

# Campus

N° 108 avril-mai 2012

## L'UNIVERS À CŒUR OUVERT

---

Dans les entrailles du  
**supervolcan** de Santorin

---

L'eau, la guerre  
et le **droit**



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

# 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**

## RECHERCHE

- 4 **Géologie**  
Quelques mois seulement ont séparé l'arrivée de magma des profondeurs de la Terre et l'une des plus grandes éruptions volcaniques qu'ait connues l'Europe, celle de Santorin. Un laps de temps qui prend les géologues de court
- 6 **Génétique**  
Le fonctionnement des gènes enfermés dans les cellules d'un individu peut subir des modifications en fonction des conditions environnementales. C'est le domaine de l'épigénétique
- 8 **Sociologie**  
Le projet «Détention», mené depuis 2008 par la Croix-Rouge suisse dans les centres de détention administrative, vient d'être évalué par deux chercheurs du Département de sociologie. Verdict: il atteint sa cible mais reste perfectible
- 10 **Droit**  
Ressource vitale par excellence, l'eau est depuis toujours un enjeu stratégique de première importance durant les conflits armés. Elle est cependant de mieux en mieux protégée par divers corps de normes juridiques

**Photo de couverture: Pulsar de la nébuleuse du Crabe. Au centre de la nébuleuse se trouve une étoile à neutron (jaune). Elle représente le reste d'une supernova qui a explosé en 1054 et tourne sur elle-même avec une période de 33 millisecondes. CRÉDIT: NASA/ESA**

## 12 – 25 DOSSIER L'UNIVERS À CŒUR OUVERT



L'astrophysique des hautes énergies est en plein essor depuis une quinzaine d'années. Les rayons X et gamma, les neutrinos et autres rayons cosmiques permettent de mettre l'univers à nu

De nombreux télescopes étudient des objets exotiques comme les supernovas, les sursauts gamma, les trous noirs supermassifs, les étoiles à neutrons, la matière et l'énergie noires, etc.

L'Université de Genève, via l'ISDC Science Data Centre, contribue activement à cet effort en participant à une dizaine de projets internationaux

## RENDEZ-VOUS

- 26 **L'invité**  
Michel Jarraud: «Plus nous attendons, plus le besoin d'adaptation risque d'être conséquent»
- 28 **Extra-Muros**  
Le réseau RAFT de formation médicale et de consultation à distance s'est implanté dans toute l'Afrique de l'Ouest. Il continue à fonctionner parfaitement malgré les régions de non-droit qui apparaissent au nord du Sahel
- 30 **Tête chercheuse**  
Jean-Jacques Burlamaqui a largement contribué à la diffusion des théories du droit naturel durant le «siècle des Lumières» et par là même au développement des droits de l'homme. Contrairement à Rousseau, il est cependant aujourd'hui inconnu du plus grand nombre
- 32 **A lire**  
*Histoire de la presse politique en Suisse romande au XIX<sup>e</sup> siècle*, sous la direction d'Olivier Meuwly  
*Haïti, réinventer l'avenir*, sous la direction de Jean-Daniel Rainhorn  
*Violences politiques et santé: causes, enjeux, conséquences et défis*, sous la direction d'Emmanuel Kabengele Mpinga et de Philippe Chastonay
- 33 **Actus**
- 34 **Thèses**

## 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](mailto: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](mailto:campus@unige.ch) – Web: [www.unige.ch/campus](http://www.unige.ch/campus)

# Les supervolcans: gros mais rapides

Entre l'arrivée massive de magma des profondeurs de la Terre et l'une des plus grandes éruptions volcaniques qu'ait connues l'Europe au cours des derniers millénaires, celle de Santorin, il ne se serait passé que quelques mois. Un laps de temps qui prend les géologues de court

On ne peut pas savoir quand aura lieu la prochaine éruption d'un supervolcan, dont il n'existe que quelques exemplaires dans le monde. Un tel événement est capable d'expulser des dizaines, des centaines ou des milliers de kilomètres cubes de magma dans l'atmosphère, d'entraîner des conséquences catastrophiques à l'échelle d'un continent et de modifier les saisons au niveau global. La bonne nouvelle, c'est que les scientifiques commencent à se faire une idée plus précise du film des événements qui précéderaient un tel cataclysme, ce qui pourrait aider à la prise de décision politique en cas de crise. La mauvaise, c'est que ce film pourrait bien être très court, de l'ordre de quelques mois, voire de quelques semaines. C'est en tout cas le résultat publié dans la revue *Nature* du 2 février par une équipe de chercheurs dont font partie Michael Dungan, professeur au Département de minéralogie à la Faculté des sciences, et Fidel Costa, l'un de ses anciens doctorants, devenu professeur à l'Observatoire de la Terre de Singapour.

L'objet de l'étude en question est le volcan de Santorin dans la mer Égée, ou plutôt ce qu'il en reste. Entré en activité en pleine ère minoenne, la montagne s'effondre subitement en 1600 av. J.-C. environ, permettant à la chambre magmatique située juste en dessous de se vider totalement. Après 18 000 ans d'inactivité, le volcan de Santorin éjecte alors entre 40 et 60 km<sup>3</sup> de matériel dans l'atmosphère et provoque une série de tsunamis qui traversent la Méditerranée de part en part. Au moins trois vagues de 20 m de haut déferlent sur les rives de la Crète à cette époque. Du cratère, il ne reste aujourd'hui plus qu'une immense caldeira bordée par les îles de Santorin,

Thirassía et Aspronissi. Malgré l'ampleur du cataclysme, Santorin n'est, pour les géologues, qu'un nain parmi les supervolcans, comparé à des molosses comme celui de Yellowstone aux États-Unis ou de Toba à Sumatra en Indonésie.

*«Comme aucun géologue n'a jamais assisté à un tel événement, heureusement fort rare, on ne connaît presque rien des signes précurseurs qui permettent de le voir venir, précise Michael Dungan. Jusqu'à présent, on imaginait qu'il fallait des milliers d'années de préparation avant que la chambre magmatique ne se remplisse et atteigne des proportions suffisantes pour déclencher une éruption de cette taille. En réalité, il semblerait que les choses se déroulent beaucoup plus rapidement.»*

## GÉOCHRONOLOGIE

Pour le savoir, les chercheurs ont analysé des cristaux de roche formés dans la chambre magmatique du volcan, expulsés au cours de l'éruption minoenne et retrouvés sur le site de Santorin. Ils ont plus particulièrement mesuré, à l'intérieur de ces solides, la diffusion d'un élément, le magnésium, ce qui leur a donné une idée de la chronologie des événements avec une précision inédite. La mise au point de cette nouvelle technique de géochronologie doit beaucoup à Fidel Costa, qui a consacré sa thèse à ce sujet lors de son séjour dans l'équipe de Michael Dungan à Genève entre 1994 et 2000.

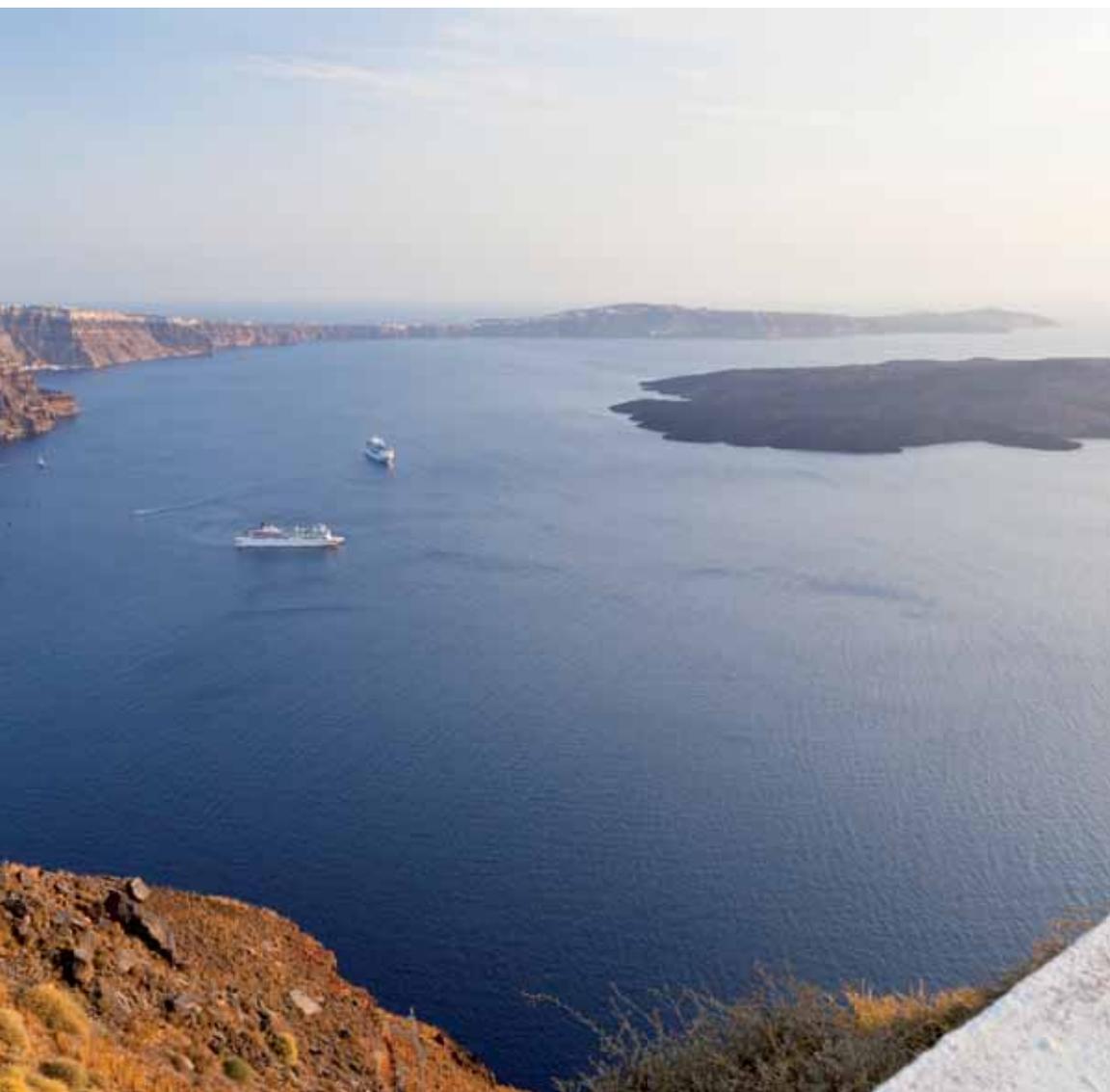
Le principe est le suivant: lorsque le volcan est au repos, des cristaux se forment naturellement dans la chambre magmatique et grandissent couche par couche. Leurs teneurs en certains éléments, le magnésium par exemple, sont proportionnelles aux concentrations rencontrées dans le magma. Quand survient des tréfonds de la Terre une grande quantité



de nouvelle matière en fusion, annonciatrice d'une prochaine éruption, les cristaux continuent de croître mais les couches extérieures présentent une concentration de magnésium différente de celle des couches intérieures, le magma nouveau qui a servi à les produire ayant une autre composition.

Ensuite, tant que la température demeure suffisante – au-dessus de 500° C au moins –, le magnésium diffuse lentement du cœur vers la périphérie dans le cas des cristaux de Santorin. En d'autres termes, les concentrations originales sont modifiées en fonction de la durée de résidence de ces cristaux dans le magma. Quand survient enfin l'éruption, les cristaux sont expulsés et se retrouvent en plein air. Ils se refroidissent rapidement et le phénomène de diffusion s'arrête.

En analysant aujourd'hui la variation de la concentration du magnésium selon les couches concentriques du cristal – un peu comme on le ferait avec les cernes des arbres



ISTOCK

L'île de Santorin en Grèce représente les derniers vestiges du cratère d'un volcan géant qui s'est effondré en 1600 av. J.-C., laissant après l'éruption une caldeira de plusieurs kilomètres de diamètre.

Et que faire si les signes annonciateurs (un gonflement important de la chambre magmatique et un soulèvement de la surface, des tremblements de terre, etc.) d'un tel événement ne se manifestent que quelques mois avant? Faut-il évacuer les Etats-Unis, sachant qu'il pourrait pleuvoir 20 cm de cendres à Chicago?

#### «ANNÉE SANS ÉTÉ»

A titre de comparaison, l'éruption du Tambora au début du XIX<sup>e</sup> siècle en Indonésie n'a éjecté «que» 150 km<sup>3</sup> de matière

–, les chercheurs sont donc capables d'estimer le temps qui s'est écoulé entre l'arrivée massive de magma «frais» dans la chambre et l'éruption. Le choix du magnésium n'est pas anodin car sa vitesse de diffusion dans les roches est élevée. Cela permet d'obtenir une résolution temporelle extrêmement fine, de l'ordre de quelques semaines, ce qui est assez rare en géologie.

Dans le cas de Santorin, les chercheurs ont réussi à déterminer que la durée entre l'arrivée du magma et l'éruption était «inférieure à cent ans», selon l'article qui a préféré une interprétation prudente. En réalité, les données indiquent que les dernières recharges de la chambre magmatique ont eu lieu dans les derniers mois, voire semaines avant l'explosion finale.

«Ces résultats ont une portée pratique très importante, estime Michael Dungan. Ils sont à même de bouleverser le niveau de conscience des autorités face à la possibilité d'une future érup-

tion volcanique géante avec caldeira. Le temps de réaction est subitement passé de quelques milliers d'années à quelques mois, ce qui devient très court s'il faut organiser une évacuation massive.»

Massive, elle devra l'être si un supervolcan devait entrer en éruption au cours de l'histoire humaine. L'un de ces géants est celui qui se cache sous le parc Yellowstone, dans l'Etat du Wyoming aux Etats-Unis. La caldeira, que les géologues ont d'ailleurs mis du temps à reconnaître comme telle, mesure plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre. Il y a 600 000 ans, elle a éjecté plus de 1000 km<sup>3</sup> de matériaux volcaniques. Sept cent mille ans avant cette date, ce sont près de 300 km<sup>3</sup> qui étaient envoyés en l'air. Et encore 600 000 ans avant, environ 2500 km<sup>3</sup> de roches et de cendres ont obscurci le ciel et recouvert une grande partie du continent nord-américain. Si ce rythme devait être respecté, il se pourrait bien que l'explosion suivante survienne bientôt.

volcanique. Mais elle a donné lieu en 1815 à l'«année sans été» en Europe et a perturbé l'agriculture mondiale durant deux ans.

Avant de pouvoir répondre à ce type de questions, les géologues devront d'abord multiplier ce genre d'études afin de confirmer les résultats obtenus à Santorin. Ce qui ne manquera pas d'arriver, estime Michael Dungan: «La technique, maintenant qu'elle a été mise au point et calibrée, n'est pas si difficile à appliquer. Des appareils appelés SIMS (spectrométrie de masse à ionisation secondaire) permettent de mesurer des taux infimes de magnésium. Il en existe une cinquantaine dans le monde et il est prévu que l'Université de Genève participe à l'achat d'un exemplaire dans le cadre de l'Ecole lémanique des sciences de la Terre. L'engin coûtera 5 millions de francs et sera installé à l'Université de Lausanne.» ■

Anton Vos

# L'épigénétique fait toute la différence

**Le fonctionnement des gènes enfermés dans les cellules d'un individu peut subir des modifications en fonction des conditions environnementales. C'est le domaine de l'épigénétique, une science encore balbutiante**

Les maltraitances vécues dans l'enfance ne restent pas seulement gravées dans l'esprit de la personne qui les a subies. Elles sont également susceptibles de s'imprimer durablement sur ses gènes. C'est en tout cas le résultat publié dans la revue *Translational Psychiatry* du 13 décembre 2011 par une équipe de chercheurs de la Faculté de médecine. Alain Malafosse et Nader Perroud, respectivement professeur et chef de clinique au Département de psychiatrie, Ariane Giacobino, privat-docent au Département de génétique et développement, et leurs collègues ont en effet observé l'existence d'une corrélation entre les violences physique ou psychique rapportées par les victimes, devenues adultes, et le degré de «méthylation» d'un gène précis qui code pour le récepteur des glucocorticoïdes (NR3C1).

La méthylation désigne le fait qu'une molécule, appelée groupement méthyle (CH<sub>3</sub>), vient se coller sur l'ADN. Les chercheurs se sont rendu compte il y a peu que ce phénomène, dit «épigénétique», peut, s'il se multiplie, perturber voire arrêter le fonctionnement de certains gènes. En l'occurrence, le gène que les chercheurs ont choisi d'étudier, le NR3C1, joue un rôle important dans la réaction physiologique au stress via son action sur l'axe hypothalamique-pituitaire-adrénal (qui correspond à un faisceau de neurones reliant l'hypothalamus dans le cerveau, l'hypophyse, juste à côté, et les glandes surrénales, au-dessus des reins). Il est avéré qu'un dysfonctionnement de cet axe peut entraîner le développement de psychopathologie comme le trouble de la personnalité baptisé borderline.

Les quelque 200 patients enrôlés dans l'étude souffrent justement soit de dépression sévère, soit du trouble de la personnalité borderline ou encore d'un syndrome de stress post-traumatique. Tous n'ont pas subi des vio-

lences dans leur enfance mais, lorsque c'est le cas, plus la maltraitance est forte, plus la méthylation s'avère importante.

## TRAUMATISMES VIOLENTS

Ce résultat permet d'établir, pour la première fois, un hypothétique lien causal entre la maltraitance, la méthylation d'un gène, le dysfonctionnement d'un système physiologique et l'apparition d'une maladie. Il faut néanmoins préciser qu'il s'agit d'une corrélation statistique: toutes les victimes de maltraitance ne vont pas présenter le même profil de méthylation du gène de la NR3C1 et cette modification pourrait très bien être provoquée par d'autres traumatismes violents comme l'expérience d'une catastrophe naturelle ou d'un crash aérien.

Il n'en reste pas moins que cette étude apporte un élément nouveau dans le champ de recherche encore très jeune de l'épigénétique, une science qui s'intéresse à tous les processus influençant l'expression des gènes sans toucher au code génétique lui-même. Il existe d'autres molécules que les groupes méthyle qui viennent perturber le fonctionnement de l'ADN, comme les groupes phosphates, les microARN, etc. Mais la méthylation est la plus connue car la plus facile à étudier. Il existe d'ailleurs aujourd'hui des appareils capables en même temps de séquencer de l'ADN et de mesurer son taux de méthylation, nucléotide par nucléotide.

Le processus semble très précis. Sous l'action d'un mécanisme inconnu, les molécules s'accrochent en effet exclusivement à la cytosine (l'un des quatre nucléotides de l'ADN désigné par la lettre C dans le code génétique\*), à condition que celle-ci soit située à côté d'une guanine (lettre G).

De plus, la méthylation n'affecte pas le gène directement mais son promoteur, c'est-

à-dire une séquence située en amont et qui est indispensable pour la mise en route ou l'arrêt de sa transcription. L'accrochage d'un seul groupe méthyle sur un promoteur d'un gène n'entraîne pas de grandes conséquences. Cependant, au-delà d'un certain seuil – une quinzaine ou une vingtaine –, le fonctionnement du gène est entravé, voire arrêté.

La méthylation d'un gène ne touche pas les cellules au hasard. Sous l'effet d'un stimulus extérieur, ce sont toutes les cellules d'un même tissu (foie, rein, poumons, cerveau, etc.) qui sont concernées simultanément. «Nous observons une très bonne constance autant chez la souris que chez l'homme», précise Ariane Giacobino. Par exemple, si une toxine entraîne la méthylation du promoteur d'un gène précis dans les cellules du foie, on peut être sûr que toutes les autres cellules de l'organe hépatique présenteront la même perturbation.»

## EXPOSÉS À LA FAMINE

Peu de causes de la méthylation ont été mises en évidence. Une étude, parue dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* du 4 novembre 2008, a décrit la première. On y apprend que des personnes ayant été exposées à la famine durant leur enfance au cours de l'hiver 1944-45 aux Pays-Bas présentent, soixante ans plus tard, un taux de méthylation du gène IGF2 (codant pour un facteur de croissance) plus faible que ce qui est observé chez des compatriotes ayant échappé à cet événement.

Ariane Giacobino, quant à elle, a montré, dans un article, paru dans la revue *Reproduction* du mois de février 2011, l'influence du méthoxychlore (un perturbateur endocrinien utilisé comme insecticide et soupçonné d'influencer la fertilité) sur la méthylation de plusieurs gènes chez la souris. Les observations ont été menées dans divers types



Ces jumelles (Raymonde et Lucienne, vivant à Paris) devraient fêter leur centenaire en septembre 2012. Si leur code génétique est toujours parfaitement identique, la méthylation de leur ADN a contribué à créer de subtiles différences physiques qui sont apparues entre elles au cours de leur vie.

cellulaires, dont des spermatozoïdes. La chercheuse a observé une association entre la perturbation de la méthylation et une infertilité chez les mâles.

En général, les chercheurs supposent que l'environnement au sens large exerce une influence sur la méthylation de l'ADN. En agissant sur l'expression des gènes, elle peut modifier le phénotype, c'est-à-dire un caractère observable de l'individu.

Le rôle biologique de la méthylation est d'ailleurs probablement adaptatif. Ce mécanisme offre aux organismes vivants une plus grande marge de manœuvre que leur seul code génétique, immuable tout au long de

la vie. Selon les conditions de vie (nutrition, climat, traumatisme...), il permet de jouer sur l'expression des gènes afin d'adapter au mieux l'individu à son environnement, sans toucher à la séquence de l'ADN.

#### JUMEaux PAS SI IDENTIQUES

Si la méthylation est, en théorie du moins, réversible, elle s'accumule avec le temps et accentue ainsi les différences entre individus. Cette tendance est mise en évidence par des études effectuées sur des vrais jumeaux (monozygotes). L'une d'entre elles, parue dans les *PNAS* du 26 juillet 2005, montre que ces couples de frères ou sœurs en apparence iden-

tiques, s'ils possèdent un code génétique parfaitement semblable, ne partagent pas du tout le même profil épigénétique, qui dépend, lui, de l'histoire personnelle. Les différences de méthylation de l'ADN augmentent d'ailleurs avec l'âge et permettraient d'expliquer les petites variations physiques que l'on observe toujours entre les jumeaux.

Le plus curieux, c'est que la méthylation de l'ADN est également héréditaire. Elle est non seulement transmise d'une cellule mère à ses deux cellules filles après la mitose mais aussi d'une génération à l'autre dans les organismes complexes. Tous les changements épigénétiques portés par les gamètes mâles et femelles sont en effet conservés lors de la fécondation, le zygote portant les marques de ses deux géniteurs. Un effacement total de la méthylation a certes lieu durant le développement embryonnaire mais il semble qu'il soit imparfait dans certains cas. Une étude a ainsi montré que certaines méthylations se retrouvent jusqu'après trois générations bien que de manière de plus en plus atténuée.

*«Le décryptage du code génétique a représenté le grand défi scientifique de la décennie passée, estime Ariane Giacobino. Depuis, un grand nombre de données ont été rassemblées. Elles permettent désormais de s'intéresser aux petites variations entre individus à l'intérieur de la même espèce. Dans cette optique, l'épigénétique, qui vient ajouter une couche de complexité supplémentaire dans une machinerie génétique déjà suffisamment alambiquée, est appelée à jouer un rôle majeur.»* ■

\* Le code génétique est formé des quatre nucléotides que sont l'adénine (A), la guanine (G), la thymine (T) et la cytosine (C). On les appelle aussi les bases et elles constituent les longs brins de la double hélice d'ADN, présente dans toutes les cellules des organismes vivants. Le code génétique de l'être humain compte environ 3,2 milliards de paires de bases.

# La Croix-Rouge et le dilemme de la détention administrative

**Le projet pilote «Détention», mené depuis 2008 par la Croix-Rouge suisse dans les centres de détention administrative, vient d'être évalué par deux chercheurs du Département de sociologie. Verdict: il atteint sa cible mais reste perfectible**

Concilier raison humanitaire et rationalité bureaucratique tout en réduisant les frais liés à la détention et à l'expulsion des individus sous le coup d'une décision de renvoi du territoire national: tel est l'objectif de *Détention*. Lancé par la Croix-Rouge suisse en 2008 dans les centres de détention de quatre cantons, ce projet pilote vient de faire l'objet d'une évaluation effectuée par Sandro Cattacin et Nathalie Kakpo, respectivement professeur et maître assistante au Département de sociologie de la Faculté des sciences économiques et sociales. Après un an d'enquête, les conclusions des deux chercheurs montrent que si le dispositif mis en place par la Croix-Rouge est globalement efficace (notamment en termes de coûts et d'acceptation du retour au pays), il reste perfectible sur de nombreux aspects, à commencer par la formation des conseillers engagés sur le terrain et la question de la dignité des détenus.

## CHANGEMENT DE CAP

«*Depuis quelques années, sous l'influence de l'Union démocratique du centre (UDC) notamment, la politique migratoire de la Suisse a connu un changement d'orientation radical*, explique Sandro Cattacin. *On est passé de l'aide aux demandeurs d'asile à la chasse aux profiteurs. Depuis l'adoption de la Loi sur l'asile en 2006, il est ainsi possible de placer en détention administrative pour une période maximale de dix-huit mois un requérant débouté ou un individu ayant enfreint la Loi sur les étrangers et qui refuserait son renvoi.*» Cette mesure permet certes à l'Etat de réaffirmer sa souveraineté, mais elle pose aussi un certain nombre de problèmes. D'une part, parce qu'elle coûte cher. De l'autre, parce qu'elle est susceptible de se heurter aux règles internationales sur le respect de la dignité des individus. Deux aspects qui sont précisément au centre du projet de la Croix-Rouge.

Contrairement à la plupart des initiatives menées par les organisations non gouvernementales dans les centres de détention pour étrangers de notre pays, le projet *Détention* ne repose pas sur une vision critique du système étatique. Se voulant résolument pragmatique, il vise simultanément – et c'est ce qui fait sa principale originalité – à améliorer la situation des requérants sous le coup d'une mesure de renvoi et à augmenter le nombre de départs sans escorte.

afin de disposer de points de comparaison. Ils y ont mené une série d'entretiens avec les détenus et les conseillers de la Croix-Rouge.

Pour compléter les informations ainsi récoltées, le personnel surveillant et les responsables du projet *Détention* ont également été consultés à plusieurs reprises et une série d'observations ont été effectuées lors des entrevues entre détenus et conseillers afin de saisir ce qui se passe «sur le vif». L'analyse a ensuite porté sur les effets de l'action de la Croix-Rouge sur le

«On ne résoudra pas le problème de la migration sans investir dans les pays concernés»

Pour y parvenir, la Croix-Rouge suisse a placé depuis quatre ans des conseillers dans les centres de détention des cantons de Berne, Bâle, Zurich, Fribourg, Uri et du Tessin. Leur rôle: informer les détenus sur l'évolution de leur dossier, les éclairer sur leurs perspectives d'avenir, leur apporter une assistance et un soutien financier en vue d'un retour dans leur pays d'origine. Le tout dans un esprit de transparence et de dialogue permanent avec les autorités pénitentiaires.

## ENQUÊTE «SUR LE VIF»

Afin d'évaluer ce dispositif, les chercheurs genevois se sont penchés sur cinq lieux de détention où la Croix-Rouge est présente (Bâle, Berne, Zurich, Fribourg et Witzwil). Ils ont également pris en compte deux contre-exemples (la prison de Frambois à Genève et celle d'Alstätten dans le canton de Saint-Gall)

climat de détention, l'attitude des détenus vis-à-vis du renvoi, le coût et la durée de détention et les frais de rapatriement.

Il en ressort que, globalement, le projet *Détention* peut effectivement contribuer à limiter les coûts liés à la détention et au renvoi. En améliorant la connaissance que les détenus ont de leur situation, en les aidant à prendre conscience que le retour est la seule alternative à la clandestinité et en proposant une aide financière permettant d'envisager un «après renvoi», les conseillers de la Croix-Rouge prennent en charge ce qui constitue un obstacle décisif au renvoi: le refus quasi systématique des détenus. De ce point de vue, l'action de la Croix-Rouge est relativement efficace, surtout par rapport aux institutions dans lesquelles il n'y a pas de programme équivalent. De son côté, l'Etat peut ainsi se concentrer sur les accords de réadmission.



Elu meilleur documentaire suisse de l'année en mars 2012, «Vol spécial», le film de Fernand Melgar, plonge dans le quotidien des requérants d'asile déboutés et des sans papiers emprisonnés au centre de détention administrative de Frambois, à Genève. DR

En chiffres, cela signifie que sur les 484 détenus suivis par la Croix-Rouge entre 2009 et 2010, 410 (soit environ 85%) ont accepté un départ non accompagné. «Il faut prendre ces données avec une certaine prudence», souligne Sandro Cattacin. *Nous n'avons en effet aucun moyen de savoir ce qui se serait passé sans l'intervention de la Croix-Rouge. Par ailleurs, les sommes investies dans l'aide au retour sont encore insuffisantes pour permettre une réinsertion durable dans les pays d'origine et pour contrebalancer le sentiment de honte lié à l'idée d'un retour, surtout lorsque ces gens sont partis depuis longtemps. Il ne faut pas se faire d'illusions: tant que les gens auront faim, ils partiront. On ne résoudra donc pas le problème de la migration sans investir dans les pays concernés. Consacrer 5000 francs à un projet d'aide au retour, cela peut paraître beaucoup, mais c'est sans commune mesure avec les frais liés à la détention (en moyenne 13 000 francs par mois et par individu) ou à un retour forcé (entre 8000 et 10 000 francs).»*

L'influence de *Détention* sur le climat carcéral est, elle aussi, nuancée. La présence des conseillers permet en effet de réduire l'isolement et la vulnérabilité des détenus. Par leurs visites régulières, les agents de la Croix-Rouge sont à même de veiller sur la santé des détenus et d'alerter les autorités en cas de tentations suicidaires ou de difficultés psychologiques.

Mais cette veille bienveillante a un prix. Elle peut en effet se traduire par un surcroît d'agressivité envers les autorités carcérales et les sur-

veillants lorsque les détenus réalisent que la Croix-Rouge n'est pas là pour faciliter leur sortie de prison mais bien pour les encourager à rentrer chez eux. Dans ce cas de figure, le stress ainsi généré vient s'ajouter aux relations parfois tendues qui existent entre les surveillants et les conseillers. Les premiers ayant souvent le sentiment d'être peu ou mal considérés par les seconds.

#### MANQUE DE SUPERVISION

Autre bémol relevé par les chercheurs, le manque de formation dont disposent les conseillers impliqués dans le projet *Détention*. Confrontés à des situations souvent dramatiques sur le plan humain et à une population extrêmement diversifiée où l'on trouve aussi bien des personnes résidant en Suisse depuis plusieurs années qui se sont vues privées de leur titre de séjour suite à une infraction à la Loi sur les étrangers, que des clandestins de longue date ou de très jeunes migrants déboutés, ils sont souvent livrés à eux-mêmes après une formation assez sommaire.

«Les conseillers de la Croix-Rouge sont en général des personnes qui ont un passé de bénévole ou de militant en faveur des droits de l'homme, complète Nathalie Kakpo. Généralement ils ont aussi une formation dans le social. Il y a chez eux un véritable engagement. Habités à suivre des populations vulnérables, ils ne disposent cependant que de maigres connaissances sur la réalité de la migration et ils ne

sont pas non plus préparés à faire fructifier les compétences de ces migrants qui ne sont pas tous analphabètes. En outre, ils ne sont pas tous capables de prendre le recul nécessaire, ce qui fait qu'ils risquent rapidement de se brûler les ailes. Dans notre rapport, nous avons fortement mis en évidence ce manque de coaching et de supervision en suggérant notamment la création d'une banque de données de connaissances et de savoirs. Cela constituerait un premier pas vers une plus grande professionnalisation.»

Enfin, l'ambition de permettre des retours «dans la dignité et la sécurité» qui est revendiquée par les promoteurs du projet *Détention* n'est pour l'instant pas pleinement réalisée selon les deux chercheurs. D'une part, parce que les conditions indispensables à une réintégration réussie, la capacité à préparer les projets de retour et la volonté de repartir sont très rarement réunies en détention. De l'autre parce que, comme l'écrivent les auteurs du rapport: «Sur la question des droits des détenus et de leur citoyenneté internationale, sujet qui est rarement évoqué par les conseillers, l'agir de la Croix-Rouge reste finalement assez timide alors même que sa doctrine proclame l'importance essentielle des droits humains et de la dignité de tout un chacun.» ■

#### Vincent Monnet

«Evaluation du projet pilote «Détention». Enjeux, instruments et impacts de l'intervention de la Croix-Rouge suisse dans les centres de détention administrative», par Nathalie Kakpo, Laure Kaeser et Sandro Cattacin, *Sociograph* n° 11, 2011

# L'eau, la guerre et le droit

**Ressource vitale par excellence, l'eau est depuis toujours un enjeu stratégique de première importance durant les conflits armés. Elle est cependant de mieux en mieux protégée par divers corps de normes juridiques**

Entre 2600 et 2350 avant notre ère, les cités mésopotamiennes de Lagash et d'Umma se sont livrées une guerre de près de deux siècles et demi pour le contrôle de canaux d'irrigation dans le cadre de ce qui constitue l'événement historique le plus ancien attesté par des sources directes. Quatre mille ans plus tard, les choses n'ont guère changé. Lors de la guerre de Corée, l'aviation américaine a ainsi délibérément détruit des barrages voués à l'irrigation. En Irak (en 1991 et en 2003) ou à Gaza (en 2006), des centrales destinées à approvisionner la population en eau ont, elles aussi, été bombardées. Enfin, ces derniers mois, observateurs et militants ont dénoncé la volonté du régime syrien d'assoiffer les habitants de la ville insurgée d'Homs.

Selon la plupart des experts, la situation n'a guère de chances de s'améliorer dans un avenir proche. D'une part, parce que les réserves d'eau potable s'amenuisent alors que la population mondiale et le taux d'industrialisation ne cessent de s'accroître. De l'autre, parce que le réchauffement climatique risque encore d'accentuer les inégalités concernant l'accès à l'eau, en particulier dans les régions côtières et désertiques.

## CORPUS EN EXPANSION

D'où l'intérêt de l'ouvrage que publie aujourd'hui aux éditions Bruylant Mara Tignino, maître assistante à la Faculté de droit et coordinatrice de la Plateforme pour le droit international de l'eau douce de l'Université. Fruit d'une thèse de doctorat réalisée à l'Institut de hautes études internationales et du développement, ce travail pionnier présente pour la première fois l'ensemble des normes juridiques applicables à l'eau en temps de guerre. Un corpus complexe qui couvre non seulement les périodes de conflits armés à pro-

APP/ADAK BERRY



prement parler mais également les phases qui les précèdent et celles qui leur succèdent. L'ensemble comporte cependant encore quelques faiblesses en particulier en ce qui concerne les mesures liées à la protection de l'environnement et aux mécanismes d'application.

«La protection de l'eau en temps de conflit armé s'est considérablement développée au cours de ces dernières années, explique la chercheuse. Alors que dans ce domaine, les travaux existants sont très compartimentés en fonction des corps de normes étudiés, mon objectif était d'en présenter une synthèse cohérente en adoptant un point de vue aussi large que possible, c'est-à-dire en considérant non seulement l'eau comme une ressource vitale à la survie mais également comme un patrimoine environnemental. Ceci en vue de contribuer à la mise en place d'un ensemble de règles communes applicables aux conflits armés qu'ils soient internationaux ou non.»

Comme le montre Mara Tignino, le droit applicable à la protection de l'eau en temps de conflit armé est très hétérogène. Historiquement, il s'est d'abord développé dans le cadre du droit international humanitaire, au travers principalement des Protocoles additionnels de 1977 aux Conventions de Genève de 1949. Sur ce socle, qui constitue le véritable centre de gravité de l'édifice, sont venues se greffer des dispositions issues du droit international des droits de l'homme (avec notamment la reconnaissance officielle du droit à l'eau par les Nations unies en 2002) et du droit des cours d'eau internationaux.

#### USAGE CODIFIÉ

L'ensemble offre en théorie à chaque individu de la planète la garantie d'avoir accès à une quantité d'eau suffisante à ses besoins. Il prend également en compte les impacts indirects sur l'eau des opérations militaires et interdit la destruction de biens indispensables à la survie de la population (réservoirs d'eau potable, les ouvrages hydroélectriques, les systèmes d'irrigation). L'empoisonnement des sources d'eau potable est lui aussi proscrit, de même que les atteintes à l'environnement. Enfin, des règles ont été édictées afin de codifier l'usage des ressources en eau en période d'occupation.

A l'échelle régionale, un certain nombre d'accords conclus entre des Etats riverains d'un même bassin versant complètent le dispositif. Concernant notamment le Mékong, l'Indus, le Danube ou le fleuve Sénégal, ils ont permis de mettre en place des règles communes concernant l'utilisation et la pro-

tection de l'eau qui demeurent généralement valables en cas de conflit. «Les personnes qui sont impliquées dans ces commissions riveraines sont généralement des techniciens et des experts scientifiques et non des représentants politiques, explique Mara Tignino. Du coup, le dialogue reste souvent possible même en période de crise aiguë. C'est même parfois la seule plateforme permettant de maintenir la communication entre les deux parties. On peut donc voir ce type de mécanismes conventionnels non seulement comme un moyen efficace de protéger les ressources en eau en temps de conflit, mais également comme un vecteur de coopération interétatique facilitant le retour à la paix.»

Le succès de la formule n'est cependant pas garanti. De grands espoirs avaient ainsi été placés dans la déclaration commune adoptée en 2001 par le Comité conjoint sur l'eau institué entre Israël et l'Autorité palestinienne afin de soustraire l'eau à la violence des conflits armés. «Hélas, depuis 2003, cet instrument de coopération est pris dans le jeu de l'asymé-

trie des pouvoirs entre les deux parties, constate Mara Tignino. Par conséquent, ce Comité sert aujourd'hui surtout à bloquer les autorisations de forage de puits dans les Territoires occupés. C'est devenu un exemple emblématique de ce qui peut être amélioré.»

Et ce n'est pas le seul point noir mis en évidence par la chercheuse. En période d'occupation, le droit existant ne confère ainsi pas expressément une protection à l'eau. Celle-ci doit donc se lire en filigrane dans les principes généraux sur l'occupation, dans les règles relatives aux pouvoirs législatifs de la puissance occupante et dans le régime relatif à la propriété. Par ailleurs, ces normes ne sont pas ou mal adaptées aux situations de conflits intra étatiques.

#### CRITÈRES FLOUS

Autre problème: la protection de l'eau en tant que ressource environnementale reste pour le moment insuffisante aux yeux de l'auteure. «Au cours de la campagne menée par l'OTAN au Kosovo en 1999, par exemple, la

destruction de raffineries et d'installations industrielles situées au bord du Danube a provoqué l'échappement de substances polluantes dans ce cours d'eau ainsi que dans les nappes phréatiques environnantes, explique Mara Tignino. La Commission chargée par les Nations unies d'enquêter sur ce cas a cependant conclu que l'OTAN ne pouvait pas être poursuivie en la circonstance, car les normes actuelles ne sanctionnent que les «dommages étendus, durables et graves» à l'environnement. Or ces critères sont assez flous. La faute est donc assez difficile à prouver devant une cour de justice, à moins de disposer d'évaluations scientifiques précises, données qui font pour le moment encore souvent défaut.»

#### MÉCANISMES EMBRYONNAIRES

Enfin, les mécanismes d'application permettant de mettre en œuvre l'ensemble de ces règles de droit sont pour l'heure embryonnaires. Alors qu'il existe des conventions multilatérales sur la biodiversité, sur les changements climatiques ou sur la désertification, la

## La protection de l'eau en tant que ressource environnementale reste pour le moment insuffisante

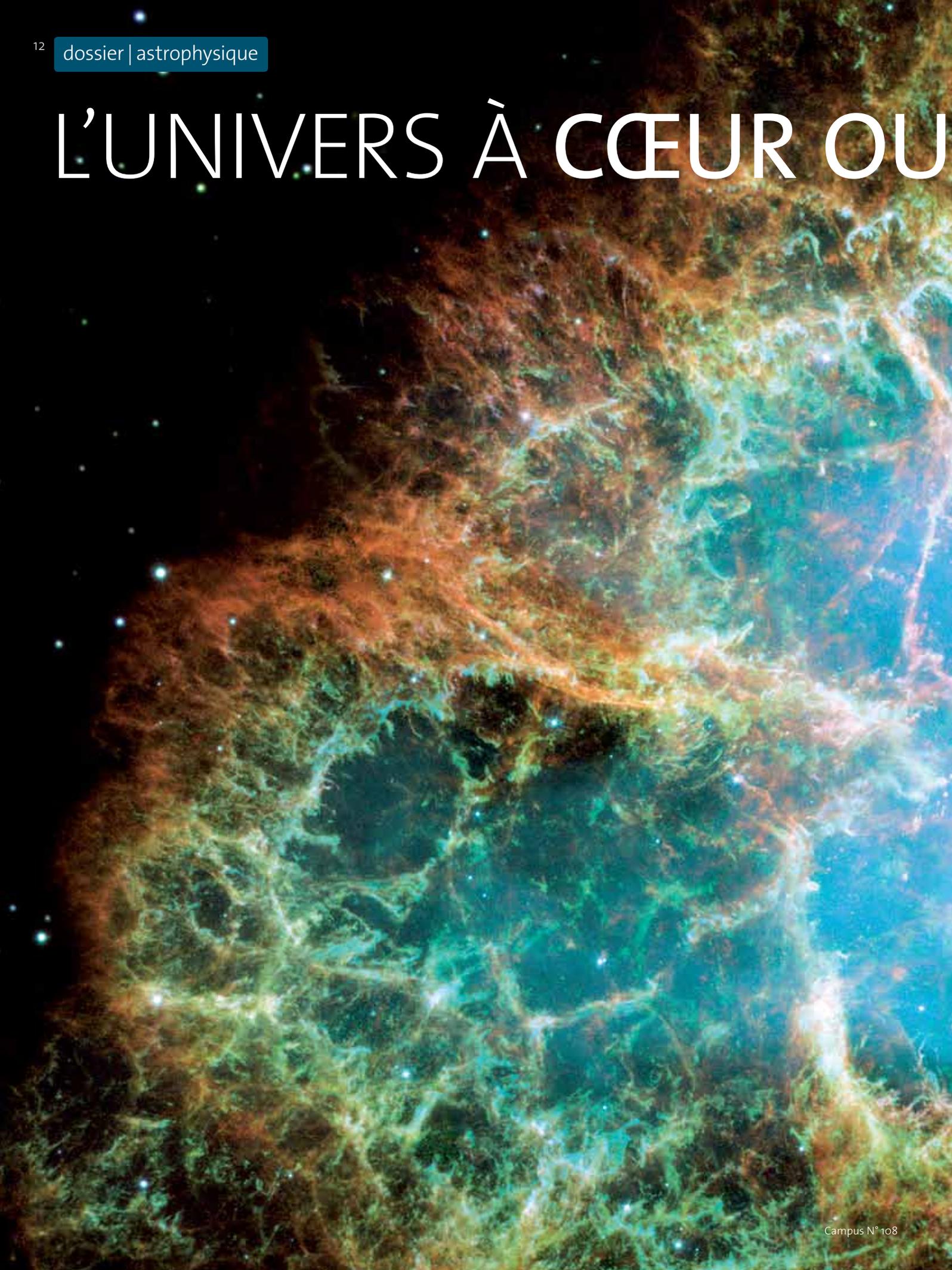
ratification d'un instrument à vocation universelle pour l'eau se fait attendre depuis 1997. La possibilité de recourir à la Cour pénale internationale existe bien en théorie, mais pour le moment cette instance n'a pas traité de questions liées à l'environnement. Quant aux systèmes régionaux tels que la Cour européenne des droits de l'homme, leur action est limitée par la question de l'extra-territorialité.

«Aujourd'hui, une des solutions les plus prometteuses est incarnée par les commissions d'enquête mises en place par le Haut-commissariat aux droits de l'homme, conclut Mara Tignino. Il s'agit de mécanismes d'investigation sur les violations de droit humanitaire et des droits de l'homme qui pourraient constituer un moyen de pression relativement efficace sur les Etats. C'est incontestablement une piste qui mérite d'être explorée.» ■

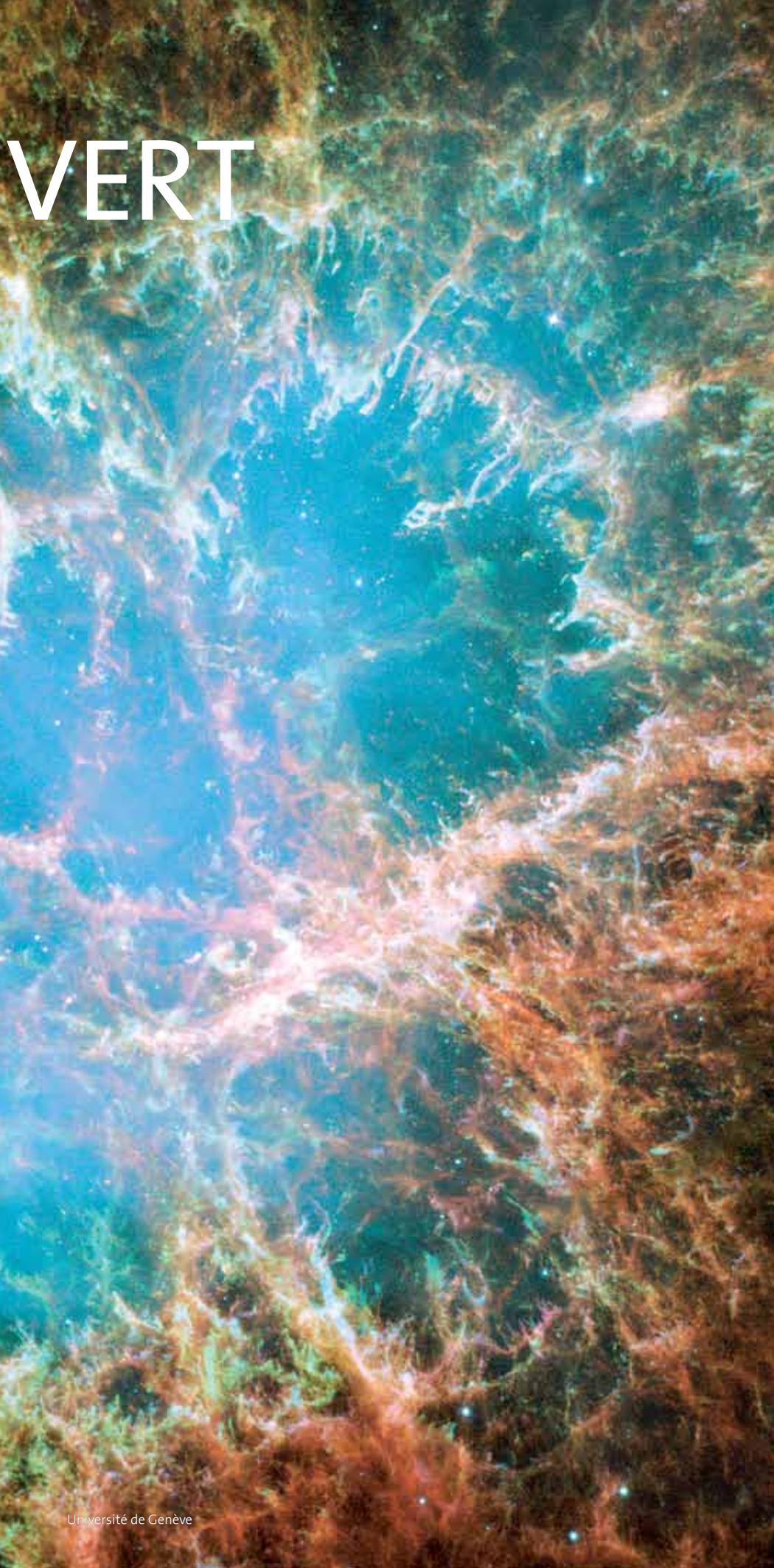
Vincent Monnet

«L'eau et la guerre. Eléments pour un régime juridique», par Mara Tignino, Collection de l'Académie de droit international humanitaire et de droits humains de Genève, Ed. Bruylant, 489 p.

# L'UNIVERS À CŒUR OU



# VERT



La nébuleuse du crabe est un reste de supernova qui a explosé en 1054. Au centre se trouve un pulsar qui émet dans une très grande gamme de fréquence, depuis les ondes radio jusqu'aux rayons gamma.

CRÉDIT: NASA, ESA, J. HESTER AND A. LOLL (ARIZONA STATE UNIVERSITY)

---

L'astrophysique des hautes énergies est en plein essor depuis une quinzaine d'années. Les rayons X et gamma, les neutrinos et autres rayons cosmiques permettent de mettre l'univers à nu

---

De nombreux télescopes étudient des objets exotiques comme les supernovas, les sursauts gamma, les trous noirs supermassifs, les étoiles à neutrons, la matière et l'énergie noires, etc.

---

L'Université de Genève, via l'ISDC Data Centre for Astrophysics, contribue activement à cet effort en participant à une dizaine de projets internationaux

Dossier réalisé par Anton Vos et Vincent Monnet

# LES SURPRISES D'UN UNIVERS V

**L'Université de Genève, grâce à son centre ISDC, Data Centre for Astrophysics, attaché à l'observatoire est à la pointe de l'astrophysique des hautes énergies. Elle est aujourd'hui impliquée dans une dizaine de projets internationaux**

Depuis une quinzaine d'années, l'astrophysique des hautes énergies est en plein essor. Ceux qui la pratiquent sont des habitués de termes exotiques tels que rayons X «durs», rayons gamma, rayons cosmiques, neutrinos, trous noirs supermassifs, étoiles à neutrons, sursauts gamma, matière et énergie noires, ondes gravitationnelles, etc. L'Université de Genève n'est pas absente de cet effort scientifique international. Elle y participe même très activement. L'ISDC (dont l'acronyme original est *INTEGRAL Science Data Centre*) abrite en effet depuis 1996, sur le site d'Ecogia à Versoix, le centre de récolte et de traitement des données fournies par le satellite INTEGRAL. Il s'agit d'un grand instrument, mis en orbite en 2002 par l'ESA, totalement dédié à l'étude du rayonnement électromagnétique de haute énergie issu des événements les plus cataclysmiques que connaisse l'univers. Forts de cette première expérience, les astrophysiciens genevois sont aujourd'hui impliqués dans plus d'une dizaine d'autres projets destinés à pénétrer quelques-uns des secrets les mieux gardés concernant la structure et les composants de l'univers. Rencontre avec Thierry Courvoisier, professeur au Département d'astronomie de la Faculté des sciences et directeur de l'ISDC.

**Il y a une trentaine d'années, l'astrophysique des hautes énergies était encore un domaine relativement confidentiel. Aujourd'hui, il draine des milliards de francs dans le cadre de gigantesques projets scientifiques. Comment cette transformation s'est-elle opérée?**

THIERRY COURVOISIER: Elle a été rendue possible grâce à une série d'avancées effectuées depuis les années 1960 et qui ont fondamentalement remis en question la manière dont on envisageait la nature et l'évolution de l'univers. L'une d'entre elles concerne les rayons cosmiques. L'existence de cette pluie de particules et de noyaux atomiques qui s'abat sur la Terre est connue depuis un siècle exactement, puisqu'elle a été découverte en 1912. C'est un

phénomène qui est longtemps resté mystérieux. Puis on s'est progressivement rendu compte que les particules provenaient de l'extérieur du système solaire, voire de l'extérieur de notre galaxie, la Voie lactée. Ensuite, après des décennies d'observations, les mesures sont devenues beaucoup plus précises, mais les mystères se sont épaissis. On s'est ainsi aperçu, au cours des années 1990, qu'il existe des rayons cosmiques mobilisant des énergies considérables. Une seule de ces particules peut en effet véhiculer une énergie comparable à celle d'une balle de tennis bien servie. Or, personne ne comprend comment il est possible de concentrer autant d'énergie dans un corps si petit. Les scientifiques sont pour le moment incapables d'avancer une théorie capable de fournir une explication quant à la source de ces particules ou aux processus d'accélération phénoménale qui sont en jeu.

**Comment peut-on repérer ce genre de phénomène?**

Les particules qui composent ces rayons sont filtrées par la haute atmosphère. En interagissant avec les molécules de l'air, elles produisent des gerbes de particules secondaires dont le produit parvient jusqu'au sol. C'est à partir de ces éléments fins que l'on peut reconstruire le tout. Cependant, ce genre de phénomène est très rare – les plus énergétiques surviennent environ une fois par kilomètre carré et par siècle – et donc difficile à observer.

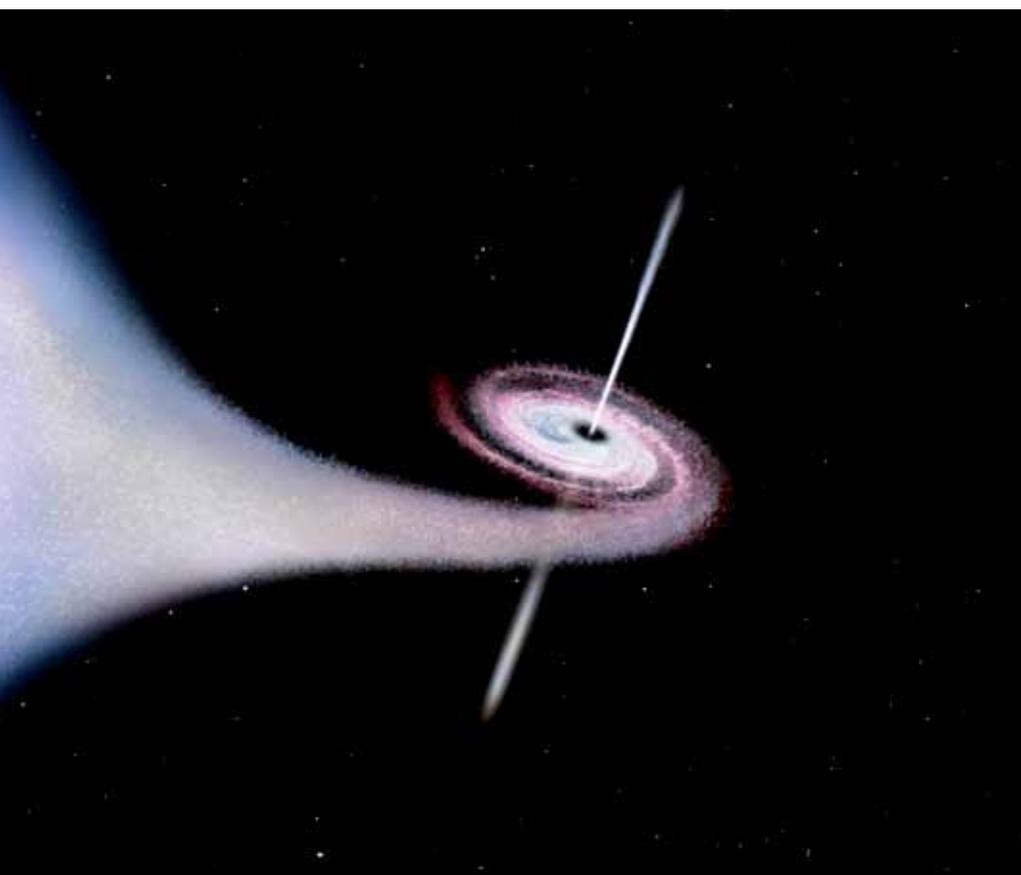
**Quelles autres avancées ont eu lieu dans le domaine de l'astronomie des hautes énergies?**

On peut citer la découverte de nouveaux objets célestes comme les sursauts gamma, qui sont d'énormes et brèves émissions de rayons gamma (c'est-à-dire des photons encore plus énergétiques que les rayons X) nous parvenant régulièrement depuis un point aléatoire du ciel. Elles proviennent de gigantesques explosions qui ont lieu dans d'autres galaxies que la nôtre mais qui demeurent néanmoins



facilement détectables depuis l'orbite de la Terre. La première mesure fortuite d'un sursaut gamma par des satellites américains en 1967 est le résultat d'observations qui avaient pour but la détection d'éventuelles explosions nucléaires soviétiques. Il a néanmoins fallu attendre les années 1990 pour que l'étude de ces phénomènes commence véritablement. Nous avons aujourd'hui une idée de la nature des événements qui sont à l'origine de ces sursauts (explosion d'étoiles massives ou collision de deux corps très massifs comme des étoiles à neutrons ou des trous noirs) mais ils demeurent largement mystérieux. En plus des sursauts, les astrophysiciens se sont intéressés de plus en plus à des objets exotiques émet-

# U AUX RAYONS X



Vision d'artiste du système Cygnus X-1. Du gaz venant d'une étoile supergéante voisine est aspiré et tombe en spirale dans un trou noir. Une petite fraction de gaz est déviée par des champs magnétiques et éjectée dans l'espace dans de puissants jets. Le satellite INTEGRAL a réussi à mesurer de la matière sur le point d'être engloutie par le trou noir.

teurs de rayons X et gamma comme les trous noirs supermassifs, des systèmes binaires comprenant des étoiles à neutrons et des trous noirs, etc. Parallèlement, ils ont également découvert récemment que la structure de l'univers n'était pas celle que l'on pensait jusque-là.

## Comment cela?

Il s'est avéré que non seulement la taille de l'univers grandit mais qu'en plus cette croissance, loin de se stabiliser, a plutôt tendance à accélérer. Cette observation a été réalisée

grâce à l'étude de supernovae et a été publiée en 1998. Elle a valu le Prix Nobel de physique 2011 aux cosmologistes Saul Perlmutter, Brian Schmidt et Adam Riess et a poussé les physiciens à postuler l'existence d'une énergie noire responsable de cette inflation inattendue et dont la nature exacte nous échappe pour l'instant. Cette énergie noire vient s'ajouter à la matière noire, tout aussi mystérieuse, qui a été introduite pour expliquer le mouvement des galaxies les unes par rapport aux autres tel qu'on l'observe depuis

«Les astrophysiciens se sont intéressés de plus en plus à des objets exotiques comme les trous noirs supermassifs, des étoiles à neutrons, des trous noirs, etc.»

la Terre. Ces deux grandeurs sont d'ailleurs au cœur de la future mission Euclide de l'Agence spatiale européenne (ESA) et à laquelle participe un groupe de l'ISDC (lire en page 20). Avec des sources de rayonnement X ou gamma inconnues il y a encore peu, des sursauts gamma et des trous noirs pleins de mystères et un univers rempli de matière et d'énergie noire dont on ne sait presque rien, l'astrophysique dispose aujourd'hui de tous les ingrédients pour rester une science des plus passionnantes.

## Dans quelle mesure l'Observatoire de Genève a-t-il participé à ce renouvellement des connaissances?

L'Université a commencé à s'intéresser de plus près à l'astrophysique des hautes énergies dans les années 1980. Marcel Golay, directeur de l'Observatoire entre 1956 et 1992, a alors pris conscience qu'il existait des développements possibles en astronomie dans des champs d'études très différents de ceux dans lesquels Genève avait de l'expertise jusque-là (l'astronomie stellaire et galactique). C'est dans cette perspective qu'il m'a proposé de venir à Genève pour travailler sur les noyaux actifs des galaxies.

De quoi s'agit-il? ►

## CAP sur les astroparticules

Les récentes découvertes effectuées dans le domaine de l'astronomie et de l'astrophysique des hautes énergies posent à la communauté scientifique de nouveaux défis intellectuels.

Pour tenter de les relever, l'UNIGE s'est dotée en mars 2011 d'un Centre d'astroparticules. Baptisée CAP-Genève, cette nouvelle structure regroupe des chercheurs des Départements de physique nucléaire et corpusculaire, de physique théorique et d'astronomie. Utilisant des approches et des outils différents, l'ensemble de ces scientifiques travaille en effet dans des disciplines dont les domaines de recherche se recoupent de plus en plus, comme c'est le cas notamment pour la physique des particules ou pour la physique théorique.

CAP-Genève leur offrira un cadre institutionnel leur permettant de discuter des projets en cours, de présenter les résultats obtenus ou encore de créer de nouvelles synergies qui n'auraient pu être imaginées dans des groupes isolés.

A terme, le CAP-Genève devrait être intégré au Centre des sciences physiques, astronomie et mathématiques qui pourrait voir le jour sur le site des Vernets.

Destiné à renforcer la capacité des chercheurs de l'UNIGE à repousser les limites des mondes connus et à explorer de nouveaux territoires scientifiques, ce futur centre a pour ambition de devenir «un modèle pour l'organisation et le développement de la recherche fondamentale du XXI<sup>e</sup> siècle». Il devrait occuper près de 50 000 m<sup>2</sup>. Outre les vastes espaces de travail répondant aux besoins des recherches, il comprendra deux auditoriums de 200 et 400 places ainsi qu'une bibliothèque. Il a été conçu pour recevoir à terme environ 600 collaborateurs et 400 étudiants.

Ces noyaux actifs sont formés en leur centre de trous noirs supermassifs (plus d'un million de masses solaires) dans lesquels une quantité phénoménale de masse tombe sans cesse. Cette chute de matière libère une énorme quantité d'énergie qui est émise sous forme de rayonnement. L'objectif principal de mes recherches est de comprendre comment ce processus fonctionne. Et ce questionnement va de pair avec un intérêt pour d'autres sujets de l'astrophysique.

### Pourquoi?

Les objets que nous étudions émettent à travers l'ensemble du spectre électromagnétique. Ils génèrent des ondes radio, des infrarouges, de la lumière visible, des ultraviolets, des rayons X et des rayons gamma. Par conséquent, la palette d'instruments auxquels on doit s'intéresser pour arriver à comprendre leur physique est très large. Certains sont installés au sol mais la plupart sont envoyés sur orbite pour s'affranchir de l'effet perturbateur et absorbant de l'atmosphère. Avec INTEGRAL en particulier, nous nous sommes donc aussi intéressés aux autres types d'objets que ses observations permettaient.

### Et ces télescopes ne servent pas uniquement à observer les cœurs de galaxie...

Non, en effet. Pour parvenir à comprendre ce qui se passe dans le cœur d'une galaxie, il faut mettre en place des projets de recherche de très grande envergure avec des budgets qui avoisinent souvent le milliard de francs. Ces projets sont donc conçus de telle sorte qu'ils mettent à disposition des données sur d'autres types d'objets. Ce qui amène de nouvelles découvertes et de nouvelles interrogations. Il y a là un effet boule de neige.

### C'est le cas notamment avec le satellite INTEGRAL, lancé en 2002 afin d'observer les rayons X et gamma en provenance de l'univers proche et lointain...

Au moment de son lancement, il n'existait pas d'appareil équivalent à INTEGRAL. C'est le premier satellite d'observation des rayons gamma de cette taille et de cette polyvalence. Nous avons eu la chance de pouvoir abriter le centre mondial de récolte et de traitement des données du satellite, l'ISDC, ce qui nous a pro-

pulsés à la pointe dans la recherche en astrophysique des hautes énergies. Nous recevons, analysons et archivons des données que des chercheurs du monde entier viennent étudier.

### Quel bilan peut-on tirer d'INTEGRAL après dix ans de fonctionnement?

Du point de vue scientifique, le bilan est excellent. INTEGRAL a permis de nombreuses découvertes et ouvert de nouveaux champs de recherches. L'un des appareils de mesure monté à bord, l'imageur IBIS, a notamment permis l'identification de nouveaux types de sources de rayons gamma qui déroutent les chercheurs. Les sources dites absorbées, par exemple, sont des astres émettant des rayons X mais qui semblent être entourés par une enveloppe de gaz ou de poussière qui arrête presque toutes les autres longueurs d'onde. On ne les avait jamais observées avant INTEGRAL. D'autres sources inédites brillent durant quelques heures avant de s'éteindre pendant très longtemps. Grâce à un autre appareil installé sur le satellite, les chercheurs ont étudié la présence d'annihilation d'électrons et de positrons au centre de la galaxie (quand la particule et son antiparticule se rencontrent, elles disparaissent en relâchant deux photons très énergétiques). Cette réaction est bien connue des physiciens. Le hic, c'est que nous n'avons aucune idée d'où proviennent ces positrons et ce qu'ils font à cet endroit de la galaxie. Cela dit, grâce à INTEGRAL, nous connaissons maintenant leur nombre et leur température. Finalement, bien que cela ne figurait pas dans ses objectifs principaux, le satellite a beaucoup contribué à une meilleure compréhension des sursauts gamma.

### Dans quelle mesure?

INTEGRAL a analysé pas moins de 1500 sursauts gamma depuis 2002. L'un des résultats de ces mesures c'est la remise en question du classement traditionnel de ces sursauts en deux catégories, les courts et les longs, chacune ayant une origine différente. En réalité, un de nos chercheurs qui termine actuellement sa thèse sur le sujet montre qu'il existe des sursauts de toutes les durées, des plus brefs aux plus longs en passant par tous les intermédiaires. Ce qui complique en peu plus l'explication de la nature de ces phénomènes.



M82, ou la galaxie du Cigare. Trois images sont superposées. La première, dans le domaine optique, montre une galaxie oblongue (jaune vert) à première vue sereine. La seconde, dans l'infrarouge, montre que la galaxie éjecte du gaz et de la poussière froide (rouge). La troisième, dans les rayons X, montre que le phénomène a chauffé du gaz jusqu'à des millions de degrés.

### Quelle est la part propre à Genève dans l'ensemble des découvertes effectuées dans le cadre d'INTEGRAL?

Les chercheurs de l'ISDC sont représentés dans près de la moitié des publications émanant du programme INTEGRAL. L'investissement consenti par la Suisse dans le cadre de cette mission ayant été relativement modeste, les retombées sont donc très satisfaisantes.

### Le programme INTEGRAL était censé durer deux ans, or il fêtera son 10<sup>e</sup> anniversaire en octobre. Jusqu'à quand cela peut-il continuer?

En fait, même si le programme était officiellement prévu pour deux ans, le satellite était construit pour tenir cinq ans. Nous sommes finalement arrivés à le faire fonctionner deux fois plus longtemps, ce qui est une belle performance. Et ce n'est pas fini. Le programme va en effet se poursuivre au moins jusqu'en 2014. Ensuite, son financement sera rediscuté. Dans tous les cas, à un certain moment,

continuer ne fera plus sens car nous disposerons de nouveaux instruments beaucoup plus performants.

### Qu'advient-il alors du centre de contrôle basé à Ecogia?

Le centre de contrôle d'INTEGRAL continuera à fonctionner normalement jusqu'à la fin des opérations. A ce moment, il faudra repasser une fois à travers toutes les données, les calibrer et les archiver de manière définitive. Cela prendra encore au moins deux ans.

### Les succès engrangés par l'ISDC vous ont-ils ouvert de nouvelles portes?

Les activités de l'ISDC se sont en effet beaucoup diversifiées. Grâce aux bons résultats que nous avons obtenus, nous sommes souvent les bienvenus dans d'autres projets qui impliquent le même genre de démarches. Nous avons ainsi écrit des logiciels pour le programme Planck dont l'objectif est de mesurer le fond cosmologique de l'univers, c'est-à-dire

le rayonnement le plus ancien qui ait été émis et qui devrait nous permettre notamment de connaître l'âge et la forme de l'univers. Et ce logiciel, qui est une adaptation de celui que nous utilisons à l'ISDC, marche comme sur des roulettes. Par ailleurs, nous sommes impliqués dans plusieurs autres projets qui devraient démarrer ces prochaines années (lire en page 18). C'est à la suite de cette évolution que nous avons transformé notre nom de INTEGRAL Science Data Centre à ISDC Data Centre for Astrophysics.

### A quel objectif répond la création du Centre d'astroparticules de Genève (CAP-Genève en mai dernier (lire ci-contre)?

Les nouvelles pistes ouvertes par l'astrophysique autour des trous noirs, des rayons gamma ou de l'énergie noire nous placent dans une espèce d'urgence intellectuelle, alimentée par un désir de comprendre ces problèmes. La difficulté c'est que plus on avance, plus on réalise qu'il existe dans l'univers des phénomènes qui soulèvent des questions d'astrophysique fondamentales et au sujet desquelles nos connaissances sont encore très lacunaires. D'où la nécessité de rapprocher les physiciens des particules, les astrophysiciens des hautes énergies et les cosmologistes. C'est précisément l'objectif du CAP. A terme, il me semble également que les chercheurs du CERN devraient y avoir leur place.

### A ce propos, est-il envisageable de se servir de l'espace comme d'un laboratoire géant afin de vérifier les prédictions des théories sur les particules?

Il existe probablement dans l'espace des accélérateurs de particules tels que l'on ne pourra jamais en construire sur Terre. Mais pour le moment, il est très difficile de faire des liens entre ce que l'on observe dans l'espace et ce qui se fait au CERN, par exemple. Pour y parvenir, il faudrait être en mesure de surmonter deux problèmes. Le premier c'est le nombre très faible de particules hautement accélérées qui arrivent jusqu'à nous. Le second c'est la reconstruction de ce qui se passe lorsqu'une de ces particules heurte un noyau dans la haute atmosphère. Cela demeure une opération extrêmement compliquée. ■

# D'Euclid à Athena

Les chercheurs de l'ISDC sont impliqués dans une dizaine de projets de recherche internationaux en collaboration avec l'Agence spatiale européenne, mais aussi le Japon et la Chine. Aperçu

## ► INTEGRAL

Le satellite INTEGRAL, dont le centre de traitement de données est basé à Genève, a été lancé en octobre 2002 sous l'égide de l'Agence spatiale européenne (ESA). Son but est l'observation du ciel dans le domaine des rayons X et gamma. La mission se poursuivra au moins jusqu'en 2014.

## ► EUCLID

Mission appartenant au programme *Cosmic Vision* (2015-2025) de l'ESA, Euclid est un télescope spatial de 3,1 mètres de diamètre dont l'objectif est de mesurer la distribution de la matière noire dans l'univers et la manière dont cette répartition a évolué depuis le Big Bang. En cours de développement, Euclid devrait être opérationnel à partir de 2019.

## ► PLANK

Egalement construit sous l'égide de l'ESA, le satellite Plank a été lancé en mai 2009. Son principal objectif est l'étude détaillée du rayonnement de fond cosmologique émis seulement 380 000 ans après le Big Bang (le rayonnement fossile). Ce rayonnement émis il y a 13,7 milliards d'années est un élément clé pour comprendre les constituants fondamentaux de l'univers et son évolution, du big bang à la formation des premières galaxies et des étoiles.

## ► GAIA

Mission astrométrique elle aussi conduite par l'ESA, Gaïa a pour ambition d'observer plus d'un milliard d'étoiles afin de clarifier la composition, la formation et l'évolution de notre Galaxie, la Voie lactée, mais également apporter des contributions significatives concernant les planètes extrasolaires, le système solaire, les galaxies extérieures et la physique fondamentale. Rassemblant un consortium de 400 chercheurs et ingénieurs, Gaïa constituera l'analogue d'un observatoire complet en orbite. Son lancement est prévu en août 2013.

## ► FACT

Fruit d'une collaboration entre l'Université de Genève, l'EPFL, l'EPFZ et les universités de Dortmund et Würzburg, le projet FACT repose sur la construction d'une nouvelle génération de télescopes Cherenkov capables d'observer des flashes de lumière produits par les rayons gamma dans l'atmosphère. L'observation de ces flashes, particulièrement brefs, nécessite des caméras sensibles et ultrarapides capables d'enregistrer jusqu'à plusieurs milliards d'images par seconde. Cette technologie est testée depuis un an environ aux îles Canaries. Ce programme vise à mieux comprendre les accélérateurs cosmiques, en particulier les trous noirs super-massifs au cœur des galaxies, qui présentent des variations rapides d'émissions gamma.

## ► CTA

Le projet CTA (*Cherenkov Telescope Array*), qui regroupe 34 instituts de recherche issus de 14 pays, est une extension de FACT. Il vise à mettre sur pied un grand réseau de télescopes Cherenkov de nouvelle génération sur un site qui reste à déterminer.

## ► ASTRO-H

Conduite par l'Agence spatiale japonaise, avec la collaboration de la NASA et de l'ESA, la mission Astro H repose sur le développement d'un télescope spatial à rayons X dont le lancement est prévu en 2014. Il constitue la suite directe d'INTEGRAL.

## ► POLAR

Le programme POLAR vise à placer un détecteur de rayons gamma développé par les chercheurs de l'ISDC sur la station spatiale chinoise actuellement en cours de construction. L'appareil est destiné à mesurer la polarisation des photons émis par les sursauts gamma.

## ► LOFT

Le *Large Observatory for X-ray Timing* (LOFT) est un projet de télescope spatial à rayons X de l'ESA dont l'objectif est d'observer les trous noirs et les étoiles à neutrons. Il doit notamment permettre l'étude des dernières orbites de la matière autour des trous noirs. Le projet pourrait débuter en 2022 s'il est retenu.

## ► SPICA/SAFARI

SPICA (*Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics*) est un projet de télescope spatial infrarouge proposé par l'agence spatiale japonaise en collaboration avec l'ESA. L'un de ses instruments de mesure, SAFARI, est un spectromètre imageur en infrarouge dans le développement duquel l'ISDC est fortement impliqué. Son objectif est d'étudier la formation et l'évolution des systèmes planétaires, le cycle de vie de la poussière interstellaire et la formation et l'évolution des galaxies. Le début de la mission est prévu au mieux pour 2018.

## ► ATHENA

ATHENA est un projet de l'ESA encore en compétition axé sur l'étude des rayons X. Il est actuellement en concurrence avec le projet LISA, centré, lui, sur la mesure des ondes gravitationnelles à l'aide de deux satellites placés à un million de kilomètres l'un de l'autre. Si le premier, dans lequel la participation de l'ISDC est acquise, devait ne pas se concrétiser, les chercheurs genevois seraient très probablement appelés à jouer un rôle dans le second.

## ► JEM'EUSO

JEM'EUSO est un instrument japonais conçu pour être installé, si ce projet est retenu, sur la Station spatiale internationale. Son but est de mesurer les rayons cosmiques les plus énergétiques en observant depuis l'espace leur interaction avec l'atmosphère.

# SUR LA TRACE BLEUE DES RAYONS COSMIQUES

Des photons de très haute énergie frappent l'atmosphère et génèrent une couleur bleue, le rayonnement Cherenkov, que détecteront les télescopes du projet CTA

Les rayons cosmiques ont été découverts il y a un siècle. Issue pour une partie du Soleil et pour le reste du fin fond de l'espace, une pluie intense de particules chargées tombe sans interruption sur la Terre. Pour l'avoir détectée le premier en 1912 dans des voyages en ballon à haute altitude, le physicien autrichien Victor Hess a reçu en 1936 le Prix Nobel de physique\*.

Bien que cent ans se soient écoulés depuis leur découverte, une partie de ces rayons cosmiques cachent toujours son origine sous un épais voile de mystère. Il s'agit surtout des particules qui percutent les molécules de l'atmosphère avec la plus grande énergie. Une énergie telle que les astrophysiciens se perdent en conjectures pour imaginer quel phénomène cosmique pourrait bien être capable d'accélérer ces électrons et ces protons à des vitesses aussi phénoménales. Le futur réseau de télescopes CTA (*Cherenkov Telescope Array*), un projet auquel participent des chercheurs de l'Observatoire de Genève, devrait pouvoir soulever un coin du voile. Son entrée en fonction est prévue pour 2018.

## BALLE DE TENNIS BIEN SERVIE

«Ces particules ultrarapides possèdent une énergie qui se compte parfois en centaines d'exa-électronvolts, explique Roland Walter, Maître d'enseignement et de recherche au Département d'astronomie et membre du projet CTA. Autrement dit, elles possèdent une énergie des dizaines de millions de fois plus importante que les protons circulant dans le collisionneur LHC du CERN, le plus puissant jamais construit sur Terre.» Bref, une seule de ces particules véhicule autant d'énergie qu'une balle de tennis bien servie.

De plus, ces grains élémentaires de matière sont électriquement chargés et leur trajet dans l'univers croise de multiples champs magné-

tiques générés par les étoiles, les galaxies, etc. Ces champs dévient leur course à tel point qu'en arrivant sur Terre, les rayons cosmiques ont perdu presque toute signature permettant de retracer leur lieu d'origine.

C'est pourquoi CTA est conçu pour s'intéresser essentiellement aux rayons gamma, qui sont des photons, ou des grains de lumière. «Les événements qui sont à l'origine de l'accélération des particules émettent forcément des rayons gamma qui sont eux aussi très énergétiques, précise Roland

Walter. L'avantage, c'est qu'au contraire des électrons et des protons, les photons ne sont pas déviés de leur course et arrivent sur Terre en ligne droite. On peut donc localiser leur source dans le ciel.»

cade de réactions qui se termine par une gerbe d'électrons et de positrons (antiélectrons). Ces derniers sont tellement rapides qu'ils se déplacent plus vite que la lumière dans l'air (la vitesse de la lumière diminue lorsqu'elle traverse un milieu autre que le vide et peut ainsi être dépassée). Cela génère une lumière bleue caractéristique, appelée rayonnement Cherenkov. C'est ce flash, extrêmement bref, qui sera détecté par les télescopes de CTA. Pour y parvenir, ils seront capables de prendre des milliards d'images par seconde.

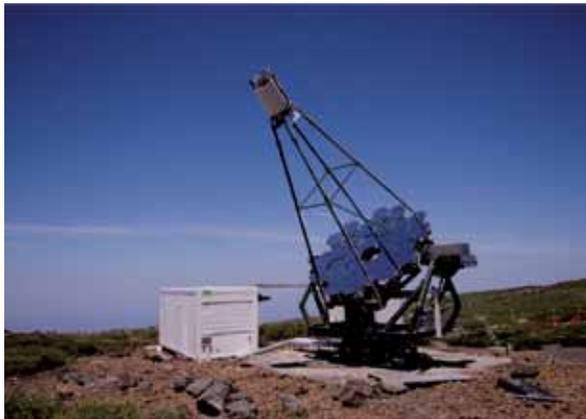
Des simulations permettent de reconstruire, à partir d'un flash de rayonnement Cherenkov, la direction et l'énergie du photon d'origine, souligne Roland Walter.

## UNE CENTAINE DE TÉLESCOPES

La technologie qui sera utilisée par CTA est actuellement à l'essai dans le cadre du projet FACT. Installé à La Palma aux Canaries, le télescope est en fonction depuis octobre 2011. CTA, pour lequel il existera deux sites, l'un dans l'hémisphère Sud, l'autre dans le Nord, comptera en tout une centaine de télescopes.

En plus des supernovas, qui sont des explosions d'étoiles, les futures cibles de CTA sont des sources qui sont susceptibles de générer des champs électriques jusqu'à la centaine de milliards de milliards de volts. Parmi les candidats se trouvent les sursauts gamma (explosions phénoménales qui ont lieu dans d'autres galaxies que la nôtre), les magnétars (des étoiles à neutrons possédant un champ magnétique puissant), les quasars (noyaux actifs de galaxie), etc. CTA tentera aussi de détecter des phénomènes encore plus exotiques comme l'annihilation de matière noire, le champ magnétique cosmologique ou encore la structure quantique de l'espace-temps. Joli programme. ■

\* Albert Gockel, professeur à l'Université de Fribourg, a découvert en 1909, grâce à des ballons sondes de l'ancêtre de Météosuisse, que la radioactivité produite par la Terre ne diminuait pas avec l'altitude comme prévu. Il en a déduit qu'il existait une source dans l'espace et a ouvert ainsi la voie à la découverte de Victor Hess.



Télescope Cherenkov de FACT, aux îles Canaries.

# DU CÔTÉ SOMBRE DE L'UNIVERS

L'espace contient de la matière et de l'énergie noires. Sans elles, il serait impossible d'expliquer le mouvement des galaxies, la platitude de l'univers et son expansion accélérée. Le satellite européen Euclid tentera d'y voir plus clair dès 2019

Il y a quelque chose qui cloche avec l'univers. Si l'on s'en tient aux meilleures estimations concernant la quantité de masse et d'énergie qu'il contient, il ne fait aucun doute que les galaxies, leurs bras surtout, tournent trop vite et que leurs trajectoires ne sont pas orthodoxes. En plus, il est trop plat et sa taille augmente trop vite. En d'autres termes, à très grande échelle, les corps et les structures célestes semblent ne plus obéir aux lois de la nature, pourtant maintes fois confirmées. En fait, ce qu'il manque, pour réparer cette discordance, c'est de la masse et de l'énergie. Vingt fois plus que ce que l'on observe, pour être précis.

C'est donc pour réconcilier théorie et observation que les astrophysiciens ont introduit l'existence de la «matière noire» d'abord, puis de l'«énergie noire». Le problème, c'est qu'on ignore totalement de quoi il s'agit et que ces deux grandeurs, comme leurs noms l'indiquent, ne sont visibles par aucun télescope.

En revanche, raisonnent les chercheurs, s'il existe réellement de la matière et de l'énergie noires, elles doivent exercer une influence sur leur environnement, notamment sur la courbure de l'espace et donc, par exemple, sur la trajectoire de la lumière émise par les galaxies lointaines. Détecter cet effet est justement l'un des objectifs d'Euclid, un projet que l'Agence spatiale européenne (ESA) a récemment décidé de réaliser. Le lancement du satellite est prévu pour 2019 et l'Université de Genève fait partie de l'aventure.

Stéphane Paltani, maître d'enseignement et de recherche au Département d'astronomie, est en effet responsable du développement d'une partie de l'instrument VIS (*Visual imager*) d'Euclid, qui produira des images optiques de haute qualité. Il est également chargé de développer un certain nombre d'algorithmes ainsi que de

mettre sur pied le centre suisse de traitement de données d'Euclid. Martin Kunz, chercheur au Département de physique théorique, coordonne, quant à lui, le groupe de travail sur la théorie relative à la matière et à l'énergie noires.

L'origine de la matière noire remonte à plusieurs décennies. C'est le mouvement des étoiles proches puis, surtout, celui des galaxies lointaines qui ont d'abord mis la puce à l'oreille des chercheurs. Leurs vitesses sont en effet bien trop élevées pour être expliquées par la force d'attraction exercée par la masse lumineuse qui les entoure, la seule observable depuis la Terre à l'époque. Depuis que l'on parvient à détecter les gaz interstellaires avec les télescopes X, on a remarqué qu'il existe dix fois plus de gaz que de galaxies. Mais cela ne suffit toujours pas. Pour expliquer les vitesses excessives des galaxies, il faudrait encore dix fois plus de masse.

## HALO DE MATIÈRE INVISIBLE

Ensuite, c'est le mouvement des bras des galaxies spirales qui a étonné les chercheurs. La vitesse de rotation de leur extrémité est quasiment aussi élevée que celle des parties internes alors que la mécanique céleste élémentaire prédit qu'elle devrait être beaucoup plus faible. C'est un peu comme si chaque galaxie était englobée dans un halo de matière non visible, représentant à lui seul dans certains cas jusqu'à 90% de la masse de l'ensemble.

A cela s'ajoute un problème plus global: l'univers est désespérément plat. Aussi loin que l'on

**Cette image composite d'un amas de galaxies prise par le télescope spatial Hubble représente la preuve la plus convaincante de l'existence de la matière noire. On y voit, en surimpression, un anneau bleu qui est censé représenter la distribution de matière noire calculée par les astrophysiciens à partir de la déformation des galaxies contenues dans l'image.**



regarde, aussi finement que l'on mesure, l'espace ne présente aucune courbure détectable. Cette situation, selon les modèles théoriques en vigueur, n'est possible que si la densité de matière et d'énergie de l'univers atteint un seuil critique. Le souci, c'est que les astrophysiciens ont une idée assez précise de cette densité, en tout cas en ce qui concerne la matière ordinaire. Et ce, grâce à la mesure de l'abondance de l'hélium, dont on connaît exactement la proportion par rapport aux autres éléments de l'univers. Il en ressort que les baryons (le terme scientifique qui désigne les particules de la matière ordinaire) ne contribuent qu'à hauteur de 4,5% de cette densité critique. Cela signifie que s'il n'existait que ce type de matière, l'univers aurait une courbure – négative – spectaculaire.

Il n'y a donc pas le choix: pour expliquer la platitude du cosmos, il faut de la matière noire, et en grande quantité. «On ne sait pas ce qu'est

## S'il n'existait que de la matière ordinaire, l'univers aurait une courbure spectaculaire

la matière noire, admet Stéphane Paltani. Ce que l'on sait, en revanche, c'est ce qu'elle n'est pas. Elle n'est pas ordinaire, on l'a vu. Elle n'est pas sensible à la force forte, sinon elle exercerait un effet mesurable sur les phénomènes de fusion nucléaire. Elle n'est pas électriquement chargée non plus, sinon elle ne serait pas noire mais visible. On a pensé un temps qu'il pouvait s'agir de neutrinos, mais même s'ils sont très nombreux, ils sont trop légers et trop rapides pour faire l'affaire. Il doit en réalité plutôt s'agir de particules lourdes.»

### PARTICULES SUPERSYMÉTRIQUES

De grands espoirs ont été placés dans la théorie supersymétrique, qui attribue à chaque particule connue une particule supersymétrique. Ces dernières, dont la masse pourrait être suffisante, ont toutefois récemment subi un revers. Les premiers résultats obtenus avec l'accélérateur de particules du CERN, le LHC, ont en effet exclu la validité des théories les plus simples de la supersymétrie. Le mystère reste donc total.

Il s'épaissit même par le fait que l'univers renferme probablement aussi de l'énergie noire. Car il y a encore un point qui turlupine les astrophysiciens, c'est que l'univers, contre toute attente, est en pleine expansion et que cette dernière, loin de se stabiliser, semble bien s'accélérer. «Quelque chose» pousse l'espace à s'agrandir. Et les physiciens l'expliquent par l'introduction du concept d'énergie noire. Selon le consensus actuel, l'univers serait composé, en gros, de 5% de matière ordinaire, de 25% de matière noire et de 70% d'énergie noire.

«L'énergie noire est un concept contre-intuitif, explique Stéphane Paltani. Quand l'univers enflé, au lieu de voir la pression de l'énergie noire qu'il contient diminuer (ce qui serait logique), elle augmente. L'énergie noire ne se dilue pas comme la matière. S'il était possible d'avoir une bouteille d'un litre d'énergie noire et de la vider dans une baignoire de 100 litres, l'énergie noire remplirait toute la baignoire tout en conservant sa densité d'avant.»

Ce concept, qui s'apparente à une pression négative, est autorisé par l'équation principale de la relativité générale qui relie la forme de l'univers à l'énergie qu'il contient. Il se trouve

que l'on peut ajouter à cette équation une constante dite cosmologique. On a longtemps pensé qu'elle devait valoir zéro. Mais avec la prise de conscience que l'univers subit une expansion accélérée, elle pourrait justement prendre une valeur non nulle et témoigner ainsi, de manière mathématique du moins, de la présence de la fameuse énergie noire, qui deviendrait ainsi une propriété intrinsèque de l'univers.

L'énergie noire devrait avoir comme effet, avec le temps, d'accélérer sans cesse l'expansion de l'univers et donc d'éloigner les galaxies les unes des autres. «Notre Voie lactée est un système qui tient bien ensemble par la force de gravitation, précise Stéphane Paltani. Elle ne sera pas écartelée par l'action répulsive de l'énergie noire, qui n'est, pour l'instant en tout cas, pas assez forte pour cela. Celle-ci ne peut avoir d'effet que sur une plus grande échelle, lorsque la densité de matière moyenne devient suffisamment basse. L'effet de la constante cosmologique (ou énergie noire) aurait d'ailleurs été indétectable au tout début de l'univers, quand la densité de matière était encore très importante. En revanche, si l'on se projette plusieurs milliards d'années dans l'avenir, la Voie lactée existera encore sans doute mais, mis à part les Nuages de Magellan, la galaxie d'Andromède, M33 et quelques galaxies naines, pratiquement plus aucune autre galaxie ne sera visible dans le ciel. Les astrophysiciens du futur ne pourront donc jamais comprendre l'univers comme nous le comprenons aujourd'hui. Ils croiront être en son centre, puisqu'il n'y aura plus rien d'autre autour de la Voie Lactée. En tant qu'astrophysiciens, nous vivons juste au bon moment.»

### UN MILLIARD DE GALAXIES

La mission d'Euclid consistera à détecter les effets de la présence de la matière et de l'énergie noires. Le satellite mesurera, à l'aide d'un télescope optique, la déformation de l'image de galaxies lointaines, ce qui est la signature de la présence, entre la source et l'observateur, d'une masse assez importante pour être capable de courber l'espace. En réalisant des statistiques sur les clichés de près d'un milliard de galaxies, les chercheurs devraient pouvoir tracer une carte précise de la distribution de la matière noire dans l'univers et reconstituer son évolution dans le temps.

Euclid va aussi mesurer la taille de structures supragalactiques très spécifiques à des distances différentes de la Terre. Comme regarder loin dans l'espace revient à regarder dans le passé, les chercheurs pourront se faire une idée de la variation de la taille de ces structures au cours du temps. Autrement dit, ils pourront retracer l'évolution de l'univers et y déceler l'éventuel effet de la constante cosmologique, c'est-à-dire de l'énergie noire. ■

<http://sci.esa.int/euclid>



NASA, ESA, M. JEE AND H. FORD (JOHNS HOPKINS UNIVERSITY)

# POLAR SUR LA STATION SPATIALE CHINOISE

Conçu par des chercheurs genevois pour mesurer la polarisation du rayonnement des redoutables sursauts gamma, le détecteur POLAR a intégré le programme spatial chinois. Il devrait être envoyé dans l'espace en 2014.

Un sursaut gamma est une explosion cosmique qui a lieu en moyenne une fois par jour sur un point aléatoire de la voûte céleste. Il envoie dans l'espace une bouffée brève mais phénoménale de rayonnement de très haute énergie. L'événement est tellement violent que même si son origine est toujours une galaxie lointaine, il est facilement détectable depuis l'orbite terrestre, où il arrive sous forme de rayonnement gamma. Les scientifiques ont proposé plusieurs modèles pour comprendre ce phénomène extrême. Mais malgré toutes les mesures réalisées depuis des années sur ces objets, notamment grâce aux satellites INTEGRAL, HETE-2, SWIFT, FERMI et autres, ils n'en connaissent toujours pas la nature exacte.

Il est possible, toutefois, que le futur détecteur POLAR apporte enfin de précieux éclaircissements au sujet des sursauts gamma. L'appareil, dont le lancement est prévu pour 2014, a été conçu par des chercheurs de l'ISDC Data Centre for Astrophysics, rattaché à l'Observatoire de Genève, en collaboration avec des collègues du Département de physique nucléaire et corpusculaire de la Faculté des sciences. Il doit mesurer la polarisation de la lumière émise par ces explosions cosmiques, une mesure délicate mais dont le résultat permettrait de faire le ménage dans la poignée de modèles se faisant actuellement concurrence sur les tables des physiciens théoriciens.

## CAS PARTICULIERS

«On pense que le sursaut gamma précède de peu la formation d'un trou noir, explique Nicolas Produit, chercheur à l'ISDC et concepteur de POLAR. Il peut s'agir de l'effondrement d'une étoile géante, de la collision de deux étoiles à neutrons ou autre. Mais plus les astrophysiciens mesurent des sursauts gamma, plus ils découvrent des cas particuliers qui rendent difficile l'élaboration d'une théorie.»

POLAR, faisant partie du volet humain du programme spatial chinois, relève des affaires militaires dont le contenu est soumis au secret défense

Les mesures traditionnelles des sursauts gamma enregistrent la localisation de la source ainsi que l'intensité et la «couleur» de la lumière émise. En mesurant la polarisation – ou l'absence de polarisation – du rayonnement, POLAR ajoute donc un quatrième paramètre qui doit permettre de se faire une idée de la taille de la source et de la présence d'un champ magnétique structuré ou chaotique.

Deux informations qui, selon le résultat, seront à même d'écarter un certain nombre de modèles théoriques.

## «CONTACTS AGRÉABLES»

Réunissant des chercheurs suisses, français et polonais, le projet POLAR possède une autre particularité: il est prévu qu'il soit lancé dans l'espace avec une fusée chinoise avant d'être installé sur la future station spatiale de l'Empire du Milieu, Tiangong 2 (palais céleste). Il s'agit même de la seule expérience étrangère à avoir reçu cet honneur.

«Nous sommes ravis de travailler avec les Chinois, précise Nicolas Produit. Les ingénieurs sont très compétents et les contacts sont très agréables. Par rapport à ses homologues du reste du monde, l'Agence spatiale chinoise est de loin celle qui dispose de la meilleure dynamique actuellement.»

Les seules difficultés viennent du fait que POLAR, étant censé être installé sur la station spatiale, fait partie du volet humain du programme spatial chinois. Et ce volet relève des affaires militaires dont le contenu est soumis la plupart du temps au secret défense.

«Il est très important pour nous de connaître à l'avance les spécificités sur l'environnement direct de POLAR une fois qu'il sera installé sur la station spatiale Tiangong 2, souligne Nicolas Produit. Les ingénieurs chinois nous ont volontiers fourni les niveaux de radiation et d'accélération auxquels sera soumis notre appareil. Mais dès qu'il s'agit de transmettre des plans un peu plus précis de la station juste autour de notre détecteur, le refus est systématique.»

Les chercheurs genevois semblent néanmoins dans les petits papiers de l'Agence spatiale chinoise car cette dernière a émis le vœu de continuer à travailler avec eux pour des expériences qui pourraient trouver une place dans les versions ultérieures – et plus grandes – de la station spatiale. ■

# UN FRIGO DANS L'ESPACE

Une équipe genevoise collabore à un projet d'observatoire spatial qui doit être envoyé en orbite en 2014 afin d'étudier le ciel dans le domaine des rayons X. Sa cible principale: les amas de galaxies, soit les plus grandes structures connues de l'univers

Le jour où le satellite Astro-H sera lancé dans l'espace – en 2014 –, on pourra dire qu'un frigo aura été placé en orbite. Ou plutôt plusieurs frigos disposés les uns dans les autres comme des poupées russes. C'est la solution qui a été trouvée pour conserver un minuscule détecteur à quelques fractions de degré au-dessus du zéro absolu (-273,2° C), sa température de fonctionnement. Malgré sa petite taille, cet appareil, un calorimètre, servira à étudier, entre autres, les plus grandes structures de l'univers: les amas de galaxies et, surtout, les gigantesques quantités de gaz dans lesquelles ils baignent.

Astro-H est un projet japonais auquel les Etats-Unis apportent leur contribution. Des chercheurs de l'Observatoire de Genève ont aussi réussi à y mettre un pied. Stéphane Paltani, maître d'enseignement et de recherche au Département d'astronomie, est en effet chargé du développement d'un système destiné à la calibration du calorimètre et au filtrage des rayons X que l'observatoire spatial Astro-H est appelé à détecter tout au long de sa mission.

## PLASMA TRÈS CHAUD

Les principales cibles sont les nuages de gaz qui enveloppent les amas de galaxies. Il s'agit en réalité de plasma, c'est-à-dire du gaz ionisé (dont les atomes ont perdu un ou plusieurs électrons). Bien que très ténu, ce plasma, qui représente une masse dix fois plus importante que les galaxies, est très chaud: sa température varie entre 10 et 100 millions de degrés et émet de ce fait un rayonnement dans le domaine des rayons X (*Bremsstrahlung*) que les astrophysiciens connaissent depuis longtemps.

«La nouveauté avec Astro-H, c'est que l'on pourra, pour la première fois, tracer avec une précision inédite les cartes des propriétés physiques (température, abondance...) de ce plasma, explique Stéphane Paltani. Cela nous fournira des informations précieuses sur la formation de ces structures gigan-

tesques et, partant, de l'univers lui-même.»

Le problème, c'est que la réalisation d'une image du ciel vu sous l'angle des rayons X représente un défi technologique.

Contrairement à la lumière visible, les photons très énergétiques ne peuvent en effet pas être déviés de leur course à l'aide de lentilles optiques. Pour connaître leur énergie (ce qui pourrait correspondre à leur «couleur») de manière précise, il faut recourir à un dispositif de diffraction qui a l'inconvénient de réduire considérablement la sensibilité et d'empêcher pratiquement toute résolution spatiale.

## CARTOGRAPHIE DU CIEL AUX RAYONS X

Le calorimètre embarqué sur Astro-H permet de résoudre cette difficulté. Il est formé d'un certain nombre de pixels maintenus à une température d'environ 50 millidegrés kelvin (0,05° K). Dès qu'un photon X venu des amas de galaxies lointains frappe l'un d'eux, celui-ci voit, sous l'effet de l'absorption, sa température monter durant un petit laps de temps. Ce réchauffement est mesuré et permet de calculer l'énergie du photon. Un calorimètre permet donc aux astrophysiciens de connaître l'origine de chaque rayon X sur la voûte céleste, son énergie et le moment auquel il a été détecté. Quatre paramètres essentiels pour réaliser une cartographie du ciel.

Le calorimètre qui sera monté sur Astro-H comptera 36 pixels en tout. C'est peu mais c'est quasiment le maximum que la technologie actuelle peut réaliser. «Par le passé, seulement deux autres tentatives visant à placer des calorimètres en orbite ont eu lieu, rappelle Stéphane Paltani. Elles se sont soldées par des échecs. La première était le satellite Astro E qui est tombé dans l'océan juste après son lancement en 2000. Et la seconde, Astro E



Vue d'artiste d'Astro-H. Au loin, une étoile géante et un trou noir.

Il lancé en 2005, au moment de déployer son dispositif de mesure, a vu l'hélium liquide servant à refroidir le détecteur soudainement s'évaporer, rendant le calorimètre inopérant.»

Pour Astro-H, les ingénieurs ont pris des mesures (dont les cinq appareils frigorifiques concentriques et des circuits de refroidissement actifs et indépendants) pour qu'une telle panne ne se reproduise plus.

La mission japonaise vient aussi à point pour prendre la relève des satellites européens vieillissants, bien que toujours opérationnels, que sont XMM-Newton et INTEGRAL. Le premier, actif dans toute la gamme des rayons X, a été lancé en 1999 et le second, sensible aux rayons X «durs» et aux rayons gamma, a été mis en orbite en 2002. Leurs jours sont désormais comptés et le prochain projet d'étude des rayons X cosmiques dans le programme de l'Agence spatiale européenne (ESA) est Athena qui, s'il est choisi, ne sera pas lancé avant 2022. Astro-H, 100 fois plus sensible qu'INTEGRAL dans le domaine des rayons X durs, vient donc opportunément combler le vide d'une décennie qui menaçait d'apparaître.

Partenaires du projet, les astrophysiciens genevois auront un accès privilégié aux données fournies par le satellite. Ils serviront également de relais pour tous les utilisateurs potentiels d'Astro-H basés en Europe et désireux d'obtenir du temps d'observation ou des réponses à des questions techniques concernant la marche à suivre ou l'analyse de données. Un service précieux pour une mission où la plupart des documents risquent d'être rédigés en japonais. ■



Le IceCube lab, prêt à affronter la nuit polaire.

# LES NEUTRINOS QUI VENAIENT DU FROID

Un gigantesque détecteur enfoui dans les glaces du pôle Sud fait la chasse aux particules les plus fantomatiques que l'on connaisse, les neutrinos, dont certains viennent du fin fond de l'univers. Teresa Montaruli, professeure récemment arrivée à Genève, participe à ce projet baptisé IceCube

A deux pas du pôle Sud, en face du nouveau bâtiment de la station américaine Amundsen-Scott, on capture des neutrinos à la pelle. Chaque jour, environ 200 particules sont prises dans le gigantesque filet que les chercheurs ont déployé sous la glace de l'Antarctique. IceCube – c'est le nom du détecteur – est en effet composé de plus de 5000 détecteurs optiques distribués dans un volume de 1 km<sup>3</sup> situé entre 1,5 et 2,5 km de profondeur. Il n'en

faut pas moins pour étudier «ces quantités de réel les plus ténues jamais imaginées par l'homme», comme les qualifiait le physicien américain Frederick Reines, codécouvreur du premier neutrino en 1956.

«Les neutrinos ont la particularité de pouvoir traverser l'espace et la matière quasiment sans subir d'interactions», explique Teresa Montaruli, professeure au Département de physique nucléaire et corpusculaire à la Faculté des

sciences et membre du projet IceCube. *Ils ne sont pas absorbés, contrairement aux grains de lumière que sont les photons, ni déviés de leur route par des champs magnétiques, comme le seraient les particules chargées. Créés dans les étoiles, lors des supernovas, aux abords des trous noirs ou encore quand les rayons cosmiques de haute énergie frappent l'atmosphère, les neutrinos représentent donc des messagers de l'univers profond extrêmement précieux.»*

Le neutrino est venu à la connaissance des humains de manière peu conventionnelle. Bien avant d'avoir été vu, son existence est proposée en 1930 par le physicien américain d'origine italienne Enrico Fermi. Les expériences nucléaires d'alors ont en effet mis en évidence la disparition d'une petite quantité d'énergie lorsqu'un neutron se désintègre en un proton et un électron. Pour corriger cette anomalie, Fermi imagine une nouvelle particule, le «neutrino», émise lors de la réaction et qui permettrait de sauver le principe de la conservation de l'énergie (rien ne se perd, rien ne se gagne, tout se transforme).

### TROIS SAVEURS

Il faut attendre 1956 pour que Frederick Reines et Clyde Cowan fassent passer le neutrino de la fiction à la réalité. Ils y parviennent en installant un détecteur spécial juste à côté

d'un réacteur nucléaire, gros émetteur de neutrinos. Par la suite, des expériences menées aux Etats-Unis, en Europe et au Japon précisent progressivement le portrait de la particule. Il s'avère qu'elle existe sous trois saveurs (appelées neutrino-électron, neutrino-muon et neutrino-tau), qu'elle n'a pas de charge électrique et que sa masse, bien que non nulle, est très faible. Elle n'est sensible qu'à une seule des quatre forces de la nature, la force faible, celle qui est responsable de certaines réactions nucléaires et dont la portée est très courte – elle ne dépasse guère le rayon du noyau atomique. En d'autres termes, une fois que le neutrino est créé, quasiment plus rien ne l'arrête.

Pour s'en convaincre, il suffit de préciser que chaque centimètre carré de la Terre reçoit, par seconde, plus de 65 milliards de neutrinos, principalement produits par le Soleil. Le volume de la planète étant principalement composé de vide si on l'observe à l'échelle atomique, tous traversent la planète comme si elle était transparente. Seuls quelques-uns, un sur 10 milliards environ pour ce qui concerne les neutrinos solaires de loin les plus abondants, entrent par hasard en collision avec des noyaux atomiques. Ces accidents fortuits provoquent une réaction mesurable.

Les propriétés particulières des neutrinos représentent un avantage indéniable pour

l'astrophysique. Dans le cas d'une supernova, par exemple, ils emportent avec eux environ 99% de l'énergie libérée. De plus, s'ils sont créés au cœur d'une telle explosion ou simplement au centre d'une étoile, ils peuvent s'échapper sans être réabsorbés par la matière environnante. Ils traversent de la même manière n'importe quel nuage de poussière. Les neutrinos cosmologiques qui arrivent sur Terre sont donc souvent des messagers directs d'événements lointains alors que les photons sont en général issus d'un rayonnement secondaire, produit à la surface d'un astre.

*«Lors de la supernova de 1987, qui a explosé dans la galaxie voisine du Grand Nuage de Magellan, les neutrinos sont arrivés plusieurs heures avant la lumière visible qui était, elle, emprisonnée durant un certain temps par la matière en expansion, explique Teresa Montaruli. Les neutrinos peuvent donc être utilisés comme une alerte, indiquant aux astronomes qu'une supernova a éclaté. Cela leur laisse le temps de pointer leurs télescopes optiques dans la bonne direction pour observer le phénomène en direct.»*

L'avantage des neutrinos, leur furtivité, devient un désavantage quand il s'agit de les détecter. Pour les arrêter, il faut un détecteur gigantesque, contenant beaucoup de noyaux atomiques afin d'augmenter les probabilités de collision. D'où la taille démesurée d'IceCube. Le détecteur du pôle Sud est composé de 86 puits de forage de 2,5 km de profondeur creusés dans la glace et disposés sous forme d'hexagone. Dans chaque puits, un «collier» de 60 détecteurs, espacés de 17 m, a été introduit. Les travaux ont duré cinq ans et, depuis décembre 2010, les 5160 «modules optiques digitaux» remplissent un volume de 1 km<sup>3</sup>.

L'avantage des neutrinos, leur furtivité, devient un désavantage quand il s'agit de les détecter.

Teresa Montaruli s'est rendue une fois en Antarctique pour assister au forage des puits et à l'installation de détecteurs. Les conditions de travail sont souvent difficiles: même s'il fait beau 24 heures sur 24 durant la «belle saison», le thermomètre ne monte que rarement au-dessus de -15° C (-75° durant la nuit polaire) et le vent balaye sans cesse un plateau gelé situé à plus de 2800 m d'altitude.

### COMPORTEMENT EXCENTRIQUE

*«Il n'est pas rare qu'en raison du manque d'oxygène et des conditions météorologiques extrêmes, des chercheurs commencent à se comporter bizarrement, de manière un peu excentrique», note-t-elle. La saison s'arrête avec l'unique crépuscule annuel. Le 15 février, tout le monde doit avoir quitté la station, sauf l'équipe réduite qui hiverne. Au-delà de cette date, l'avion muni de skis qui fait la navette avec la côte ne peut plus voler à cause du froid. Ensuite, une nuit de six mois recouvre la Station Amundsen-Scott.*

La glace offre un médium intéressant pour la chasse aux neutrinos. Elle est transparente et, à cette profondeur, il fait très noir. Ce point est crucial car lorsqu'un neutrino cosmique rencontre un atome de glace, il produit en général une particule élémentaire spéciale, un muon. Ce dernier, une espèce de gros électron éphémère, possède d'emblée une très grande vitesse qui dépasse celle de la lumière dans la glace (pas dans le vide). Il émet alors une lumière bleue caractéristique (dite de Cherenkov) qui est détectée par les détecteurs d'IceCube.

*«L'autre avantage de la glace est qu'elle est très homogène, précise Teresa Montaruli. A cette profondeur, la pression a expulsé toutes les bulles d'air. Seulement, ce que nous n'avions pas prévu, c'est qu'il existe une mince couche de cendre qui traverse IceCube à peu près en son milieu. Il s'agit des retombées d'un volcan qui est entré en éruption il y a des dizaines de milliers d'années et qui perturbent la réponse d'un certain nombre de détecteurs.»*

Dirigés vers le centre de la Terre, les détecteurs d'IceCube s'intéressent avant tout aux neutrinos venus de l'espace lointain et ayant traversé sans encombre la planète. Ils étudieront également ceux qui sont produits dans l'atmosphère à la suite de chocs provoqués par des rayons cosmiques (formés de particules chargées comme des protons) de très haute énergie avec les atomes de l'air. Finalement, IceCube pourrait également apporter des éclairages sur la nature de la matière sombre ou encore sur l'habileté curieuse des neutrinos à «osciller», c'est-à-dire à changer spontanément d'identité en passant d'un type de neutrino à un autre. ■

# «Plus nous attendons, plus l'adaptation risque d'être conséquente»

Secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale, Michel Jarraud partageait avec Arnold Schwarzenegger l'affiche de la Grande conférence consacrée aux défis climatiques organisée par l'Université en mars dernier. Entretien

**Différents signaux semblent indiquer qu'en contexte de crise économique, le climat n'est plus une priorité. Ce thème est en effet quasiment absent des campagnes présidentielles américaines et françaises et, pour beaucoup d'observateurs, les derniers sommets internationaux (Copenhague, Cancun, Durban) se sont soldés par des échecs. Partagez-vous cette analyse?**

MICHEL JARRAUD: Le rôle de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) est de fournir aux décideurs les meilleures informations possibles sur l'évolution du climat, les émissions de gaz à effet de serre et les catastrophes naturelles, et non de se prononcer sur telle ou telle décision politique. Cela étant, je ne partage pas le point de vue de ceux qui considèrent les dernières Conférences des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique comme des fiascos.

## Pourquoi?

Nous souhaitons que les choses avancent le plus vite possible, en particulier au niveau de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Plus nous attendons, plus l'objectif fixé par la communauté internationale, à savoir maintenir le réchauffement global moyen à la surface sous 2 degrés par rapport à la situation de 1990, sera difficile à atteindre et plus le besoin d'adaptation risque d'être conséquent. A cet égard, le sommet de Durban, par exemple, a permis un certain nombre de progrès.

## Lesquels?

Le fait majeur est que les pays en voie de développement comme l'Inde ou la Chine, qui est aujourd'hui le plus gros émetteur de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, ont accepté d'ouvrir le dialogue. On ne résoudra pas ce type de questions sans l'implication de ces pays émergents. La dyna-

mique qui est en train de se mettre en place est donc incontestablement un signe positif. D'autre part, les récents sommets sur le climat ont également permis d'obtenir un accord de principe sur la création d'un «fonds vert» et sur ses mécanismes financiers.

## Quel est l'objectif de ce fonds?

Même si, par un coup de baguette magique, il était possible de stopper du jour au lendemain toute émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, nous serions quand même confrontés à un certain réchauffement causé par ceux qui s'y trouvent déjà. Quelle qu'en soit l'ampleur, nous devons donc dans tous les cas nous adapter. Le «fonds vert» vise à aider les pays en voie de développement à faire face aux changements qui interviendront inexorablement. L'objectif est très ambitieux

à effet de serre dans l'atmosphère. En 2011, l'une des neuf ou dix années les plus chaudes depuis 1850, nous avons en effet atteint des valeurs pour le CO<sub>2</sub>, le méthane et les oxydes nitreux, plus élevées que celles dont nous disposons pour les 700 000 à 800 000 dernières années. D'autre part, l'élévation du niveau de la mer est plus importante dans plusieurs endroits que la hausse de l'ordre de 20 à 60 cm que les experts du Groupe international d'experts sur le climat (GIEC) avaient anticipée, pourtant déjà catastrophique pour certaines régions du monde. Enfin, on constate une fonte accélérée de la banquise en Arctique et du permafrost. Ce dernier point préoccupe beaucoup la communauté scientifique dans la mesure où ce phénomène risque de se traduire par des relâchements de méthane susceptibles d'accélérer encore un peu plus le réchauffement.

«On ne résoudra pas ce type de problèmes sans l'implication des pays émergents»

puisqu'il s'agit d'alimenter ce fonds à hauteur de 100 milliards de dollars par an à partir de 2020, ce qui ne sera pas facile dans le contexte financier actuel.

**Les chiffres record enregistrés en 2011 laissent pourtant penser que la planète pourrait se réchauffer encore plus rapidement que les scientifiques ne l'avaient estimé jusqu'ici...**

Nous sommes aujourd'hui capables de mesurer de manière très fiable les concentrations de gaz

**L'OMM est l'une des deux organisations fondatrices du GIEC dont le prochain rapport est prévu pour 2014. Que peut-on en attendre?**

Il faut savoir que le GIEC ne conduit pas de recherches. Son rôle est de proposer une synthèse périodique (en l'occurrence tous les six ou sept ans) de l'état des connaissances sur les changements climatiques. Le rapport 2014 permettra de préciser les scénarios actuels grâce à des projections à des échelles beaucoup plus fines. Il est



évidemment utile de connaître l'augmentation moyenne de la température au niveau de la planète, mais ce n'est pas suffisant pour prendre des décisions. Les choses ne se passeront en effet pas de façon uniforme dans toutes les régions du monde. Les changements seront ainsi plus importants aux latitudes élevées que sur les tropiques, sur les terres que sur les océans.

#### **Cela impliquera-t-il une augmentation des catastrophes naturelles?**

La question du lien entre catastrophes naturelles et réchauffement est souvent posée. Mais on ne peut attribuer un phénomène particulier à une seule cause. On peut affirmer, en revanche, que les phénomènes extrêmes vont devenir plus fréquents à cause du réchauffement climatique. Une canicule telle que celle que nous avons connue en 2003, par exemple, n'aura sans doute plus rien d'exceptionnel à la fin du siècle. Par ailleurs, tout indique que le risque de sécheresse dans l'ensemble du bassin méditerranéen, par exemple, ira en grandissant.

**A ce propos, les données fournies par l'OMM permettent de prévoir ce type d'événements avec plusieurs années d'avance. Comment expliquer dès lors que la sécheresse tue encore autant, en particulier en Afrique?**

La sécheresse particulièrement critique qui a sévi l'an dernier dans la Corne de l'Afrique a été relativement bien prévue du point de vue météorologique. La difficulté réside dans le fait que les informations fournies actuellement ne sont pas facilement utilisables pour la prise de décision. Il s'agit en effet de prévisions complexes exprimées sous forme de probabilités. Or, tous les acteurs concernés ne sont pas à même de s'appuyer sur ce type d'information pour faire des choix qui peuvent avoir un impact sur des décennies. D'où la nécessité de développer un «cadre mondial pour les services climatologiques».

#### **De quoi s'agit-il?**

L'idée s'est concrétisée lors de la 3<sup>e</sup> Conférence mondiale sur le climat qui s'est tenue à Genève en 2009. Elle consiste essentiellement à développer pour les services climatologiques ce que l'on a fait depuis cinquante ans pour la météorologie. En d'autres termes, l'objectif est de mettre à la disposition des décideurs des informations qui permettent la prise de décision dans un contexte d'incertitude. C'est d'autant plus important que nous avons affaire à des problèmes qui sont de plus en plus interconnectés. Prenez l'exemple de ce qui s'est passé à Fukushima: au départ, un tremblement de terre qui déclenche un tsunami engendrant une catastrophe nucléaire avec émissions de

particules radioactives dans l'atmosphère et l'océan. C'est typiquement le genre de cas dont la prévention appelle des réponses multidisciplinaires et un accès de tous à l'information.

**Créé et présidé par Arnold Schwarzenegger, le R2o a pour objectif de mettre en place un réseau régional en vue de mener des actions concrètes en faveur du développement durable. Quel regard portez-vous sur cette initiative?**

Pour échanger des données essentiellement à des fins de prévision, un système intergouvernemental comme celui coordonné par l'OMM est sans doute le plus efficace: il fonctionne bien car tous les pays ont besoin les uns des autres. Pour ne prendre qu'un exemple, les Etats-Unis ne peuvent se passer des observations effectuées en Afrique pour prévoir les ouragans qui touchent chaque année les Caraïbes. Par contre, des décisions à tous niveaux auront un impact sur le climat et elles ne peuvent être toutes prises au niveau des gouvernements nationaux. Les choix faits par les municipalités ou les régions, à proximité et avec l'engagement des citoyens, sont essentiels. De ce point de vue, on ne peut donc que se réjouir de la création d'une organisation comme celle du R2o. ■

Propos recueillis par Vincent Monnet

# Télémédecine en zones troubles

**Le réseau RAFT de formation médicale et de consultation à distance s'est implanté dans toute l'Afrique de l'Ouest. Il continue à fonctionner parfaitement malgré les régions de non-droit qui apparaissent au nord du Sahel**

«Nous avons hésité un moment avant d'y aller», admet Antoine Geissbühler. Le professeur au Département de radiologie et informatique de la Faculté de médecine s'est rendu en décembre dernier à Djenné, une petite ville située dans le Delta intérieur du fleuve Niger, au Mali. Le but du voyage: visiter l'hôpital de cette localité qui fait partie du RAFT, le Réseau en Afrique francophone pour la télé-médecine, dirigé depuis 2000 par le chercheur genevois. Le problème, c'est que Djenné se trouve dangereusement près d'une limite très mouvante au nord de laquelle on entre dans une zone de non-droit.

Le nord du Mali est en effet devenu une destination risquée pour les étrangers. Il est notamment traversé par l'une des routes les plus importantes du trafic de cocaïne à travers l'Afrique de l'Ouest en direction de l'Europe. Mais ce n'est pas tout. En plus de la rébellion touareg, un conflit larvé qui dure depuis des décennies, cette région abrite des groupes actifs appartenant à l'organisation Al-Qaida au Maghreb islamique (AQMI). Depuis plusieurs mois, on y retrouve aussi des milices anciennement aux ordres de l'ex-dictateur Mouammar Kadhafi ayant fui la Libye depuis la chute de celui-ci. Les enlèvements d'étrangers, précieuse source de financement pour ces diverses factions, sont devenus monnaie courante. Un otage occidental est estimé à environ un million de francs.

## PROIES FACILES

«Histoire d'éviter de passer pour des proies trop faciles, nous nous sommes d'abord assurés, ma collègue canadienne et moi-même, que nous ne risquions rien avant de nous lancer dans ce voyage, poursuit Antoine Geissbühler. Les responsables

de l'hôpital et la gendarmerie nous ont donné le feu vert. Et nous sommes partis après avoir averti les autorités maliennes et helvétiques de notre présence sur place.»

Les médecins ont donc pris la route – goudronnée – pour un rapide aller-retour. Le trajet durant tout de même sept heures depuis la capitale Bamako, ils ont été obligés de passer la nuit sur place, ce qu'ils auraient préféré éviter. Ce petit délai leur a néanmoins laissé le temps de remarquer que Djenné, une ville d'environ 35 000 habitants en temps normal, avait été désertée par une grande partie de sa population. Un coup dur pour une cité inscrite en 1988 sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco et qui vit essentiellement du

tourisme. Même les expatriés français venus sur mandat de leur gouvernement s'en sont allés sur ordre de leurs autorités.

«Nous avons l'impression de ne plus être à notre place, se souvient Antoine Geissbühler. Nous étions les seuls Blancs dans la ville. Il n'y avait plus aucun touriste. Sur l'esplanade de la magnifique Grande mosquée en terre crue, habituellement bondée, nous n'avons rencontré qu'un seul enfant attendant des visiteurs pour vendre de la pacotille.»

La télé-médecine, elle, ne s'est pas arrêtée et l'hôpital de Djenné continue à être un des centres les plus actifs du RAFT. «La vie conti-

nue et la médecine ne peut pas attendre que la paix revienne, souligne Antoine Geissbühler. Notre rôle a consisté à mettre en place et à coordonner le réseau. Pour le reste, ce sont les équipes locales qui effectuent le travail. Elles ne sont ni visées ni touchées par les rebelles et savent exactement ce qu'elles peuvent faire. Heureusement, car, en tant que chercheurs, nous ne sommes pas du tout équipés pour faire face à des situations de crise.»

Le médecin genevois continue d'ailleurs à communiquer régulièrement avec des hôpitaux situés dans des régions troubles, au Niger, au Tchad et au Pays Dogon. Le réseau a aussi réinvesti la Côte d'Ivoire, après deux ans d'absence en raison des troubles, et ses activités reprennent également au Tchad.

«Nous avons l'impression de ne plus être à notre place. Nous étions les seuls Blancs dans la ville»

Aujourd'hui, le RAFT, financé par l'Etat de Genève et des fondations privées, s'est déployé dans plus d'une vingtaine de pays africains, francophones et anglophones, de la Mauritanie à Madagascar en passant par le Ghana et le Congo. Un développement récent a même vu le jour l'année passée en Bolivie (lire ci-contre). Au total, plus de 60 centres de soins sont régulièrement branchés sur le réseau.

L'objectif du RAFT est de rompre l'isolement et la précarité des centres de soins éparpillés dans la brousse. En Afrique, les professionnels de la santé manquent, surtout dans les régions





Traversée du fleuve Bani, en route pour Djenné.

rurales. Là-bas, loin de tout, ils n'ont accès ni à la formation continue ni à l'aide des experts, tous deux concentrés dans les grandes villes. Si un médecin se déplace pour consulter un collègue ou participer à un cours, son établissement est souvent laissé sans remplaçant. A cela s'ajoute le fait que ces hôpitaux de campagne, faute de matériel et de compétences, doivent souvent envoyer des patients vers les grands centres du pays pour les faire examiner et soigner. Un voyage potentiellement dangereux pour le malade et généralement hors de prix pour sa famille.

#### FAIBLE BANDE PASSANTE

Pour tenter de résoudre ces problèmes endémiques, le RAFT offre aux médecins de brousse à la fois une formation continue et des consultations à distance. Grâce aux développements informatiques réalisés à l'Université de Genève, notamment par Jean-Marc Naef, de la Division informatique, des logiciels (gratuits) permettent d'assurer la communication entre hôpitaux même dans des conditions difficiles, par exemple en utilisant une bande passante très faible. Un ordinateur portable, une caméra et une connexion Internet (via satellite ou réseau téléphone) suffisent pour être auditeur ou orateur d'un des trois ou quatre cours donnés par semaine. Bien que le planning soit organisé depuis Genève, les trois quarts des séminaires sont produits par des équipes



ou des médecins africains. Plus qu'un transfert de connaissances Nord-Sud, le réseau est devenu une véritable plateforme d'échange Sud-Sud.

Depuis quelques années, certains centres, dont celui de Djenné, ont même été équipés d'échographes et d'électrocardiographes, des appareils peu encom-

brants. Le RAFT permet au médecin local, qui a reçu au préalable une formation accélérée de deux semaines, d'envoyer immédiatement les images obtenues à des experts, installés dans la capitale de son pays ou en Suisse, pour obtenir une confirmation ou une correction de son diagnostic.

Toute la question pour Antoine Geissbühler est maintenant de savoir si l'introduction de ces appareils a un réel impact sur la qualité des soins en brousse et sur la satisfaction des professionnels. La réponse est difficile à apporter puisqu'il faudrait pour cela être en mesure de comparer les hôpitaux entre eux. Or, ces derniers sont peu versés dans l'archivage et il manque souvent des données écrites. La visite d'Antoine Geissbühler à Djenné s'inscrit d'ailleurs dans un projet conjoint entre le Mali, la Suisse et le Canada visant à mener à bien cette évaluation indispensable à la poursuite et au développement des activités du RAFT à plus grande échelle. ■

Anton Vos  
<http://raft.hcuge.ch/>

## Cinq centres dans l'Altiplano

Après la brousse africaine, le RAFT se tourne vers les hauts plateaux andins. Le Réseau en Afrique francophone pour la télémédecine, dirigé par Antoine Geissbühler, professeur au Département de radiologie et informatique de la Faculté de médecine, a en effet traversé l'Atlantique en 2011. Cinq nouveaux centres de soins, dont quatre perdus dans l'immensité de l'Altiplano bolivien, ont ainsi été équipés. En 2012, il est prévu que le réseau s'étende à d'autres villages, dont trois autour du gigantesque lac salé d'Uyuni.

La procédure est rodée: une connexion Internet, la configuration d'un ou de plusieurs ordinateurs avec des logiciels permettant de transmettre des images et des vidéos avec une bande passante très faible, l'installation d'un échographe et d'un électrocardiographe et, bien sûr, une formation à des personnes clés.

Résultat: les cinq hôpitaux peuvent compter sur l'avis des experts résidant dans la capitale pour interpréter les images obtenues avec des appareils dont ils étaient dépourvus jusqu'ici. «C'est une entreprise de montres de luxe qui a financé le projet, explique Antoine Geissbühler. Un médecin bolivien qui a fait partie de mon équipe s'est chargé de le réaliser avec l'aide d'un ancien étudiant de l'Université de Genève, qui est aussi Bolivien et qui possède aujourd'hui une petite entreprise d'informatique à Cochabamba.»

L'accueil par les populations locales a été chaleureux. Il est même arrivé que les appareils soient baptisés avec un peu de sucre, des feuilles de coca et de la bière. Une autre fois, toutes les femmes enceintes du village sont venues spontanément se faire échographier grâce au nouvel instrument. A.Vs

# Burlamaqui, L'autre Jean-Jacques

Cet autre «citoyen de Genève» a largement contribué à la diffusion des théories du droit naturel durant le «siècle des Lumières» et par là même au développement des droits de l'homme. Contrairement à Rousseau, il est cependant aujourd'hui inconnu du plus grand nombre

Tous deux sont nés à Genève dans les premières décennies du «siècle des Lumières». Tous deux se prénomment Jean-Jacques et tous deux ont écrit sur le contrat social, les inégalités et le droit des individus. Entre Rousseau et Burlamaqui, la comparaison s'arrête cependant là. Figure quasi romanesque ayant traversé son époque dans une marginalité assumée (lire *Campus* 106), le premier est en effet célébré comme un génie universel en cette année de tricentenaire. Le second, quant à lui, est tombé dans un oubli presque total. Hormis une thèse soutenue à l'Université en 1944 et un ouvrage en langue anglaise datant de 1937, il faut, pour retrouver la trace de Burlamaqui, emprunter

En un sens, cette amnésie historique n'a rien d'étonnant. Burlamaqui n'est en effet pas un pionnier et encore moins un auteur révolutionnaire. Elle paraît cependant un peu injuste au regard de la contribution non négligeable de cet autre Jean-Jacques à l'histoire des idées et plus précisément à la diffusion des théories de l'école du droit naturel. Celle-ci désigne un courant d'idées, porté à partir du milieu du XVII<sup>e</sup> siècle par des juristes comme le Hollandais Hugo Grotius ou l'Allemand Samuel von Pufendorf, selon lequel le fondement du droit a un caractère philosophique reposant sur les caractéristiques propres de l'être humain et non pas sur la religion ou l'hérédité. Thèse qu'adop-

*dominicain Bartolomé de Las Casas qui postule à l'universalité des droits humains en dénonçant les exactions que subissent les Indigènes de la part des colons espagnols. A partir de ce moment, un certain nombre de penseurs, dont fait partie Burlamaqui, vont s'efforcer de définir ces droits naturels, que l'on peut ranger en quatre grandes catégories: le droit à la liberté, le droit de ne pas tomber en esclavage, le droit de la propriété, le droit à la vie. Ils vont également affirmer leur universalité et leur primauté sur les droits politiques ou les lois qui régissent la cité. En ce sens, le développement de cette nouvelle éthique juridique marque une étape essentielle dans le long processus de développement des droits de l'homme.»*

Issu d'une famille de notables toscans arrivée à Genève au lendemain de la Réforme, Jean-Jacques Burlamaqui voit le jour le 13 juillet 1694. Aîné d'une fratrie de six enfants, le «petit garçon sage et réservé» que décrit Bernard Gagnébin dans sa thèse impressionne ses camarades et ses professeurs de collège par son application et son ardeur au travail. A 15 ans, c'est donc tout naturellement qu'il fait son entrée à l'Académie pour y étudier la philosophie.

Très vite cependant il se découvre un intérêt prononcé pour l'étude de la jurisprudence. Après un cursus qui se limite encore à deux ans et qui porte essentiellement sur l'enseignement du droit romain et du droit civil, Burlamaqui accède au titre d'avocat en 1716. Son ambition n'a cependant jamais été de devenir un ténor du barreau. Plus que les joutes oratoires, ce qui le passionne dans cette discipline, c'est avant tout la théorie et l'étude de la doctrine juridique de son temps, qui connaît de profonds bouleversements.

Récemment traduits en français par Jean Barbeyrac, qui enseigna à Lausanne avant de rejoindre l'Université de Groningue, les textes fondateurs de l'école du droit naturel, signés par Grotius et Pufendorf, suscitent à l'époque

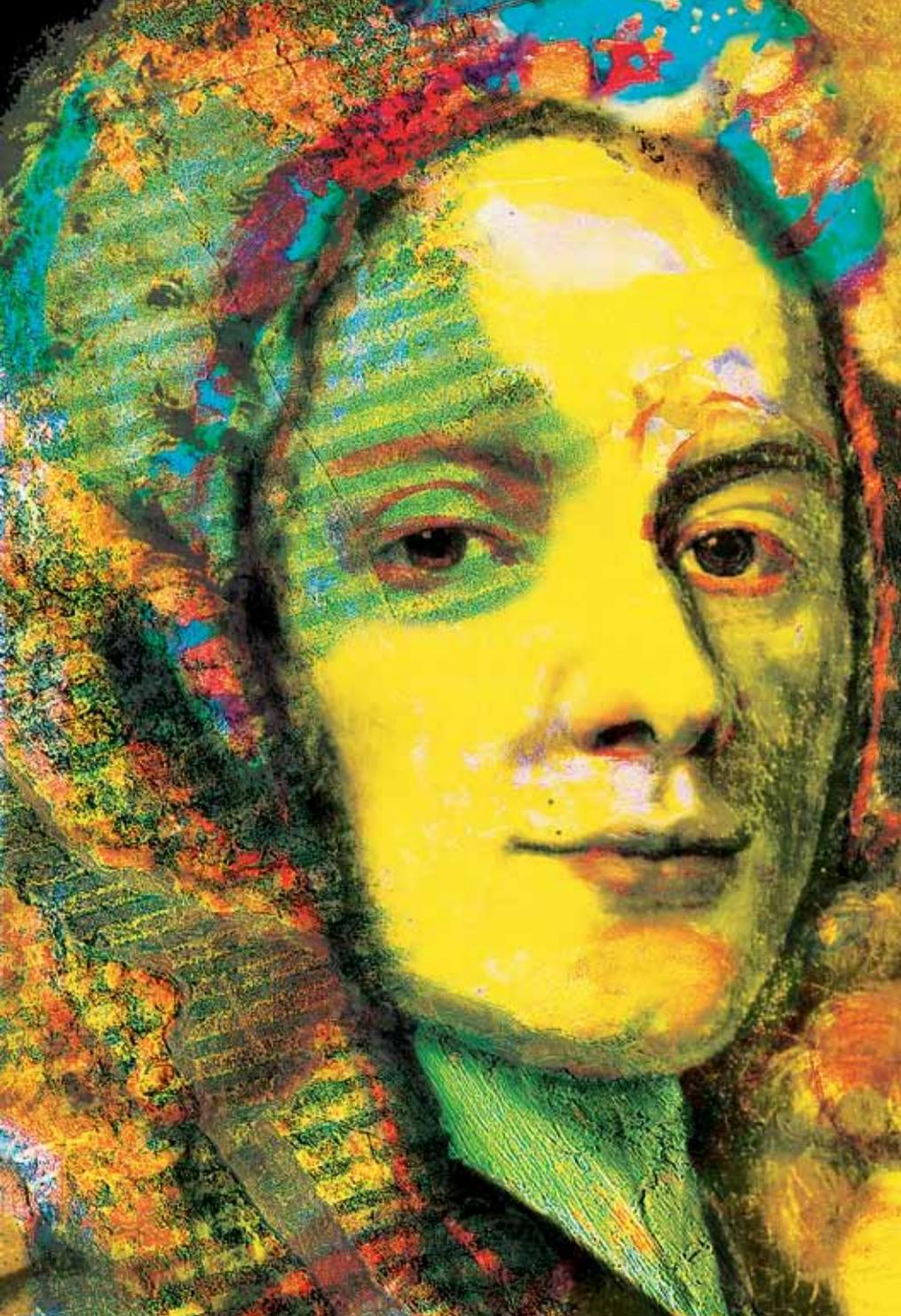
Son objectif: rechercher les règles prescrites par la raison pour conduire les hommes au bonheur

un petit passage adjacent au Musée d'art et d'histoire qui a été baptisé en son nom – orthographié curieusement à l'italienne (Burlamachi) – au début des années 1930. Et encore, cet hommage posthume ne visait pas à saluer son œuvre de juriste, mais son rôle prépondérant dans la création, en 1751, de la première Ecole des beaux-arts de Genève. Ce grand amateur d'art possédait en effet une riche collection de tableaux et d'estampes comprenant notamment un autoportrait de Rembrandt, des œuvres de Carrache et de van Dyck, ainsi qu'un portrait de Grotius aujourd'hui conservé à la Bibliothèque de Genève, et il avait à cœur de permettre à ses concitoyens d'acquérir une formation de base dans ce domaine.

teront aussi bien Rousseau que les pères fondateurs de la démocratie américaine ou encore les rédacteurs de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789.

## DROITS INALIÉNABLES

«L'idée qu'en naissant, chaque individu, quels que soient son statut social ou ses origines, dispose d'un certain nombre de droits inaliénables n'est pas née au XVII<sup>e</sup> siècle, explique Michel Porret, professeur au Département d'histoire. Elle est déjà exprimée par Aristote puis on la retrouve dans certains aspects du droit romain ainsi que chez Saint-Augustin. Cependant, elle prend une nouvelle dimension après la Réforme et la découverte de ce qu'on appelle alors les Indes, avec le prêtre



Traduits dans une dizaine de pays, les ouvrages de Jean-Jacques Burlamaqui ont servi de manuels dans les Universités de Cambridge, Harvard, Princeton et Columbia.

un intérêt croissant en Angleterre, aux Pays-Bas et en Allemagne.

Séduit par cette vision du droit, qui s'efforce d'appliquer au domaine juridique les règles qui ont permis le renouveau des sciences naturelles, Burlamaqui en adopte les principes et la méthode. Son objectif déclaré: «*Rechercher quelles sont les règles que la seule raison prescrit aux hommes, pour les conduire sûrement au but qu'ils doivent se proposer, et qu'ils se proposent tous en effet, je veux dire un véritable et solide bonheur.*»

C'est avec cette idée en tête qu'il commence à donner des leçons privées aux fils de bonnes familles genevoises ainsi qu'à de nombreux jeunes issus de la noblesse étrangère soucieux

de recevoir une éducation juridique. Le succès qu'il rencontre – nombre de ses élèves louant la précision de son style et la clarté de ses idées – l'amène à envisager une carrière académique. En 1720, il sollicite et obtient du Conseil de Genève la charge de professeur honoraire sans aucuns appointements. Il a alors 26 ans et décide d'entamer un tour d'Europe pour parfaire ses connaissances.

Après avoir séjourné en France, en Belgique, en Angleterre et aux Pays-Bas (où il se lie avec Barbeyrac), il est de retour à l'Académie de Genève en 1723. Il y restera jusqu'en 1740, malgré quelques interruptions dues à une santé fragile (il est atteint de phtisie, une forme de tubercu-

lose, depuis plusieurs années déjà), ainsi qu'à un séjour à la cour du landgrave de Hesse-Cassel destiné à l'éducation du jeune prince Frédéric. Ces deux décennies passées en chaire lui permettent, d'une part, de moderniser l'enseignement du droit à Genève, qui passe de deux à quatre ans et qui couvre désormais un champ beaucoup plus large et, d'autre part, de rassembler la matière qui alimentera ses deux ouvrages principaux: *Principes du droit naturel*, qui paraît en 1747, et *Principes du droit politique*, qui est publié à titre posthume en 1751.

#### REMARQUABLE SYNTHÈSE

A défaut d'apporter des innovations majeures, ces deux ouvrages synthétisent remarquablement les théories du droit naturel, ce qui va leur valoir un succès débordant très largement des frontières de la «Rome protestante».

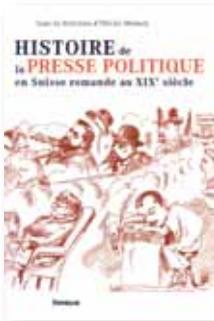
En un siècle, les textes de Burlamaqui seront ainsi traduits en sept langues et connaîtront pas moins de 64 éditions publiées dans dix pays différents. Selon plusieurs auteurs, les *Principes du droit naturel* servent de manuels à Cambridge, à Harvard, à Princeton ou à Columbia. Cité par Rousseau dans son célèbre *Discours sur l'inégalité parmi les hommes*, Burlamaqui aurait également exercé une influence notable sur les rédacteurs de la Déclaration d'indépendance américaine. Il n'en saura toutefois rien. Miné par la tuberculose, il s'éteint le 3 avril 1748, quelques mois avant la publication à Genève de la première édition de *L'Esprit des lois* de Montesquieu et une quinzaine d'années à peine avant celle du *Contrat social*. ■

Vincent Monnet

«*Burlamaqui et le droit naturel*», par Bernard Gagnebin, Editions de la frégate, 1944

«*J.J. Burlamaqui, a Liberal Tradition in English Constitutionalism*», Chapel Hill, University of the North Carolina Press, 1937

## Chronique de la presse romande



Comme en témoigne l'impact considérable du *J'accuse* d'Emile Zola, publié en 1898 dans *L'Aurore*, la presse écrite a joué, tout au long du XIX<sup>e</sup> siècle, un rôle fondamental dans le développement des démocraties occidentales. En Suisse romande, l'histoire de cet âge d'or restait cependant à écrire. C'est chose faite avec cet ouvrage collectif réalisé sous la direction d'Olivier Meuwly, chargé de cours dans le cadre du master en sciences de la communication et des médias dispensé par la Faculté des sciences économiques et sociales. Au travers de six contributions détaillant le cas des cantons de Vaud, de Genève, de Fribourg, de Neuchâtel, du Valais et du Jura, ce voyage dans le temps remonte aux sources de la société de l'information que nous connaissons aujourd'hui. Comme le montrent les auteurs,

dans des sociétés qui ne connaissent pas encore les partis politiques, les «feuilles d'information» et autres publications périodiques – dont le nombre explose entre 1798 et le début du XX<sup>e</sup> siècle grâce aux progrès de l'imprimerie, à la révolution des transports et à l'alphabétisation – ont en effet une double fonction. Miroir des évolutions sociales, ils se veulent également des acteurs du changement. Protégées par la liberté de la presse, qui est consacrée au niveau fédéral par la Constitution de 1848, les gazettes constituent ainsi un espace d'expression privilégié pour les très nombreuses associations à vocation politique que compte alors le pays. Elles permettent également aux parlementaires de disposer d'un étendard commun à partir duquel chacun à tout loisir d'affûter ses arguments et d'attaquer ceux du camp adverse. Comme le souligne la préface d'Olivier Meuwly, ces débats souvent acharnés vont progressivement «donner corps à une opinion publique enfin capable de contenir l'arbitraire du pouvoir», tout en organisant durablement les frontières du champ politique. **VM**

«HISTOIRE DE LA PRESSE POLITIQUE EN SUISSE ROMANDE AU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE», PAR OLIVIER MEUWLY (DIR.), INFOLIO, 375 P.

## Haïti se donne un avenir



Il a suffi d'une minute pour mettre la «perle des Antilles» sur les genoux. Le 12 janvier 2010, un séisme d'une magnitude dépassant 7 sur l'échelle de Richter rase une bonne partie de Port-au-Prince ainsi que plusieurs villes voisines, causant la mort de plus de 230 000 personnes et en blessant près de 300 000 autres. Au lendemain de la catastrophe, Haïti compte également plus d'un million de sans-abri. Gestion politique, économique et sociale désastreuse, enchaînement de catastrophes naturelles: de nombreux commentateurs évoquent alors un pays «maudit». Et si le séisme était au contraire le moyen de redistribuer les cartes et de donner à Haïti la possibilité de reprendre en main son destin? C'est l'idée développée dans cet ouvrage réalisé sous la direction de Jean-Daniel Rainhorn, ancien

professeur en santé internationale et en action humanitaire à l'Institut de hautes études internationales et du développement (IHEID) et ancien directeur du Centre de recherche en action humanitaire (Cerah). L'ouvrage réunit une trentaine de contributeurs issus aussi bien de la société civile et de la diaspora haïtienne que du monde de la solidarité internationale, des médias ou de l'université. Les propos croisés visent à démontrer que, malgré son très lourd bilan humain, le séisme de janvier 2010 constitue une opportunité sans doute unique de réinventer le pays. Non sans avoir mis en évidence les faiblesses de la société haïtienne, l'attitude souvent ambivalente de la diaspora et les enjeux pas toujours désintéressés de l'aide humanitaire, les auteurs listent ainsi les priorités à poursuivre en vue de permettre l'émergence d'une société plus libre, plus juste et plus égalitaire. Ils proposent également quelques pistes de réflexion destinées à faire enfin entrer Haïti de plain-pied dans le XXI<sup>e</sup> siècle. **VM**

«HAÏTI, RÉINVENTER L'AVENIR», PAR JEAN-DANIEL RAINHORN (DIR.), ÉDITIONS DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME/ÉDITIONS DE L'UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI, 351 P.

## La violence, une question de santé publique

Selon l'Organisation mondiale de la santé, la violence tue chaque année plus de 1,6 million de personnes.

Ce phénomène, qui a crû de façon brutale tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, a fait l'objet de nombreuses études depuis quelques décennies. Il a cependant encore rarement été envisagé sous l'angle de la santé publique. C'est précisément l'objectif de cet ouvrage, qui se



veut une réponse au premier rapport mondial sur la violence et la santé publié en 2002 par l'OMS, dans lequel l'institution appelait à davantage de recherches dans ce domaine. Sous l'égide d'Emmanuel

Kabengele Mpinga et de Philippe Chastonay, tous deux professeurs au sein de l'Institut de médecine sociale et préventive de la Faculté de médecine, une trentaine d'auteurs issus des milieux académiques, des agences de coopération internationales, des médias, du monde associatif ou du droit, tentent donc d'éclairer cette problématique complexe. Enrichi par de nombreux exemples concrets – qui emmènent le lecteur du Pérou au Katanga, en passant par l'ex-Yougoslavie, le Tchad ou l'Afrique du Sud – auxquels font écho des interventions plus théoriques, cet exercice critique vise tout autant à remettre en cause un certain nombre de vérités établies qu'à formuler des propositions innovantes. **VM**

«VIOLENCES POLITIQUES ET SANTÉ: CAUSES, ENJEUX, CONSÉQUENCES ET DÉFIS», PAR EMMANUEL KABENGELE MPINGA ET PHILIPPE CHASTONAY (DIR.), ÉDITIONS MÉDECINE & HYGIÈNE, 375 P.

## LE PRIX «FRONTIERS OF KNOWLEDGE» POUR MICHEL MAYOR ET DIDIER QUELOZ

Professeurs au Département d'astronomie, Michel Mayor et Didier Queloz ont reçu en janvier dernier le Prix *Frontiers of Knowledge* dans la catégorie des sciences fondamentales, décerné par la Fondation BBVA. Le prix *Frontiers of Knowledge* est remis, chaque année depuis 2008, aux auteurs de contributions scientifiques remarquables repoussant les limites du savoir. Le jury a primé les deux scientifiques de Genève pour le développement d'instruments astronomiques novateurs et de techniques expérimentales qui ont permis d'observer la première exoplanète en 1995 et ouvert la voie à l'identification de plus de 500 planètes à ce jour. Michel Mayor et Didier Queloz ont développé une technique dite des vitesses radiales qui permet de mettre en évidence les infimes mouvements d'un soleil induits par l'influence gravitationnelle d'une planète en orbite autour de celui-ci. Les deux astronomes ont également contribué au développement du spectromètre HARPS, qualifié de «machine à découvrir les planètes la plus performante au monde» par le jury.

## INAUGURATION DE L'INSTITUT DE GÉNÉTIQUE ET DE GÉNOMIQUE

L'Université a inauguré en février dernier son Institut de génétique et de génomique (iGE3). Ce nouvel institut, qui réunit une cinquantaine de groupes de recherche, vise à renforcer la position de Genève en tant que pôle d'excellence dans le domaine des sciences de la vie. Il permettra notamment de maintenir la dynamique créée par le Pôle de recherche national (PRN) Frontiers in Genetics dont les activités cesseront en 2013, après douze ans d'existence.

## ERASMUS S'OUVRE AU PERSONNEL ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE

Grâce à un financement octroyé par la Commission européenne en vue de développer l'employabilité et les compétences de chacun, les échanges de type Erasmus sont désormais également ouverts aux membres du personnel administratif et technique des universités. Ces échanges de courte durée (une à six semaines) sont destinés, d'une part, à l'acquisition de savoir-faire à partir des expériences menées dans l'établissement d'accueil et, d'autre part,

à développer la coopération entre les établissements d'enseignement supérieur ou les entreprises. Toute demande d'échange doit être motivée par un plan de formation mentionnant le ou les objectifs du séjour, les résultats attendus en termes de formation et un calendrier. La subvention couvre les frais de séjour et les coûts du voyage. Le pays d'accueil doit se situer en Europe (Pour plus d'informations: [Olivier.Vincent@unige.ch](mailto:Olivier.Vincent@unige.ch), <http://bit.ly/y8nQia>).

## UNE CHAIRE UNESCO POUR LA PROTECTION DES BIENS CULTURELS

Dès la prochaine rentrée, la Faculté de droit accueillera une chaire Unesco en droit international de la protection des biens culturels. Attribuée au professeur Marc-André Renold, elle permettra d'offrir une formation aux étudiants en droit et en lettres et d'encourager la recherche dans ce domaine aux enjeux multiples.

## VALENTINA CALZOLARI HONORÉE PAR L'ARMÉNIE

Titulaire de l'unique chaire d'études arméniennes suisse, la professeure Valentina Calzolari s'est vu remettre en janvier dernier un «diplôme d'honneur» de la part du Ministère de l'éducation et de la science de la République d'Arménie, à titre de reconnaissance pour ses activités dans le domaine de l'arménologie.

## Impressum

### CAMPUS

Université de Genève  
Presse Information Publications  
Rue Général-Dufour 24 – 1211 Genève 4  
[campus@unige.ch](mailto:campus@unige.ch)  
[www.unige.ch/campus/](http://www.unige.ch/campus/)

### SECRÉTARIAT, 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  
[www.lepetitcorrecteur.com](http://www.lepetitcorrecteur.com)

### DIRECTION ARTISTIQUE ET GRAPHISME

adb Atelier Dominique Broillet  
Chatty Ecoffey

### PHOTOGRAPHE

Olivier Vogelsang

### 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](mailto:printmedia@go-uni.com)

Campus est membre du Swiss Science Pool – [www.swiss-science-pool.com](http://www.swiss-science-pool.com)

### ARCHIVE OUVERTE

Une partie des articles scientifiques, ouvrages ou thèses cités dans ce magazine peuvent être consultés sur le site: <http://archive-ouverte.unige.ch>

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

## Sciences

**Abdelalim Aly, Ahmed Aly**  
Search for excited electron production using Di-electron + photon signature and search for new heavy neutral gauge boson using Di-electron signature with ATLAS at  $V_s=TeV$   
Th UNIGE 2011 Sc. 4373  
Direction: Blondel, Alain  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18106](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18106)

**Alfano, Fabrizio**  
Morphology and microtextures of tephra particles  
Th UNIGE 2011 Sc. 4374  
Direction: Bonadonna, Costanza  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18489](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18489)

**Andrey, Diego Olivier**  
Molecular regulation of *tst* superantigen expression by

global regulatory systems in *Staphylococcus aureus*  
Th UNIGE 2011 Sc. Méd. 2  
Direction: Kelley, William; Lew, Daniel Pablo  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18175](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18175)

**Arab, Mona**  
Population pharmacokinetics and pharmacogenetics of antiretroviral drugs  
Th UNIGE 2012, Sc. 4400  
Direction: Csajka, Chantal  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18457](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18457)

**Badoud, Flavia**  
Application de la chromatographie liquide à ultra-haute pression couplée à un spectromètre de masse quadrupôle à temps de vol pour l'analyse antidopage  
Th UNIGE 2011 Sc. 4376  
Direction: Veuthey, Jean-Luc;

Saugy, Martial  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18104](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18104)

**Beblon, Nicolas**  
Effets bénéfiques de l'oxytocine sur la prise alimentaire et le métabolisme des lipides chez le rongeur normal et dans un modèle d'obésité induite par la diète  
Th UNIGE 2011 Sc. 4382  
Direction: Martinou, Jean-Claude; Rohner-Jeanrenaud, Françoise  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18109](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18109)

**Covain, Raphaël**  
Phylogeny and evolution of a highly diversified catfish subfamily: the Loricariinae (Siluriformes, Loricariidae)  
Th UNIGE 2011 Sc. 4359  
Direction: Duboule, Denis; Fisch-Muller, Sonia; Dray, Stéphane

[archive-ouverte.unige.ch/unige:17631](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17631)

**Depis, Fabien**  
Long term amelioration of established collagen-induced arthritis achieved with short term therapy combining anti-CD3 and anti-TNF treatments  
Th UNIGE 2012, Sc. 4401  
Direction: Reith, Walter; Rodriguez, Ivan; Dean, Yann  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18573](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18573)

**Falcone, Jean-Luc**  
Understanding signal sequences with machine learning  
Th UNIGE 2008, Sc. 4073  
Direction: Belin, Dominique; Chopard, Bastien  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18221](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18221)

**Hongler, Clement**  
Conformal invariance of Ising model correlations  
Th UNIGE 2010 Sc. 4228  
Direction: Smirnov, Stanislav  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18163](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18163)

**Ineichen, Pierre**  
Quatre années de mesures d'enseillement à Genève  
Th UNIGE 1983, Sc. 2089  
Direction: Guisan, Olivier  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:17467](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17467)

**Izyurov, Konstantin**  
Holomorphic spinor observables and interfaces in the critical Ising model  
Th UNIGE 2011 Sc. 4394  
Direction: Smirnov, Stanislav  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18424](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18424)

**Limenitakis, Julien**  
Role of branched-chain amino acid degradation and methylcitrate cycle pathways in carbon acquisition by *Toxoplasma gondii*  
Th UNIGE 2011 Sc. 4363  
Direction: Soldati-Favre, Dominique; Goldschmidt-Clermont, Michel P.  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:17851](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17851)

**Martinez, Yannick**  
Neural differentiation of embryonic stem cells: clonal properties and sensitivity to cytomegalovirus infection

Th UNIGE 2011 Sc. 4389  
Direction: Martinou, Jean-Claude; Krause, Karl-Heinz; Kaiser, Laurent  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18063](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18063)

**Muller, Yannick**  
Potential of T regulatory cells to protect pancreatic islets grafts  
Th UNIGE 2011 Sc. Méd. 4  
Direction: Seebach, Jorg Dieter  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18331](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18331)

**Nusbaumer, Louis Paul Gustave Alvin**  
Species distribution patterns in steep environmental gradients: downscaling of a biogeographical framework (Loky-Manambato Region, Madagascar)  
Th UNIGE 2011 Sc. 4370  
Direction: Spichiger, Rodolphe-Edouard; Gautier, Laurent Vincent  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:17744](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:17744)

**Perreard Lopreno, Geneviève**  
Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité  
Th UNIGE 2007, Sc. 3845  
Direction: Gallay, Alain; Besse, Marie  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18785](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18785)

**Pulimeno, Pamela**  
Molecular interactions and junctional recruitment of paracingulin: identification and characterization of a new adherens junction protein, PLEKHA7  
Th UNIGE 2011 Sc. 4364  
Direction: Gonzalez Gaitan, Marcos; Citi, Sandra  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18035](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18035)

**Rosset, Véronique**  
Biodiversité des mares et étangs: impact du réchauffement climatique et de l'eutrophisation  
Th UNIGE 2011 Sc. 4396  
Direction: Oertli, Beat; Lehmann, Anthony  
[archive-ouverte.unige.ch/unige:18793](http://archive-ouverte.unige.ch/unige:18793)

**Sgroi, Antonino**  
Hepatocyte transplantation and cytokine therapy, future

## Publicité

**John Rutter**  
*Magnificat*

**Francis Poulenc**  
*Gloria*

Chœur de l'Université  
et Nouvel Orchestre de Genève

soprano  
**Charlotte Müller-Perrier**  
sous la direction de  
**Sébastien Brugière**

Billetterie  
0800 418 418  
Renseignement  
[a-c.ch/choeur](http://a-c.ch/choeur)

Victoria Hall, Genève  
mardi 15 mai 2012 à 20h

AVEC LE SOUTIEN DE LA VILLE DE GENÈVE

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

treatments for acute liver failure

Th UNIGE 2011 Sc. Méd. 5  
Direction: Morel, Philippe;  
Buehler, Leo Hans  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18714*

**Soleymani, Mohammad**

Implicit and automated emotional tagging of videos  
Th UNIGE 2011 Sc. 4368  
Direction: Pun, Thierry  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:17629*

**Szekely, Eniko-Melinda**

Dimension reduction for clustered high-dimensional data  
Th UNIGE 2011 Sc. 4333  
Direction: Marchand-Maillet, Stéphane  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:17343*

**Triaud, Amaury**

Constraints on planetary formation from the discovery and study of transiting Extrasolar Planets  
Th UNIGE 2011 Sc. 4342  
Direction: Queloz, Didier  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18065*

**Wagner, Michel**

Novel sample preparation strategies and ultra-fast mass spectrometry analysis for quantitative bioanalysis  
Th UNIGE 2011 Sc. 4385  
Direction: Hopfgartner, Gerard  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18196*

**Zuluaga Estrada, Maria Fernanda**

Combination therapy and targeted drug delivery: strategies for enhanced photodynamic therapy  
Th UNIGE 2011 Sc. 4339  
Direction: Lange, Norbert  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18488*

## Médecine

**Adler, Dan Elie**

Stimulation magnétique répétitive des nerfs phréniques pour la prévention de la dysfonction diaphragmatique induite par la ventilation mécanique:

une étude pilote de faisabilité

Th. UNIGE 2012,  
Méd. 10662  
Direction: Rochat, Thierry  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18486*

**Blaudszun, Gregoire**

Evaluation critique des boucles cardiaques pression-volume lors de variations de la précharge, de la postcharge et de l'inotropie chez le rat  
Th. UNIGE 2012,  
Méd. 10665  
Direction: Morel, Denis  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18536*

**Decaillet, Fabien**

«Aggregatibacter actinomycetemcomitans»: prévalence et distribution des sérotypes chez des sujets consultant pour un traitement parodontal à l'Ecole de médecine dentaire de Genève  
Th UNIGE 2011 Méd. dent. 707  
Direction: Mombelli, Andréa  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:1785*

**Loup, Carmen-Angelica**

Manifestations stomatologiques de la carence en vitamine B12: présentation de 13 cas  
Th UNIGE 2011 Méd. dent. 703  
Direction: Samson, Jacky; Lombardi, Tommaso  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18064*

## Neurosciences

**Mouthon, Michael Sébastien**

Neuroimagerie of language control mechanism and semantic processing in the bilingual brain with a special emphasis on the effects of second language proficiency  
Th UNIGE 2011 Neur. 77  
Direction: Annoni, Gian-Maria; Khateb, Asaid  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18233*

## Droit

**Barela, Steven James**

Legitimacy as a target: international law and the «War on Terror»  
Th UNIGE 2011 D. 841  
Direction: Keller, Alexis; Hertig Randall, Maya  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18622*

**Landbrecht, Johannes**

Teil-Sachentscheidungen und Ökonomie der Streitbeilegung  
Th UNIGE 2011 D. 840  
Direction: Kadner, Thomas Michael; Stürner, Rolf  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18087*

## Lettres

**Balgradean, Ioana**

The poet's grasp at emotion: medieval configurations of sloth  
Th UNIGE 2011 L. 736  
Direction: Bolens, Guillemette  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18158*

**De Conca, Massimiliano**

Il lessico dei Trovatori del periodo Classico: Tomo I: Arnaut Daniel (progetto pilota)  
Th. UNIGE 2009, L. 685  
Direction: Perugi, Maurizio  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18155*

**Meli, Cinthia Véronique**

Le livre et la chaire: les pratiques d'écriture et de publication de Bossuet  
Th. UNIGE 2012, L. 739  
Direction: Jeanneret, Michel  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18520*

## PSE

**Bota, Cristian**

Savoirs, textes et apprentissages en milieu universitaire: pour une analyse socio-discursive de travaux de validation pour les cours  
Th UNIGE 2011 FPSE 492  
Direction: Bronckart, Jean-Paul  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18458*

**Haenggeli-Jenni, Béatrice**

Pour l'Ere Nouvelle: une revue-carrefour entre science et militance (1922-1940)  
Th UNIGE 2011 FPSE 491  
Direction: Hofstetter, Rita  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18162*

**Pita, Juan-Carlos**

Incertitude et réalisation de soi - Comprendre les nouvelles formes de construction identitaire  
Th. UNIGE 2012, FPE 497  
Direction: Baudouin, Jean-Michel  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18485*

**Rialland Merhan, France**

La construction de l'identité professionnelle chez des étudiants en formation universitaire par alternance  
Th. UNIGE 2009, FPSE 430  
Direction: Bronckart, Jean-Paul; Bourgeois, Etienne  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18565*

## SES

**Anderfuhren-Biget, Simon**

Pursuing the common good in daily work: essays on public service motivation in Switzerland  
Th UNIGE 2011 SES 772  
Direction: Varone, Frédéric; Giauque, David  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18618*

**Bloch, Michael**

The principle of One in international political theory: an inquiry into Rousseau and Hegel  
Th UNIGE 2011 SES 770  
Direction: Allan, Pierre  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18091*

**Eggert, Nina**

The impact of political opportunity structures on Networks of Immigrant Associations: a comparison of two European cities  
Th UNIGE 2011 SES 765  
Direction: Giugni, Marco Gabriele; Diani, Mario  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18090*

**Gianasso, Guido**

Le développement de l'intelligence culturelle au sein de l'organisation: le cas IATA  
Th UNIGE 2011 SES 760  
Direction: Schneider, Susan Carol  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18033*

**Oriol, Manuel**

An approach to the dynamic evolution of software systems  
Th. UNIGE 2004, SES 556  
Direction: Konstantas, Dimitri  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:17407*

**Tonelli, Amandine**

Effluve de Communication: le rôle de l'odeur dans la communication interpersonnelle - vers une modélisation de la communication olfactive  
Th UNIGE 2011 SES 756  
Direction: Windisch, Uli; Courbet, Didier  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18572*

**Viry, Gil**

The impact of spatial mobilities and physical distance on interpersonal relationships: do spatially mobile people have weakened intimate and family ties?  
Th UNIGE 2011 SES 767  
Direction: Widmer, Eric; Kaufmann, Vincent  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18518*

## FTI

**Gazzola, Michele**

The economic evaluation of efficiency and fairness in the management of multilingual communication: the case of Patent Offices  
Th UNIGE 2011 FTI 10  
Direction: Grin, François; Vaillancourt, François  
*archive-ouverte.unige.ch/  
unige:18272*

# Un bon conseil pour l'avenir

Faire carrière chez PwC.  
Nous nous réjouissons de  
recevoir ta candidature via  
[www.pwc.ch/careers](http://www.pwc.ch/careers).

Audit  
Conseil juridique et fiscal  
Conseil économique  
Operations



**pwc**