimie organique*, avec l'espoir que ses recherches permettent un jour de fabriquer des cellules solaires organiques d'un genre nouveau. L'idée plaît, puisque fort de plusieurs résultats préliminaires encourageants, le chercheur genevois vient de décrocher un rare et précieux *ERC Advanced Investigator Grant* de 2 millions d'euros afin de poursuivre ses travaux sur la photosynthèse artificielle**.

La matière de base des travaux de Stefan Matile est une molécule appelée le naphthalène diimide. Cette dernière existe sous différentes versions, chacune d'elles ayant la particularité d'absorber la lumière d'une couleur précise située entre le rouge et le bleu. Du coup, en combinant ces différentes molécules, il est possible de couvrir

Finalment, grâce à l'aide d'un spécialiste des naphthalènes diimides, Frank Würthner de l'Université de Würzburg en Allemagne, les chimistes genevois sont parvenus à leurs fins et ont pu fabriquer toute la gamme de couleurs voulue. La méthode de synthèse a également été améliorée et est désormais plus «douce».

DEUX PROBLÈMES

Physiquement, l'absorption d'un photon (grain de lumière) par les naphthalènes diimides provoque l'éjection d'un électron. S'il veut exploiter cette particularité pour produire un courant électrique utilisable, le chimiste doit alors trouver la solution à deux problèmes. Le premier consiste à séparer rapidement cet électron du «trou» qu'il laisse derrière lui et avec lequel il cherche à tout prix à se recombiner (le trou se comporte ensuite comme un électron chargé positivement). Le second revient à transporter ces deux particules loin l'une de l'autre de sorte qu'elles puissent être collectées par des électrodes différentes.

Les dispositifs dits à «deux couches» représentent actuellement la stratégie dominante dans le développement de cellules solaires organiques. Il s'agit de deux couches organiques conductrices (l'une attirant les trous et l'autre, les électrons) à l'interface desquels se trouvent les photosystèmes contenant les molécules sensibles à la lumière.

De manière générale, cette technique s'est avérée excellente pour la mobilité des charges électriques, mais médiocres en ce qui concerne

Simulation d'une structure supramoléculaire jouant le rôle de photosystème artificiel. Les molécules de naphthalènes diimides, qui absorbent la lumière, jouent aussi le rôle d'«autoroutes» pour les électrons (grenat). Les baguettes moléculaires (dorées) servent à guider les trous dans l'autre sens. La structure est stabilisée par des ions positifs (bleus) et négatifs (rouges) ainsi que par des domaines hydrophobes (blancs).

En matière de photosynthèse, il est illusoire de vouloir reproduire exactement en laboratoire ce que les plantes ont mis des centaines de millions d'années à perfectionner. En revanche, réaliser une version simplifiée en s'inspirant de ce processus ultra-complexe qui transforme la lumière en énergie chimique ou électrique, cela relève du domaine du possible. C'est en tout cas le défi

tout le spectre du visible.

«Ces composés sont connus depuis longtemps, explique le chimiste. Ils ont toutefois été peu étudiés, car leur synthèse a longtemps été difficile. D'ailleurs, quand nous avons commencé, c'était infernal. Nous avons utilisé des substances comme le pyrène, le chlorure gazeux, l'acide sulfurique (vitriol), l'acide nitrique, bref, tout ce que la chimie connaît de plus brutal.»

UR LA PHOTOSYNTHÈSE

leur séparation juste après l'absorption du photon. Le taux de recombinaison des électrons avec les trous, à l'intérieur même des photosystèmes, est trop important. Et les tentatives pour combler cette faiblesse se sont toutes soldées par une chute de la mobilité des charges.

Les meilleures cellules solaires organiques basées sur cette architecture (elles utilisent d'autres molécules que les naphthalènes diimides) affichent un rendement avoisinant les 8%. Ce qui est largement insuffisant pour concurrencer les cellules en silicium (entre 20 et 25% pour les meilleures).

APPROCHE DIFFÉRENTE

Pour contourner ces difficultés, Stefan Matile a récemment imaginé une approche différente. Son idée est de créer des structures supramoléculaires encore plus complexes. Des constructions capables de séparer naturellement les électrons des trous et de les transporter vers des électrodes par des «canaux» différents, eux-mêmes inclus dans les supramolécules. Ces structures, dans l'idéal, devraient bien entendu renfermer toute la gamme chromatique des naphthalènes diimides.

«Plusieurs équipes travaillent sur le concept des cellules solaires organiques supramoléculaires, précise le chimiste. Mais je suis le seul à vouloir y introduire des molécules de différentes couleurs et des gradients électrochimiques qui permettent de guider les électrons dans un sens et les trous dans un autre. Il faut dire que la chimie organique nécessaire à ces expériences est extrêmement difficile.»

Dans le processus de photosynthèse naturelle qui a lieu dans les feuilles, il existe dans les chloroplastes des arrangements moléculaires qui créent de tels gradients électrochimiques. Stefan Matile tente de parvenir au même résultat en alignant judicieusement des naphthalènes diimides de couleur différente.

La stratégie semble fonctionner. Dans un article paru dans le *Journal of the American Chemical Society* du 26 mai 2010, lui et ses collaborateurs présentent une construction

moléculaire ingénieuse. Il s'agit d'une forêt de longues supramolécules posées sur un substrat inorganique et imbriquées les unes dans les autres comme des fermetures éclair. Les parties inférieures de ces constructions renferment des naphthalènes diimides jaunes, les parties supérieures, des rouges. Cet agencement assure un gradient électrochimique pour les électrons et un autre pour les trous.

«Le résultat a dépassé nos espérances, s'enthousiasme Stefan Matile. Plus nous rallongeons nos structures, c'est-à-dire que nous augmentons l'épaisseur de notre dispositif, plus le courant mesuré croît. Il ne semble pas qu'il y ait de limite autre que la quantité de photons incidents. C'est comme si nous pouvions séparer les électrons des trous sur des distances très grandes.»

FERMETURE ÉCLAIR

Selon Stefan Matile, toutefois, cette architecture en fermeture éclair, bien qu'elle soit intéressante pour la recherche fondamentale, n'a pas d'avenir commercial ou industriel. Elle est trop laborieuse à mettre en œuvre. Qu'à cela ne tienne. Rarement à court d'idée, le chimiste a déjà en tête la suite des opérations: il faut simplifier le dispositif et il sait comment. Cette solution est toutefois confidentielle, car elle fait actuellement l'objet d'une publication scientifique en cours de rédaction.

Il n'est pas certain que ces recherches aboutissent un jour à des cellules solaires commercialisables, mais, si oui, il est sûr que ce n'est pas Stefan Matile qui s'en occupera. «Je fais de la recherche fondamentale, précise-t-il. Je produis des idées. La technologie, ce n'est pas mon domaine. Le développement de cellules solaires efficaces, c'est l'affaire des ingénieurs.» ■

Anton Vos

*Les travaux interdisciplinaires du Prof. Stefan Matile sont réalisés en collaboration avec le Dr Naomi Sakai (codirection scientifique du laboratoire), du Dr Jiri Mareda (modélisation sur ordinateur), du Prof. Eric Vauthey (Département de chimie physique, mesure des processus chimiques ultrarapides), du Prof. Michal Borkovec (Département de chimie minérale, analytique et appliquée, imagerie des architectures supramoléculaires sur surface) et le Prof. Howard Riezman (Département de biochimie, applications biologiques). Ils font partie du nouveau Pôle de recherche national (PNR) «Biologie Chimique» à l'UNIGE.

**Le subside sera consacré à la recherche sur les systèmes biosupramoléculaires fonctionnels et à leurs applications dans le domaine des cellules solaires organiques, des biosenseurs et des systèmes de transport moléculaires.

Le chimiste doit trouver le moyen de séparer rapidement l'électron du «trou» qu'il laisse derrière lui et avec lequel il cherche à tout prix à se recombinaison

LE MONDE PROLIFIQUE DES TERRES RARES

L'étude des dix-sept éléments chimiques qui composent les terres rares est une tradition à l'Université de Genève. La demande pour cette matière première a explosé ces quinze dernières années

Les terres rares sont actuellement au centre de dissensions économiques et politiques entre la Chine, principal fournisseur qui souhaite réduire ses exportations, et le reste du monde qui en consomme de plus en plus. Le Japon a subi l'année dernière un arrêt de son approvisionnement juste au moment d'une brouille territoriale avec son puissant voisin. Devant la menace d'une cessation unilatérale des échanges, les Etats-Unis comme d'autres pays songent à rouvrir leurs anciennes mines tandis que les Européens préconisent d'intensifier le recyclage de ces matériaux. C'est l'occasion de faire le point sur ces éléments chimiques qui représentent un sujet de recherche traditionnel à Genève depuis 170 ans. Entretien avec Claude Piguet, professeur au

Département de chimie minérale, analytique et appliquée.

Campus: Les terres rares, c'est quoi au juste?

CLAUDE PIGUET: Il s'agit d'un ensemble de 17 éléments du tableau périodique. Quinze d'entre eux, les lanthanoïdes*, sont situés entre les numéros atomiques 57 et 71, c'est-à-dire entre le lanthane ($_{57}\text{La}$) et le lutécium ($_{71}\text{Lu}$). Tous ces éléments correspondent au remplissage progressif de la couche électronique appelée 4f, une couche qui peut accueillir 14 électrons au maximum. Les deux dernières terres rares sont le scandium ($_{21}\text{Sc}$) et l'yttrium ($_{39}\text{Y}$), qui se trouvent dans la même colonne que le lanthane et dont les propriétés chimiques sont très similaires.

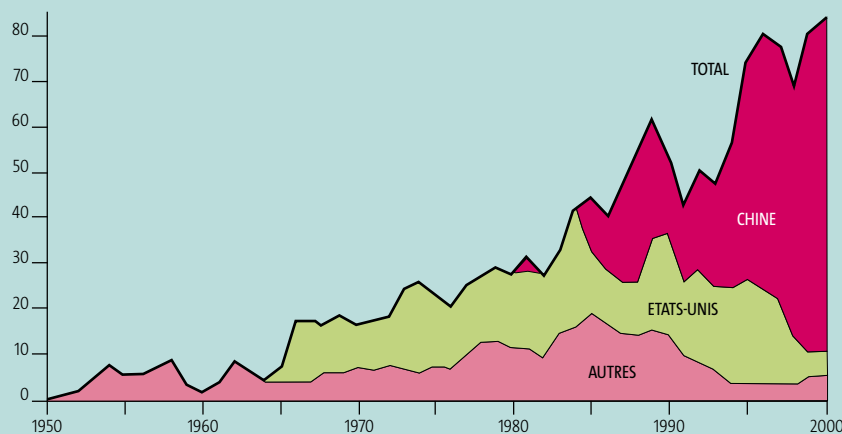
Ces éléments sont-ils aussi rares que le laisse supposer leur nom?

Non, leur abondance dans la croûte terrestre est même supérieure à celle de l'or ou du platine (mis à part le prométhium qui ne possède pas d'isotope stable et que l'on ne trouve que sous forme de traces). En revanche, leur distribution n'est pas uniforme. On en trouve un peu au nord de l'Europe, en Suède notamment où ils ont été découverts en 1787. Il y en a également dans des dépôts de sable en Inde, en Australie et au Brésil. L'Afrique du Sud possède quelques veines importantes. Les Etats-Unis ont ouvert une mine importante à Mountain Pass en Californie dans le milieu des années 1960 mais c'est surtout dans différentes localités en Chine que sont exploitées les terres rares aujourd'hui. En réalité, c'est la relative rareté de minerais exploitables dans le monde qui a donné leur nom à ces éléments. Et aussi le fait qu'ils sont très difficiles à séparer les uns des autres. On les trouve en effet toujours mélangés dans le même minerai. Comme ils ont tous des propriétés chimiques très semblables, il est très laborieux de les isoler. Aujourd'hui encore, c'est une opération de haute technologie.

Comment cela se fait-il qu'autant d'éléments aient tous les mêmes propriétés chimiques?

Cela vient justement du fait que ces éléments remplissent leur couche électronique 4f. Comme nous l'enseigne la physique quantique, c'est quasiment la seule couche (de valence) qui ne participe pas aux liaisons chimiques. Elle est en effet très interne, protégée du monde extérieur par les électrons des couches 5s, 5p et 6s qui les recouvrent et qui sont déjà pleines. Il faut savoir que la chimie est la science des couches externes ouvertes.

Production globale d'oxyde de terres rares entre 1950 et 2000 (en milliers de tonnes)



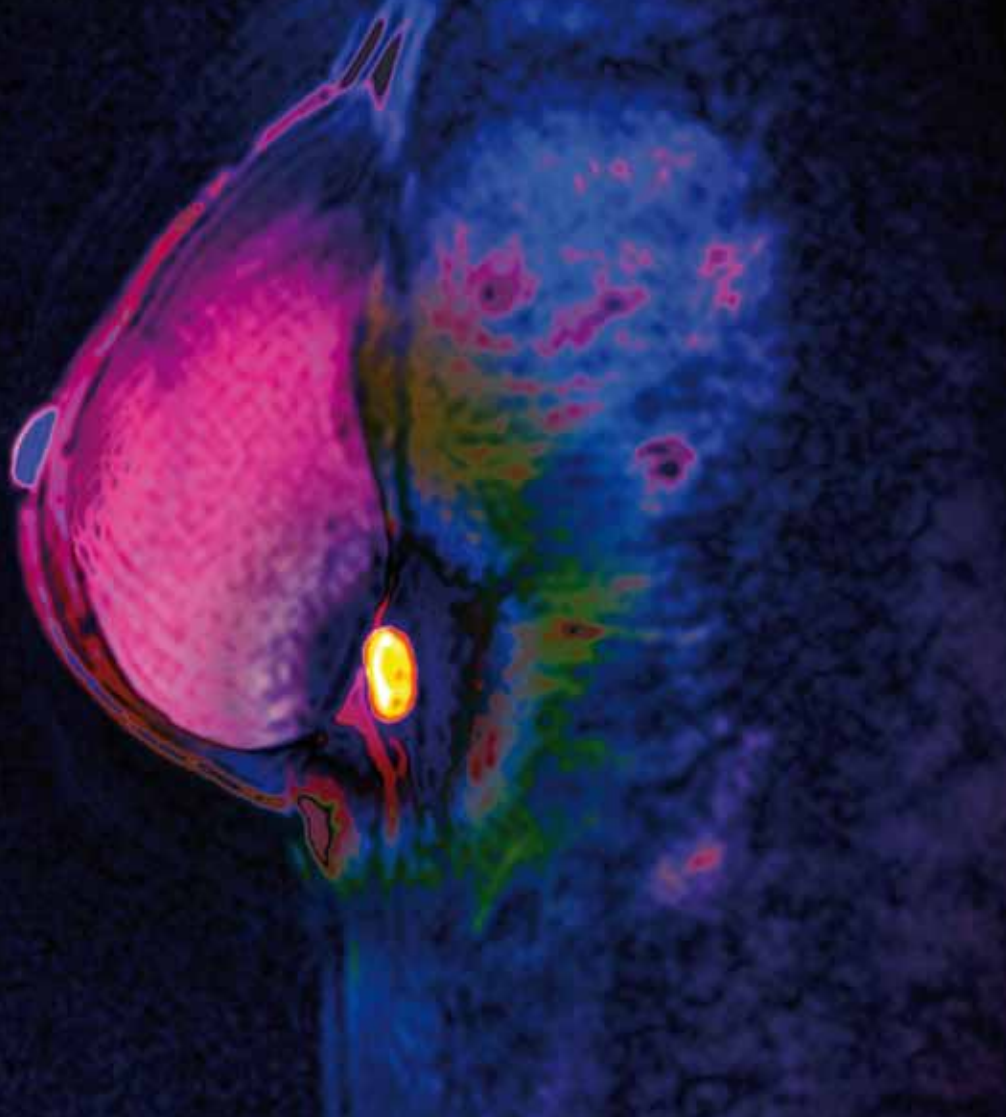


Image obtenue à l'aide d'un scanner à résonance magnétique nucléaire. La tumeur maligne a été contrastée grâce à l'injection préalable d'un produit à base de gadolinium.

Que s'est-il passé?

Il y a quinze ans, la Chine a lancé un vaste projet prévoyant que chaque université du pays développe au moins une unité de recherche sur les terres rares. C'était une manière de valoriser son sous-sol à une époque où la demande mondiale pour ces éléments n'était pas très importante. Les chercheurs ont ainsi exploré toutes sortes d'applications possibles nécessitant des terres rares en grande quantité mais pas nécessairement très pures, comme le polissage de lentilles ou encore la tannerie. La Chine exporte en effet des produits qui sont encore passablement mélangés. Cela peut suffire pour certaines utilisations, mais pour d'autres, comme la recherche fondamentale, il faut une pureté de 99,99%. Pour l'instant, les dernières phases de séparation sont souvent réalisées dans les pays occidentaux par des compagnies chimiques de pointe.

Pour les lanthanides**, les couches externes sont fermées. Ils se comportent dès lors comme des cations, c'est-à-dire des ions chargés positivement, car ils perdent facilement deux ou trois électrons (internes toujours). En d'autres termes, ils se «collent» à des composés ayant une charge opposée, sans presque jamais établir de véritable liaison chimique impliquant le partage d'électrons entre deux atomes.

L'exploitation de ces terres rares est-elle polluante?

L'extraction en elle-même non, mais la séparation des différents éléments oui. Cette opération se fait essentiellement à l'aide de la chromatographie. Le processus utilise différents acides organiques selon les méthodes. Ces substances toxiques peuvent être rejetées dans l'environnement si l'on ne prend pas les

bonnes mesures de sécurité. D'autant plus que les quantités mises en œuvre sont importantes, le processus très long et gourmand en énergie.

Pourquoi la Chine monopolise-t-elle le marché mondial des terres rares?

L'exploitation des terres rares est très délicate et coûte cher. C'est logiquement dans le pays où les ouvriers sont les moins payés et où les conditions de travail sont les moins sécurisées que ces opérations se sont révélées les plus rentables. Du coup, les autres pays ont alors petit à petit fermé leurs propres mines. A l'heure actuelle, la Chine assure 97% de la production de terres rares mais son sous-sol ne renferme, selon les estimations, que 30% des réserves mondiales. Il y a quinze ans, pourtant, ce pays était quasiment absent du marché.

Il y a eu deux révolutions dans ce domaine cette dernière décennie. La première est l'utilisation du gadolinium (${}_{64}\text{Gd}$) comme agent de contraste dans l'imagerie par résonance magnétique nucléaire. C'est devenu un énorme marché car environ 80% des analyses réalisées aujourd'hui avec ces scanners le sont actuellement après injection d'un agent de ►

contraste à base de gadolinium. Ce dernier est le meilleur élément connu pour cela. Cependant, il en faut beaucoup pour chaque injection et il doit être très pur.

Le gadolinium n'est-il pas toxique?

Il est mortel pour le corps humain, même à faibles doses car il prend la place du calcium qui est un élément vital, notamment dans le fonctionnement du système nerveux. C'est pourquoi le gadolinium est «enveloppé» dans une molécule chimique qui l'empêche de se faire passer pour du calcium. Cette manipulation relève de l'art car tout en le neutralisant, elle doit laisser l'atome entrer en contact avec les molécules d'eau sur lesquelles il agit de manière à augmenter le contraste des images prises par IRM.

Quelle est la seconde révolution?

Dans le même temps, les terres rares ont commencé à entrer dans la fabrication de certaines armes, plus particulièrement dans le développement d'aciers plus durs ce qui est utile pour augmenter le pouvoir de perforation et

de fragmentation des obus. Ces éléments ont alors été considérés par les gouvernements, dont la Chine probablement, comme du matériel stratégique. D'où les tensions actuelles autour des terres rares, chacun campant sur ses réserves et préférant utiliser celles des autres.

Existe-t-il d'autres applications pour les terres rares?

Il y en a beaucoup. Les terres rares entrent dans la composition de certaines céramiques supraconductrices à haute température utilisées pour la génération, entre autres, de forts champs magnétiques. Les alliages à base de samarium (62Sm) ou de néodyme (60Nd) permettent de fabriquer des aimants puissants et donc des haut-parleurs miniaturisés pour les téléphones portables, les baladeurs divers, etc. Certains lanthanides jouent aussi un rôle important dans la transformation des hydrocarbures en sous-produits servant à confectionner des biens aussi divers que des vêtements ou de l'essence. L'oxyde de cérium (58Ce), déposé sur des mousses de platine, est utilisé dans les catalyseurs de voiture pour transfor-

mer respectivement le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote, très nocifs, en CO_2 et en N_2 . Comme elles possèdent une grande surface de capture neutronique, les terres rares sont aussi exploitées comme modérateurs à neutrons dans les centrales nucléaires. Enfin, si les terres rares ont des propriétés chimiques similaires et assez élémentaires, ce n'est pas du tout le cas pour leurs propriétés optiques qui sont exceptionnelles.

Comment cela?

Les lanthanides peuvent produire des lumières aux couleurs très propres. Ces éléments étaient d'ailleurs utilisés dans les tubes cathodiques des anciennes télévisions. Le terbium (65Tb) pour le vert, l'euporium (63Eu), pour le rouge et le thulium (69Tm) pour le bleu. Le néodyme est aussi très prisé pour la fabrication de lasers. On peut noter également les ampoules fluorescentes à basse énergie qui envahissent le marché depuis quelques années et dont l'intérieur est recouvert d'une couche de terres rares qui émet la couleur blanche. Et je ne parle même pas de la recherche scientifique.

CORBIS



Mine à ciel ouvert à Bayan Obo, en Mongolie intérieure, Chine. C'est l'endroit au monde où les plus grandes quantités de terres rares sont extraites du sous-sol.

Parlons-en, au contraire. Vous occupez la chaire dite «des éléments f». Cela signifie que l'étude des terres rares est une tradition à l'Université de Genève?

Il existe en effet à Genève une tradition de recherche sur les terres rares. Elle a commencé avec Jean-Charles Galissard de Marignac (1817-1894), qui a découvert deux lanthanides, le gadolinium et l'ytterbium (lire en pages 32-33). Plus tard est arrivé un chimiste très important à Genève, Christian Klixbüll Jørgensen (1931-2001), mon prédécesseur à cette chaire des «éléments f». Il a réalisé des prédictions théoriques très importantes pour l'utilisation des terres rares dans le développement de lasers.

Vous-même occupez ce poste en 1999. Sur quoi portent vos recherches?

Mes recherches sont de nature très fondamentale. En général, je me lance dans des expériences après qu'un très grand spécialiste eut affirmé qu'un tel phénomène ou une telle avancée est rigoureusement impossible. Je m'applique alors à lui donner tort. Il existe par exemple cette affirmation en physique – très juste par ailleurs – que les charges électriques identiques se repoussent tandis que les opposées s'attirent. En chimie, on a toute fois tendance à extrapoler cette vérité un peu trop vite. On prétend ainsi que des constructions moléculaires contenant trop de cations (atome ou groupe d'atomes chargé positivement) deviennent forcément instables parce que les charges positives, se repoussant les unes les autres, finissent par provoquer la fission de la molécule (fission ionique de Taylor). Il se trouve que les lanthanides se prêtent parfaitement pour tester cette théorie car ils sont naturellement très chargés positivement (en général ils perdent trois électrons). On m'a prévenu que je ne pourrais pas en rassembler plus de deux dans la même structure supramoléculaire. En fin de compte, j'ai réussi à en mettre quatre et à obtenir ainsi des objets chargés 12+. Et plus il y a de lanthanides, plus les structures sont stables.

Comment est-ce possible?

Il se trouve que la chimie ne se déroule pas dans des conditions de vide, auxquels sont habitués les physiciens, mais dans un milieu condensé, généralement un solvant. Il suffit que ce dernier contienne des molécules polaires pour que celles-ci s'orientent naturellement et tournent leur partie négative vers le «sac à lantha-

«En général, je me lance dans des expériences après qu'un spécialiste eut affirmé qu'un tel phénomène est rigoureusement impossible»

nides» de manière à neutraliser la surcharge positive et à stabiliser l'ensemble. C'est ce qu'on appelle l'énergie de solvatation qui, dans ce cas, s'oppose à l'énergie de coulomb.

Vous travaillez aussi sur des cristaux liquides comme ceux qui constituent les écrans plats actuels. Est-ce aussi parce qu'on pensait qu'il était impossible d'en fabriquer à partir de lanthanides?

Il était en effet largement convenu que les lanthanides, aux propriétés optiques pourtant exceptionnelles, ne pourraient jamais servir à cet usage. Ils sont trop gros, alors qu'il faut des cristaux en forme de bâtonnets, et sont chargés électriquement, ce qui n'est jamais bon pour ce genre d'application. Il n'en fallait pas plus pour me motiver. J'ai alors conçu des bâtonnets un peu différents dans leur forme et pas très conventionnels mais qui fonctionnent. Cela nous a pris du temps, mais nous y sommes arrivés. Les premiers cristaux liquides cubiques contenant des lanthanides ont été conçus en 2005. Nous avons ensuite perfectionné le système et nous avons aujourd'hui des cristaux liquides très fluides, c'est-à-dire qui s'orientent très vite. C'est une condition nécessaire pour leur éventuelle utilisation dans des écrans plats.

Quel autre axe de recherche suivez-vous?

Il existe un phénomène optique très particulier qui s'appelle l'up-conversion. Cet effet permet de diminuer la longueur d'onde d'une lumière incidente grâce aux propriétés quantiques de certains atomes, dont les lanthanides, intégrés dans une matrice inorganique, comme du sel (NaCl). L'up-conversion est notamment utilisée pour transformer la lumière infrarouge émise par le soleil en lumière visible. Cette dernière peut alors être captée par les cellules photovoltaïques, ce qui augmente leur rendement. En revanche, selon un spécialiste, les lanthanides placés dans des molécules organiques perdraient cette faculté en raison des vibrations moléculaires trop importantes dues à la chaleur. Contre toute attente, mon groupe, en étroite collaboration avec celui d'Andreas Hauser, professeur au Département de chimie physique et spécialiste en spectroscopie optique, vient de produire la première molécule organique contenant un lanthanide capable de transformer de l'infrarouge proche en une magnifique lumière verte. En fait, les spécialistes n'ont pas bien étudié les équations décrivant le phénomène et n'ont pas remarqué que certains termes peuvent être modifiés grâce à des manipulations chimiques.

A quoi peut bien servir l'up-conversion organique, puisqu'il existe déjà des dispositifs similaires en version inorganique?

C'est vrai, et en plus mes molécules sont difficiles à fabriquer et présentent un rendement très limité. Mais c'est une preuve de principe. Cette technique pourrait par ailleurs s'avérer intéressante pour d'autres domaines comme la microscopie en biologie. Les tissus vivants sont en effet transparents pour le proche infrarouge mais opaque à la lumière visible, ce qui rend l'intérieur des cellules inaccessible à la microscopie optique. On peut donc imaginer injecter dans des cellules ces molécules spéciales à base de lanthanides et les exposer avec une lumière rouge qui traverse les membranes. On pourrait ensuite étudier leur distribution grâce à la couleur verte qu'ils réémettraient et qui serait parfaitement visible au microscope optique. ■

**Les lanthanoides sont le lanthane (57La), le cérium (58Ce), le praséodyme (59Pr), le néodyme (60Nd), le prométhéum (61Pm), le samarium (62Sm), l'euporium (63Eu), le gadolinium (64Gd), le terbium (65Tb), le dysprosium (66Dy), le holmium (67Ho), l'erbium (68Er), le thulium (69Tm), l'ytterbium (70Yb) et le lutécium (71Lu).*

***Les lanthanides sont les lanthanoides à l'exception du lanthane.*

A LA CHASSE AUX MÉTAUX LOURDS

Les sondes submersibles développées par Marylou Tercier-Waeber permettent de détecter in situ, en temps réel et avec une très grande précision, la concentration des métaux lourds. Robustes et exigeant peu de maintenance, ces appareils offrent de nouvelles perspectives pour la surveillance des zones à risques et l'évaluation de l'impact à long terme des métaux lourds sur les milieux aquatiques

L'adversaire est redoutable. Potentiellement nocifs pour les végétaux, les animaux et l'homme, les métaux lourds peuvent provoquer des cancers, des mutations génétiques, des troubles neurologiques ou des lésions osseuses. Ils ont également l'inconvénient de ne pas se dégrader, contrairement à la plupart des polluants organiques, et de s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Leur toxicité dépend toutefois fortement de leurs concentrations et des formes chimiques sous lesquelles ils se trouvent. D'où l'intérêt de pouvoir détecter leur présence de manière aussi fine que possible.

ROBUSTES ET PERFORMANTS

C'est dans cette perspective que Marylou Tercier-Waeber, ingénieure de recherche au Département de chimie minérale, analytique et appliquée, développe depuis une quinzaine d'années, en collaboration avec la compagnie Idronaut à Milan et l'Institut de microtechnique de l'Université de Neuchâtel (IMT), des sondes submersibles dont les premiers modèles sont déjà commercialisés. Robustes, bon marché, nécessitant peu de maintenance tout en étant extrêmement performants, ces systèmes, qui n'ont pour l'instant aucun équivalent au monde, offrent des perspectives prometteuses pour traquer les pollutions aux métaux lourds dans les zones à risques. Ils devraient également permettre de mieux comprendre l'impact toxicologique des métaux sur les milieux aquatiques.

A l'instar de la plupart des appareils actuels utilisés pour des mesures dans des milieux aquatiques, les sondes mises au point dans le cadre des recherches de Marylou Tercier-Waeber permettent d'analyser les caractéristiques physico-chimiques du milieu: pH, température, proportion d'oxygène dissous, conductivité, salinité, turbidité, taux de chlorophylle A.

Ce qui fait leur spécificité, c'est la présence de capteurs chimiques miniaturisés permettant de détecter simultanément des traces de cuivre, de plomb, de cadmium et de zinc – et peut-être bientôt de mercure et d'arsenic – même à des concentrations extrêmement faibles de l'ordre de quelques dizaines de picogramme par litre (soit 10^{-12} grammes par litre). Mieux: ces sondes permettent de distinguer les diverses formes chimiques sous lesquelles ces métaux peuvent se rencontrer. Et ce grâce à l'intégration au système de techniques analytiques miniaturisées permettant d'effectuer *in situ* des étapes de séparation, pré-concentration ou dissolution chimiques.

«La difficulté, c'est que dans l'eau, les métaux sont répartis sous différentes formes, dont la proportion dépend des conditions physico-chimiques du milieu,

explique Marylou Tercier-Waeber. Ces formes n'ont pas toutes le même potentiel toxique. Ce qu'on appelle la fraction dynamique (soit les formes libres et labiles qui mesurent quelques nanomètres) peut être potentiellement assimilée par les organismes et représente par conséquent le plus grand risque en termes d'écotoxicité. En revanche, une partie des métaux va également se fixer sur divers colloïdes et particules, ce qui va la rendre plus inerte et donc moins nocive. C'est un aspect que les mesures traditionnelles, basées sur la concentration totale des métaux lourds, ne permettent pas de prendre en compte.» L'information est pourtant précieuse puisqu'une variation de pH due aux processus biologiques de photosynthèse et de respiration peuvent suffire à modifier l'état chimique de certains métaux et donc leur impact sur l'environnement.

COÛTS RÉDUITS

L'autre grand avantage des sondes développées par Marylou Tercier-Waeber, c'est qu'elles sont beaucoup moins chères et moins lourdes d'utilisation que les méthodes traditionnelles. Jusqu'ici en effet, pour obtenir le même type de données, il fallait procéder à des collectes d'échantillons puis les traiter et les analyser dans un laboratoire équipé d'une salle blanche et d'instruments analytiques spécifiques tels qu'un spectromètre de masse, dont le coût avoisine à lui seul les 200 000 francs. Cela sans compter des chercheurs qualifiés, l'utilisation de produits de grande pureté pour le nettoyage du matériel et de gaz rare pour les analyses.

«Le coût commercial d'une de nos sondes est de l'ordre de 35 000 francs, explique Marylou Tercier-Waeber. Par ailleurs, une fois déployé dans l'eau, le dispositif permet d'effectuer des mesures autonomes en surface ou à différentes profondeurs, à intervalle d'une heure, selon un cycle pré-programmé. Cela quasiment sans maintenance

Une fois déployé,
le système peut
fonctionner de façon
autonome durant
près d'un mois



pendant un mois, ce qui correspond à la durée de vie des capteurs.»

De manière tout à fait classique, ces nouveaux outils peuvent être immergés à partir d'un bateau ou d'infrastructures fixes. Mais ils peuvent également être déployés de manière automatique à partir de systèmes autonomes, tels que le kayak mis au point par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer Brest). Un engin qui peut soit être télécommandé sur le point de déploiement, soit suivre un parcours préprogrammé.

DES APPLICATIONS MULTIPLES

Plusieurs solutions sont également possibles pour la transmission des données. S'il est nécessaire de couvrir de très grandes distances, les informations peuvent être envoyées vers une station côtière à l'aide d'un téléphone cellulaire ou par satellite, ce qui reste toutefois relativement coûteux. A plus petite échelle, le signal peut également transiter par un réseau de bouées équipées de nœuds de communication miniaturisés développés par le Centre suisse d'électronique et de microtechnique de Neuchâtel (CSEM) et fonctionnant par ondes radio sur une distance allant jusqu'à 600 mètres. Dans l'idée d'augmenter l'autonomie du réseau, l'Imperial College de Londres étudie actuellement la possibilité de produire des systèmes accumulant l'énergie générée par le mouvement des vagues, le flux des masses d'eau ou le vent.

Testées en milieu marin côtier, mais également dans des estuaires, des rivières, des lacs ou des eaux souterraines dans le cadre de différents projets européens, ces nouvelles sondes submersibles ont apporté la preuve de leur efficacité aussi bien en milieu salin qu'en eau douce. Quant aux applications futures, elles sont légion. Outre leur utilité pour mieux comprendre les cycles bio-géochimiques des

Les sondes développées par Marylou Tercier-Waeber peuvent détecter des quantités infimes de cuivre, de plomb, de cadmium et de zinc jusqu'à une profondeur de 500 mètres.

métaux lourds dans les milieux aquatiques, ainsi que leur propagation et leur devenir, elles peuvent également permettre de repérer de façon précoce de nouvelles pollutions ou de surveiller plus efficacement et à moindres frais certaines zones particulièrement exposées à ce type de contamination. *«Dans les régions qui ont connu une importante activité minière, de nombreux déchets contenant des métaux lourds ont été dispersés dans la nature, remarque Marylou Tercier-Waeber. Dans certains cas, on sait où se trouvent ces déchets, mais le plus souvent, leur trace a été perdue, ce qui constitue un danger potentiel à chaque événement pluvieux majeur. Grâce à nos appareils, il est tout à fait possible de remonter rapidement à la source de la pollution et de circonscrire les zones concernées.»*

A plus ou moins long terme, les sondes développées pourraient également être adaptées à la recherche d'autres types d'éléments que les métaux lourds. Techniquement parlant, il est en effet tout à fait imaginable de concevoir des capteurs permettant la détection électrochimique d'éléments inorganiques ou organiques comme les phosphates, les nitrates, les sulfates, les résidus pharmaceutiques ou les pesticides, voire la teneur en méthane ou CO₂ dans les eaux. Enfin, les capteurs actuels, permettant d'effectuer des mesures directes dans les milieux complexes, pourraient également être profitables au domaine bio-médical pour détecter une contamination par les métaux lourds dans le sang ou dans l'urine. ■

www.obesens.eu

AVEC «EMODOR», LE NEZ PREND DU CŒUR

Décrypter les liens qui existent entre l'odorat et les émotions, tel est l'objectif du projet conduit depuis 2005 par une équipe réunissant des spécialistes des sciences affectives et des neurosciences. Une recherche menée en étroite collaboration avec Firmenich, qui vient de déboucher sur la création d'un nouvel outil: l'olfactomètre

L'olfactomètre permet de diffuser jusqu'à 28 odeurs différentes (contre 4 ou 5 habituellement). Grâce à l'IRMf du Brain and Behaviour Laboratory, il est ensuite possible de visualiser la manière dont le cerveau traite ces différentes informations.

De la madeleine de Proust au *Flacon* de Baudelaire, en passant par le *Parfum* de Süskind, la littérature a abondamment exalté le pouvoir émotionnel de l'odorat. Restait à le démontrer scientifiquement. C'est la tâche à laquelle s'emploie depuis 2005 un groupe de chercheurs de la Faculté de médecine et de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation conduit d'abord par le professeur Klaus Scherer, directeur du Centre interfacultaire en sciences affectives (CISA), puis par David Sander, professeur au CISA et Patrick Vuilleumier, directeur du Centre interfacultaire de neurosciences. Le tout grâce à un financement provenant de Firmenich.

Au croisement de la chimie, des sciences affectives et des neurosciences, le projet «Emodor» a pour principal objectif de développer des outils permettant de mesurer beaucoup plus finement qu'auparavant les interactions qui existent entre le nez et le cerveau. Il a déjà donné lieu à une petite dizaine de publications dans des revues internationales de haut niveau et vient de déboucher sur la conception d'un appareil permettant de diffuser des senteurs à l'intérieur d'un scanner, l'olfactomètre, dont il n'existe que très peu d'équivalents au monde.

«Jusqu'ici, pour évaluer l'impact d'une odeur, on se contentait généralement de tests de type «j'aime/je

n'aime pas», explique David Sander. Grâce à nos travaux, aussi bien les chercheurs qui travaillent sur les émotions que les chimistes qui conçoivent des arômes ou des parfums peuvent obtenir des analyses nettement plus fines dans la mesure où elles donnent davantage d'informations sur le ressenti.»

CARTE SÉMANTIQUE

Compte tenu du peu de vocabulaire disponible pour décrire l'impression causée par une odeur, une des premières étapes du projet a consisté à dresser une sorte de carte sémantique répertoriant les termes les plus appropriés pour ce type d'exercice. Baptisé GEOS (pour *Geneva Emotion and Odor Scale*), cet outil a été construit à partir d'une liste de près de 500 termes qui a été soumise à un panel de volontaires avant d'être épurée par différents moyens statistiques. Au final, une trentaine de mots ont été conservés par les chercheurs avant d'être regroupés selon six axes thématiques: tranquillité–apaisement, sensualité–désir, dégoût–irritation, nostalgie–ravissement, énergie–rafraîchi et bonheur-bien-être.

Utile pour distinguer les senteurs appréciées de celles qui apparaissent comme désagréables à la plupart des gens, GEOS permet également de mettre en évidence le caractère fédérateur ou, au contraire, segmentant d'une odeur. De-



puis sa mise au point, il a d'ailleurs été utilisé pour tester de nouveaux produits dans le domaine de la parfumerie fine.

Dans le cadre de «Emodor», l'équipe du CISA a obtenu un autre résultat qui intéresse au premier chef les chimistes. Elle a en effet montré que le fait d'être exposé plusieurs fois à une même odeur peut créer une préférence pour cette dernière. Le travail de thèse de Géraldine Coppin, doctorante au CISA, a également permis de démontrer que le simple fait de devoir désigner une préférence entre deux odeurs également appréciées suffit à renforcer cette préférence et ce, même lorsqu'on a oublié le choix que l'on a fait. Autre découverte: ce changement de préférence se stabilise dans le temps.

«Cette idée constitue un élément central dans le débat sur la question des liens entre chimie et émotions, explique David Sander. Selon certains, il y a en effet un lien direct entre la structure chimique d'une odeur et les émotions qu'elle déclenche, indépendamment de l'environnement. Pour d'autres, en revanche, il y a beaucoup de raisons de penser que les réactions dues aux odeurs sont très flexibles et que la même fragrance peut déclencher des émotions très différentes selon le développement d'un individu et le contexte auquel l'odeur en question a été associée.»

La vérité, comme souvent, se situe probablement quelque part entre les deux. Il n'y a en



SOPHIE JARJIER

Le simple fait de devoir désigner une préférence entre deux odeurs également appréciées suffit à renforcer cette préférence, et ce même lorsqu'on a oublié le choix que l'on a fait

effet pas de raison de douter que l'évolution a conduit à ce que certaines substances, notamment celles qui sont très nocives pour l'organisme, génèrent un rejet très marqué, comme c'est le cas pour le soufre ou l'ammoniac. D'un autre côté, les travaux menés par David Sander et ses collègues montrent une certaine plasticité des circuits neurologiques impliqués dans l'odorat qui sont capables de se modifier chez un individu au cours du temps mais qui varient également d'un individu à l'autre, ainsi qu'en fonction de la région du monde concernée.

Dans un article qui vient d'être accepté par la revue *Emotion*, les chercheurs du CISA, en particulier Camille Ferdenzi et Didier Grandjean, ont en effet utilisé GEOS pour comparer la sensibilité olfactive des habitants de Singapour, de Liverpool et de Genève. Il en ressort qu'il existe à la fois des réponses émotionnelles aux odeurs communes à toutes les cultures et d'autres qui sont plus spécifiques. C'est par exemple le cas pour la spiritualité, souvent évoquée en Asie et inexistante ailleurs.

«Si on admet l'hypothèse que tout est dans les molécules, on ne devrait pas trouver de différences interculturelles, résume David Sander. Or elles existent. A l'inverse si tout était dû au contexte, on devrait trouver des différences majeures et très fréquentes. Or ce n'est pas le cas non plus.»

À défaut de trancher définitivement la question, les chercheurs du CISA se sont dotés récemment d'un outil qui devrait leur permettre de pousser plus loin leurs investigations. Fruit d'une année de conception, en étroite collaboration avec les techniciens de Firmenich, l'olfactomètre est un appareil permettant de diffuser jusqu'à 28 odeurs différentes (contre 4 ou 5 habituellement) qui a été couplé avec le scanner IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) du *Brain and Behaviour Laboratory* pour permettre d'enregistrer la manière dont le cerveau perçoit et évalue des odeurs.

CONTOURNER LE CHAMP MAGNÉTIQUE

«Le summum en matière d'étude sur l'olfaction, c'est de pouvoir envoyer des odeurs directement dans l'IRMf», explique Sylvain Delplanque, collaborateur scientifique au CISA et coordinateur du projet «Emodor». Le problème, c'est qu'il faut parvenir à contourner le champ magnétique très puissant que génère l'IRMf. On ne peut en effet rien introduire de métallique dans l'environnement direct de l'appareil. Nous avons donc dû placer tous les éléments qui servent à ouvrir ou à fermer des vannes ou encore à laisser passer des fluides dans une régie qui se trouve à quelques mètres du sujet. A partir de là, le principal défi consistait à transporter le signal odorant le plus rapidement possible de façon à éviter

un trop grand décalage entre l'envoi du produit et la mesure de son effet sur le cerveau.»

La solution développée avec l'appui de Firmenich consiste à placer les odeurs dans des diffuseurs positionnés juste à côté du sujet, ce dernier étant relié au dispositif par des canules à oxygène placées directement dans son nez. Les différentes odeurs sont envoyées, puis évacuées, grâce à un système complexe gérant les flux d'air et permettant de cibler soit la narine gauche soit la narine droite, soit les deux. Actuellement en cours de test, le dispositif permettra notamment d'examiner la capacité des odeurs à influencer l'attention d'un sujet.

«On sait, notamment grâce aux travaux du professeur Patrick Vuilleumier, que notre attention est plus soutenue en présence d'une stimulation visuelle émotionnelle qu'en présence d'une stimulation visuelle non émotionnelle, explique David Sander. Nous allons tenter de vérifier si le même genre de mécanisme existe pour l'olfaction. Nous cherchons également à savoir dans quelle mesure nos sens et notre cognition sont plus fortement mobilisés par une odeur qui nous serait particulièrement importante sur le plan affectif. Grâce à l'olfactomètre, on pourra également mieux comprendre comment les émotions suscitées par les odeurs influencent la mémoire.» ■

«Le coût de la lâcheté est bien supérieur à celui du courage»

Dans le monde du travail comme en politique, le salut des démocraties dépend de notre capacité à réapprendre le courage. Cette vertu est au centre du dernier ouvrage de la philosophe Cynthia Fleury, de passage à Genève à l'occasion du centenaire de Jeanne Hersch. Entretien

Campus: Votre livre est fondé sur l'idée qu'une démocratie sans courage est une démocratie qui court à sa perte. Qu'est-ce qui fonde le lien entre ces deux notions ?

CYNTHIA FLEURY: Mon domaine de recherche porte sur les outils de la régulation démocratique. Mon objectif est de comprendre ce qui fait que le système fonctionne ou dysfonctionne, et comment les individus peuvent prendre part à cette régulation. Les démocraties ont développé, historiquement, deux façons de la concevoir. L'une par la vertu (la tradition républicaine révolutionnaire française, par exemple), l'autre par la confronta-

rennité des institutions de la liberté. Au niveau individuel, c'est également lui qui peut permettre à chacun de préserver son intégrité personnelle.

Cela semble particulièrement vrai dans le monde du travail, que vous décrivez comme un univers en pleine déliquescence...

Le monde du travail est en effet redevenu un lieu d'aliénation et, d'une certaine manière, c'est un monde en guerre. Aujourd'hui, de plus en plus d'individus désavouent les principes de l'organisation qui les emploie. Confrontés à des phénomènes de harcèlement ou à

Comment en est-on arrivé là ?

Cette situation repose en grande partie sur l'illusion que provoque le système, à savoir qu'il est machinal, inévitable, plus fort que les individus. Mais le «système» n'existe pas. Le système traduit la victoire momentanée d'une dynamique. Dans le monde du travail, par exemple, la folie managériale n'a pas toujours été aussi délétère. Depuis vingt ans, il existe un retour en force, en France et ailleurs, de ce système organisationnel ultralibéral. Au début, les individus ont subi la pression de plein fouet. On a vu apparaître des phénomènes de mobilité forcée, de conversion, d'adaptabilité qui, pour différentes raisons, se sont avérés très destructeurs. Croire que cela a toujours été et sera toujours ainsi sert peu les intérêts des travailleurs. Grâce au courage des individus, et à quelques structures de défense collectives encore valides, le harcèlement et la souffrance au travail ont été dénoncés et il existe désormais des outils juridiques pour lutter contre. Aujourd'hui, le harcèlement peut être dénoncé à l'encontre d'un collègue et non d'un supérieur, mais également comme mode de gestion en tant que tel, indépendamment d'une relation interpersonnelle.

Vous portez également un regard très critique sur le monde politique...

Au niveau politique, le problème n'est pas celui de la disparition du courage, mais son instrumentalisation. Tous les leaders politiques ont fait de ce mot un argument de communication politique majeur. Le courage est devenu une espèce d'idole médiatique, tout le monde s'en réclame avec des discours du type: «moi j'ose la rupture», «moi, je dis ce que les autres

Plus une démocratie est adulte, plus on a l'illusion que les choses fonctionnent toutes seules

tion des intérêts particuliers (la tradition libérale américaine, par exemple). Ma conviction est que la première de ces conceptions est impraticable et que la seconde est insuffisante. La crise financière a en effet montré à quel point le caractère régulateur de l'intérêt était devenu obsolète. L'objectif de ce livre est donc de montrer qu'il existe une alternative.

Laquelle ?

Mon hypothèse est que le courage permet de protéger la démocratie contre les effets pervers que le système engendre. Au niveau collectif, c'est le courage qui garantira la pé-

des modes de management délirants, les travailleurs constatent quotidiennement que les choses dysfonctionnent mais ils continuent de se lever tous les matins pour se rendre à leur travail. Leur mot d'ordre: l'adaptation et pas la rupture. Ce qui peut se concevoir. Mais l'adaptation n'a de sens que pour le meilleur. Sinon c'est l'érosion. L'ensemble de ces petites lâchetés fait qu'au lieu de s'organiser collectivement pour dire que cela suffit – donc pour jouer leur rôle de régulateur – les individus se taisent et s'efforcent de s'adapter à la situation. Résultat, dans le meilleur des cas, c'est le divan. Dans le pire, c'est la rue ou la corde.



Cynthia Fleury: «En démocratie, il n'y a pas d'acquis. Dès que vous baissez la garde, vous perdez du terrain.»

n'osent pas dire», etc. Malheureusement, dans les faits, la plupart des hommes politiques sont des figures contre-exemplaires. Ce sont des personnages dont le «moi» est totalement décomplexé et qui vident la notion de courage de sa substance. La politique, c'est le règne du contentement de soi, dans lequel plaire et divertir sont devenus le plus sûr moyen de ne pas partager le pouvoir.

Selon vous, rien ne serait pourtant pire que de renoncer. Pourquoi?

L'idée de ce livre était non seulement de poser un diagnostic mais également de montrer que se dessaisir du courage est un mauvais calcul puisque le coût de la lâcheté est bien supérieur à celui du courage.

Dans quelle mesure?

Plus une démocratie est moderne et adulte, plus on a l'illusion que les choses fonctionnent toutes seules. Mais rien n'est plus faux. La dé-

mocratie ne connaît pas le *statu quo*. Elle est le fruit d'une tension constante entre des forces progressistes et des forces rétrogrades qui s'affrontent. Le combat est permanent. Ce qui veut dire qu'il n'y a pas d'acquis: dès que vous baissez la garde, vous perdez du terrain. En ce sens, il existe un caractère fortement décevant de la démocratie qui peut créer une forme de ressentiment de la part du peuple. Et cela constitue une aubaine pour les mouvements populistes de droite, les idées xénophobes ou nationalistes.

Que faire dès lors?

Faire l'expérience du courage est une sorte d'épreuve initiatique qui implique de dépasser le découragement généralisé que nous connaissons aujourd'hui non seulement sur le plan individuel mais aussi au niveau collectif. Pour beaucoup, le courage est une vertu qui est un peu datée, qui renvoie à la guerre, à la résistance et à l'héroïsme. Pour moi, le courage est

à portée de main. Il est fait de petits gestes au quotidien. A mon sens, c'est donc une vertu du temps présent. C'est une pensée de l'action, comme aurait dit la philosophe genevoise Jeanne Hersch autrefois et comme d'autres le montrent aujourd'hui.

Le courage n'est donc pas tout à fait mort?

Non, il y a toujours des individus et des actes courageux. Après, tout l'enjeu est de passer du geste isolé à l'action

collective pour parvenir à imposer des sujets sur l'agenda politique. Sinon les courageux se révèlent vite sacrifiés. Construire une éthique collective du courage, voilà le défi.

Vous avez des exemples?

Il faut créer des majorités qualifiées citoyennes. En France, à l'origine de mouvements tels que l'Appel des appels, le collectif Sauvons la recherche, l'association Zéro de conduite, il y a souvent des individus qui ont eu le courage de dire non et de s'organiser. Idem pour le collectif des Enfants de Don Quichotte. Lorsque ce mouvement a commencé, personne ne pensait qu'il soulèverait un élan tel qu'il conduirait au vote d'une loi sur le droit opposable au logement. La loi reste encore inappliquée et inefficace. Mais le courage, c'est le pari du temps long. ■

Propos recueillis par Vincent Monnet

«La Fin du courage», par Cynthia Fleury, Fayard, 208 p.

Haïti apprend à prévoir le pire pour reconstruire

Mieux anticiper et mieux gérer les conséquences des catastrophes naturelles: tel est l'objectif de la formation mise sur pied en Haïti par le Centre d'enseignement et de recherche en action humanitaire. Un programme inauguré en juin dernier, six mois à peine après le séisme

Septembre 2008: en quelques semaines, quatre ouragans (*Faye, Gustav, Hanna et Ike*) déferlent sur les Caraïbes. Cuba, et surtout Haïti, sont durement frappés. Sur la «Perle des Antilles», on relève 800 morts et plus de 165 000 sinistrés, tandis qu'une large partie des récoltes est détruite et que 15% de la richesse nationale est engloutie. C'est dans ce contexte que Jean-Daniel Rainhorn, directeur du Centre d'enseignement et de recherche en action humanitaire (Cerah), qui a formé de nombreux étudiants haïtiens, débarque sur l'île. Rapidement, le professeur se forge une certitude: si la pauvreté est naturellement un facteur aggravant, l'absence de formation académique sur la gestion et la prévention des catastrophes au niveau local explique également l'ampleur des dégâts. D'où l'idée de mettre sur pied une formation universitaire en vue d'aider les Haïtiens à mieux affronter les catastrophes naturelles. Destinée dans un premier temps aux cadres de la société haïtienne, ce programme partagé en trois sessions de deux semaines a été inauguré en juin dernier, marquant symboliquement la reprise des activités académiques sur l'île, six mois à peine après le dramatique séisme du 12 janvier 2010.

UN ÉNORME ENGOUEMENT

«Sur place, notre projet a d'emblée reçu un accueil très favorable, explique Jean-Daniel Rainhorn. Nous avons obtenu le soutien du Ministère de l'intérieur haïtien, des milieux académiques nationaux et internationaux ainsi que d'organisations internationales telles que le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) ou la Croix-Rouge. Du côté de la population haïtienne, l'engouement a également été énorme puisque, pour

la première session, nous avons reçu près de 200 candidatures en trois jours alors que nous disposions seulement d'une soixantaine de places.»

Les 13 bâtiments du campus de Port-au-Prince ayant été rendus inutilisables par le séisme, c'est dans une résidence de vacances située à une cinquantaine de kilomètres de la capitale que s'est ouvert le Certificat d'études avancées en prévention et gestion des risques et désastres mis sur pied par le Cerah. Offrant un décor de carte postale, le site de Moulin-sur-Mer, qui a totalement échappé aux destruc-



En 2008, les ouragans ont tué 800 personnes et englouti 15% de la richesse nationale haïtienne.

LOGAN ABASSI/PNUD



tions, a donc accueilli quinze jours durant, une première volée de participants composée principalement de médecins, de magistrats ou de spécialistes de la protection civile. Au programme: des enseignements théoriques et des travaux pratiques portant aussi bien sur les risques liés aux ouragans (formation et caractéristiques des cyclones tropicaux) que sur la prévention des séismes. Autant de connaissances visant un double objectif. D'une part, former des spécialistes locaux capables d'apporter des réponses rapides et efficaces en cas de catastrophe naturelle. De l'autre, faire prendre conscience à la population locale que les catastrophes qui s'abattent sur l'île depuis quelques années ne doivent rien à la fatalité et qu'il est possible d'en limiter les conséquences moyennant une bonne information et un certain savoir-faire.

LES GESTES QUI SAUVENT

«Quelques semaines après le tremblement de terre en Haïti, le Chili a été frappé par une secousse d'une ampleur comparable si ce n'est supérieure, explique Jean-Daniel Rainhorn. Bilan: 600 morts, contre 250 000 en Haïti. Il y a une raison essentielle qui explique cette différence, c'est la prévention. Cela passe bien sûr par des aspects physiques, comme la construction des bâtiments et la qualité des infrastructures (routes, distribution d'électricité, réseaux de télécommunications), mais cela suppose aussi un énorme travail d'éducation.»

Le défi pour les formateurs du Cerah consiste notamment à faire passer dans la population les bons gestes en cas de catastrophe naturelle. Au Japon, par exemple, n'importe quel enfant de 6 ans sait que s'il sent la terre



Port-au-Prince, quelques heures après le séisme du 12 janvier 2010. Un tremblement de terre qui de l'avis de nombreux spécialistes ne sera pas le dernier à frapper Haïti.

trembler, il faut qu'il se place sous le cadre d'une porte pour éviter d'être écrasé dans le cas où sa maison s'effondrerait. On en est loin en Haïti, comme le confirme Jean-Jacques Wagner, ancien directeur du Programme pluridisciplinaire en action humanitaire de l'Université, qui a dispensé une bonne partie des cours sur la sismologie dans le cadre du certificat proposé par le CERAH: «Les Haïtiens savent ce qu'est un ouragan, même s'ils continuent à déverser leurs déchets dans les rivières, ce qui augmente les risques de débordement en cas de précipitations abondantes. En revanche, un séisme comme celui qu'ils ont subi en janvier dernier constitue un phénomène plus difficile à concevoir. Le dernier événement comparable remonte en effet à la fin du XVIII^e siècle. Et il a été oublié de la plupart des habitants de l'île.»

ÉVITER UN NOUVEAU DÉSASTRE

Outre une évolution des comportements, de nombreuses améliorations peuvent également être apportées aux habitations sans nécessiter forcément d'importants investissements. En Haïti, malgré des moyens limités, beaucoup de gens parviennent à construire leur propre maison. Pour ce faire, ils se tournent généralement vers ce qu'on appelle là-bas un «boss maçon». Or, malgré une volonté évidente de bien faire, ces derniers ignorent la plupart du temps les principes élémentaires qui font qu'un bâtiment est à même de résister à une secousse sismique importante. Une meilleure information sur l'importance des murs porteurs et sur la manière de structurer les constructions suffirait donc à réduire considérablement le nombre de victimes en cas de nouveau tremblement de terre.

«Ce qui importe surtout aujourd'hui, poursuit Jean-Jacques Wagner, c'est d'éviter de créer les conditions d'un nouveau désastre. Lorsqu'on est confronté à une catastrophe majeure comme celle de janvier dernier, la priorité absolue c'est évidemment de porter secours aux victimes. Mais il est également capital de prendre un peu de recul pour analyser ce qui peut être fait et de quelle manière le faire. On a toujours l'impression que l'on pourra penser à cela plus tard mais, dans les faits, il faut agir très vite car pour les survivants, la vie continue. Malgré la douleur, il faut se loger, se nourrir...»

Dans le cas d'Haïti, une action coordonnée dès le lendemain du séisme aurait sans doute permis de limiter l'ampleur de l'épidémie de choléra qui s'est déclenchée au mois d'octobre et qui avait déjà fait plus de 2000 victimes au début décembre. Faute de registre foncier, l'émigration massive de la population vers les campagnes s'est en effet déroulée de façon totalement incontrôlée. On a ainsi vu apparaître des camps totalement improvisés où la population s'est entassée dans une grande promiscuité. Il aurait pourtant suffi de tracer quelques axes au bulldozer pour permettre une implantation plus cohérente, en particulier sur le plan sanitaire. De la même manière, de nombreuses sources n'ont pas été protégées. Servant à la fois aux personnes déplacées et aux animaux, elles ont souvent été contaminées alors qu'il aurait été peu coûteux d'assurer leur salubrité.

Prendre la mesure de ce type d'enjeu semble d'autant plus impératif que la plupart des spécialistes s'accordent à dire qu'Haïti n'est pas à l'abri d'une nouvelle catastrophe naturelle. Outre le risque lié aux ouragans, qui reviennent chaque été avec plus ou moins d'intensité, la probabilité d'un autre événement sismique semble en effet relativement élevée. D'une part, parce que l'énorme quantité d'énergie accumulée sous terre depuis le XVIII^e siècle n'a peut-être pas été totalement évacuée



par le séisme du 12 janvier, d'où la possibilité d'une nouvelle secousse à plus ou moins long terme. De l'autre, parce que certaines études ont montré que le risque qu'un événement sismique d'importance survienne dans le nord de l'île n'est, lui non plus, pas négligeable.

«HAÏTI SE RELÈVERA»

Ce qui n'empêche pas Jean-Daniel Rainhorn de se montrer relativement optimiste: «Cela prendra peut-être vingt-cinq ans, mais Haïti se relèvera. Ce pays traverse actuellement des difficultés monstrueuses mais, contrairement à ce qu'on a pu lire dans la presse, c'est loin d'être une terre maudite. Le pays a de nombreux atouts. Il peut s'appuyer sur des élites intellectuelles de haut niveau et cultive un rapport tout à fait particulier à l'éducation. L'avenir d'Haïti, ce sont ces enfants en uniformes bleu marine qu'on voit partir à l'école en traversant un océan de décombres.» ■

Vincent Monnet

Le forçat de la chimie minérale

Au cours du XIX^e siècle, le chercheur genevois Jean-Charles Galissard de Marignac a mesuré la masse atomique de 28 éléments chimiques. Il est également le seul Suisse à en avoir découvert deux: le gadolinium et l'ytterbium

«Sans le travail précurseur de chercheurs comme Jean-Charles Galissard de Marignac, Dimitri Mendeleïev n'aurait jamais pu concevoir son fameux tableau périodique des éléments.» Pour Alan Williams, professeur au Département de chimie minérale, analytique et appliquée de la Faculté des sciences, le chimiste genevois fait partie de ces forçats de laboratoire qui ont défriché avec beaucoup de méticulosité au cours du XIX^e siècle le terrain de l'identification et de la caractérisation des différents types d'atomes existant dans la nature. Jean-Charles Galissard de Marignac est en effet le seul Suisse ayant découvert deux d'entre eux, le gadolinium ($_{64}\text{Gd}$) et l'ytterbium ($_{70}\text{Yb}$). Aux yeux d'Alan Williams, auteur d'un article sur son prédécesseur paru dans la revue *Chimia* du mois de décembre 2009, la principale contribution du chimiste réside toutefois dans son travail de longue haleine consistant à séparer et à mesurer les masses atomiques de pas moins de 28 éléments. Soit près de 40% des éléments connus à la date de sa mort en 1894.

CHOIX SURPRENANT

Né en 1817, Jean-Charles Galissard de Marignac est issu d'une famille genevoise dont les ancêtres protestants ont fui le Languedoc au moment de la révocation de l'Edit de Nantes en 1685. Il effectue ses études à l'Académie de Genève avant d'entrer en 1835 à l'École polytechnique de Paris, d'où il sort premier de sa promotion. Après un passage par l'École des mines et par la fabrique de porcelaine de Sèvres, il retourne au bercaïl en 1841, acceptant une offre de l'Académie de Genève d'occuper un poste de professeur de chimie.

Ce choix peut surprendre car le salaire proposé est modeste, son laboratoire se situe dans un sous-sol sombre et humide et il est obligé d'acheter son matériel sur ses propres fonds,

même si l'équipement de l'époque est nettement moins sophistiqué qu'aujourd'hui.

Dans les années 1840, l'état des connaissances en chimie est en plein essor. La théorie atomique du physicien et chimiste britannique John Dalton vient en effet d'être acceptée par la communauté scientifique. Elle stipule que chaque élément connu (oxygène, carbone, argent, or, etc.) n'est constitué que d'un seul type d'atome. Ce dernier est indivisible et indestructible mais peut se combiner avec d'autres atomes de type différent pour

former des structures plus complexes. L'un des grands enjeux pour les chimistes et les minéralogistes de l'époque est d'isoler et d'identifier le plus d'éléments possible.

Suivant le mouvement, Jean-Charles Galissard de Marignac se lance dès le début de sa carrière académique dans la mesure de masses atomiques. En 1842, son premier article estime avec une précision inédite les valeurs correspondant à l'argent, au potassium et au chlore. Il reçoit pour son travail les éloges du chimiste suédois Jöns Jacob Berzelius. Celui que l'on considérera plus tard comme l'un des fondateurs de la chimie moderne loue notamment la patience et l'intelligence avec lesquelles le chimiste genevois réalise et répète ses expériences.

Il faut dire que l'homme n'est pas considéré comme un joyeux drille. En chaire, ses exposés sont unanimement qualifiés de modèles de clarté et de précision. Mais c'est un travailleur solitaire qui n'a quasiment jamais engagé d'étudiant. Sa modestie et sa timidité l'ont poussé à refuser le poste de recteur de l'Académie et à décourager toute tentative de ses amis de le proposer pour recevoir la Légion d'honneur. Cela explique peut-être pourquoi le personnage, bien qu'internationalement connu et respecté en son temps, a eu tendance à être oublié au cours du siècle suivant.

FORMULE CHIMIQUE DU QUARTZ

Au quotidien, le travail de Jean-Charles Galissard de Marignac consiste en général à mesurer avec précision les changements de masse d'un échantillon soumis à des réactions chimiques. «*Son outil de base est donc la balance analytique*, précise Alan Williams. *Il décrit également avec beaucoup de soin les formes des cristaux qu'il obtient, la cristallographie fournissant des indices précieux sur la composition des*

Bio express

- 1817 Naissance le 24 avril à Genève
- 1837 Diplôme de l'École polytechnique de Paris
- 1841 Nomination au poste de professeur de chimie à l'Académie de Genève
- 1845 Nomination au poste de professeur de minéralogie
- 1873 Transformation de l'Académie en Université de Genève. Un nouveau bâtiment, l'École de chimie, est construit au boulevard des Philosophes
- 1878 Départ à la retraite pour des raisons de santé. Il installe un petit laboratoire dans sa maison.
- 1894 Décès le 15 avril.

Jean-Charles Galissard de Marignac.

matériaux. C'est de cette manière qu'il a d'ailleurs réussi à montrer que la formule chimique du quartz est SiO_2 – pas moins de quatre formules différentes étaient alors proposées pour ce minéral très abondant. Il a par la même occasion obtenu la valeur pour la masse atomique du silicium.»

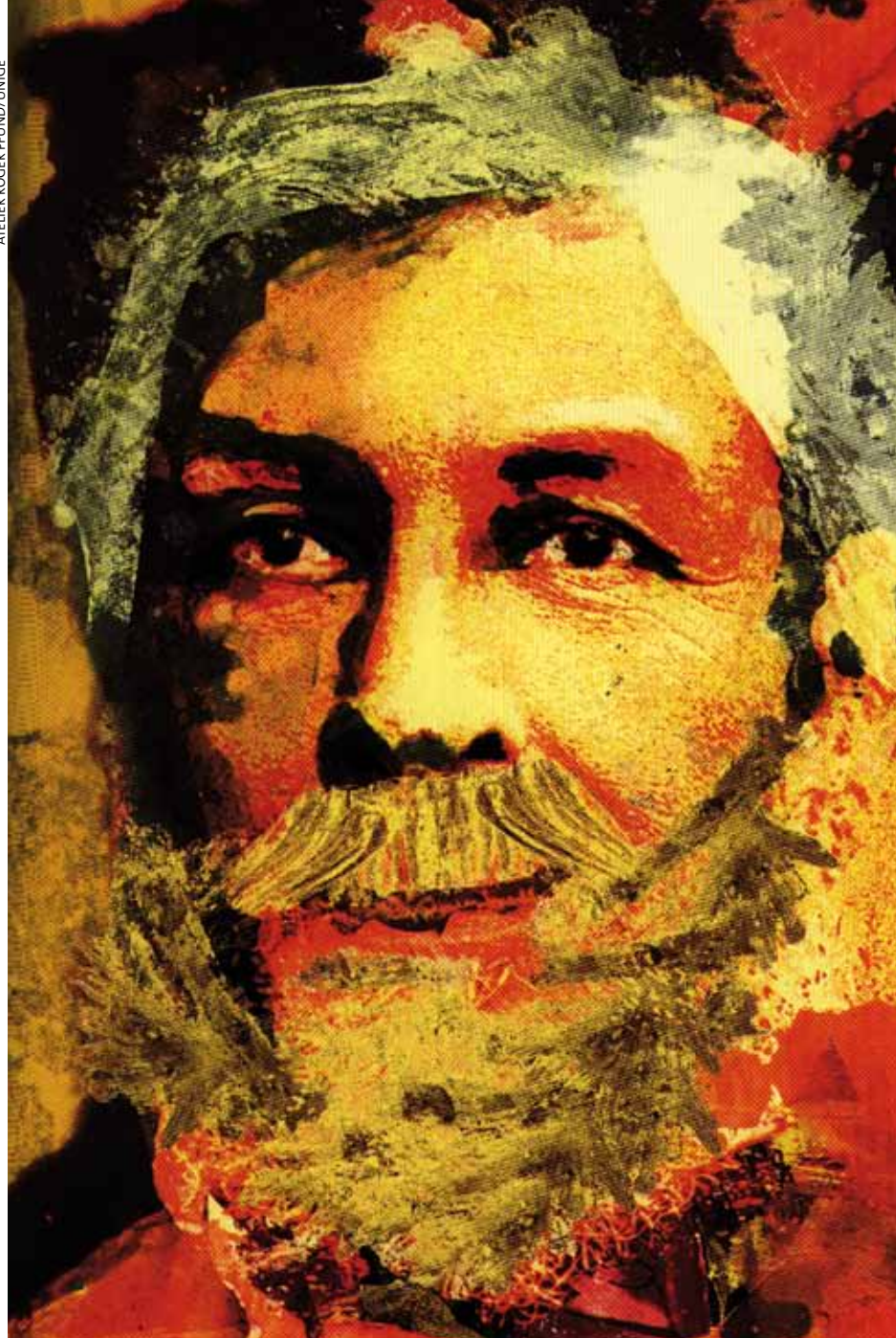
C'est néanmoins par son travail sur les terres rares qu'il se distingue le plus. Dans les années 1870, il se lance dans l'analyse d'un échantillon de gadolinite. Il passe deux ans à isoler les constituants de ce minerai. Il est d'ailleurs l'un des premiers à utiliser la mesure de l'absorption spectrale, en collaboration avec le physicien genevois Louis Soret, pour suivre les progrès de la séparation des éléments. C'est ainsi qu'il isole de l'yttrium, de l'erbium et un composé jaune qu'il pense être du terbium. En reprenant la fraction censée ne contenir que de l'erbium, il poursuit ses manipulations et tombe finalement sur un nouvel élément qu'il appelle ytterbium.

Le nom donné à l'élément vient d'un village, Ytterby, situé sur l'île suédoise de Resarö. A cet endroit, il existe une carrière dont des minerais ont permis la découverte de quatre terres rares: l'ytterbium, l'yttrium, l'erbium et le terbium, chaque fois nommé d'après une variante phonétique du nom du village.

TRAVAIL RÉPÉTITIF

Peu après, Jean-Charles Galissard de Marignac se met à analyser un morceau de samarskite, un minerai prélevé en Amérique du Nord. Au cours de ce travail, qu'il publie en 1880, deux ans après avoir pris sa retraite pour des raisons de santé, il découvre un deuxième élément, qu'il nomme cette fois-ci le gadolinium, en l'honneur du chimiste finlandais, Johan Gadolin, découvreur de l'yttrium.

«Ces travaux de séparation sont très répétitifs et souvent le chimiste qui les effectue estime de



manière plus ou moins arbitraire que le produit obtenu est suffisamment pur pour être caractérisé, précise Alan Williams. En réalité, avec les méthodes de l'époque, ce n'était que rarement le cas. Marignac a d'ailleurs reconnu que ses échantillons pouvaient contenir d'autres éléments que l'ytterbium ou que le gadolinium. Mais il n'avait plus assez de matériel pour poursuivre son travail de séparation. Il s'est avéré par la suite que l'échantillon d'ytterbium isolé par Marignac contenait en effet de petites quantités de lutécium, comme l'ont démontré trente ans plus tard les chimistes Georges Urbain et Carl Auer von Welsbach. Il n'empêche que c'est le chimiste genevois qui a conservé la paternité de la découverte de cet élément.»

Les travaux de Jean-Charles Galissard de Marignac sur les éléments chimiques ont été essentiels. C'est en 1869 que Dimitri Mendeleïev montre qu'en rangeant les éléments par ordre de masse atomique croissante, on

observe une variation régulière dans les propriétés, ce qui l'amène à proposer son tableau périodique qui reste, de nos jours, la base de la chimie systématique.

Cela dit, Jean-Charles Galissard de Marignac ne s'est pas contenté d'établir des masses atomiques. Au cours de sa carrière, il s'est intéressé à d'autres domaines de la chimie, notamment la thermochimie ou la mesure des chaleurs spécifiques des solutions. On lui doit aussi la démonstration que l'ozone n'est qu'une autre forme de l'oxygène. Mais son expérience la plus spectaculaire est sans doute la répétition, avec le général Dufour, de la fameuse expérience du pendule de Foucault dans la cathédrale Saint-Pierre à Genève. ■

Anton Vos

www.unige.ch/sciences/chimie/?partages/mendeleev/mendel4.php&port=last

Du bûcher à l'échafaud

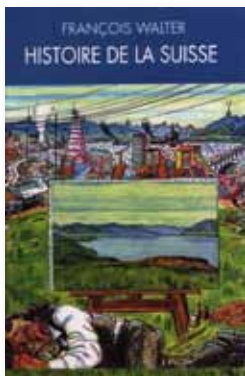


A partir du XVI^e siècle, tout comme celui de frapper monnaie, de faire la guerre ou de lever l'impôt, le droit de punir devient le monopole exclusif de l'Etat. Fondées sur les aveux du prévenu – souvent arrachés sous la torture – et laissant une large place à l'arbitraire des juges, les pratiques héritées de l'Ancien Régime cèdent dès lors progressivement le pas à une conception de la justice visant à protéger les droits de l'individu au travers de la codification des délits et des peines. Généralisé à l'ensemble de l'Europe, le mouvement n'épargne évidemment pas la République de Genève, considérée par beaucoup de spécialistes comme un laboratoire pénal. Sur la base des quelque 26 000

dossiers de procédures et d'enquêtes conservés aux Archives d'Etat, c'est l'histoire de cette lente mutation que reconstitue cet ouvrage collectif coordonné par Michel Porret, directeur de l'Unité d'histoire moderne de la Faculté des lettres. Pendant d'une exposition éponyme présentée jusqu'au 30 novembre 2011 dans le bâtiment de l'ancien arsenal, *La Chaîne du pénal* se découpe en une vingtaine de petits chapitres richement illustrés. Fac-similés et autres documents iconographiques à l'appui, les auteurs y abordent aussi bien la chaîne des forçats rejoignant les galères que le développement de la doctrine, le rôle de la défense ou l'éventail des châtiments corporels infligés aux condamnés. Un parcours qui s'achève avec l'adoption du code pénal, en 1795, et l'arrivée de la guillotine en ville quatre ans plus tard. Installée sur la place Neuve et peinte en rouge, «l'horrible machine écarlate» servira à trancher la tête de 33 condamnés, dont une femme, jusqu'à l'abolition définitive de la peine capitale en 1871. VM

«LA CHAÎNE DU PÉNAL. CRIMES ET CHÂTIMENTS DANS LA RÉPUBLIQUE DE GENÈVE SOUS L'ANCIEN RÉGIME», SOUS LA DIR. DE MICHEL PORRET, GEORG ÉDITEUR, 127 P.

Cinq tomes pour revisiter l'histoire suisse



C'est un véritable tour de force éditorial. Il aura en effet fallu moins de deux ans à François Walter, directeur de l'Unité d'histoire nationale et régionale de la Faculté des lettres, pour achever les cinq volumes de son *Histoire de la Suisse* (lire également *Campus* n° 97). Désormais disponible en coffret, cette série, qui compte près de 700 pages au total et qui couvre une période allant des origines de la nation (au XVI^e siècle) à nos jours, se veut le reflet des derniers résultats issus de la recherche universitaire. Portée par un style à la fois concis et accessible, et par conséquent destinée à un large public, elle offre une alternative bienvenue à la *Nouvelle Histoire de la Suisse et des Suisses* qui faisait office de référence pour les lecteurs francophones depuis sa publication en 1982. Dépassant le cadre strict de l'histoire événementielle, cette nouvelle lecture du passé national a le grand

mérite d'intégrer les derniers standards de la discipline. François Walter s'y interroge ainsi non seulement sur les étapes ayant conduit à la construction de la nation, mais aussi sur la nature du lien social qui unit les Suisses, sur les relations avec l'Europe, sur les clivages linguistiques, religieux, sociaux et économiques ou encore sur l'influence des variations de l'environnement dans l'histoire. L'ensemble vise un objectif essentiel: fournir au lecteur les moyens de se forger sa propre opinion. VM

«HISTOIRE DE LA SUISSE» TOMES I À V, PAR FRANÇOIS WALTER, ÉDITIONS ALPHIL/PRESSES UNIVERSITAIRES SUISSES.

De Saussure approfondi

Bien qu'il soit sans doute le linguiste le plus souvent cité au cours du XX^e siècle, Ferdinand de Saussure n'a, paradoxalement, laissé aucune œuvre écrite complète décrivant sa pensée. Son fameux *Cours de linguistique générale*, rédigé par Albert Sechehaye

et Charles Bally sur la base de notes de quelques-uns des auditeurs ayant suivi les trois cours du linguiste genevois, ne constitue en effet qu'un reflet partiel et biaisé de la pensée de ce dernier. Cet ouvrage posthume, dont la tonalité est qualifiée de «déclarative», voire de «doctrinale» est d'ailleurs d'emblée contesté par ceux qui ont été



en étroite contact avec les réflexions du maître ainsi qu'avec sa démarche, placée sous le signe du doute, de l'hésitation et de la perplexité. *Le Projet de Ferdinand de Saussure*, qui rassemble les contributions de 16 chercheurs, s'attache à corriger le tir et tente de reconstituer la pensée de Saussure à partir de ses notes, de ses manuscrits inachevés et des carnets de ses étudiants. Le résultat donne à la théorie du linguiste une image transformée et approfondie. Entre autres choses, les auteurs estiment avoir démontré «la profonde cohérence d'une démarche ayant en permanence visé à élaborer une linguistique générale fondée sur l'étude empirique des langues, dans leur diversité et leur dynamique historique.» AV

«LE PROJET DE FERDINAND DE SAUSSURE», SOUS LA DIRECTION DE JEAN-PAUL BRONCKART, ECATERINA BULEA ET CRISTINA BOTA, LIBRAIRIE DROZ, 2010 360 P.

GENÈVE RÉCOMPENSE SES ASTRONOMES

Les professeurs Michel Mayor, Didier Queloz et Stéphane Udry, du Département d'astronomie de la Faculté des sciences, ont été choisis pour être les récipiendaires du Prix de la Ville de Genève 2011 dans la catégorie sciences. Les Prix quadriennaux de la Ville de Genève, remis à la fin de chaque législature par le conseil administratif, constituent les distinctions les plus importantes attribuées par Genève. Destinés à honorer des personnalités qui, par l'ensemble de leur œuvre ou de leur carrière, ont contribué au rayonnement de la cité, ces prix – au nombre de sept – sont dotés de 40 000 francs chacun.

DOUBLE DISTINCTION POUR LE CENTRE DE NEUROSCIENCES

La fin de l'année 2010 a été marquée par un double succès pour le Centre interfacultaire de neurosciences. Spécialiste de l'addiction, le professeur Christian Lüscher (Faculté de médecine) s'est ainsi vu attribuer le Prix Cloëtta 2010, qui est décerné chaque année depuis 1974 à des personnalités suisses ou étrangères pour leur contribution aux progrès de la médecine, pour son travail sur les mécanismes biologiques de l'addiction. Maître assistant au Département de neurosciences fondamentales et au Département des neurosciences cliniques et dermatologie (Faculté de médecine), Arnaud Saj s'est, pour sa part, vu récompensé par le Prix Alain Agniel 2010, décerné par la Société de neuropsychologie de langue française, pour son travail en neuropsychologie humaine.

LES PARLEMENTAIRES RENDENT HOMMAGE À STANISLAV SMIRNOV

Lauréat de la médaille Fields 2010, l'équivalent du Prix Nobel de mathématiques, le professeur Stanislav Smirnov (Faculté des sciences) a été accueilli par les Chambres fédérales à Berne, en décembre dernier. Le Conseil national et le Conseil des États ont rendu hommage à sa contribution scientifique et au prestige conféré par ce prix à la place universitaire suisse.

A cette occasion, le mathématicien s'est entretenu avec des parlementaires impliqués dans la politique de l'éducation et de la recherche. Il a également été félicité par Mauro Dell'Ambrogio, secrétaire d'État à l'Éducation et à la recherche. A relever que c'est la première fois qu'un chercheur en activité dans une haute école suisse reçoit la médaille Fields.

UNE PROFESSEURE DE DROIT POUR SURVEILLER LES MARCHÉS FINANCIERS

Professeure associée à la Faculté de droit, Anne Héritier Lachat a été nommée par le Conseil fédéral à la présidence de la Finma, l'autorité de surveillance suisse des marchés financiers. Une fonction qu'elle occupe depuis le 1^{er} janvier. Enseignant le droit bancaire et financier ainsi que le droit commercial au sein de la Faculté de droit, Anne Héritier Lachat est également membre de la Commission de direction du Centre de droit bancaire et financier de l'UNIGE (CDBF), un centre qui a pour mission de promouvoir et de publier des recherches de pointe, d'encadrer des enseignements, de contribuer à la formation continue et d'organiser des conférences dans le domaine des opérations bancaires et de la surveillance des intermédiaires et marchés financiers.

LE PRIX KARL WALTHARD POUR CAROLE VUILLAUME

Le Prix Karl Walthard 2010, décerné par la Commission sportive universitaire de l'UNIGE, a été attribué à Carole Vuillaume. Doté d'une somme de 1000 francs, ce prix récompense une personnalité qui s'est distinguée aussi bien dans le domaine sportif que dans le domaine académique. Ancienne championne du monde des cyclomessagers, deux fois deuxième du Grand Raid Cristal, titulaire d'une 7^e place aux Championnats du monde de mountain bike et d'une 4^e place aux Championnats d'Europe de la même discipline en 1998, Carole Vuillaume vient en effet d'achever une maîtrise universitaire en histoire des religions sur les « aspects rituels du sport-spectacle » qui a été saluée par l'obtention de la note maximale.

Impressum

CAMPUS

Université de Genève
Presse Information Publications
Rue Général-Dufour 24 – 1211 Genève 4
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus/

SECRETARIAT, ABONNEMENTS

T 022/379 77 17
F 022/379 77 29

RESPONSABLE DE LA PUBLICATION

Didier Raboud

RÉDACTION

Vincent Monnet / Anton Vos

CORRECTRICE

Samira Payot

DIRECTION ARTISTIQUE ET GRAPHISME

adb Atelier Dominique Broillet
Chatty Ecoffey

IMPRESSION

Atar Roto Presse SA, Vernier

PUBLICITÉ

Go! Uni-Publicité SA
Rosenheimstrasse 12
CH-9008 St-Gall/Suisse
T 071/544 44 80
F 071/244 14 14
printmedia@go-uni.com

Campus est membre du Swiss Science Pool – www.swiss-science-pool.com

Reprise du contenu des articles autorisée avec mention de la source. Les droits des images sont réservés.

SCIENCES

Austeri, Martina

CpRu-Catalysis in enantioselective decarboxylative allylic substitutions and reactions of α -carbonyl diazo compounds
Th. UNIGE 2010, Sc. 4259
Sous la direction de:
Lacour, Jérôme
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12514>

Baquí, Mathurin

Role of LRH-1/NR5A2 in islet physiology and pathophysiology
Th. UNIGE 2010, Sc. 4260
Sous la direction de: Riezman, Howard; Wollheim, Claes; Gauthier, Benoît R.
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12586>

Baudino, Lucie

Genetic mechanisms for the expression of endogenous retroviral envelope glycoprotein gp70 implicated in murine systemic

lupus erythematosus

Th. UNIGE 2010, Sc. 4234
Sous la direction de: Izui, Shozo; Picard, Didier
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:10731>

Bhosale, Rajesh

Synthetic supramolecular photoystems
Th. UNIGE 2009, Sc. 4191
Sous la direction de:
Matile, Stefan
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:6528>

Bonanni, Ugo

Haptic interaction with virtual hair
Th. UNIGE 2010, Sc. 4247
Sous la direction de: Magnenat Thalmann, Nadia; Rolim, Jose
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12402>

Caviglia, Andrea

Two-dimensional electron gas in functional oxide interfaces

Th. UNIGE 2010, Sc. 4261
Sous la direction de: Triscone, Jean-Marc
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12581>

Ceppi, Margarita Georgina

Paramètres photosynthétiques affectant le transport d'électrons à travers le pool de plastoquinone: la densité des photosystèmes I, le contenu de chlorophylle et l'activité d'une plastoquinol-oxydase
Th. UNIGE 2009, Sc. 4175
Sous la direction de:
Strasser, Reto; Schansker, Gert
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5387>

Chen, Ang

A multi-dimensional compositional approach for business process semantic engineering
Th. UNIGE 2009, Sc. 4192
Sous la direction de:
Buchs, Didier
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12252>

Ehrler, Frédéric

Modular text mining for protein-protein interactions extraction
Th. UNIGE 2009, Sc. 2009
Sous la direction de: Pellegrini, Christian; Ruch, Patrick
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12936>

El Korh, Afifé

Geochemical fingerprints of devolatilization reactions in the high-pressure rocks of Ile de Groix, France
Th. UNIGE 2010, Sc. 4264
Sous la direction de:
Schmidt, Susanne Theodora; Schaltegger, Urs
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12912>

Eraerds, Patrick

Advances in single-photon counting and fiber metrology
Th. UNIGE 2010, Sc. 4256
Sous la direction de:
Gisin, Nicolas
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12421>

Gambetta, Maria Cristina

Characterization of the Polycomb group member super sex sombs (sxc)
Th. UNIGE 2010, Sc. 4244

Sous la direction de: Pauli, Daniel; Müller, Jürg
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13096>

Gasparini, Maria Alice

Gravitational waves, somme aspects of detection and links with cosmology and astrophysics
Th. UNIGE 2006, Sc. 3762
Sous la direction de: Maggiore, M.; Durrer, Ruth
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13136>

Georgy, Cyril

Anisotropic mass loss and stellar evolution: from Be Stars to Gamma Ray Bursts
Th. UNIGE 2010, Sc. 4252
Sous la direction de:
Meynet, Georges
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12251>

Giacomina, Francesca

Construction of enantioenriched cyclic compounds via asymmetric allylic alkylation and ring closing metathesis
Th. UNIGE 2010, Sc. 4255
Sous la direction de: Alexakis, Alexandre
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12234>

Girardin, Nathalie

Characterization of the receptor activated and store operated Ca^{2+} entry pathways in endothelial cells
Th. UNIGE 2010, Sc. 4184
Sous la direction de: Demareux, Nicolas; Frieden, Maud
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5705>

Kehrli, Stefan

NHC ligands as chiral catalysts for the copper-catalyzed asymmetric conjugate addition of Grignard reagents on trisubstituted cyclic enones: formation of quaternary chiral centers
Th. UNIGE 2009, Sc. 4150
Sous la direction de:
Alexakis, Alexandre
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5389>

Krummenacher, Isabelle

Evaluation d'un programme d'intervention interdisciplinaire d'adhésion thérapeutique chez les patients VIH-positifs

Publicité



PLAY YOUR PART IN OUR SUCCESS

Teamwork. Technical expertise. Diversity. That's what success sounds like at Dell. With our talented staff and industry-leading technology, we provide an exceptional experience for both our customers and our employees.

Join us, and you'll work in a dynamic environment with other talented, ambitious people. And you'll get everything you need to push your personal career goals even higher.

Like what you hear? Check out our career opportunities, and discover just how bright your future can be.

TO HEAR MORE, VISIT Dell.ch

Workforce diversity is an essential part of Dell's commitment to quality and to the future. We encourage you to apply, whatever your race, gender, color, religion, national origin, age, disability, marital status, sexual orientation, or veteran status. Dell and the Dell logo are trademarks of Dell Inc.

Th. UNIGE 2010, Sc. 4176
Sous la direction de:
Bugnon, Olivier Jean
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12250>

Lissilaa, Rami

Dissecting IL-6 responses in inflammation
Th. UNIGE 2010, Sc. 4239
Sous la direction de: Izui, Shozo; Martinou, Jean-Claude; Ferlin, Walter
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12786>

Mylonas, Roman

LC-MSMS identification of small molecules; X-Rank, a robust library search algorithm
Th. UNIGE 2010, Sc. 4204
Sous la direction de: Appel, Ron David; Masselot, Alexandre; Lisacek, Frédérique
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:9839>

Niquille Charrière, Anne

Contributions du pharmacien d'officine à la gestion coordonnée des maladies chroniques (disease management): études exploratoires
Th. UNIGE 2009, Sc. 4181
Sous la direction de:
Bugnon, Olivier Jean
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12280>

Paillex, Amael

Aquatic macroinvertebrate diversity along the lateral dimension of a large river floodplain: application to the Rhône River restoration.
Th. UNIGE 2010, Sc. 4211
Sous la direction de:
Castella, Emmanuel
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12938>

Perron, Quentin

Développement de nouvelles réactions, diamine ou métaux de transition, une histoire de complémentarité
Th. UNIGE 2010, Sc. 4254
Sous la direction de:
Alexakis, Alexandre
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12354>

Piskurewicz, Urszula Maria

Environmental control of seed germination in Arabidopsis thaliana: the role of GA and

ABA signaling pathways
Th. UNIGE 2010, Sc. 4246
Sous la direction de:
Lopez Molina, Luis
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12235>

Raeis, Véronique

DE HIF-1 alpha/FOXO aux canaux KATP: une nouvelle voie de signalisation potentiellement cardioprotectrice chez l'enfant souffrant d'hypoxémie veineuse
Th. UNIGE 2010, Sc. 4248
Sous la direction de:
Baertschi, Alex; Gruenberg, Jean
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12662>

Scandurra, Marta

Array-comparative genomic hybridization study in diffuse large B-cell lymphoma
Th. UNIGE 2010, Sc. 4251
Sous la direction de: Scapozza, Leonardo; Bertoni, Francesco
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12828>

Vargas, Sandra

Développement d'une méthodologie et optimisation d'un test colorimétrique pour la recherche de substances antimalariques d'origine végétale
Th. UNIGE 2009, Sc. 4132
Sous la direction de:
Hostettmann, Kurt
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12744>

Wartlick, Ortrud

Control of proliferation by the Dpp gradient in the wing imaginal disc of Drosophila melanogaster
Th. UNIGE 2010, Sc. 4269
Sous la direction de:
Gonzalez Gaitan, Marcos
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13137>

Weyeneth, Nicole

Phylogeography of Myotis, Miniopterus and Emballonura bats from the Comoros and Madagascar
Th. UNIGE 2010, Sc. 4267
Sous la direction de: Mariaux, Jean; Ruedi, Manuel
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13094>

Willig, Adrian

Characterization of the chloro-

plast protein kinases Stt7/STN7 and Stt1/STN8
Th. UNIGE 2010, Sc. 4245
Sous la direction de: Rochaix, Jean-David
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12480>

Zbinden, Cyrille

Leader neurons in living neural networks and in leaky integrate and fire neuron models
Th. UNIGE 2010, Sc. 4183
Sous la direction de: Eckmann, Jean-Pierre
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5451>

Zraggen, Jean-Marc

Bâtiments résidentiels locatifs à haute performance énergétique: objectifs et réalités
Th. UNIGE 2010, Sc. 4218
Sous la direction de: Lachal, Bernard Marie
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13093>

MÉDECINE

Ambrosioni Czyrko, Juan

Nocardiose: révision clinique et expérience dans un centre universitaire
Th. UNIGE 2010, Méd. 10627
Sous la direction de: Lew, Daniel Pablo; Garbino, Jorge
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12859>

Antonarakis, Gregory

Traitement de la malocclusion de Classe II avec les appareils fonctionnels, les tractions extra-orales, et les appareils intramaxillaires de type non-compliant
Th. UNIGE 2010, Méd. dent. 687
Sous la direction de:
Kiliaridis, Stavros
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12285>

Brossard, Philippe

Le dépistage des anomalies fœtales est-il fiable chez les femmes HIV positives enceintes? Une étude multicentrique.
Th. UNIGE 2010, Méd. 10610
Sous la direction de:
Boulvain, Michel
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:5314>

Burkhardt, Karim

La cysticercose du système nerveux central: expérience de la neuropathologie genevoise dans le diagnostic d'une infection parasitaire fréquente
Th. UNIGE 2010, Méd. 10621
Sous la direction de: Rubbia-Brandt, Laura; Loutan, Louis
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:10698>

Chariatte, Natacha

Manifestations stomatologiques du pyoderma gangrenosum: à propos d'un cas
Th. UNIGE 2010, Méd. dent. 688
Sous la direction de: Samson, Jacky
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12515>

Emonet, Stéphane Paul

Application et utilisation de différentes méthodes de spectrométrie de masse en microbiologie clinique
Th. UNIGE 2010, Méd. 10626
Sous la direction de: Schrenzel, Jacques
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13095>

Gysler, Alvin Walter

Le syndrome du glucagonome - entité rare mais typique: un cas genevois et revue de la littérature
Th. UNIGE 2010, Méd. 10629
Sous la direction de:
Morel, Philippe
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:12570>

Indermaur, Sabine

Comparaison des différentes formes de méthylphénidate dans le trouble hyperactivité avec déficit d'attention
Th. UNIGE 2010, Méd. 10632
Sous la direction de:
Beghetti, Maurice;
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13115>

Klauser, Paul

Synaptogenèse induite par les anesthésiques durant une période critique du développement cérébral
Th. UNIGE 2010, Méd. 10631
Sous la direction de: Muller, Dominique; Vutskits, Laszlo
<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:13017>

Diplômé-e de l'UNIGE?



Rejoignez **Alumni UNIGE**, l'association de tous les diplômés de l'Université de Genève.

Retrouvez vos anciens camarades,
créez votre propre réseau d'anciens,
bénéficiez de services étudiants et de privilèges alumni.

<http://alumni.unige.ch>



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

Orange Me avec l'option Young appels gratuits à vie



abonnement de
Lara la Bavarde

APPELS	30 MIN	ORANGE YOUNG
SMS	90 SMS	
SURF	1 GO	



1.-

Sony Ericsson X10 Mini Pro
Orange Me/12 mois
30 min, 90 SMS, 1 Go
sans plan tarifaire 399.-

Valable pour les nouveaux clients avec l'abonnement Orange Me indiqué (CHF 45.-/mois) pour 12 mois. Hors carte SIM (CHF 40.-). Dans la limite des stocks disponibles. Conditions préalables pour bénéficier des avantages de l'option Orange Young: souscription ou continuation ininterrompue d'un abonnement Orange Me pour clients privés. Valable sur les appels vers Orange et les réseaux fixes suisses pour les moins de 27 ans et les étudiants. Plus d'informations sur orange.ch/young

