

Campus

N° 98 avril-mai 2010

LE LASER: 50 ANS D'ILLUMINATION

Michée Chauderon,
une sorcière qui agite encore

Denis de Rougemont,
le passeur **de rêves**



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

«Genève accumule de nombreuses caractéristiques cancérigènes»



Christine Bouchardy dirige le Registre genevois des tumeurs. Celui-ci recense depuis quarante ans les taux d'incidence, de mortalité et de survie du cancer dans le canton. Il vient de publier un dernier rapport sur la situation entre 2003 et 2006

Genève se distingue par des taux d'incidence particulièrement élevés pour certains cancers. Lesquels?

CHRISTINE BOUCHARDY: Genève possède un des taux d'incidence du cancer du sein le plus élevés du monde. Il est notamment supérieur à la moyenne des Etats-Unis. Le canton du bout du lac se place aussi dans le peloton de tête des pays européens en ce qui concerne l'incidence du mélanome et des cancers de la bouche, de l'œsophage, du foie et de la thyroïde.

Qu'est-ce qui nous vaut cette place peu enviable?

Il faut préciser que les taux d'incidence que nous mesurons aujourd'hui sont le résultat d'une exposition à des facteurs de risques qui remonte à trente ans. Cela dit, Genève accumule et accumule toujours de nombreuses caractéristiques cancérigènes. La consommation d'alcool et de tabac, notamment de tabac brun, y est particulièrement élevée. Les adolescents ont une alimentation riche, les femmes ont peu d'enfants et les conçoivent tard, la sédentarité est importante, surtout dans le milieu professionnel, etc. Toutefois, bien qu'il soit mauvais élève en matière de nouveaux cas de cancer, le canton de Genève soigne bien cette affection puisque le taux de mortalité est plus bas que les moyennes nationale et européenne.

Votre rapport montre pourtant que l'incidence du cancer du sein, le plus fréquent à Genève, connaît la première baisse significative. Comment l'expliquez-vous?

Cette nouvelle tendance est due à un changement de comportement récent. En 2002, une étude américaine signalait en effet que l'hormonothérapie de substitution pouvait avoir une influence sur le cancer du sein. Cette nou-

velle a été reprise largement par les médias. En quelques années, le nombre de femmes suivant ce traitement contre la ménopause a chuté de moitié, ce qui s'est traduit assez rapidement par une baisse de l'incidence de ce type de cancer. A Genève, on estime cette chute à un déficit de 30 à 40 nouveaux cas par année. Malheureusement, cette baisse est en partie compensée par le fait que le nombre de cancers du sein chez les jeunes femmes a, quant à lui, doublé entre 2000 et 2004.

La mortalité due au cancer du sein est, elle, en constante diminution.

En effet, la détection rapide du cancer du sein conjuguée à son traitement précoce ont permis de sauver beaucoup de vies. Ce qui milite en faveur d'un dépistage systématique et remboursé par l'assurance. Malheureusement, la Suisse connaît un véritable «mammograbén», puisqu'à une exception près (Saint-Gall depuis 2008), il n'existe aucun programme de dépistage cantonal en Suisse alémanique tandis que la plupart des cantons romands en possèdent un. Résultat, le taux de mortalité par cancer du sein en Suisse alémanique a désormais dépassé celui de Suisse romande.

Le vaccin contre le virus du papillome humain (responsable du cancer du col de l'utérus) a été introduit en Suisse en 2008. A-t-il déjà une influence sur vos courbes?

Non. En fait, Genève ne compte que très peu de cas de cancer du col de l'utérus (c'est l'un des moins fréquents). C'est le dépistage par le frottis qui a permis cette spectaculaire baisse d'incidence. Cela dit, le registre n'a pas reçu de mandat pour évaluer l'efficacité du vaccin. De toute façon, ce dernier serait nettement plus utile aux populations des pays en voie de dé-

veloppement, notamment en Afrique Noire et en Amérique du Sud où le cancer du col de l'utérus fait d'importants ravages.

Le cancer de la thyroïde est encore peu fréquent, mais semble amorcer depuis quelques années une montée significative. Pourquoi?

La cause la plus connue du cancer de la thyroïde est la radioactivité. Les conséquences médicales de l'explosion des bombes atomiques au Japon et de la catastrophe de Tchernobyl sont claires à ce sujet. C'est d'ailleurs en raison des effets délétères de ce dernier accident que ce type de tumeur est actuellement sous haute surveillance en Europe. Une autre cause connue est la carence d'iode et probablement aussi sa surconsommation. Il faut savoir qu'en Suisse, cet élément a été introduit dans le sel à des fins de santé publique pour combattre, avec succès, le crétinisme relativement fréquent dans les régions rurales et montagneuses. Enfin, cette augmentation peut être simplement due à une détection plus systématique de ce cancer. En tout état de cause, il faut surveiller son évolution.

Le mélanome subit également une hausse inquiétante...

Genève compte en effet le taux d'incidence de ce cancer le plus élevé d'Europe. Il faut dire que sa population est l'une de celles qui s'exposent le plus au soleil, notamment en raison de son niveau de vie élevé qui lui donne accès aux loisirs ensoleillés. A cela s'ajoute la fréquentation des solariums, que nous surnomons les «mélanoriums». En Suisse, la réglementation en la matière a longtemps été très laxiste par rapport au reste de l'Europe.

Propos recueillis par Anton Vos

RECHERCHE

- 4 **Médecine**
Des chercheurs ont découvert les mécanismes par lesquels ces médicaments aux pouvoirs somnifères et anxiolytiques peuvent développer une addiction. Il serait même possible d'éviter cet effet secondaire en choisissant la bonne molécule
- 6 **Histoire**
Brûlée en 1652, Michée Chauderon est la dernière sorcière exécutée à Genève. Devenu très tôt une cause célèbre, son cas n'a depuis cessé d'agiter l'opinion publique, comme le montre le dernier ouvrage de Michel Porret
- 8 **Lettres**
«Lutte de l'intelligence contre l'érudition», la correspondance qu'échangent saint Augustin et saint Jérôme entre 394 et 419 met en présence deux des plus grands esprits de l'Antiquité tardive. Deux Pères de l'Eglise réunis par une même foi, mais que tout oppose.
- 9 **Médecine**
Un virus de souris rendu inoffensif par manipulation génétique se révèle être un excellent candidat pour le développement de vaccins contre des maladies comme l'hépatite C et le VIH ou comme traitement contre les cancers

10 – 25 DOSSIER LE LASER, 50 ANS D'ILLUMINATION



Inventé en 1960 par Théodore Maiman, le laser était à l'origine «une solution cherchant un problème». Il est rapidement devenu un rayon à tout faire, qu'il s'agisse de lire de la musique ou de faire tomber la foudre

Bien avant l'invention du laser, on a prêté à la lumière de terrifiants pouvoirs destructeurs. Entre science et fiction, retour sur l'histoire du «rayon de la mort»

Les lasers d'aujourd'hui sont capables de produire des impulsions d'une brièveté inégalée et d'une puissance spectaculaire. Petit voyage dans les mondes des superlatifs

RENDEZ-VOUS

- 26 **L'invité**
Albert Jacquard: «Si, pour sauver l'homme, il fallait un petit peu détruire la planète, je ne serais pas contre.»
- 28 **Extra-Muros**
Pesant 5 grammes pour 9 centimètres de long, «*Miniopterus aelleni*» a été découverte aux Comores par une équipe de biologistes genevois. Elle rejoint les 1200 espèces de chauve-souris connues à ce jour.
- 30 **Tête chercheuse**
Fondateur de l'Institut européen, comptant parmi les instigateurs du CERN, Denis de Rougemont fut également un des pionniers de l'écologie politique en s'engageant dès la fin des années 1970 pour le respect de l'environnement.
- 32 **A lire**
«Katyn et la Suisse. Experts et expertises médicales dans les crises humanitaires, 1920-2007»

«Femmes écrivains à la croisée des langues 1700-2000»

«Sport et propriété intellectuelle»
- 33 **Actus**
- 34 **Thèses**

PHOTO DE COUVERTURE: KEYSTONE

Abonnez-vous à «Campus»!

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

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

Je souhaite m'abonner gratuitement à «Campus»

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

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

Benzodiazépines et dépendances

Des chercheurs ont découvert les mécanismes par lesquels ces médicaments aux pouvoirs somnifères et anxiolytiques peuvent développer une addiction. Il serait même possible d'éviter cet effet secondaire en choisissant la bonne molécule

On sait depuis longtemps que les benzodiazépines sont susceptibles de provoquer une dépendance. On ignore en revanche par quel mécanisme cette classe de molécules aux nombreuses vertus (somnifère, anxiolytique, antiépileptique, myorelaxante et amnésique) s'y prend pour s'attacher durablement les faveurs de la personne qui en consomme. Une lacune désormais comblée grâce à un article paru dans la revue *Nature* du 11 février 2010. Le professeur Christian Lüscher, l'assistante postdoctorale Kelly Tan et leurs collègues y confirment d'abord que le Valium et ses innombrables cousins stimulent bel et bien la libération de dopamine (l'hormone de la récompense) dans le cerveau. Les chercheurs démontrent ensuite que les benzodiazépines induisent un changement dans la transmission synaptique, ce qui est considéré comme

CHRISTIAN LÜSCHER, professeur au Département de neurosciences fondamentales de la Faculté de médecine

Lüscher. *Les benzodiazépines représentent une famille de substances qui compte aujourd'hui une centaine de molécules différentes. Et un très grand nombre de médicaments disponibles sur le marché en fait partie: le Valium, qui est le plus ancien, le Dormicom, le Stilnox, le Dalmadorm, le Xanax... Le problème de l'addiction à ces produits concerne de nombreux patients qui en consomment sur prescription de leur médecin, mais qui finissent par perdre le contrôle. Il touche aussi d'autres personnes qui les utilisent à des fins récréatives.»*

Il y a dix ans, une équipe zurichoise a franchi un premier pas. Elle est parvenue à différencier, du point de vue moléculaire, deux des cinq effets des benzodiazépines. En travaillant sur un modèle animal, ils ont remarqué que ces molécules induisent la somnolence en agissant sur un récepteur situé à la surface des neurones et

Toutes les drogues connues qui rendent accro augmentent le taux de dopamine dans le cerveau

une signature indéniable du passage dans le système nerveux central d'une substance addictive. Ils concluent enfin qu'il est possible de développer des benzodiazépines dépourvues de cet effet secondaire indésirable, mais qui conservent un pouvoir anxiolytique.

«C'est le souhait de tout le monde (industrie pharmaceutique, médecins et patients) que de pouvoir séparer ces différents effets, explique Christian

qui s'appelle GABA_A de type $\alpha 1$. L'effet anxiolytique, lui, est obtenu via un récepteur très semblable, mais tout de même différent, le GABA_A de type $\alpha 2$. Les chercheurs ont pour cette étude conçu des souris génétiquement modifiées de telle sorte que les benzodiazépines ne peuvent plus s'amarrer au récepteur de type $\alpha 1$.

Ce sont ces animaux transgéniques qui ont permis à l'équipe de Christian Lüscher d'étu-

dier le sixième effet de la benzodiazépine: l'addiction.

COMME L'HÉROÏNE

Les drogues connues qui ont le pouvoir de rendre leur consommateur accro ont toutes comme résultat d'augmenter le taux de dopamine dans le cerveau. Mais elles le font de manière différente. La première est indirecte. Les opioïdes et les cannabinoïdes, par exemple, bloquent des inhibiteurs qui empêchent, en temps normal, un type de neurones de produire trop de dopamine. La nicotine, elle, agit directement sur ces mêmes neurones et ouvre les vannes aux hormones du plaisir. La cocaïne, enfin, entrave la capture de la dopamine libérée dont la concentration finit par augmenter dans le cerveau.

Les résultats obtenus par l'équipe genevoise ont permis de confirmer que les benzodiazépines appartiennent à la première classe de drogues. Elles agissent sur la désinhibition des neurones à dopamine, à l'instar de l'héroïne ou du cannabis. Leur action dopaminergique est confinée à l'aire tegmentale ventrale (ATV) du cerveau et s'appuie sur les récepteurs GABA_A de type $\alpha 1$, les mêmes qui sont impliqués dans l'effet somnifère.





Les benzodiazépines sont utilisés pour leurs vertus somnifères, anxiolytiques, antiépileptiques, myorelaxantes et amnésiques

«Le fait que ces substances agissent sur le système dopaminergique est une condition nécessaire, mais pas suffisante pour pouvoir prétendre qu'elles détiennent un quelconque pouvoir d'addiction, précise Christian Lüscher. Il faut encore qu'elles laissent une trace de leur passage dans le cerveau. En l'occurrence, ce que nous cherchons est une modification dans la transmission synaptique.»

En testant différentes molécules et différents souris, ils ont pu mettre en évidence la présence de cette signature lors de l'utilisation de certaines formes de benzodiazépine. «C'est le cas du midazolam, un produit puissant et pour lequel le risque de dépendance est bien connu, explique Christian Lüscher. C'est le cas aussi du zolpidem, ce qui est davantage une surprise. Cette molécule, vendue sous le nom de Stilnox, a été introduite sur le marché, il y a dix ans, avec la promesse qu'elle présenterait un risque de dépendance très faible. Nos résultats démontrent qu'il n'en est rien, ce dont on se doutait déjà, en réalité, mais sans en avoir la preuve.»

La bonne surprise vient plutôt des benzodiazépines encore expérimentales qui activent tous les récepteurs, sauf le GABA_A de type $\alpha 1$. En d'autres termes, ces molécules n'entraînent pas de somnolence, ni de phénomène d'addiction. Mais elles conservent

leurs pouvoirs anxiolytiques. Chez les souris du moins.

MÉDICAMENT TRÈS INTÉRESSANT

«Un tel médicament, s'il parvient un jour à obtenir toutes les autorisations de mise sur le marché, serait très intéressant, souligne Christian Lüscher. On pourrait par exemple l'utiliser pour soigner d'autres addictions grâce à son effet anxiolytique. Et ce, tout en évitant d'ajouter une deuxième addiction à la première et de provoquer des problèmes de somnolence qui sont fréquents dans ce genre de traitements.»

Les résultats des chercheurs genevois ne fournissent en revanche pas de solution pour séparer l'effet somnifère de l'addiction, étant donné qu'ils dépendent tous deux de l'action de la benzodiazépine sur le même récepteur (le GABA_A de type $\alpha 1$). La seule différence est spatiale. L'addiction commence avec une action dans l'ATV, la somnolence, elle, est contrôlée par des centres dans le tronc cérébral. Et, à ce jour, il n'existe pas de médicament qui puisse agir dans une zone du cerveau et pas une autre. Le sang, par lequel tout traitement arrive au système nerveux central, inonde tout. ■

Anton Vos

L'addiction, une affaire privée

Toutes les drogues provoquent une augmentation anormale dans le cerveau du taux de dopamine, une hormone associée au sentiment de récompense, voire de plaisir (du moins au début de la consommation). Cette surproduction est nécessaire dans l'élaboration du phénomène de l'addiction. Mais pas suffisante.

«La forte production de dopamine intervient en aval de l'effet pharmacologique d'une drogue, explique Christian Lüscher, professeur au Département de neurosciences fondamentales. Ce qui est nécessaire aussi, c'est l'induction d'un changement persistant dans les transmissions synaptiques dans une grande partie des zones du cerveau impliquées dans le système de récompense. Notre hypothèse est que cela varie beaucoup d'une personne à l'autre.»

La réalité, en effet, est que tout le monde ne succombe pas aux drogues. On ignore souvent que seule une personne sur cinq consommant de la cocaïne sur une longue durée est diagnostiquée comme dépendante à cette drogue. En d'autres termes, la majorité des gens qui prennent de la cocaïne ne sont pas accros.

«Ce n'est pas une invitation à consommer, avertit Christian Lüscher. La cocaïne a de nombreux autres effets néfastes, comme l'augmentation du risque de déclencher une hémorragie cérébrale ou un infarctus du myocarde.»

Au départ, les chercheurs pensaient que la différence de vulnérabilité à l'addiction se jouait très en amont, au niveau des récepteurs qui sont les premières cibles des substances addictives. Mais après plus de dix ans de recherche, aucune piste n'a été trouvée. La différence doit donc apparaître plus tard, après la libération de la dopamine, dans la cascade de réactions biomoléculaires qui s'ensuit. Un des premiers éléments est ce changement dans les transmissions synaptiques dans l'ATV, aussi appelé plasticité neuronale. Mais là encore, tout le monde semble jouer jeu égal.

«C'est donc dans les étapes suivantes qu'il faut aller chercher les variations de vulnérabilité individuelle, estime Christian Lüscher. On pense que l'environnement du toxicomane joue lui aussi un rôle, comme le taux de consommation de la drogue et les gènes. Des gènes qui n'ont pas encore été identifiés.» A.Vs

Quand Genève brûlait sa dernière sorcière

Pendue et brûlée en 1652, Michée Chauderon est la dernière femme exécutée à Genève pour crime de sorcellerie. Devenu très tôt une cause célèbre, son cas n'a depuis cessé d'agiter l'opinion publique, comme le montre le dernier ouvrage du professeur Michel Porret

Les sorcières qui ont donné leur nom à une rue ne sont pas légion. Pendue et brûlée à Genève le 6 avril 1652, Michée Chauderon connaît ce privilège depuis l'été 1997, date à laquelle un tronçon de la rue des Eidguenots a été rebaptisé en son honneur. Trois siècles et demi après le procès de la malheureuse, cette consécration toponymique, qui équivaut à une réhabilitation officielle, pourrait surprendre de prime abord. Comme le démontre Michel Porret dans son dernier ouvrage*, elle s'insère pourtant dans un vaste processus de repentance mémorielle inauguré dès la seconde partie du XVII^e siècle.

HÉROÏNE RADIOPHONIQUE

Devenu très tôt une cause célèbre, le cas de Michée Chauderon interpelle en effet un certain nombre de protestants libéraux dès les lendemains du procès, avant que Voltaire n'en fasse un symbole de l'intolérance religieuse. A la suite du philosophe de Ferney, les aliénistes du XIX^e siècle s'emparent également du destin de cette femme qui aurait pactisé avec le démon pour en faire une victime de la superstition des temps anciens.

Au XX^e siècle, ce sont les mouvements féministes qui prendront le relais pour faire de Michée Chauderon une résistante à l'oppression masculine. Héroïne de plusieurs romans et d'une fiction radiophonique, la sorcière genevoise est finalement innocentée en 2001 par un jury public à l'issue de la reconstitution de son procès.

Originnaire de Boège, en Haute-Savoie, Michée Chauderon voit le jour aux alentours de 1600. Elle gagne Genève vers 1620, où elle sub-

siste probablement en assumant des tâches domestiques. La servante subit les disettes dues à la cherté du blé des années 1622-1623 et 1629-1631 et survit à la peste qui frappe la région de 1628 à 1631, puis de 1636 à 1640, avant que sa route ne croise une première fois la justice. Célibataire à 37 ans, enceinte de cinq mois et demi d'un valet décédé à l'automne précédent, elle est accusée de «paillardise» pour avoir eu des relations sexuelles hors des liens du mariage avec un autre homme, un certain Louis Ducret, ouvrier agricole de son état. A l'issue d'un procès dont Michel Porret publie l'intégralité des actes (tout comme pour celui de 1652), les débauchés sont bannis de la cité. Marié à une date inconnue, le couple perd rapidement son enfant, avant

En mars 1652, Michée Chauderon est accusée de s'être «donnée au Diable». Huit femmes lui reprochent d'avoir «baillé le mal» à deux jeunes filles qui se trouvent désormais possédées par le malin.

«A l'origine, il s'agit probablement d'une querelle de voisinage, explique Michel Porret. Jalouses du pouvoir thérapeutique de Michée Chauderon et désirant venger le fait que cette dernière ait refusé son aide à l'une d'entre elles, ces huit femmes vont tout faire pour se débarrasser de la servante. Le fait que Michée Chauderon ait d'abord été soupçonnée d'avoir dérobé un chandelier chez ces mêmes personnes tend d'ailleurs à confirmer cette hypothèse.»

LA MARQUE DU MALIN

Soumise au supplice de l'estrapade (qui consiste à attacher les bras de la victime à des cordes, à la hisser en haut d'un poteau ou au

Etrangère, veuve, analphabète et catholique, Michée Chauderon fait figure de coupable idéale

de revenir discrètement à Genève, où Louis Ducret succombe à une fièvre suffocante en 1646.

Dans les années qui la séparent de son deuxième procès Michée Chauderon échappe à la misère grâce à son activité de lavandière. De temps à autre, elle négocie avec le voisinage ses talents de guérisseuse. Elle concocte en effet une soupe aux multiples vertus qui finira par causer sa perte.

plafond, puis à la relâcher brutalement), la prévenue ne tarde cependant pas à avouer. Elle confesse ainsi que «venant des champs, il y a environ deux ans, le Diable lui apparut en forme d'une ombre qui la baisa». Plus tard, elle ajoute qu'«étant incitée par le Diable lequel lui avait baillé de la poudre et une pomme à ce sujet, elle a donné du mal à deux jeunes filles nommées au procès».

Pour confirmer ses dires, on confie à des experts médicaux le soin de débusquer les mar-



«Sorcières», gravure sur bois de Hand Baldung Grien, 1508.

ques du malin sur le corps de la suppliciée, soit une empreinte visible qui ne doit ni saigner ni être sensible. A deux reprises, les chirurgiens chargés de sonder le corps de Michée Chauderon réservent leur conclusion. Une troisième équipe est alors appelée à la rescousse. Venue de Nyon et coutumière de ce genre de procès, elle procède à un nouvel examen dont le résultat est sans appel: Michée Chauderon ne porte pas une, mais trois marques diaboliques. Son sort est scellé. Etrangère, veuve, analphabète et catholique, il est vrai qu'elle fait figure de coupable idéale.

RITE DE PURIFICATION

Dans les jours qui suivent, «usant plutôt de douceur que de vigueur», le tribunal rend sa sentence: Michée Chauderon sera pendue, ce qui est un moyen d'adoucir sa peine, avant d'être

brûlée sur la plaine de Plainpalais. Ses cendres seront ensuite dispersées, ses biens confisqués et son décès ne sera pas inscrit au registre des morts. «*Tout est fait pour faire disparaître jusqu'à la moindre trace de l'existence des individus condamnés pour sorcellerie*, commente Michel Porret. *C'est une forme de rite de purification qui explique pourquoi les actes de l'immense majorité de ce type de procès ont également été jetés au feu. Heureusement pour nous, ce ne fut pas le cas pour les documents se rapportant à l'affaire Chauderon, qui ont été transmis aux archives.*»

Contre la volonté de ses juges, le nom de Michée Chauderon ne sombre donc pas dans l'oubli avec sa mort. Loin de là. «*Michée Chauderon est sans doute la sorcière d'ancien régime dont on a le plus parlé en Europe*, précise Michel Porret. *Ce qui fait sa spécificité, c'est que son procès intervient à un moment charnière. Vingt ans plus*

tôt, il est banal, vingt ans plus tard, il est inacceptable. L'hypothèse du diable devient en effet caduque à partir des années 1650-1660, alors que l'Europe s'apprête à entrer dans l'époque des Lumières.»

Hostiles à un calvinisme rigide, les protestants libéraux sont les premiers à ouvrir les feux. Conséquence d'une justice dévoyée par la religion, l'affaire Chauderon nie, selon eux, l'image d'une Genève dont ils mettent en avant la tolérance, la bonté des mœurs et la modernité institutionnelle. Pour d'autres en revanche, cette dernière exécution atteste au contraire de la précocité avec laquelle Genève a abandonné ce type de pratiques par rapport aux autres grandes villes européennes.

VOLTAIRE ET LES PSYCHIATRES

Ce n'est assurément pas l'avis de Voltaire. Pour l'illustre citoyen de Ferney, la servante savoyarde, dont il transforme le nom en «Chaudron» est, au même titre que Michel Servet, une martyre de l'intolérance religieuse et du fanatisme religieux. Considérant que Michée Chauderon a été assassinée légalement par des juges qui l'ont broyée sous la torture, il se sert de son procès pour réclamer la modération des peines et l'abolition de la peine capitale.

L'affaire Chauderon va également beaucoup intéresser les précurseurs de la psychiatrie. A leurs yeux, l'accusée est une hystérique dont la place était à l'hôpital et non sur le bûcher. Autrement dit: ce type de problème n'est pas du ressort de la justice, mais de la psychiatrie. C'est d'ailleurs à un aliéniste, le docteur Paul-Louis Ladame, que l'on doit la première publication du procès Chauderon, qui est éditée dans la Bibliothèque diabolique en 1888.

Paradoxalement, dans la mesure où ce sont des femmes qui se sont efforcées de la faire condamner et que les rares tentatives destinées à l'innocenter furent le fait d'hommes, Michée Chauderon trouve une place de choix parmi les féministes du XX^e siècle. «*Depuis les années 1970, la sorcière de l'époque moderne est devenue la figure sociale du combat des femmes*, explique Michel Porret. *Symbole de la résistance à l'oppression masculine et de la lutte des faibles contre les puissants, elle devient une véritable héroïne. Une femme libre de sa destinée et de son corps qui aura payé son originalité au prix de sa vie.*» ■

Vincent Monnet

«*L'Ombre du diable. Michée Chauderon, dernière sorcière exécutée à Genève*», par Michel Porret, Ed. Georg, 264 p.

Jérôme et Augustin: le combat des saints

Réunis par une même foi, mais opposés en tout, saint Augustin et saint Jérôme échangent une correspondance de trente lettres entre 394 et 419. Un dialogue de haute volée stylistique qui tourne vite à l'affrontement, comme le montre la récente traduction offerte par Carole Fry

C'est un choc de titans. Engagée à la fin du IV^e siècle, la correspondance entre saint Jérôme et saint Augustin met en présence deux des plus grands esprits de l'Antiquité tardive. Deux Pères de l'Église rassemblés par une même foi chrétienne, mais que tout oppose.

CAROLE FRY,
chargée d'enseignement à l'Unité de latin, Faculté des lettres

Figure du passé, le premier est un styliste hors pair au caractère impossible. Incarnant l'avenir, le second est un personnage plutôt sociable, pour qui seule la preuve compte, mais qui déteste les conflits. Portant sur les questions de la liberté divine et du salut, la trentaine de lettres qu'ils s'échangent entre 394 et 419 donnent lieu à un débat tout à fait unique, dont la récente traduction offerte par Carole Fry parvient à restituer tout le sel. Sous des atours très policés, le dialogue entre les deux ecclésiastiques dissimule en effet une âpre dispute où se mêle mauvaise foi, menaces, arrière-pensées, non-dits et incompréhension.

LES MUSCLES ET LE SQUELETTE

«*Au-delà du texte, qui est déjà connu, mais qui méritait une relecture moderne, l'objectif était de permettre au lecteur de saisir le caractère et la disposition d'esprit de ces deux géants de la pensée occidentale que sont Jérôme et Augustin*», explique Carole Fry. Pour y parvenir, il a fallu en passer par un important travail de criblage du texte. Suivre la pensée de deux auteurs du IV^e siècle séparés par plus de 2000 kilomètres et qui communiquent parfois à plusieurs années d'intervalle n'est en effet pas à la portée de premier venu.

«*L'art épistolaire de l'époque repose sur un code très contraignant*, précise Carole Fry. *Et nous avons affaire à deux virtuoses du genre. Il faut donc être en mesure de discerner ce qui relève de la rhétorique automatique de ce qui constitue le vif du sujet, repérer les*

sauts stylistiques, passer outre les redondances et les formules de civilité. Tous ces éléments sont comme du mauvais gras qu'il a fallu enlever pour ne garder que les muscles et le squelette.»

Initiateur de cette relation épistolaire qui va s'étaler sur une trentaine d'années, Aurelius Augustinus – le futur saint Augustin – est sur le point d'être nommé évêque d'Hippone lorsqu'il s'adresse pour la première fois à Jérôme. Citoyen de Carthage, il a occupé la prestigieuse chaire de rhétorique de Milan avant de se retirer pour se consacrer à Dieu. Passé maître dans l'art d'exposer et d'exploiter les idées, raisonnant comme un orateur judiciaire, il dispose d'une prodigieuse puissance de travail. Si bien qu'on s'adresse à lui des quatre coins de l'empire dès que se pose une question en rapport avec la foi. «*Cet homme, à qui nous devons notamment le concept de péché originel, est sans doute, avec Aristote, le plus grand esprit que l'Antiquité ait connu*», note Carole Fry.

UN «PHÉNOMÈNE DE NOCIVITÉ»

Eusebius Sophronius Hieronymus, autrement dit saint Jérôme, est fait d'un tout autre bois. Fondateur d'un monastère qu'il dirigera jusqu'à sa disparition, en 419, il a été contraint de quitter Rome à la mort de son protecteur, le pape Damase. Menant une vie d'ascète, il est doté d'une mémoire phénoménale qui en fait le personnage le plus érudit de son temps. En plus de maîtriser parfaitement les arcanes du latin, Jérôme possède en effet le grec et l'hébreu, fait probablement unique à l'époque. Patron des traducteurs, il est surtout celui par qui la Bible latine est arrivée en Occident. Son avis est donc autant recherché que respecté. Côté caractère pourtant, saint Jérôme n'a rien d'un enfant de chœur. «*C'est un type abominable*, confirme Carole Fry. *Il n'a que des défauts et s'il n'avait pas traduit les Écritures, on ne lui aurait sans doute jamais accolé l'étiquette de saint. Il a trahi, insulté, traîné dans*

la boue à peu près tout le monde. C'est un véritable phénomène de nocivité auquel ses talents de styliste donnent un pouvoir destructeur phénoménal.»

«REALPOLITIK» CONTRE ÉTHIQUE

Jérôme a beau être irascible, il demeure le commentateur des Écritures le plus prolifique et le mieux informé du moment, raison qui pousse Augustin à se tourner vers lui. L'enjeu des premiers échanges vise à déterminer si le mensonge est licite ou non. Pour le moine de Bethléem, c'est une option envisageable à court terme et à des fins diplomatiques. Pour son confrère d'Hippone, en revanche, si les Écritures contiennent un mensonge, c'est tout l'édifice qui s'écroule. «*Il s'agit d'un affrontement entre la «Realpolitik» et l'éthique*, explique Carole Fry. *Et c'est l'éthique qui va l'emporter.*» Furieux de s'être fait moucher par celui qu'il considère comme un «blanc-bec», Jérôme grogne, vitupère et menace.

Après une décennie sans contact, c'est sous de tout autres auspices que la discussion reprend. Nous sommes alors en 415. Rome est tombée aux mains des barbares cinq ans plus tôt et les idées diffusées par Pélage sèment le trouble dans la chrétienté. Moine d'origine bretonne, ce dernier défend l'idée que tout chrétien peut atteindre à la sainteté par son libre arbitre, ce qui revient à nier l'existence de la grâce et du péché originel. Unis face à la menace, Jérôme et Augustin opèrent alors un rapprochement qui facilitera la mise au ban de l'ennemi commun. Les thèses de Pélage sont en effet déclarées hérétiques en 417, soit deux ans avant que la mort de Jérôme ne vienne mettre un point final à cette relation tumultueuse qui, pour Carole Fry, se résume à «la lutte de l'érudition contre l'intelligence». ■

Vincent Monnet

«*Lettres croisées de Jérôme et Augustin*» traduites du latin, présentées et annotées par Carole Fry, Les Belles Lettres et Ed. J.-P. Migne, 502 p.

Un agitateur, manipulé pour nous protéger

Un virus de souris rendu inoffensif par manipulation génétique se révèle être un excellent candidat pour le développement de vaccins contre des maladies comme l'hépatite C et le VIH ou comme traitement contre les cancers



Le LCMV est un formidable agitateur. Lorsque ce virus infecte un organisme, il n'a pas son pareil pour entraîner une «tempête de CD8». Comprenez: une mobilisation massive de cellules tueuses (T killers en anglais) qui travaillent au service du système immunitaire. Daniel Pinschewer et ses collègues ont montré, dans un article paru le 7 février dans la version en ligne de la revue *Nature Medicine*, qu'après plusieurs manipulations génétiques ce virus rendu inoffensif pourrait bien contribuer au développement de vaccins contre des maladies encore orphelines en la matière comme le VIH et l'hépatite C ou encore comme traitement contre certaines tumeurs.

D'ailleurs, en parallèle à ces travaux, le Centre de recherche sur les vaccins du National Institute of Health (NIH) aux Etats-Unis, dont le dirigeant Gary Nabel est coauteur de l'article, a déjà commencé des études préliminaires d'un candidat vaccin contre le sida dont le vecteur est le LCMV modifié.

INDOMPTABLE

«Le virus de la chorioméningite lymphocytaire, de son nom complet, qui infecte habituellement les souris est connu et étudié dans les laboratoires depuis bientôt un siècle, précise le chercheur genevois. Il est impliqué dans l'attribution de deux Prix Nobel, dont celui du médecin suisse Rolf Zinkernagel en 1996. Si sa capacité à réveiller une réponse immunitaire de type CD8 de très bonne qualité l'a rendu célèbre, personne, jusqu'à récemment, n'a réussi à dompter ce virus, qui est tout de même capable de rendre l'être humain malade.»

Ce n'est que récemment que cet agent pathogène habitué aux laboratoires s'est laissé manipuler. Il a en effet fallu attendre 2006

DANIEL PINSCHEWER, professeur au Département de pathologie et immunologie, Faculté de médecine

pour que l'équipe de Daniel Pinschewer mette au point la technologie permettant de modifier le LCMV. Bien que ce dernier ne possède que quatre gènes en tout et pour tout, en enlever un sans occasionner trop de dommages s'est révélé être une gageure. Dans l'article qui vient de paraître, les chercheurs décrivent comment le virus est rendu inoffensif après avoir été amputé d'une protéine de surface qui l'empêche de se répliquer après avoir infecté une première cellule.

L'agitateur ne peut donc plus envahir sa victime. Mais cela ne l'empêche pas d'agiter, au contraire. «Nous avons réussi à produire un virus totalement inoffensif et dont la réponse immunitaire de type CD8 est poussée au maximum, explique Daniel Pinschewer. L'idée, ensuite, est d'ajouter à ce véhicule une protéine provenant de l'agent infectieux d'une maladie contre laquelle on aimerait se protéger.»

RÉPONSE MASSIVE

Aucun des vaccins actuellement utilisés de manière courante ne fonctionne grâce au même mécanisme que celui déclenché par le LCMV. Ceux contre la rougeole, la polio et autres stimulent la création d'anticorps capables, par la suite, de reconnaître le véritable envahisseur dès qu'il pénètre dans l'organisme et d'entraîner sa neutralisation. Pour la plupart de ces vaccins, ce mode d'action suffit amplement; l'éradication de la variole et celle, imminente, de la polio en sont la preuve. Mais il existe des maladies, dont l'hépatite C et le VIH, pour lesquelles l'action des anticorps, indispensable, doit être secondée par une réponse massive de CD8.

A ce stade, les expériences menées avec le LCMV par Daniel Pinschewer et ses collabo-

rateurs ont permis de protéger sur une longue durée des souris contre une infection par une forme de listériose. Elles ont également montré que des rongeurs souffrant d'une tumeur ont pu la contrôler, voire la rejeter après un traitement avec des LCMV modifiés de telle sorte qu'ils produisent des protéines spécifiques au cancer.

Des tests sur des cellules humaines mises en culture ont par ailleurs permis de remarquer que le LCMV infecte sélectivement les cellules dendritiques. Ce sont elles, justement, qui sont responsables de l'activation de la réponse immunitaire cellulaire, dont font partie les CD8.

STRATÉGIE DE DÉFENSE

«Nous avons également constaté que l'administration du LCMV n'entraîne pas – ou très peu – de production d'anticorps dirigés contre le vecteur lui-même, précise Daniel Pinschewer. Cela s'explique par une stratégie de défense développée par le virus au cours de son évolution. C'est très pratique, car cela nous permet d'administrer le même vaccin plusieurs fois. De plus, rien n'est plus grave qu'un vaccin dont le vecteur finit par être rejeté par l'organisme que l'on essaie d'immuniser. C'est d'ailleurs une des causes de l'échec en 2007 d'un candidat vaccin contre le sida qui était testé en Afrique.»

Un vaccin contre le sida: c'est l'espoir que font renaître les travaux du chercheur genevois. Même si cette stratégie de lutte contre la maladie n'a pas le vent en poupe en raison des nombreux échecs qu'elle a connus au cours des 25 dernières années, les résultats semblent assez spectaculaires pour que le NIH se lance dans l'aventure. Et Daniel Pinschewer d'ajouter: «Si mes travaux peuvent contribuer au développement ne serait-ce que d'un vaccin contre une maladie qui n'en dispose pas, je serais comblé.» ■

Anton Vos

LE LASER, 50 AN

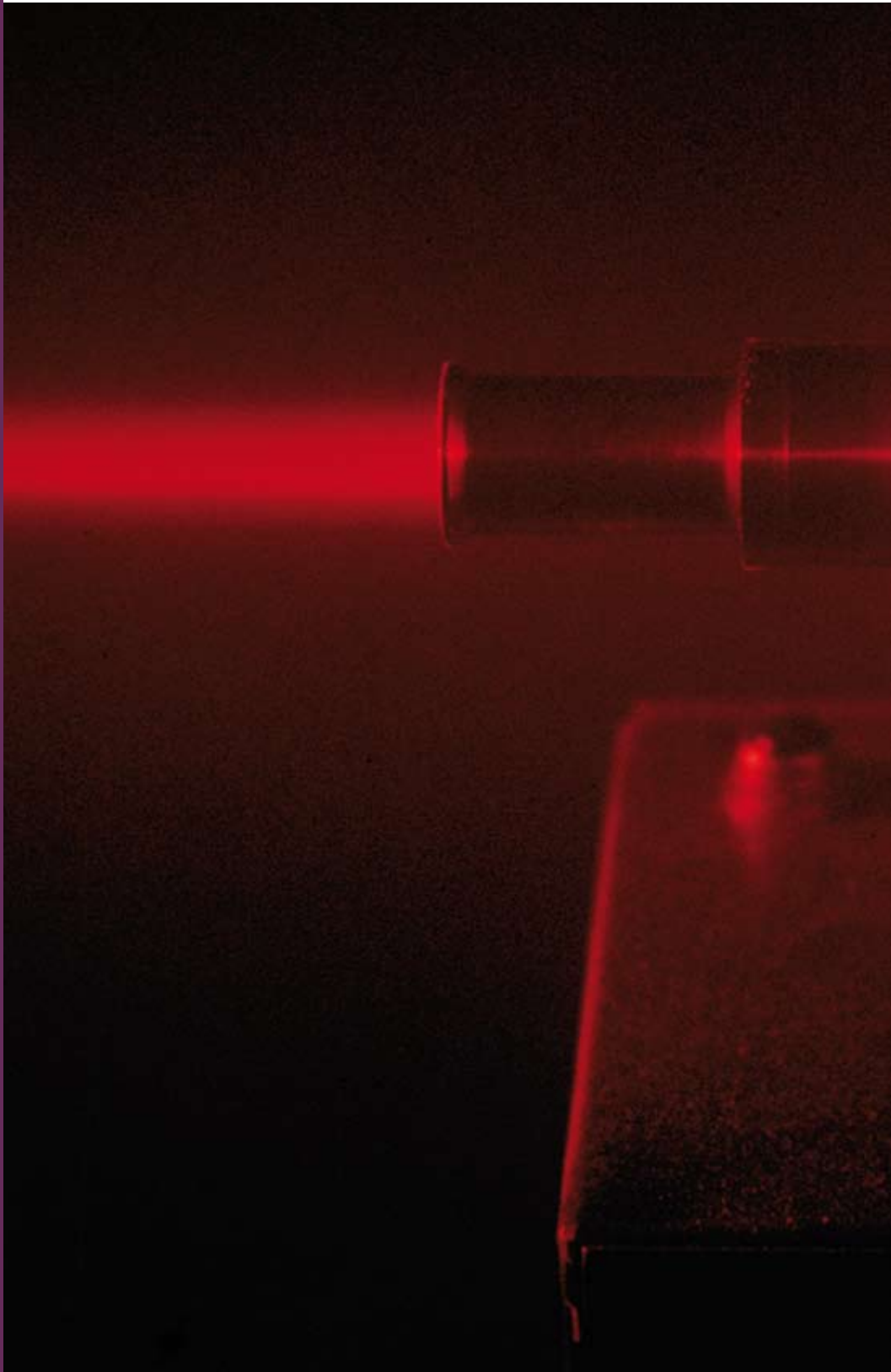
FRITZ GORO/TIME & LIFE PICTURES/GETTY IMAGES

Inventé en 1960 par Théodore Maiman, le laser était à l'origine «une solution cherchant un problème». Il est rapidement devenu un rayon à tout faire, qu'il s'agisse de lire de la musique ou de faire tomber la foudre

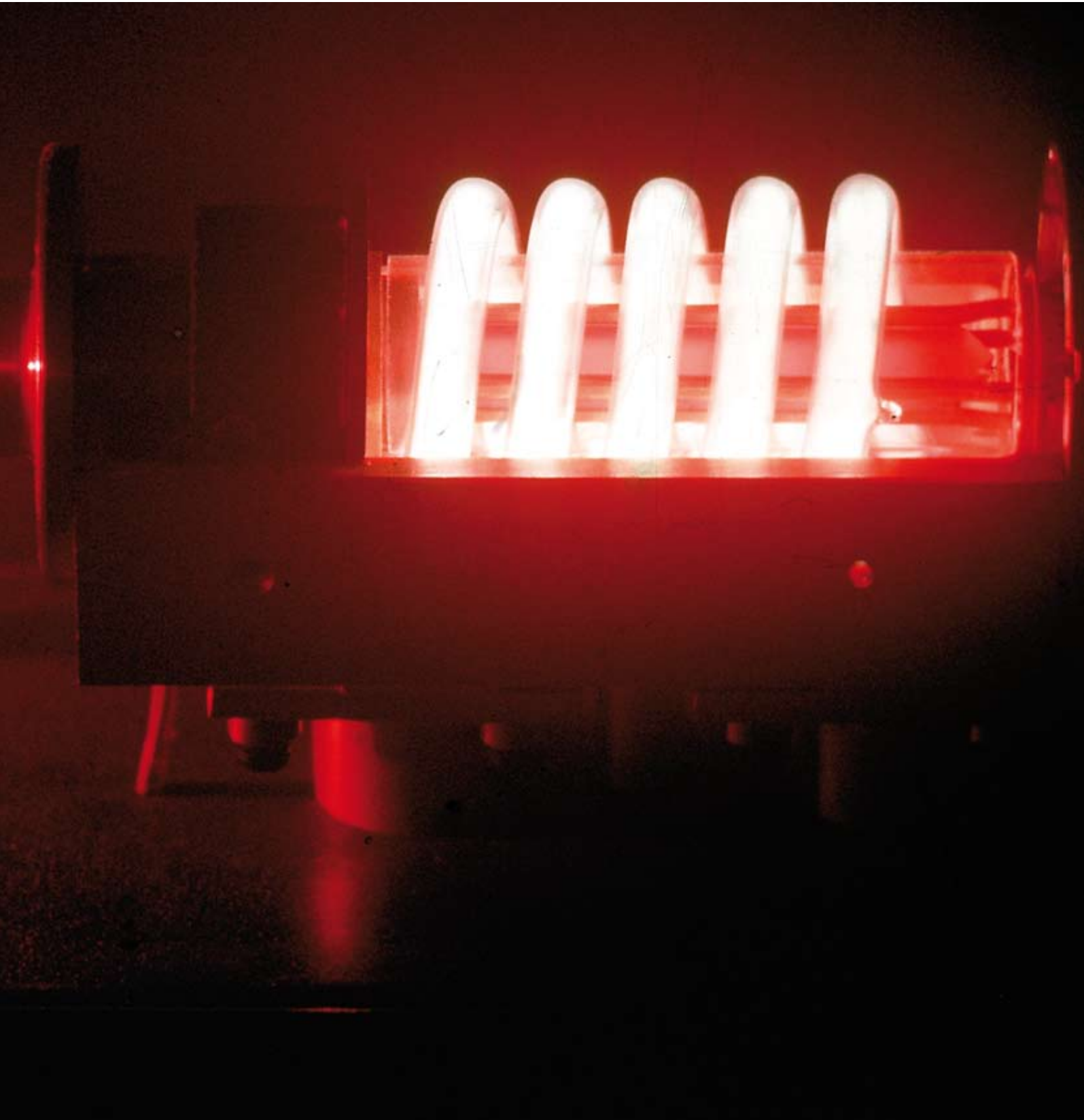
Bien avant l'invention du laser, on a prêté à la lumière de terrifiants pouvoirs destructeurs. Entre science et fiction, retour sur l'histoire du «rayon de la mort»

Les lasers d'aujourd'hui sont capables de produire des impulsions d'une brièveté inégalée et d'une puissance spectaculaire. Petit voyage dans le monde des superlatifs

Dossier réalisé
par Anton Vos et Vincent Monnet



S D'ILLUMINATION



ET LE LASER FUT

Le premier laser a été fabriqué en 1960. Son invention met fin à une course entre plusieurs équipes de recherche. La bataille des brevets, elle, a duré jusque dans les années 1980

Le 16 mai 1960, le physicien américain Théodore Maiman fait fonctionner le premier laser de l'histoire au Hughes Research Laboratory (HRL) à Malibu, en Californie. L'engin, bricolé dans un atelier, consiste en un cristal de rubis cylindrique d'un centimètre de diamètre. Les deux extrémités sont couvertes d'un film d'argent et il est entouré par un tube de lampe flash hélicoïdal. Présenté à la presse le 7 juillet, l'appareil fait d'emblée sensation. Certaines «unes» du lendemain évoquent même l'avènement tant attendu – et redouté – du «rayon de la mort». Mais c'est surtout le milieu scientifique qui est pris au dépourvu. Plusieurs chercheurs tentent en effet depuis des années de mettre au point le premier laser. En vain. Au point de commencer à douter qu'une telle prouesse soit possible. Et les voilà coiffés au poteau par un outsider particulièrement habile de ses mains.

«Pour être honnête, il faut faire remonter l'histoire du laser à Albert Einstein, rappelle Jean-Pierre Wolf, professeur au Groupe de physique appliquée. C'est – encore – lui qui est le premier à évoquer, dans les années 1910, l'existence théorique du phénomène physique à l'origine de cette technologie: l'émission stimulée (lire en page 19). L'illustre savant, père de la relativité générale, suggère, sur la base de relations mathématiques qui portent son nom, qu'une radiation venant frapper une molécule ou un atome peut, dans certaines conditions, stimuler l'émission d'une autre radiation venant s'ajouter à la première. En d'autres termes, pour un grain de lumière (un photon) qui entre dans le système, il y en a deux identiques qui en sortent.»

SEUL SUR UN BANC

De prime abord, la proposition d'Albert Einstein ne semble intéresser qu'un petit nombre de théoriciens. Quelques physiciens versés dans la mécanique quantique poursuivent

JEAN-PIERRE WOLF, professeur au Groupe de physique appliquée, Faculté des sciences

le travail théorique jusqu'à un point relativement avancé. Mais il faut attendre les années 1950 pour voir les premières avancées expérimentales. Comme il le raconte lui-même, c'est un matin, assis seul sur un banc public du Franklin Park à Washington, que Charles Townes, de la Columbia University de New York, a l'idée de fabriquer ce qu'il baptisera le maser (acronyme anglais pour *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).

Contredisant les prédictions de ses collègues qui affirment – voire parient – qu'il n'y arrivera jamais, Charles Townes met au point son premier prototype en 1954. L'appareil est constitué d'une cavité traversée par un flux de gaz d'ammoniac. Deux côtés de la boîte se faisant face sont couverts avec des miroirs. Cette stratégie permet aux micro-ondes d'effectuer de nombreux allers-retours dans la cavité et d'amplifier ainsi le phénomène de l'émission stimulée jusqu'à pouvoir fabriquer un faisceau d'une pureté inégalée du point de vue de la longueur d'onde.

TRAVAUX RUSSES

«Les micro-ondes ne sont pas de la lumière visible, précise toutefois Jean-Pierre Wolf. Elles ont une longueur d'onde au moins 1000 fois plus grande. Et il est beaucoup plus facile de créer de l'émission stimulée avec des micro-ondes qu'avec des ondes du visible. Charles Townes est donc l'inventeur du maser, mais pas encore du laser.»

La même année, de manière totalement indépendante, une équipe de l'Institut de physique Lebedev de Moscou achève de calculer l'ensemble des conditions nécessaires pour produire un rayon maser. Les travaux d'Alexander Prokhorov et de Nikolai Basov, étrangement semblables à ceux de Charles Townes dans leur conception générale, sont publiés juste après l'article du chercheur américain. Leur contribution sera néan-

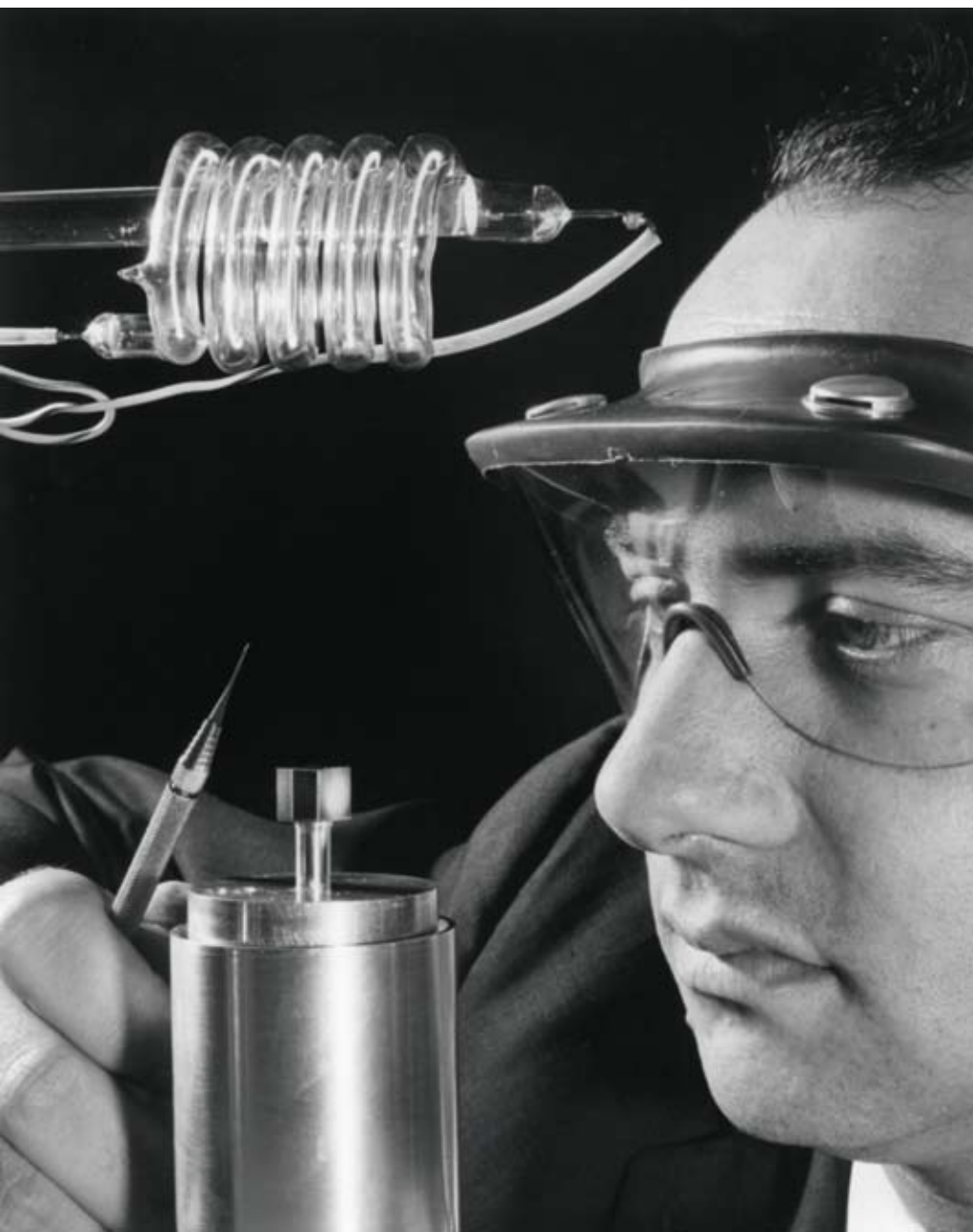
moins reconnue puisque les trois physiciens partageront le Prix Nobel de physique de 1964.

COURSE AU LASER

Les applications potentielles du maser s'avèrent d'emblée nombreuses, bien que confinées à des domaines assez spécialisés: amplification d'émissions de micro-ondes venues de l'espace ou de signaux utilisés dans la communication avec les satellites, fabrication d'horloges atomiques ultra-précises, etc.

Charles Townes, après ce premier succès, se penche rapidement sur la conception d'un «maser optique», qui fonctionnerait dans le domaine du rayonnement visible. En colla-

«Il est plus facile de créer de l'émission stimulée avec des micro-ondes qu'avec des ondes du visible. Townes est donc l'inventeur du maser, mais pas du laser.»



HUGUES RESEARCH LABORATORY

Théodore Maiman, inventeur du laser, expose le cristal de rubis en juillet 1960.

boration avec Arthur Schawlow, des Bell Laboratories, il rédige un papier dans la revue *Physical Review* en décembre 1958 qui décrit le principe de réalisation d'un tel engin. Les deux chercheurs y précisent notamment les différences technologiques et physiques importantes dont il faut tenir compte dans la conception d'un maser optique par rapport au maser classique. Il ne reste plus qu'à construire l'appareil. La course au laser est officiellement lancée. Elle se déroulera pourtant sur fond d'intrigue scientifico-judiciaire.

Dès 1957, Gordon Gould, un doctorant très motivé installé à quelques bureaux de Charles Townes à la Columbia University, est en effet secrètement obsédé par l'idée d'être le premier à fabriquer un maser émettant dans le domaine visible. Dans son journal de notes, il développe ses propres idées et utilise, pour la première fois, semble-t-il, le mot laser,

acronyme logique pour *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*.

FONDRE DU MÉTAL

Il y décrit également quelques prévisions perspicaces. Selon lui, le laser pourra produire des densités d'énergie telles que son faisceau serait à même de faire fondre du métal, voire de déclencher une réaction de fusion thermonucléaire. Il parle aussi de l'utilisation du laser pour établir une communication avec la Lune.

Malheureusement pour lui, il est mal conseillé au moment de déposer un brevet basé sur ses notes et se fait dépasser par Charles Townes et ses collègues.

Par la suite, loin de baisser les bras, Gordon Gould se lancera dans d'interminables et ruineuses démarches judiciaires afin de récupérer la paternité d'une invention dont il sera

toujours persuadé d'être l'auteur – alors même qu'il n'a construit aucun laser. Il perdra de nombreuses manches, en gagnera quelques-unes et finira tout de même, dans les années 1980, par récupérer certains brevets fondamentaux – au grand dam de l'industrie – et à se faire un bon paquet d'argent après avoir frôlé la faillite personnelle.

Cependant, en 1959, probablement dépité de s'être fait doubler, Gordon Gould quitte l'Université de Columbia sans terminer son doctorat et part avec son concept de laser dans une entreprise privée. Cette dernière se tourne vers l'armée pour obtenir un financement pour ses recherches. Sans surprise, les perspectives du laser selon Gould allèchent les caciques du Pentagone qui offre un million de dollars à l'entreprise pour qu'elle poursuive ses efforts dans la construction d'un laser ultimement capable de servir sous les drapeaux.

Malheureusement encore pour Gordon Gould, les militaires découvrent dans son passé qu'il a brièvement «flirté» avec le marxisme dans les années 1940. Même si l'ère du maccarthysme a pris fin cinq ans auparavant, cette information suffit largement pour l'écartier de son propre projet, classé secret défense.

A ce moment, toutes les équipes engagées dans la course à la fabrication du premier laser utilisent du gaz, estimant qu'il s'agit là du meilleur candidat susceptible de produire une émission stimulée. Toutes, sauf une. Celle de Théodore Maiman, qui décroche le Graal grâce à un cristal de rubis.

«QUELQUE CHOSE D'UTILE»

Né en 1927 à Los Angeles, le physicien de Malilbu est le fils d'un ingénieur lui-même auteur de plusieurs inventions. Son père voulait qu'il devienne médecin. Lui aspirait à être comédien. Doué en mathématiques, il devient finalement ingénieur physicien. En 1955, il est engagé au HRL où il travaille sur les masers. Quand il informe ses supérieurs qu'il veut tenter de fabriquer un laser, ceux-ci refusent

au regard des tentatives infructueuses des autres équipes engagées dans la course, préférant qu'il se consacre à «quelque chose d'utile». Têtu, Théodore Maiman menace de quitter la boîte et de fabriquer son appareil dans son garage. Le HRL cède et lui donne neuf mois, 50 000 dollars et un assistant pour accoucher d'un laser. Ce qu'il fait. A la surprise générale, puisque le rubis avait été largement disqualifié par d'autres scientifiques comme matériau potentiellement capable d'émettre un quelconque rayonnement laser.

Se penchant sur les calculs trouvés dans la littérature scientifique, Théodore Maiman s'aperçoit toutefois qu'ils comportent des erreurs. C'est pourquoi il choisit le cristal rouge pour tenter sa chance.

«L'avantage du rubis, c'est que les atomes de chrome qu'il contient, lorsqu'ils sont excités par la lampe flash, restent relativement longtemps dans cet état,

Le laboratoire cède et lui donne neuf mois, 50 000 dollars et un assistant pour accoucher d'un laser

explique Jean-Pierre Wolf. *Cela permet d'en emmagasiner un grand nombre qui se décharge tous en même temps sous l'effet de l'émission stimulée et produit une impulsion lumineuse intense.*»

Dans un premier temps, les collègues de Théodore Maiman ne cachent pas un certain scepticisme. Il faut dire que l'annonce tonitruante de l'invention d'un laser à la conférence de presse

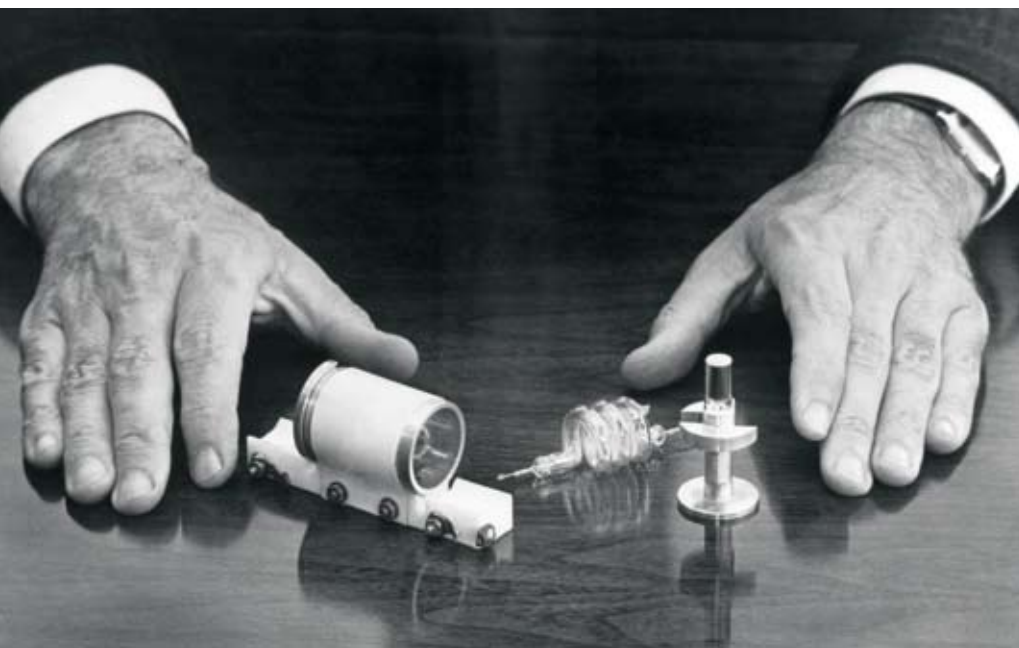
du 7 juillet 1960 a précédé toute publication officielle dans un journal scientifique de référence. Les concurrents malheureux n'ont donc aucun article à se mettre sous la dent pour vérifier les dires de l'inventeur. Ce dernier n'a pourtant pas traîné avant de soumettre ses résultats à la revue *Physical Review Letters*, un choix classique pour ce genre de découvertes. Seulement voilà, son papier est sèchement refusé. Motif: le chercheur du HRL vient à peine de publier un autre article sur l'excitation des atomes du rubis paru dans les pages de la même revue. Comme l'admettra plus tard Simon Pasternack, un des éditeurs du journal, le nouveau texte de Maiman semble à première vue n'être rien d'autre qu'une variation sur le même sujet. Le comité éditorial ne comprend pas qu'il rejette ainsi un article sur le point d'entrer dans l'histoire des sciences.

Pour ne rien arranger, la conférence de presse n'a donné lieu à aucune démonstration et, à aucun moment, l'inventeur affirme avoir «vu» de rayon lumineux. Comme il l'explique dans un livre paru en 2003*, Charles Townes demande même aux collègues du chercheur s'ils ont vu le moindre faisceau laser. A sa grande surprise, la réponse est négative.

En fait, le premier appareil de Théodore Maiman n'est pas conçu pour produire un tel rayon. Il émet une lumière trop tenue pour être observée à l'œil nu. L'intensité est tout de même suffisante pour en analyser le spectre et apporter ainsi la preuve expérimentale de l'existence du laser.

Les doutes sont cependant levés lorsque l'article est publié dans la revue *Nature* du 6 août 1960. D'une brièveté inhabituelle, il sera qualifié comme l'article probablement le plus important par mots que *Nature* ait jamais publié. ■

**A Century of Nature: Twenty-One Discoveries that Changed Science and the World*, par Laura Garwin et Tim Lincoln Ed. www.laserfest.org/ www.50ansdulaser.fr



Le premier laser, montré ici démonté, utilise comme milieu actif un cristal de rubis, illuminé par une lampe flash hélicoïdale et placé dans une cavité résonante cylindrique.

AU RAYON DE LA MORT

Les grandes avancées scientifiques suscitent de nombreux fantasmes. Bien avant l'invention du laser, on a ainsi prêté à la lumière de terrifiants pouvoirs destructeurs. De «La Guerre des mondes» à la «Guerre des étoiles», petit voyage entre science et fiction

L'idée d'une arme tirant de la lumière un pouvoir de destruction quasiment sans limites est sans doute à peu près aussi vieille que l'humanité. Dans la mythologie antique, nombreuses sont ainsi les divinités qui, à l'instar de Zeus, Thor ou Indra, exercent leur courroux en déchaînant la foudre.

Plus grand mathématicien de l'âge classique, c'est Archimède qui serait le premier homme à parvenir à domestiquer ce qui jusque-là restait l'apanage des Dieux. En 212 av. J.-C., au cours du siège de Syracuse, le savant grec met au point un système de miroirs permettant de concentrer les rayons du soleil au moyen duquel il incendie la flotte romaine.

Relatée huit cents ans après les faits par Anthémios de Tralles, un mathématicien et architecte byzantin, la vraisemblance de l'anecdote, probablement légendaire, a été amplement discutée jusqu'à la Renaissance. Depuis, de nombreuses expériences ont tenté de reconstituer le procédé. L'une des dernières en date remonte à janvier 2006, lorsque l'équipe du professeur David Wallace, du très sérieux Massachusetts Institute of Technology, s'est efforcée de bouter le feu à un navire devant des caméras de télévision à l'aide de miroirs polis. En vain, puisque malgré plusieurs tentatives, le meilleur résultat obtenu fut un peu de fumée sur la coque de navire.

WELLS ET LE «RAYON ARDENT»

D'une tout autre ampleur sont les ravages causés par le «rayon ardent» dont H.G. Wells dota les Martiens dans *La Guerre des mondes*. Dans ce roman, écrit en 1898 et qui est un des premiers ouvrages de science-fiction, l'invasisseur extraterrestre éradique l'humanité à l'aide d'un «jet de lumière qui faisait s'affaïsser, inanimés, tous ceux qu'il atteignait, et de même, quand l'invisible trait ardent passait sur eux, les pins flambaient et tous les buissons de genêts secs s'enflammaient avec un bruit sourd.»

Ces images frappent d'autant plus l'imaginaire populaire qu'à partir des années 1920 plusieurs



«La Guerre des mondes» vue par Steven Spielberg en 2005.

scientifiques prétendent avoir mis au point ce qu'on appelle désormais communément le «rayon de la mort».

En 1924, on peut ainsi lire dans le *New York Times* que l'inventeur américain Edwin R. Scott a développé un *appareil à éclair* capable d'abattre des avions à distance. Une dizaine d'années plus tard, Antonio Longoria, un scientifique espagnol émigré aux États-Unis, prétend avoir construit un engin permettant de tuer souris, pigeons, chats et chien à distance. A peu près à la même époque, Nikola Tesla, ingénieur qui figure parmi les pionniers du courant alternatif, annonce la conception d'une arme dont le rayon serait en mesure d'anéantir «une flotte de 10 000 avions ennemis à une distance de 250 miles».

Même si la presse évoque une nouvelle fois l'invention du «rayon de la mort» à son propos, le premier laser mis au point par Théodore Maiman est loin de pouvoir accomplir de tel-

les prouesses. Ce qui n'empêche pas les auteurs de science-fiction d'en faire presque immédiatement l'arme du futur.

«L'EMPIRE DU MAL»

Equipant superhéros et aventuriers interstellaires, le laser apparaît ainsi dans la série *Star Trek* dès 1964. Treize ans plus tard, il tiendra un rôle essentiel dans la lutte que se livrent les protagonistes de *Star Wars* à grand renfort de sabres lumineux. Manière de montrer que science-fiction et réalité sont parfois moins éloignées qu'il n'y paraît, la saga de George Lucas inspirera quelques années plus tard le fameux programme de défense spatiale américain voulu par le président Ronald Reagan pour lutter contre «l'empire du mal» qu'incarnerait alors l'URSS. Ruineuse, l'entreprise a été définitivement enterrée en 1993 par l'administration Clinton. A moins qu'un jour, dans une galaxie lointaine, très lointaine... ■

TOUJOURS PLUS BREF, TOUJOURS PLUS PUISSANT

Dès son invention, la technologie du laser a connu des progrès fulgurants. En cinquante ans, il a donné naissance à des appareils aux propriétés extrêmes et aux noms aussi exotiques que laser attoseconde, mégajoule ou encore exawatt. Entretien avec Jean-Pierre Wolf, professeur au Groupe de physique appliquée



Au moment de l'invention du laser, les chercheurs avaient déjà des applications en tête?

JEAN-PIERRE WOLF: Dans son édition du 8 juillet 1960, le lendemain de la présentation du premier

laser à la presse, le *New York Times* évoque déjà la possibilité d'illuminer la surface de la Lune, de vaporiser certains matériaux qui se trouvent sur son passage, d'étudier la structure intime de la matière grâce à sa couleur très pure ou encore de l'utiliser comme moyen de communication de très haute fidélité. C'est déjà beaucoup, mais reste très loin de ce qui a pu être réalisé depuis: disques compacts, télécommunication via les fibres optiques, spectroscopie, applications médicales et industrielles innombrables, etc. Cela dit, l'avenir le plus largement prédit dans la presse généraliste est celui de «rayon de la mort». Quel que soit le sens de cette expression pour les journalistes.

Théodore Maiman a créé la surprise en fabriquant le premier laser avec un cristal de rubis alors que tous ses concurrents pensaient qu'il était plus facile d'y parvenir avec du gaz. Peut-on produire de l'émission stimulée dans n'importe quel milieu?

Presque. Et d'ailleurs les progrès dans ce domaine ont été fulgurants. Dès que les chercheurs ont compris comment fabriquer un laser, il leur a fallu moins de dix ans pour en développer à partir de n'importe quel état de la matière: des cristaux, des gaz, des liquides (avec colorants), des semi-conducteurs... Au

point qu'aujourd'hui, pour s'amuser, les scientifiques ont fabriqué des lasers mangeables (une espèce de gelée contenant des colorants) ou potables (un mélange d'alcool). Il existe aussi des lasers naturels observés dans des nuages interstellaires ou dans les atmosphères de Vénus et Mars.

Chaque laser se caractérise par sa couleur très pure, qui se réduit quasiment à une seule longueur d'onde. Est-ce que cela signifie que l'on ne peut pas choisir n'importe quelle couleur?

Dans les premières années, en effet, les lasers n'émettaient qu'à une longueur d'onde fixe. Cette dernière se situait le plus souvent dans le rouge ou l'infrarouge, plus rarement dans le vert ou le bleu. Cette contrainte limitait alors beaucoup le champ d'application.

Pourquoi?

Disposer d'un laser à une seule longueur d'onde est très pratique si l'on veut percer des trous dans différents matériaux, opérer des yeux ou encore lire des disques compacts. Mais si l'on veut réaliser de la spectroscopie par exemple, ce pourquoi le laser est potentiellement un outil très performant, il est nécessaire de pouvoir balayer de manière continue une portion entière du spectre électromagnétique. Cela est devenu possible dans les années 1970, grâce à l'invention des lasers accordables. Les premiers d'entre eux ont été fabriqués avec des colorants organiques en solution dans un liquide. Certaines de ces molécules présentent des bandes d'émissions laser relativement larges. À l'aide d'un dispositif optique élémentaire (un prisme rotatif placé dans la cavité résonante), on peut sélectionner la longueur d'onde que

l'on souhaite. Puis, dans les années 1990 sont apparus les lasers accordables solides. Le principal d'entre eux est le Titane saphir, qui est encore très largement utilisé aujourd'hui. Ce cristal, dont la structure est très proche du rubis utilisé par Théodore Maiman, possède une bande d'émission laser qui s'étale, en termes de longueur d'onde, entre 1000 et 690 nanomètres, c'est-à-dire de l'infrarouge au rouge vif.

Pourquoi existe-t-il plus de lasers émettant dans le rouge et l'infrarouge que dans les autres couleurs?

La raison pour laquelle il y a tellement de lasers dans le rouge et infrarouge et si peu dans le bleu est la même que celle qui rend plus facile la construction d'un maser (qui émet des micro-ondes) que d'un laser (qui émet de la lumière visible). Physiquement, la probabilité de réaliser un laser chute très vite lorsqu'on cherche à obtenir des longueurs d'onde plus petites. Dans le cas des micro-ondes et de l'infrarouge, cette probabilité est encore suffisamment élevée pour ne pas poser trop de problèmes. Mais dès que l'on arrive dans le vert, le bleu, puis l'ultraviolet, cela commence à devenir très difficile.

Mais pas impossible puisque parmi les plus anciens lasers, on trouve celui à Argon, un gaz qui, une fois ionisé (Ar⁺), possède plusieurs raies d'émission, dont l'une dans le vert (à 514 nm) et l'autre dans le bleu (à 488 nm). Le problème est que le rendement d'un tel appareil est catastrophique. Il faut une véritable usine à gaz pour parvenir à émettre quelques malheureux photons. Cela l'éloigne des applications qui demandent un encombrement minimum et une alimentation électrique raisonnable.

Des progrès ont été réalisés puisqu'il existe maintenant des lecteurs de Blu-Ray Disc utilisant des lasers bleu-violet qui ne prennent pas beaucoup de place...

Il s'agit en l'occurrence de diodes laser (lire en page 23). Aujourd'hui, on arrive à fabriquer des lasers émettant dans toutes les longueurs d'onde. Les progrès technologiques ont permis de découvrir davantage de milieux actifs capables de rayonner dans les petites longueurs d'onde. On parvient même à concevoir des lasers qui émettent des rayons X, mais cela demande souvent de grandes infrastructures, comme un accélérateur de particules. Les physiciens maîtrisent cependant des méthodes plus élégantes et moins encombrantes pour arriver au même résultat.

C'est-à-dire?

L'idée est d'exploiter les propriétés d'optique non linéaire de certains milieux. Les scientifiques ont commencé par utiliser des cristaux spéciaux connus pour posséder la capacité de doubler la fréquence de la lumière (ce qui revient à diviser la longueur d'onde par deux). Un an à peine après l'invention du laser, on savait déjà doubler les fréquences des faisceaux laser de cette manière. En fait, si l'on dispose d'une puissance lumineuse assez élevée, on peut obtenir des effets non linéaires dans n'importe quel milieu. Même l'air possède de telles propriétés. Elles n'ont pas un rendement excellent, mais elles existent. Le grand défi des physiciens est alors de répéter cette opération de multiplication de fréquence le plus grand nombre de fois possible. En d'autres termes, ils cherchent à créer des harmoniques à partir d'une fréquence fondamentale, à l'image de ce que l'on connaît en musique. Les meilleurs parviennent aujourd'hui à la 30e, voire à la 40e

«Certains groupes parviennent à produire des impulsions laser dont la durée se mesure en attosecondes, soit un milliardième de milliardième de seconde»

harmonique d'une des fréquences fondamentales du Titane saphir. On entre ainsi dans le domaine des rayons X par la petite porte. Sans accélérateur de particules.

Une autre tendance très à la mode est la production d'impulsions laser extrêmement brèves...

En effet. Lorsqu'on parvient à produire un rayon laser qui ne soit plus monochromatique, mais dont la couleur s'étale sur une plage de longueurs d'onde, le résultat est une impulsion brève dans le temps. C'est une loi générale de la physique. Assez vite, les scientifiques ont obtenu des impulsions laser de l'ordre de la picoseconde (10^{-12} seconde, ou millième de milliardième de seconde). Dans les années 1980, grâce au Titane saphir et sa

large bande, le laser est entré dans le domaine de la femtoseconde (10^{-15} seconde). Cette dernière unité de temps permet de décomposer le mouvement d'atomes à l'intérieur des molécules. C'est avec un tel laser qu'Ahmed H. Zewail, chimiste américano-égyptien, a pu, le premier, étudier avec précision le déroulement d'une réaction chimique ultrarapide. Ce qui lui a valu le Prix Nobel de chimie en 1999. Avec le Titane saphir, il est possible d'émettre un rayonnement laser qui couvre une plage de longueurs d'onde large de 100 nm, ce qui produit des impulsions d'une dizaine de femtosecondes.

Mais on fait déjà mieux aujourd'hui. En tirant profit des harmoniques dont j'ai parlé plus haut, certains groupes parviennent depuis quelques années à produire des impulsions laser dont la durée se mesure en attosecondes (10^{-18} seconde, soit un milliardième de milliardième de seconde). Cet intervalle de temps, mille fois plus bref que la femtoseconde, permettrait de «filmer» le mouvement d'un électron autour de son noyau. Il existe encore peu de mesures avec de tels appareils. Mais ce domaine de recherche est très excitant et prometteur.

Quel type de laser utilisez-vous dans votre laboratoire?

Nous travaillons avec des lasers femtosecondes. Pour obtenir des impulsions plus brèves, il faut une installation spéciale que nous ne possédons pas. Mais nous collaborons avec un groupe dirigé par Ursula Keller, professeure à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, qui a monté un laser «attoseconde».

A quelles recherches vous servent ces impulsions de quelques femtosecondes?

Entre autres à développer une méthode servant à discriminer des molécules que l'on ne peut pas distinguer de manière traditionnelle. Nous avons ainsi publié dans la revue *Physical Review Letters* du 26 juin une expérience dans laquelle nous avons réussi à différencier deux flavines (des molécules importantes pour le métabolisme cellulaire) très semblables. Les deux composés sont trop proches pour qu'aucune autre méthode d'analyse optique (fluorescence, par exemple) ne puisse les distinguer. Mais notre laser femtoseconde a permis de détecter et d'amplifier une légère différence dans la manière dont elles changent de forme. Potentiellement, une telle capacité de discrimination peut servir dans des applications médicales, comme le diagnostic plus précis et plus précoce de certaines infections ou maladies.

Vous possédez également un appareil, baptisé Teramobile, qui utilise un laser femtoseconde capable de dompter la foudre...

Cet appareil envoie en effet dans l'atmosphère des impulsions de lumière très courtes, mais très intenses (plusieurs centaines de millijoules durant quelques dizaines de femtosecondes). En traversant l'air, ils déclenchent une série d'effets très intéressants. Le faisceau laser, à l'origine situé dans l'infrarouge, devient blanc (il couvre tout le spectre visible). En plus, chaque impulsion acquiert une puissance de crête (plusieurs terawatts ou 10^{12} watts) qui équivaut à celle de toutes les centrales nucléaires de la terre réunies. Mais ces flashes ne durent que quelques femtosecondes et sont relativement espacés dans le temps. C'est pourquoi la puissance moyenne du faisceau du Teramobile est celle d'une bonne lampe de poche. Cela permet néanmoins d'io-

niser les molécules d'air sur son passage et de provoquer la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes. Toutes ces qualités ouvrent des perspectives alléchantes dans l'analyse des constituants (polluant, aérosols, etc.) de l'atmosphère, la maîtrise de la foudre et le contrôle de la météo (lire en page 20).

Le monde du laser est actuellement un vrai festival de préfixes obscurs. En plus du laser «attoseconde», on entend aussi parler de laser «mégajoule» et «exawatt». De quoi s'agit-il?

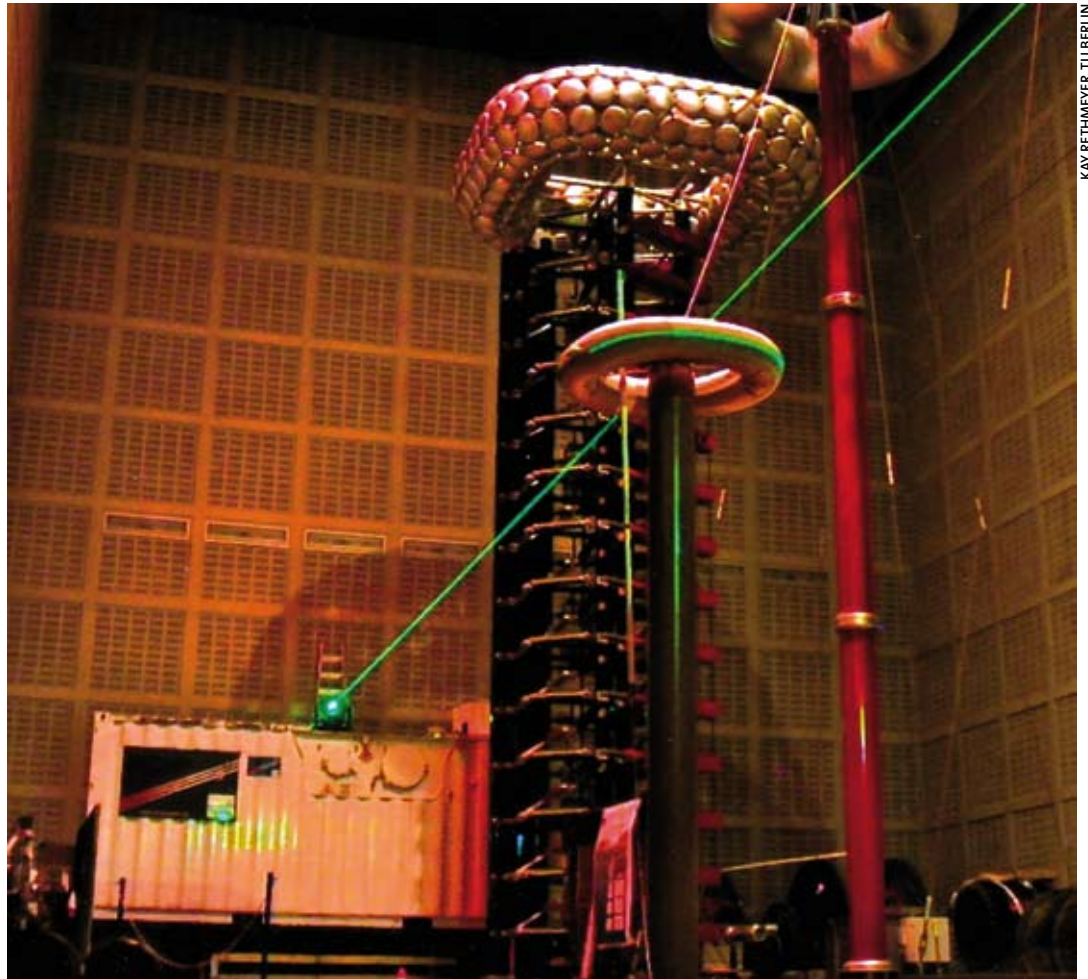
Ce sont deux machines très différentes. Le laser mégajoule est une machine gigantesque fabriquée en France (les Etats-Unis possèdent déjà une installation similaire) qui cherche à concentrer un maximum d'énergie dans un espace minimal. Il ne recherche pas la puissance (watts), mais l'énergie (joules) maximale. La première utilité d'un tel appareil est de recréer expérimentalement des conditions physiques de pression et de température extrêmes, semblables à celles présentes dans des explosions nucléaires. C'est pourquoi, en France, c'est la Direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique qui développe le laser mégajoule. Construit en Gironde, il de-

vrait être opérationnel dans le courant de cette décennie. Le but est de déposer 1,8 mégajoule (millions de joules) sur une cible minuscule de quelques millimètres. Au-delà de l'aspect militaire, cette machine présente un intérêt scientifique puisque des expériences de fusion inertielle sont notamment prévues.

Et le laser exawatt?

C'est aussi une machine gigantesque, mais largement plus passionnante pour le physicien que je suis. Le laser exawatt s'inscrit dans le projet européen ELI (*Extreme Light Infrastructure*). Cinquante laboratoires et 13 pays sont partie prenante. L'objectif affiché est de produire des impulsions laser très puissantes (un exawatt vaut 10^{18} watts) et très brèves (de l'ordre de l'attoseconde voire, pourquoi pas, la zeptoseconde, c'est-à-dire 10^{-21} seconde). Ce genre de faisceau dispose de la puissance nécessaire pour mettre en évidence, notamment, les propriétés optiques non linéaires du vide. La phase préparatoire doit durer jusqu'à la fin de l'année. La construction proprement dite devrait prendre cinq ans. ■

www.ulp.ethz.ch
www-lmj.cea.fr
www.extreme-light-infrastructure.eu/index.php



Le laser Teramobile (container blanc) et un générateur de haute tension (la tour à droite) sont prêts pour une expérience de guidage de la foudre

LE LASER, COMMENT ÇA MARCHE

Le laser tire profit d'un effet appelé «émission stimulée» dont l'existence à été théoriquement prédite par Albert Einstein au début du XX^e siècle. Explications

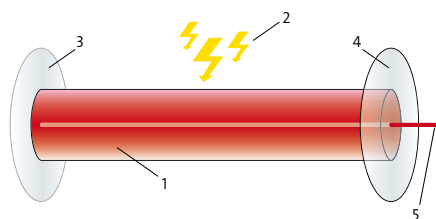
La première condition pour fabriquer un laser, c'est de disposer continuellement d'une population d'atomes excités plus importante que celle d'atomes au repos. En termes physiques, il s'agit de sortir de l'état d'équilibre thermodynamique. Et en termes techniques, il s'agit de «pomper» le milieu actif dans lequel on a envie de créer un rayon laser afin de créer une «inversion de population».

Théodore Maiman, l'inventeur du premier laser en 1960, a utilisé pour ce faire une lampe flash hélicoïdale dont une partie des photons est absorbée par les atomes de chrome contenu dans le cristal de rubis. L'idée vient en réalité de son assistant, Charles Asawa, qui cherchait une alternative au projecteur de cinéma dont les résultats n'étaient pas concluants.

Aujourd'hui, le pompage d'un laser se fait généralement à l'aide d'un autre laser dont la longueur d'onde correspond à un maximum dans la courbe d'absorption du milieu actif.

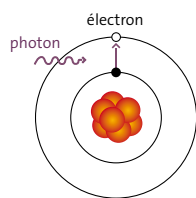
LA CAVITÉ RÉSONANTE

Ensuite, pour obtenir une émission stimulée, il faut des photons ayant exactement la bonne longueur d'onde. Les premiers d'entre eux sont naturellement fournis par l'émission spontanée. En traversant le milieu actif, correctement excité, ils déclenchent les premières émissions stimulées. Mais pour obtenir

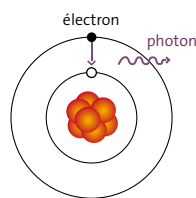


- 1) Milieu actif remplissant la cavité résonante.
- 2) lampe flash ou autre système de «pompage» destiné à créer une «inversion de population».
- 3) un des miroirs de la cavité résonante. 4) deuxième miroir, semi-transparent, de la cavité résonante.
- 5) faisceau laser sortant de la cavité.

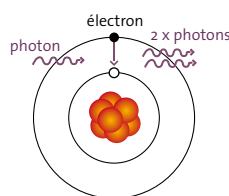
un faisceau suffisamment intense, il faut augmenter considérablement leur nombre. La solution, une idée qui vient de Charles Townes, chercheur à la Columbia University à New York, est de disposer deux miroirs placés face à face et espacés d'une distance déterminée pour obtenir la longueur d'onde recherchée. Du coup, tous les photons issus de l'émission stimulée parcourent plusieurs fois la cavité dans toute sa longueur tout en stimulant encore plus d'émission de photons. L'amplification devient considérable, tous les photons ont la même énergie et la même phase et, en plus, la géométrie du dispositif permet de sélectionner ceux dont la course est parfaitement perpendiculaire aux miroirs. Le rayon laser ainsi produit est monochromatique, cohérent et extrêmement directionnel.



Absorption: un photon de la bonne énergie arrive et est absorbé par l'électron. Ce dernier change d'orbite. L'atome est dit excité.



Emission spontanée: L'atome excité retombe spontanément dans son état fondamental. Il émet un photon d'une énergie précise



Emission stimulée: un photon d'une énergie précise arrive à proximité d'un atome excité. Son passage provoque la désexcitation de l'atome qui émet un deuxième photon de même longueur d'onde que le premier et en phase avec celui-ci

L'interaction du troisième type

L'absorption et l'émission spontanée de photons

En règle générale, les atomes interagissent avec la lumière de deux manières. La première est l'absorption. Un des électrons de l'atome absorbe un grain de lumière (photon) et l'énergie ainsi gagnée le fait grimper dans une orbitale plus énergétique. On dit alors que l'atome se trouve dans un état excité. La seconde manière est l'émission spontanée. Dans ce cas, un atome excité, au bout d'un moment, retombe dans son état fondamental. Autrement dit, l'électron qui était dans une orbitale d'énergie élevée, redescend dans un état inférieur et émet un photon, dont l'énergie correspond exactement à la différence d'énergie entre les deux orbitales. Ce phénomène d'émission spontanée (que l'on retrouve dans la fluorescence par exemple) est totalement incohérent. Ce qui se passe dans un atome n'influence pas ce qui se déroule chez son voisin. Contrairement à...

L'émission stimulée

En potassant les équations de la mécanique quantique, en 1916, Albert Einstein s'est rendu compte que la relation entre rayonnement et matière doit mettre en jeu une troisième forme d'interaction, les deux premières ne suffisant pas à rendre compte de la loi de Planck (celle qui introduit le concept de quantum d'énergie et explique le rayonnement dit de «corps noir»). Pour l'illustre savant, prix Nobel de physique en 1921, il doit exister, en plus de l'émission spontanée, un phénomène appelé l'émission stimulée. Albert Einstein montre ainsi que l'émission d'un photon par un atome qui se désexcite peut être induite par un autre photon qui a exactement la même énergie. L'arrivée du premier stimule l'émission du deuxième. Le plus fort, c'est que les deux grains de lumière possèdent non seulement la même longueur d'onde (énergie), mais aussi la même direction et la même phase. Cela signifie que les amplitudes s'additionnent. Résultat: si un photon entre dans le système et si deux identiques en sortent, cela veut dire qu'il y a amplification de la lumière. Il suffit ensuite de concevoir un dispositif ingénieux capable de reproduire ce phénomène un très grand nombre de fois afin de faire croître proportionnellement l'amplification. Le faisceau finalement obtenu est alors très pur du point de vue de la couleur, très directionnel – il ne diverge que très peu sur de grandes distances –, et très intense.

LE TÉRAMOBILE II: SUR LES PAS DE ZEUS

Le laser «Téramobile» analyse depuis plus de dix ans la composition de l'atmosphère et provoque des éclairs en laboratoire. Son successeur, le Téramobile II, pourrait faire pleuvoir, tomber la foudre et arrêter les tornades. S'il est construit

Déclencher la pluie, guider la foudre, calmer les tornades: ne s'agit-il pas là des pouvoirs dignes d'un puissant dieu antique? Jean-Pierre Wolf, professeur au Groupe de physique appliquée, n'en est pas un. Mais c'est bien en ces termes qu'il décrit les objectifs de son dernier projet de recherche, le *Center of Weather Modulation*, imaginé en collaboration avec Martin Beniston, directeur de l'Institut des sciences de l'environnement. Pour le concrétiser, il lui manque encore un laser mobile capable de générer et d'envoyer dans l'atmosphère des impulsions lumineuses très courtes et très puissantes

JEAN-PIERRE WOLF,
professeur
au Groupe
de physique
appliquée,
Faculté
des sciences

(de plusieurs dizaines de térawatts, ou milliers de milliards de watts). Un tel appareil n'existe pas encore. Il pourrait cependant prochainement voir le jour grâce à un partenariat que le physicien genevois entretient depuis longtemps avec des équipes allemandes de Berlin et de Dresde.

«L'appareil que nous aimerions construire serait le successeur du Téramobile qui est en fonction depuis 1999, explique Jean-Pierre Wolf. Ce gros laser, qui tient dans un conteneur de 6 mètres de long et qui peut être déplacé aisément sur le terrain, génère des *flashes* très courts (100 femtosecondes). La puissance de ces impulsions atteint 5 térawatts, ce qui correspond – durant un laps de temps extrêmement bref – à la puissance de toutes les centrales nucléaires du monde réunies.»

DÉTECTION DE POLLUANTS

Un rayon laser de cette puissance, lorsqu'il traverse un milieu transparent comme l'atmosphère, provoque une série d'effets non linéaires dont les physiciens tirent parti. L'un de ces effets est l'élargissement du spectre de l'impulsion. Possédant au départ une couleur quasi monochromatique, le spectre s'étale pro-

gressivement sur tout le domaine du visible. A la limite de l'infrarouge au départ, le rayon devient blanc. Cette particularité rend le Téramobile très intéressant pour la détection de composés polluants dans l'atmosphère (gaz nocifs, particules organiques, bactéries).

En envoyant dans l'air des impulsions lumineuses qui couvrent tout le spectre de l'ultraviolet à l'infrarouge, les chercheurs peuvent en effet détecter la présence de nombreux composés simultanément en analysant la lumière qui leur revient par diffusion et en identifiant les raies d'absorption.

«C'est un progrès notable par rapport à la technique plus ancienne du Lidar (télé-détection par laser), souligne Jean-Pierre Wolf. Le Lidar utilise des lasers monochromatiques dont la longueur d'onde est choisie en fonction du pouvoir d'absorption du polluant que l'on souhaite étudier. Cela fonctionne

très bien quand on sait à l'avance ce que l'on cherche. J'ai moi-même traqué de cette manière l'ozone dans le cercle arctique ou encore les importations de soufre entre Berlin-Est et Berlin-Ouest avant que le mur ne tombe. En revanche, si l'on veut analyser le contenu d'un panache produit par une explosion d'une usine chimique par exemple, un Lidar traditionnel n'est plus très utile. Le Téramobile si.»

PARATONNERRE LASER

Un autre effet non linéaire – et spectaculaire – dû à la puissance élevée du laser est la filamentation: les impulsions laser ionisent les molécules d'air sur leur passage. Résultat, le long de leur trajectoire, la conduction électrique augmente. En d'autres termes, en tirant avec le laser du Téramobile, les physiciens créent un fil électrique immatériel qu'ils peuvent pointer dans n'importe quelle direction.

Les cibles les plus intéressantes sont les nuages orageux, électriquement chargés. Le laser et son filament d'air ionisé pourraient théoriquement déclencher la foudre et guider l'éclair vers le sol. A défaut d'une épée laser, le monde pourrait bien se doter d'un paratonnerre laser.

«Nous nous sommes rapidement aperçus que les éclairs ne peuvent en aucun cas représenter une source d'énergie intéressante, note Jean-Pierre Wolf. Le nombre d'impacts sur un territoire est très dispersé dans le temps et dans l'espace. Et même si on parvenait à exploiter tous ceux qui tombent sur la France en une année par exemple, cela permettrait, au plus, de fournir de l'électricité pour une petite ville de 10 000 habitants. Comme le Téramobile, les éclairs sont puissants, mais ne véhiculent pas beaucoup d'énergie. Une application plus réaliste est plutôt celle de protection d'infrastructures sensibles comme les aéroports ou les centrales électriques contre les colères venues du ciel.»

Concrètement, en laboratoire, le Téramobile a démontré qu'il est capable de déclencher et de guider des décharges électriques de plusieurs

La Lune à portée de photon

Une des façons de se convaincre que les astronautes américains sont bel et bien allés sur la Lune est de réaliser une expérience à l'aide d'un laser. L'équipage de la mission Apollo 11 en 1969, puis ceux d'Apollo 14 et 15 suivis par la sonde automatique soviétique Lunokhod 2 en 1973 ont tous installé sur la surface de notre satellite des réflecteurs orientés vers la Terre. Aujourd'hui encore, il est possible de diriger un laser dans leur direction et de mesurer la lumière réfléchie sur Terre. Les photons ne sont pas nombreux à revenir à leur point de départ, mais ils sont suffisants pour mesurer la distance Genève-Lune au centimètre près.



Les physiciens genevois aimeraient construire un laser capable de déclencher la foudre et de faire pleuvoir.

millions de volts. En revanche, sur le terrain, les résultats sont plus nuancés. L'appareil a été capable de générer des décharges électriques dans des nuages, comme le rapporte un article paru dans la revue *Optics Express* du 14 avril 2008. Mais il n'a pas encore réussi à faire tomber la foudre sur le sol, malgré une campagne pleine d'espoir menée en été 2004 dans les Montagnes Rocheuses du Nouveau-Mexique, dans une région qui compte statistiquement le plus d'éclairs au monde.

ÉCLAIRS, PLUIE, TORNADES

«On doit pouvoir y arriver si l'on dispose d'un laser encore plus puissant, avance Jean-Pierre Wolf. C'est l'objectif du *Téramobile II* que nous avons en tête et qui devrait générer des impulsions d'au moins 50 térawatts.» Le projet doit encore recevoir l'aval des bailleurs de fonds publics suisses et allemands, les pays dont font partie les équipes de physiciens concernés.

L'objectif avoué des physiciens est d'exercer une influence macroscopique sur la météorologie. Faire tomber la foudre à volonté en est une. Mais faire pleuvoir ou freiner les tornades en sont deux autres, tout aussi réalistes aux yeux de Jean-Pierre Wolf.

«Le *Téramobile I* peut provoquer la condensation de gouttelettes d'eau dans un nuage sursaturé, explique-t-il. Nous sommes sur le point de publier un article sur ce phénomène dans la revue *Nature Photonics*. Si l'on parvient à déclencher la condensation en gouttelettes de l'humidité contenue dans un nuage, cela peut non seulement faire pleuvoir, mais aussi alourdir l'air et donc diminuer la vitesse du vent.»

Un appareil comme le *Téramobile II* pourrait être assez puissant pour réaliser cette prouesse dans des conditions naturelles. En pointant un laser vers un nuage ou une tornade en formation durant plusieurs heures, le nombre de gouttelettes formées devient tel

qu'un effet devrait se faire sentir. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut néanmoins maîtriser au mieux la physique de l'atmosphère. D'où la collaboration qui se dessine avec Martin Beniston, spécialisé dans ce domaine.

Les apprentis Zeus ne craignent-ils cependant pas d'être eux-mêmes arrosés par les effets de leur machine ou, pire, de recevoir la foudre sur leur propre tête? «Pour éviter que notre rayon laser ne guide l'éclair directement sur nous, nous disposons d'une botte secrète, rassure-t-il. Grâce à des astuces d'optique, nous pouvons générer la filamentation à partir d'une certaine altitude, par exemple à 1000 mètres, et sur des portions de longueur déterminée. Le dispositif peut donc déclencher le départ de la foudre dans le nuage, guider l'éclair sur une certaine distance, puis, à partir de l'altitude de 1000 mètres, lui laisser trouver son chemin tout seul vers le sol, comme d'habitude.»

Comme quoi, on peut jouer au Dieu antique sans pour autant être fou. ■

QUAND LA LUMIÈRE APPORTE LA PAROLE

L'invention du laser a contribué à l'explosion des télécommunications en permettant le développement des fibres optiques. Ces dernières véhiculent beaucoup plus d'informations que les traditionnels fils de cuivre

NICOLAS GISIN, professeur au Groupe de physique appliquée, Faculté des sciences

«Personne, bien sûr, ne pouvait prédire l'invention des disques compacts et des télécommunications par fibres optiques, les deux applications aujourd'hui les plus populaires du laser, estime Nicolas Gisin. Comme très souvent en science, on ne peut pas en même temps inventer une nouvelle technologie et imaginer l'usage qu'on en fera des décennies plus tard.»

Certes, dès le jour où le premier laser a été présenté à la presse, certains ont pensé à l'exploiter comme moyen de communication. Mais ils songeaient à l'utiliser de manière directe. Or, en traversant l'atmosphère (sans même parler des obstacles comme les montagnes, les édifices, les nuages, la pluie, la pollution...), le faisceau laser, aussi pur, cohérent et intense soit-il, subit des pertes considérables qui le rendent inutilisable à grande échelle.

TRANSPARENCE TRÈS PURE

C'est en 1966 qu'un ingénieur américano-britannique démontre qu'une fibre optique dans laquelle circulerait de la lumière peut être utilisée comme moyen de télécommunication. Pour ses travaux décisifs dans ce domaine, Charles Kao a d'ailleurs reçu le Prix Nobel de physique en 2009. Une de ses principales contributions est d'avoir mis en évidence que les pertes optiques importantes mesurées dans le verre dont sont fabriquées les fibres ne sont pas dues au matériau lui-même, mais aux impuretés qu'il contient. Cela a poussé l'industrie à perfectionner ses techniques de fabrication afin d'obtenir une transparence très pure.

Une fibre optique est constituée d'un cœur et d'une gaine, tous les deux en verre, mais

possédant un indice de réfraction différent. Cet agencement coaxial permet de conserver les photons à l'intérieur de la fibre, celle-ci jouant le rôle de guide d'ondes. Une configuration qui, alliée à l'utilisation d'un verre sans impuretés, réduit les pertes de manière importante et permet à la lumière de circuler sur de très grandes distances.

«Pour que la télécommunication optique soit réalisable, il ne faut pas seulement de bonnes fibres, mais aussi de bonnes sources de lumière, précise

peuvent émettre certaines longueurs d'onde, mais pas d'autres.

Au début, il y a donc eu un dialogue entre les développeurs de lasers et ceux de fibres optiques pour essayer d'accorder au mieux le choix du verre dans lequel seront usinées les fibres optiques et la ou les longueurs d'onde produites par les semi-conducteurs.

Un compromis a été trouvé (1,3 et 1,5 micromètre de longueur d'onde) et les premières fibres optiques commencent à être installées en masse dès les années 1980. Elles ont maintenant tissé leur toile sur toute la planète, sur terre comme sous les océans. La téléphonie et Internet ne pourraient d'ailleurs plus s'en passer.



ISTOCK

Les fibres optiques ont révolutionné les télécommunications

Nicolas Gisin. Les lasers sont les meilleurs candidats à ce poste puisqu'ils permettent de générer des impulsions rapides, monochromatiques et très intenses. Cela dit, le principe de base de la télécommunication implique de pouvoir allumer et éteindre la source de lumière un grand nombre de fois par seconde. Les premiers lasers, trop gros, n'étaient pas adaptés à cet usage.»

MINIATURISATION

Ce sont les lasers à semi-conducteurs qui ont fourni la solution de la miniaturisation. L'allumage ou l'extinction d'un dispositif de moins d'un millimètre (à l'aune de ce que fabrique l'industrie aujourd'hui) ne dure en effet pas plus d'un milliardième de seconde. La contrainte, toutefois, est que ces appareils

peuvent émettre certaines longueurs d'onde, mais pas d'autres.

Au début, il y a donc eu un dialogue entre les développeurs de lasers et ceux de fibres optiques pour essayer d'accorder au mieux le choix du verre dans lequel seront usinées les fibres optiques et la ou les longueurs d'onde produites par les semi-conducteurs.

Un compromis a été trouvé (1,3 et 1,5 micromètre de longueur d'onde) et les premières fibres optiques commencent à être installées en masse dès les années 1980. Elles ont maintenant tissé leur toile sur toute la planète, sur terre comme sous les océans. La téléphonie et Internet ne pourraient d'ailleurs plus s'en passer.

QUESTION DE COÛTS

«L'avantage des fibres optiques sur leur prédécesseur, les fils de cuivre, est énorme, mais il se résume essentiellement à une question de coût, souligne Nicolas Gisin. Le principal atout de la communication optique est la bande passante. On peut faire circuler beaucoup plus d'informations dans une fibre (sous forme de photons) que dans un fil métallique (sous forme d'électrons). Cela s'est encore amélioré dans les années 1990, lorsqu'a été développé le multiplexage.» Dans ce cas, on superpose dans la même fibre des signaux ayant des longueurs d'onde proches bien que différentes. Il suffit ensuite de les séparer à la sortie, ce qui se fait de manière courante aujourd'hui.

Résultat: si tous les habitants de Chine voulaient parler à tous les résidents d'Inde, ce milliard de communications pourrait passer simultanément dans un câble unique – constitué de nombreuses fibres optiques – dont le diamètre ne dépasserait pas une dizaine de centimètres. S'il était en cuivre, ce câble céderait sous son propre poids. ■

La musique et l'image sous laser

► Le disque compact est inventé en 1979, conjointement par les entreprises Philips (conception du disque et des lentilles de lecture) et Sony Corporation (définition du format et correction des erreurs de lecture). Il reprend et perfectionne une technologie développée pour le Laserdisc, un support conçu une année plus tôt et destiné à la vidéo.

► La surface du CD est parsemée de minuscules alvéoles qui réfléchissent le rayon laser émis par la tête de lecture. Un détecteur mesure les variations de la lumière réfléchie et les transforme en un code binaire (une succession de 1 et de 0).

► La taille des alvéoles dépend de la longueur d'onde du laser (un semi-conducteur) utilisé pour la lecture. Les CD utilisent une longueur d'onde de 780 nanomètres (à la limite de l'infrarouge). Ces galettes peuvent stocker jusqu'à 700 mégabyts (MB), soit près de 80 minutes de musique.

► Le succès commercial des CD a progressivement supplanté les disques en vinyle. La vente des premiers a dépassé celle des seconds à la fin des années 1980.

► En 1995 apparaît le DVD, développé par un consortium de dix firmes. Il sert principalement à l'enregistrement de données et de vidéo. Utilisant une longueur d'onde de 650 nm (rouge), plus petite que celle du CD, il permet un meilleur stockage de l'information. Un DVD (simple couche et simple face) peut contenir 4,7 gigabytes (GB).

► Les cassettes magnétiques VHS sont supplantées par les DVD dès les années 2000.

► Les progrès technologiques permettent de développer au début des années 2000



des lasers à semi-conducteur émettant dans la couleur bleue violette, c'est-à-dire d'une longueur d'onde nettement plus petite que le rouge.

► En 2006, le Blu-Ray Disc, ou BD, est commercialisé. Développé par un consortium de dix firmes, il bat tous les records de stockage d'information. Utilisant une longueur d'onde de 405 nm, une galette (simple couche et simple face) peut contenir jusqu'à 50 GB.

UN RAYON À TOUT FAIRE

De la médecine à l'industrie, en passant par les technologies de l'information et le code-barres, les applications du laser sont aujourd'hui très nombreuses. Petit inventaire

Il affûte les yeux. L'usage du laser pour des opérations ophtalmologiques est courant. Il permet de corriger la myopie, l'hypermétropie ou l'astigmatisme, mais aussi de traiter des affections comme la dégénérescence maculaire.

Il nettoie la peau. En dermatologie, le laser permet d'enlever tatouage et tache de vin ou d'épiler de façon permanente.

Il détruit le cancer. Le laser peut générer une lumière tueuse de cellules malades qui absorbent préférentiellement un marqueur chimique. La thérapie photodynamique permet une détection précoce et des traitements sélectifs pour certains cancers.

Il révèle le corps. La tomographie optique cohérente permet d'imager des tissus biologiques en trois dimensions.

Il usine les matériaux. Le laser permet de souder, plaquer, marquer, percer, découper ou encore découper sans contact mécanique. Utilisé dans l'industrie automobile, aéronautique, manufacturière ou électronique, il s'attaque à des matériaux aussi divers que le bois, le papier, le textile, le plastique, l'acier, le cuivre, etc.

Il micro-usine les matériaux. La précision du laser permet de réaliser des pièces à l'échelle du micron, soit du milliardième de mètre, notamment pour l'horlogerie. Il permet également de marquer des objets à cette échelle par exemple pour lutter contre la contrefaçon.

Il dessine. Le laser permet de dessiner des motifs (photolithographie), dont la précision est de l'ordre de la longueur d'onde, c'est-à-dire moins d'un micron.

Il prend des mesures. Le laser est devenu un outil de mesure. Il peut remplacer le fil à plomb ou le mètre dans les travaux de bricolage, per-



met de cartographier une scène de fouille archéologique, un château médiéval...

Il guide les avions. Les avions peuvent connaître leur position à tout moment grâce à des gyromètres laser.

Il fait l'addition. Les codes-barres utilisés entre autres sur les produits vendus dans les supermarchés sont lus grâce à un laser.

Il rajoute une dimension. L'holographie couleur permet de réaliser de la photographie d'art en trois dimensions, tandis que les shows laser font depuis longtemps partie du monde du spectacle.

Il assure la sécurité. Le laser est un élément essentiel pour la sécurisation de site ou de lieux (détection d'intrus, protection de frontières...).

Il sonde l'atmosphère. Le LIDAR et le Tera-mobile sont devenus des outils indispensables pour détecter et analyser les polluants atmosphériques.

Il stocke de l'information. Les CD, DVD et autres Blu-Ray fonctionnent grâce au laser.

Il informe et communique. Les fibres optiques dans lesquelles circule de la lumière de lasers sont utilisées par la téléphonie fixe et mobile ainsi que par Internet. ■

L'APPAREIL PHOTO DES CHIMISTES

Les chimistes disposent de lasers capables d'envoyer des impulsions lumineuses extrêmement brèves qui leur permettent d'étudier dans le détail les transformations subies par des molécules lors d'une réaction chimique ultra-rapide

Au XIX^e siècle, dans le milieu hippique, une polémique fait rage: un cheval au galop décolle-t-il ses quatre sabots du sol en même temps ou non? L'œil humain ne possède pas une résolution temporelle suffisante pour trancher la question. C'est pourquoi, en cette époque

ÉRIC VAUTHEY, professeur au Département de chimie physique, Faculté des sciences

1877, il dispose de 24 appareils photographiques le long d'une piste équestre et les déclenche au passage de la plus noble conquête de l'homme. Il décompose et recrée ainsi le galop du cheval et montre que l'animal passe à chaque foulée par une phase sans contact aucun avec le sol.

«La femtochimie poursuit le même but que Muybridge – décomposer et recréer le mouvement –, mais avec des molécules à la place des chevaux, explique Eric Vauthey. Dans le cas du galop du cheval, il a fallu décomposer une séquence qui dure environ une seconde. Dans notre laboratoire, une réaction chimique ultrarapide dure entre quelques dizaines et quelques centaines de femtosecondes (10^{-15} secondes).»

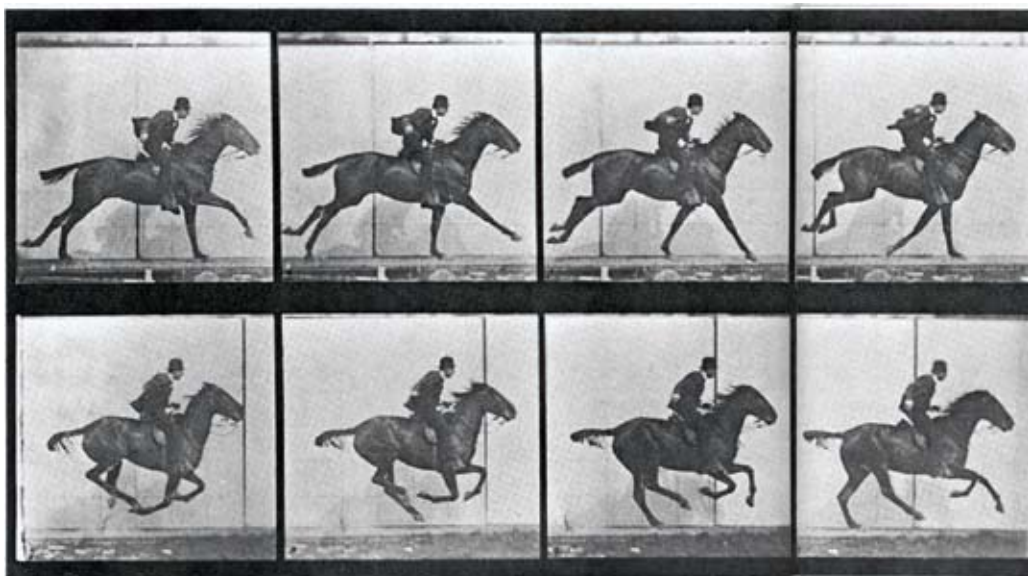
ETUDE DE LA PHOTOCHEMIE

Une femtoseconde est à la seconde ce que la seconde est à plus de 30 millions d'années. L'appareil photo des chimistes est donc forcément d'une autre facture que ceux du photographe du XIX^e siècle. Il s'agit en fait d'un laser capable de générer des impulsions lumineuses très courtes, de l'ordre de la centaine de femtosecondes.

«Notre domaine de recherche, ce sont les réactions photochimiques, précise Eric Vauthey. On les re-

d'avant cinéma, d'éminents spécialistes s'écharpent sur ce point important. Engagé par Leland Stanford, gouverneur de Californie et homme d'affaires passionné par le débat, le photographe américain W relève le défi et tente de résoudre l'énigme. En

par Leland Stanford, gouverneur de Californie et homme d'affaires passionné par le débat, le photographe américain W relève le défi et tente de résoudre l'énigme. En



Cette série de photos prises par le photographe américain Eadweard Muybridge aux alentours de 1887 permet de décomposer le mouvement du cheval au galop. Les chimistes utilisent le même principe pour étudier des réactions chimiques ultra-rapides à l'aide de lasers générant des impulsions lumineuses plus brèves qu'une nanoseconde (milliardième de seconde).

trouve dans la nature (dans les mécanismes de la vision et de la photosynthèse entre autres) ainsi que dans l'industrie et en médecine. Elles se déroulent lorsqu'une molécule est dans un état électronique excité, c'est-à-dire qu'elle vient d'absorber un grain de lumière (photon). Cette configuration permet à la molécule de subir des changements très rapides qui sont en général impossibles quand elle est «au repos».»

A titre d'exemple, l'un des processus photochimiques les plus rapides fait partie du tout premier rouage du mécanisme de la vision. Les bâtonnets et les cônes, les cellules de la rétine qui collectent la lumière, renferment des pigments (les rhodopsines) qui ressemblent à des pores, fermés par un «bouchon» (le rétinol). Quand ce dernier absorbe un photon, il change de forme et quitte sa position. Ouvertes, les rhodopsines laissent passer un flux d'ions dont le

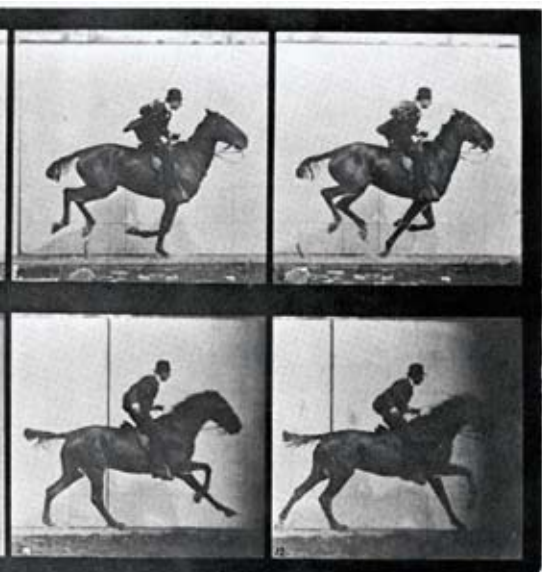
résultat est le déclenchement d'un signal nerveux en direction du cerveau. Le changement de forme du rétinol sous l'action de la lumière ne prend pas plus de 200 femtosecondes.

ETAPES INTERMÉDIAIRES

Les points de départ et d'arrivée des réactions photochimiques sont souvent connus, mais pas les étapes intermédiaires, trop éphémères. Ce sont pourtant elles qui déterminent la rapidité et la qualité de la réaction dans son entier.

Pour les étudier, les chercheurs soumettent un échantillon à un premier train d'impulsions extrêmement brèves envoyées par leur laser. «Elles durent typiquement de 10 à 100 femtosecondes et servent à placer les molécules que l'on veut étudier en état d'excitation», souligne Eric Vauthey.

Une portion du faisceau laser est déviée pour qu'elle prenne un chemin un peu plus long avant de frapper la même cible. Le dispositif est conçu de telle manière que chaque impulsion du faisceau primaire est suivie de près par une impulsion du faisceau secondaire. Cette dernière est le coup de sonde qui analyse les propriétés optiques de l'échantillon quelques «femto-instants» après son excitation.



Si les deux impulsions arrivent en même temps, on obtient la première «photo» de la réaction chimique, c'est-à-dire le moment de l'excitation. En rallongeant le chemin du faisceau secondaire d'un dixième de millimètre par exemple, on prend une photo de la situation 330 femtosecondes après le début de la réaction.

«Ce qui est formidable avec les lasers, c'est que l'on peut exploiter des effets d'optique non linéaire qui nous simplifient la tâche, explique le chimiste genevois. Ainsi, grâce à quelques aménagements sur la table optique, au lieu d'une impulsion monochromatique, c'est une lumière blanche, couvrant tout le spectre de la lumière visible, qui vient frapper l'échantillon. Nous pouvons donc à chaque coup de sonde obtenir le spectre d'absorption complet de la molécule, ce qui représente en quelque sorte son empreinte digitale. En suivant l'évolution de ce spectre pas à pas sur plusieurs milliers de femtosecondes,

nous pouvons déterminer par quelle transformation chimique passe notre échantillon tout au long de la réaction.»

Les travaux du chimiste genevois s'ouvrent sur de nombreuses applications, notamment du point de vue de la recherche fondamentale. Eric Vauthey collabore ainsi avec Stefan Matile, professeur au Département de chimie organique, qui développe des pigments capables de reproduire artificiellement la photosynthèse. Il étudie en détail le déroulement des réactions qui entrent en jeu dans ce processus, réactions qui ne dépassent pas les centaines de femtosecondes.

PEINTURE SUR CANETTES

L'industrie et la médecine sont elles aussi friandes de photochimie. Si la photographie argentique (qui fonctionne sur ce principe) est en train de passer de mode et ne mobilise plus de grands efforts de recherche, il en va autrement de la photopolymérisation. Cette technique est utilisée notamment dans le traitement des caries (en remplacement des plombages), ainsi que dans l'application de peinture sur les cannettes de limonade, de bière et autres. Une pâte est déposée en fine couche sur la boîte et se solidifie instantanément sous l'action de rayons ultraviolets. C'est une méthode rapide et propre, puisque les solvants ne sont plus nécessaires.

Un des soucis de l'industrie est de trouver les bons pigments qui absorbent les bonnes couleurs, ne fluoresçant pas et, surtout, ne déclenchant pas de réactions photochimiques indésirables. De plus, l'énergie de ces molécules excitées doit être dissipée de manière rapide et efficace sous forme de chaleur, sinon le pigment risque d'être détruit.

«L'ADN représente un exemple remarquable de la conversion ultra-rapide de cette énergie d'excitation en chaleur, note Eric Vauthey. Les bases de la double hélice, lorsqu'elles absorbent les rayons ultraviolets du Soleil, retombent dans leur état fondamental en quelques centaines de femtosecondes. Pendant ce bref instant, la température des bases monte cependant à un niveau très élevé. Mais, grâce à des processus dont le mécanisme exact, étudié entre autres à l'Université de Genève, n'est pas encore totalement compris, l'ADN parvient à dissiper cette énergie de manière très efficace et évite ainsi d'être détruit. La plupart du temps, du moins. Car l'apparition du mélanome est lui aussi un résultat, indésirable cette fois, de la photochimie.» ■

Neuf Nobel pour un rayon

► **1964:** Charles H. Townes, Alexander M. Prokhorov, et Nicolay G. Basov pour leur travail théorique ayant conduit au premier laser construit par Théodore Maiman.

► **1966:** Alfred Kastler pour la découverte et le développement du pompage optique, permettant en particulier l'inversion de population dans les lasers.

► **1981:** Nicolaas Bloembergen et Arthur L. Schawlow pour leurs contributions décisives à la spectroscopie laser et à l'optique non linéaire, dans le prolongement immédiat des travaux initiaux sur les lasers.

► **1989:** Norman F. Ramsey pour ses travaux sur le maser à hydrogène et la méthode de résonance ayant conduit à la réalisation d'horloges atomiques.

► **1997:** Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, et William D. Phillips pour le refroidissement et le piégeage d'atomes à l'aide de lumière laser.

► **1999:** Ahmed Zewail (chimie) pour l'utilisation de lasers femtosecondes en spectroscopie, permettant d'observer le mouvement des atomes dans une molécule au cours d'une réaction chimique.

► **2001:** Eric A. Cornell, Wolfgang Ketterle, et Carl E. Wieman pour la réalisation des condensats de Bose-Einstein, un nouvel état de la matière, en utilisant les techniques de refroidissement d'atome par laser.

► **2005:** John L. Hall et Theodor W. Hänsch pour le développement de spectroscopie laser à haute précision, en particulier grâce aux peignes de fréquence optiques basés sur l'utilisation de lasers à impulsions ultra-brèves.

► **2009:** Charles K. Kao (Université de Hongkong, Chine) pour ses recherches sur la transmission de lumière dans les fibres optiques, et pour moitié à Willard S. Boyle et George E. Smith (Bell Labs, Etats-Unis) pour leur invention d'un dispositif opto-électronique de capture d'image, autrement dit le capteur CCD

source: www.5oansdulaser.fr

«Nous sommes des gérants malappris»

Biologiste, généticien des populations, écrivain et chroniqueur radiophonique, Albert Jacquard reste, à 84 ans, un infatigable brasseur d'idées. Rencontre, à l'occasion de son passage à Genève dans le cadre d'une conférence organisée par l'Institut romand de systématique et d'éthique

L'idée que vous êtes venu défendre à l'invitation de l'Institut romand de systématique et d'éthique est que les humains sont «copropriétaires» de la planète. Qu'entendez-vous par là?

ALBERT JACQUARD: Sur ce point, je me situe dans la droite ligne de ce que disent les théologiens. Au moment de la Création, Dieu dit ainsi aux animaux: «Toi tu seras la girafe, toi tu seras le rhinocéros et vous n'avez plus qu'à proliférer sur la Terre.» La seule espèce à qui il en dit un peu plus, c'est la nôtre. A l'homme, le Créateur dit en effet: «A toi, il t'incombe de remplir la Terre et de la soumettre.» Cela signifie que la Terre a un maître et que ce maître, c'est moi,

Est-ce à dire que nous allons tout droit à la catastrophe?

Tout est prêt pour que l'explosion ait lieu. Depuis quelques décennies, la destruction de l'humanité est entre ses mains. Dès lors, la question qui se pose est de savoir si on choisit de détruire notre planète pour le plaisir de faire un grand «boum» ou si l'on essaie de la faire durer. L'évidence me semble grande que nous ne sommes pas là pour la détruire.

Que faire dès lors?

Commencer par prendre conscience du devoir que nous avons envers la planète, qui est de la laisser – ou plutôt de la mener – vers un état

moins d'essayer de sauver l'humanité du suicide collectif auquel elle s'est préparée. Il y en a peut-être pour un siècle, mais il faut impérativement dénucléariser la planète. Sans quoi cela peut exploser du jour au lendemain.

Vous insistez également sur le rôle de l'éducation. En quoi est-il nécessaire de changer notre manière de penser l'école?

Ce qui fait que les hommes sont ce qu'ils sont, ce sont leurs échanges, autrement dit: leur capacité à dialoguer. Or, l'école, telle qu'elle est conçue aujourd'hui, est fondée sur la notion de compétition. C'est une machine à fabriquer des polytechniciens. Et, lorsqu'on fabrique des gagnants, on produit aussi des perdants. La logique de l'ascenseur social n'a aucun sens. Il faut en sortir.

Que proposez-vous?

De substituer le principe de coopération à celui de compétition. La vraie finalité de l'école, c'est d'apprendre à chaque individu à rencontrer les autres pour se construire plutôt que se battre contre les autres pour les dominer. L'école apporte aux élèves les savoirs indispensables, notamment ceux que l'on présente avec emphase comme fondamentaux: lire, écrire, compter comme s'il n'était pas aussi fondamental de savoir écouter, s'exprimer, questionner, c'est-à-dire rencontrer l'autre.

Que répondez-vous à ceux qui pensent que le meilleur moyen de sauver la planète est de la débarrasser de l'homme?

Qu'il ne faut pas se tromper de combat. Cette planète n'a rien de merveilleux en tant que telle. Elle n'est belle que lorsque je la regarde.

«Si, pour sauver l'homme, il fallait un petit peu détruire la planète, je ne serais pas contre»

l'homme, avec quelques-uns de mes semblables. Cette délégation de pouvoir sur le monde est une responsabilité d'autant plus grande que nous n'irons pas ailleurs. Il faut se résoudre à l'idée que nous sommes assignés à résidence sur la Terre à perpétuité. Il n'y a pas de quoi être triste. En revanche, on peut être inquiet.

De quoi?

De la façon dont nous gérons le pouvoir qui nous a été attribué, car nous sommes des gérants malappris.

tel que nos enfants pourront survivre le plus longtemps possible. Maintenant que nous avons acquis et accumulé tous les pouvoirs, il est temps de réfléchir à la manière de les utiliser convenablement.

Et comme vous l'expliquez dans votre dernier ouvrage («Le Compte à rebours a-t-il commencé?», Stock 2009), cela passe tout d'abord par l'éradication des armes de destruction massive?

C'est en effet le danger le plus urgent à mes yeux. Faute de mieux, nous nous devons au



Sans quoi, elle n'existe pas. Ce qui est la merveille, c'est moi, l'être humain. Plutôt que de tout faire pour sauver la Terre, il s'agit donc de tout faire pour sauver une planète sur laquelle l'humanité pourra continuer à se développer. Car ce qui m'importe, au fond, c'est de sauver l'homme. Et si pour sauver l'homme, il fallait un petit peu détruire la planète, je ne serais pas contre.

Les résultats du sommet de Copenhague ont été largement critiqués. Partagez-vous cette déception?

Ce type d'action est nécessaire, mais là encore, le problème a été mal posé: on y a beaucoup trop parlé de la planète et pas assez de l'humanité.

Vous qui avez été parmi les premiers à sensibiliser l'opinion à l'importance de l'environnement, faites-vous le même reproche aux films de Nicolas Hulot («Le Syndrome du Titanic»), de Yann Arthus-Bertrand («Home») ou de Jacques Perrin («Océans»), qui mettent en scène une nature idéale confrontée à une humanité destructrice?

Disons simplement que c'est une vision que je ne partage pas.

Comment l'observateur que vous êtes analyse-t-il la crise financière que nous venons de traverser?

J'ai d'abord eu le sentiment que cette crise était une chance, qu'elle pouvait tout changer. Mais, il faut se rendre à l'évidence, le drame n'a visiblement pas été d'une ampleur suffisante pour provoquer le déclin espéré et on a vu ressurgir très rapidement les anciens travers, à commencer par les fameux bonus. Le système financier que nous avons mis en place a certainement des vertus cachées qui font qu'il dure, mais à quel prix? Même ceux qui ont les moyens de s'acheter une Rolex à 50 ans semblent ne pas s'en contenter. Et je dois dire que je les comprends. Ce qui nous manque, c'est un grand projet pour l'humanité qui ne passe ni par la destruction des ressources naturelles ni par une croissance impériale.

A cet égard, vous préférez la notion de croissance soutenable à celle de développement durable, pourquoi?

Elle recouvre mieux l'objectif à atteindre, qui est de parvenir à détruire de moins en moins notre planète. Toute atteinte aux richesses non renouvelables est, par définition, irréver-

sible. Donc, on n'a pas le droit d'y toucher. Mettre fin au pillage des ressources de la planète ne se fera pas en un jour. Il faudra sûrement un bon siècle pour retrouver un équilibre entre ce que la terre produit et ce que nous consommons. Par conséquent, il faut s'y mettre immédiatement. Tout le monde semble d'ailleurs d'accord sur le fait que cela ne peut pas durer longtemps au rythme actuel. Mais personne ne fait rien, car agir efficacement suppose une gouvernance globale. Il faut en finir avec l'autorité locale que chaque pays prétend avoir au travers de l'Etat-nation pour être en mesure de construire une vraie démocratie collective.

Qu'est-ce qui fait qu'à 84 ans vous conservez un tel optimisme?

J'ai des petits-enfants et je reste fasciné par la magie et la complexité de la vie humaine, par la magie de la conscience qui nous distingue de tous les autres êtres vivants. ■

Propos recueillis par Vincent Monnet

Aux Comores, sur la piste des chauves-souris

Une nouvelle espèce de chauve-souris a été découverte sur l'île d'Anjouan par une équipe de biologistes genevois. A l'œil nu, seuls de très légers indices permettent de distinguer «*Miniopterus aelleni*» de sa proche cousine «*Miniopterus griveaudi*»

C'est une petite boule de poils pesant à peine 5 grammes pour 9 centimètres de long. Baptisée *Miniopterus aelleni*, en hommage au professeur Villy Aellen, directeur du Muséum de Genève de 1969 à 1980, elle appartient au sous-ordre des microchiroptères et a rejoint l'an dernier les quelque 1200 espèces de chauve-souris connues à ce jour.

Réalisée aux Comores, cette découverte peu commune – en moyenne dix nouvelles espèces de mammifères seulement sont identifiées

chaque année dans le monde depuis l'an 2000 – a valu à son auteure, Nicole Weyeneth, chercheuse affiliée au Muséum d'histoire naturelle et au Département de zoologie et de biologie animale de la Faculté des sciences, le Prix d'excellence 2009 de l'Association genevoise des femmes diplômées des universités. Une distinction d'autant plus méritée

que les différences entre *Miniopterus aelleni* et sa proche cousine *Miniopterus griveaudi*, avec laquelle elle vit en parfaite sympathie, sont tout à fait invisibles à l'œil nu et que le séjour aux Comores de l'expédition genevoise ne fut pas de tout repos. La faute à la chaleur, à l'humidité, au manque d'eau, qui interdisait à l'équipe de chercheurs de prendre plus d'une douche tous les cinq ou six jours, ainsi qu'au zèle des services de sécurité présidentiel de l'île d'Anjouan.

Qu'on ne s'y trompe pas en effet. Malgré des paysages idylliques, l'archipel des Comores, sis dans le canal du Mozambique, n'est pas vraiment un paradis pour scientifiques en villégiature. «*A l'exception de Mayotte, qui est française et*

où le niveau de vie est plus élevé, la population des Comores vit dans une situation de grande pauvreté, explique Nicole Weyeneth. Si bien qu'il n'est pas rare que les grandes espèces de chauves-souris se retrouvent au menu des plus démunis. Les touristes étant par ailleurs peu nombreux, l'arrivée d'un groupe de Blancs a tendance à générer un sentiment où la surprise se mêle à la méfiance. Et c'est encore plus vrai lorsqu'il s'agit d'une femme dont les recherches portent précisément sur les chauves-souris.»

PREMIER INVENTAIRE

C'est par le biais de la génétique des populations que l'intérêt de Nicole Weyeneth s'est porté sur la grande famille des chiroptères.

NICOLE WEYENETH/MUSÉUM DE GENÈVE



Après une maîtrise en biologie à l'Université de Berne consacrée aux colonies d'abeilles en Suisse, elle gagne Genève en 2006 avec l'idée de poursuivre dans cette voie. Au contact du groupe dirigé par Manuel Ruedi, au Muséum d'histoire naturelle, elle commence toutefois à s'intéresser aux possibilités offertes par les recherches sur les murins. Fort d'une solide expertise dans le domaine, le Muséum, qui abrite le Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, participe en effet à plusieurs programmes sur l'évolution de ces mammifères volants. Réalisé en collaboration avec des équipes américaine, comorienne et malgache, le premier

NICOLE WEYENETH, doctorante au Département de zoologie et de biologie animale, Faculté des sciences



MANUEL RUEDI/MUSÉUM DE GENÈVE

Pesant 5 grammes pour 9 centimètres de long, «*Miniopterus aelleni*» est la dixième espèce de chauve-souris identifiée aux Comores.



Durant les cinq semaines passées sur l'archipel des Comores, l'équipe de Manuel Ruedi a capturé près de 300 spécimens de chauve-souris.

grand inventaire des populations de chauves-souris de Madagascar et des Comores en fait partie. Le projet servira de cadre à la thèse de la jeune chercheuse.

PIÈGES NOCTURNES

C'est ainsi que l'équipe de Manuel Ruedi met le cap sur l'archipel des Comores, avec pour objectif principal d'évaluer et d'échantillonner les populations de chauves-souris, tout en identifiant les différentes espèces peuplant l'archipel.

«De jour, l'étude des animaux est relativement aisée, même si elle implique parfois de longues marches d'approche», explique Nicole Weyeneth. Il suffit de se rendre dans les grottes ou les combles de certains bâtiments publics – notamment les écoles – en veillant à ne pas faire trop de bruit pour attraper les animaux durant leur repos. L'opération peut être effectuée à la main ou en utilisant un filet à papillon.» De nuit, la tâche est un peu plus ardue. Attraper une chauve-souris en plein vol dans le noir étant un exercice délicat, l'équipe de Manuel Ruedi a utilisé des filets de 6 à 12 mètres de long. Un dispositif installé à la sortie des grottes ou sur des lieux de passages, par exemple, à proximité des rivières où les animaux viennent se désaltérer une fois la nuit tombée. «Toute la difficulté de l'exercice consiste à bien choisir le site», précise Nicole Weyeneth. Si le passage est trop largement ouvert, les chauves-souris évitent les filets et ne se font pas piéger. Il faut donc privilégier les couloirs dessinés par des arbres afin que les animaux n'aient pas d'autre choix que de passer par ce chemin.»

Plutôt anodines en apparence, ces sorties nocturnes ont pourtant bien failli compromettre la bonne marche de l'expédition. Un matin, sur l'île d'Anjouan, le guide local prévient en

effet l'équipe de chercheurs que la sécurité de ses membres n'est plus assurée et que toute sortie pourrait s'avérer dangereuse ou suspecte. «Nous sommes restés cloîtrés dans une hutte du campus universitaire durant deux jours en attendant que les choses s'arrangent», explique Nicole Weyeneth. *Tout cela parce qu'une nuit, sans le savoir, nous nous étions rendus aux abords d'une chute d'eau se trouvant à proximité de la villa du président. Les responsables de la sécurité nous ont aperçus dans l'obscurité et, chargés de notre matériel photographique et de capture, ils nous ont pris pour de dangereux espions. A leur décharge, il faut dire que le passé de cet archipel a été ponctué par plusieurs interventions de mercenaires étrangers. Heureusement, nous avions profité de la soirée passée sur place pour récolter les spécimens dont nous avions besoin, car après cela il n'était plus question de retourner sur les lieux.»*

FAUX JUMEAUX

Malgré cette péripétie, l'équipe de Manuel Ruedi parvient à capturer près de 300 spécimens de chauves-souris au cours des cinq semaines passées sur l'archipel. Retenus dans de petits sachets en toile, les captifs se voient prélever un minuscule échantillon d'aile, procédé qui n'altère en rien leur capacité à voler, avant d'être pesés et mesurés. La plupart d'entre eux seront ensuite relâchés. Quelques individus sont cependant euthanasiés à des fins d'analyse en laboratoire. Une précaution sans laquelle *Miniopterus aelleni* serait probablement demeurée quelques années encore dans l'anonymat. A l'œil, seuls de subtils détails du crâne

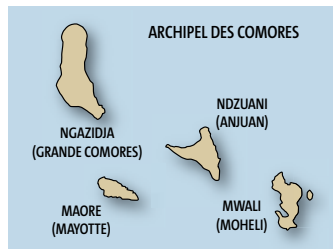
distinguent en effet cette nouvelle espèce de sa proche cousine, *Miniopterus griveaudi*. «Les deux espèces partagent le même habitat et la même nourriture sans problèmes apparents», explique Nicole Weyeneth. Elles sont également très proches sur le plan morphologique et ce n'est qu'en effectuant des examens génétiques en laboratoire que nous nous sommes aperçus que ces animaux appartenaient à deux groupes taxonomiques différents.»

ORIGINE MALGACHE

Cerise sur le gâteau, l'analyse de l'ADN des spécimens ramenés à Genève a également permis de préciser le scénario de colonisation de la région. «Les Comores forment un groupe d'îles volcaniques relativement jeunes sur le plan géologique, puisque la plus ancienne est âgée de 15 millions d'années, tandis que la plus jeune a émergé il y a 500 000 seulement», commente Nicole Weyeneth. Plusieurs hypothèses ont été discutées pour expliquer leur peuplement, certains défendant une provenance africaine, tandis que d'autres penchaient pour une origine malgache. Les analyses moléculaires que nous avons effectuées à notre retour ont démontré que les deux espèces de chauve-souris sur lesquelles mon travail s'est concentré proviennent bel et bien de Madagascar, où on les trouve également, même si jusqu'ici *Miniopterus aelleni* avait parfaitement réussi à échapper à l'attention des biologistes.» ■

Vincent Monnet

«Evolution biogéographique et conservation des chauves-souris de Madagascar», thèse de doctorat réalisée par Nicole Weyeneth, sous la dir. du Dr Manuel Ruedi, conservateur au Département de mammalogie et d'ornithologie du Muséum d'Histoire naturelle de Genève.



Denis de Rougemont, le passeur de rêves

Fondateur de l'Institut européen, comptant parmi les instigateurs du CERN, l'écrivain neuchâtelois fut également un des pionniers de l'écologie politique en s'engageant dès la fin des années 1970 pour le respect de l'environnement

«Rien ne devient jamais réel qui n'ait d'abord été rêvé», disait-il. Grande figure littéraire du Paris des années 1930, théoricien d'une Europe fondée sur la culture et la citoyenneté régionale, pionnier de l'écologie politique, Denis de Rougemont s'est consacré toute sa vie durant à une utopie: donner à l'homme les moyens de s'assurer un avenir meilleur en bâtissant une société à sa hauteur.

Cet objectif, il l'a d'abord pourchassé dans ses livres, dont le plus connu, *L'Amour de l'Occident*, paraît à la veille de la Deuxième Guerre mondiale et connaît un succès planétaire. L'idée est également au centre de ses réflexions sur l'intégration européenne, dans lesquelles les notions de culture et de région sont appelées à jouer un rôle de premier plan. Et c'est encore elle, qui va le pousser, à la fin des années 1970, à devenir l'un des pionniers de ce qu'on appelle aujourd'hui l'écologie politique.

DES PORTES SUR L'AVENIR

«Rougemont est un intellectuel d'une envergure comparable à celle de Sartre ou de Malraux», explique François Saint Ouen, chargé de cours à l'Institut européen, qui fut son collaborateur entre 1979 et 1985 avant de devenir secrétaire de la Fondation Denis de Rougemont pour l'Europe. *Au travers de ses nombreux engagements, il n'a cessé d'ouvrir des portes sur l'avenir en cherchant à montrer qu'un autre chemin était possible. Ce n'est pas un homme du passé dans la mesure où la plupart des idées qu'il a exprimées conservent aujourd'hui encore toute leur actualité.*»

Originaire de Neuchâtel, où il a suivi les cours d'un certain Jean Piaget durant ses études universitaires, c'est à Paris et grâce à sa plume que Denis de Rougemont se fait un nom. Proche d'intellectuels comme Emmanuel Mounier, Alexandre Marc ou Arnaud Dandieu, il connaît un premier succès en 1937 avec son *Journal d'un intellectuel au chômage*, dans

lequel il relate son exil volontaire sur l'île de Ré, en Bretagne. Cofondateur des revues *Esprit* et *L'Ordre nouveau*, il collabore dans les années suivantes à la prestigieuse *Nouvelle Revue française* (NRF) et c'est également lui qui introduit en France l'œuvre de Soren Kierkegaard et de Karl Barth.

Idéaliste fortement empreint d'éthique protestante, Denis de Rougemont ne pouvait logiquement se taire devant la montée des totalitarismes qui marque la période de l'entre-deux-guerres. Mobilisé dès 1939 dans l'armée suisse, il fonde en juin 1940, avec le professeur Theophil Spoerri, la Ligue du Gothard, organisation dont l'objectif est de résister «à tout prix» à Hitler. Au même moment, alors que les

«De loin, écrit-il alors, l'Europe est évidente». Et même si les ressortissants du Vieux Continent se distinguent par un «goût furieux de différer», leur unité ne fait guère de doute à ses yeux. «Pour Rougemont, ce qui fait l'Europe, c'est d'abord et surtout l'existence d'une culture commune, précise François Saint Ouen. Fruit d'une union très particulière des sciences et des techniques, celle-ci se matérialise notamment par toute une série de courants de pensée qui ont largement dépassé les frontières nationales comme le baroque, le gothique ou le romantisme, le marxisme ou le libéralisme.»

Très méfiant à l'égard des technocrates comme des gouvernements, dans lesquels il ne voit qu'une «amicale des misanthropes», Rougemont oppose par ailleurs à l'Europe des

Rougemont souhaite une Europe qui rendrait à ses citoyens les moyens de faire entendre leur voix sans être écrasés par le pouvoir politique

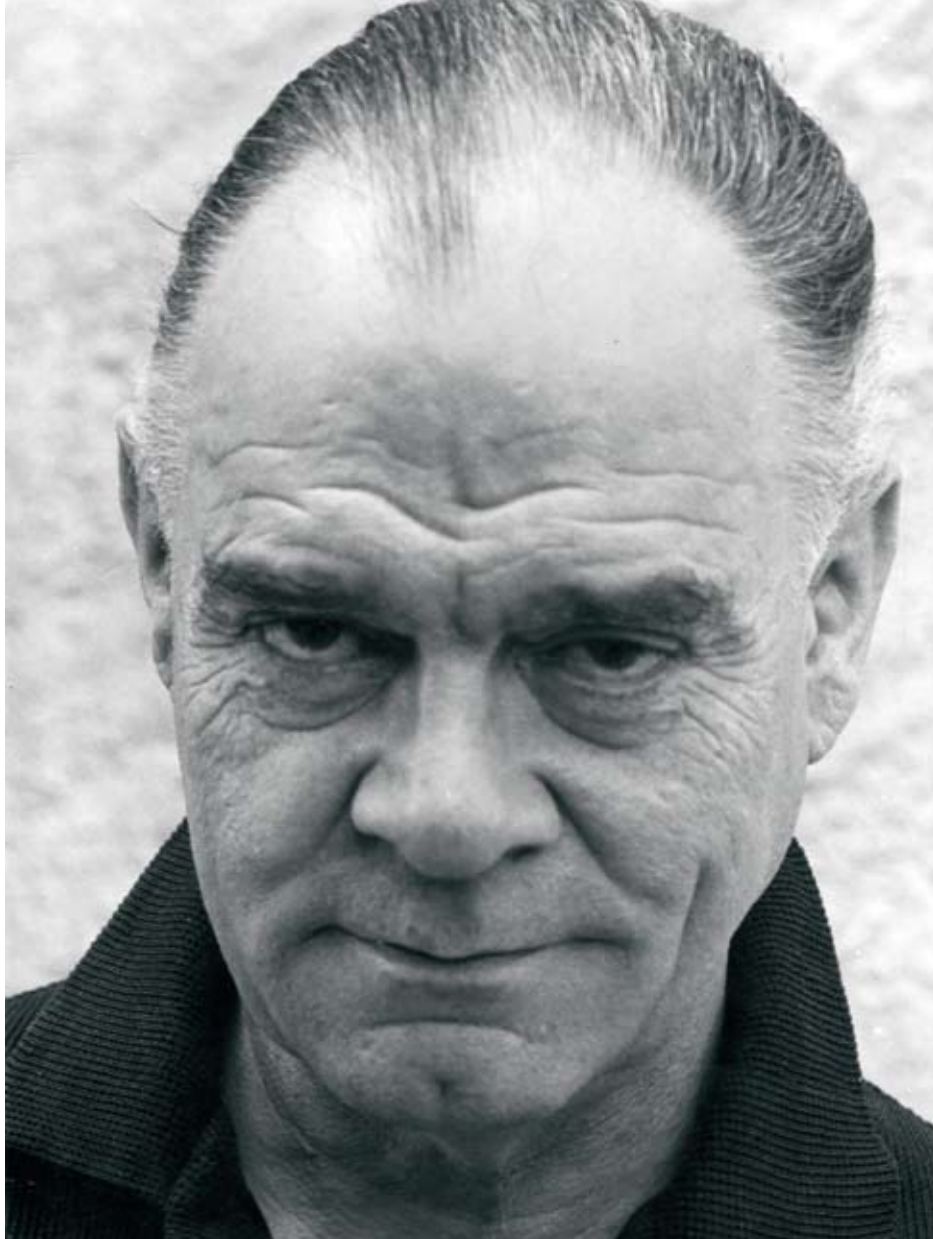
troupes du Reich font leur entrée à Paris, il signe dans la *Gazette de Lausanne* un article dont la véhémence lui vaut d'être envoyé aux Etats-Unis par les Autorités fédérales pour une mission de conférence. Cette mise à l'écart, qui va se prolonger jusqu'en 1947, aura une influence considérable sur la pensée de Rougemont.

L'AMICALE DES MISANTHROPES

Après l'explosion des deux bombes atomiques à Hiroshima et Nagasaki, l'écrivain est en effet convaincu que la paix ne peut désormais être assurée qu'à l'échelle de la planète. Il plaide donc dès lors pour la constitution d'une fédération mondiale dont l'Europe serait un premier embryon.

nations souhaitée par certains, l'idée d'une Europe des régions fondée sur des entités de taille restreinte, pouvant parfois être transnationales, et qui rendrait à ses citoyens les moyens de faire entendre leur voix sans être écrasés par le pouvoir politique.

C'est au nom de cet idéal qu'il participe, en 1948, au Congrès de La Haye, dont il rédige la déclaration finale, le fameux *Message aux Européens*, texte qui jette notamment les bases du Conseil de l'Europe et la Cour européenne des droits de l'homme. C'est encore la même idée qui motive la création du Centre européen de la culture – qui ouvre ses portes à Genève en 1950 – et qui le pousse à appuyer la création d'une institution destinée à fédérer



MANIK DE ROUGEMONT, BIBLIOTHÈQUE PUBLIQUE ET UNIVERSITAIRE, NEUCHÂTEL

Avec la publication de «L'Avenir est notre affaire» en 1977, Denis de Rougemont livre un véritable plaidoyer pour la protection de l'environnement.

les savants européens autour d'enjeux dépassant les ressources intellectuelles des nations: le futur CERN.

VERS UNE ENTENTE GLOBALE

En 1963, c'est toujours le même objectif qui amène Denis de Rougemont à fonder l'Institut universitaire d'études européennes – devenu aujourd'hui l'Institut européen de l'Université de Genève – une structure qui se distingue d'emblée par la large place accordée non seulement au droit, à l'économie, à l'histoire ou à l'administration publique, mais également à l'histoire de la culture européenne.

Penser l'Europe n'empêche cependant pas Rougemont de voir au-delà. «*Dès les années 1950, alors que l'Occident se perçoit encore essentiellement comme le garant des valeurs démocratiques, de l'économie de marché et de la laïcité à travers le monde, Denis de Rougemont invente l'idée du dialogue des cultures*, explique François Saint Ouen. *Selon lui, l'Europe ne peut fonctionner en vase clos. Pour assurer une paix durable, il est*

donc nécessaire d'instaurer un véritable dialogue avec les autres parties du monde en cherchant à identifier un certain nombre de bases communes sur lesquelles bâtir une entente globale.»

Précurseur, Rougemont l'est également en matière d'écologie. En 1977, avec la publication de *L'avenir est notre affaire*, il signe en effet ce qui sonne comme un véritable plaidoyer pour la protection de l'environnement. Dans cet ouvrage, l'écrivain, pour qui «*le civisme commence au respect des forêts*», défend l'idée que l'être humain n'est pas propriétaire de la planète et qu'il faut trouver une relation positive avec la nature. Effrayé par l'obsession du profit à court terme, il y dénonce les ravages des compagnies multinationales, la menace nucléaire, le culte de la croissance économique indéfinie et éternelle, la centralisation technocratique, la commercialisation des êtres et du monde, le pillage de la planète, la religion de l'automobile. Tout un programme, en somme, que, depuis, beaucoup ont fait leur. ■

Vincent Monnet

Dates clés

- 1906 Naissance à Couvet (Neuchâtel)
- 1930 S'installe à Paris
- 1936 Publication de «Penser avec les mains»
- 1937 Publication de «Journal d'un intellectuel au chômage»
- 1939 Publication de «L'Amour et l'Occident»
- 1940 Publication de «Mission ou démission de la Suisse», création de la Ligue du Gothard
- 1941 Mission de conférence aux Etats-Unis
- 1948 Congrès de La Haye
- 1949 Première Conférence européenne de la culture à Lausanne
- 1950 Fondation du Centre européen de la culture
- 1963 Fondation de l'Institut universitaire d'études européennes à la Villa Moynier
- 1977 Publication de «L'Avenir est notre affaire»
- 1985 Décès à Genève

La solitude du légiste



A l'automne 1943, François Naville, professeur à la Faculté de médecine et directeur de l'Institut de médecine légale de l'Université de Genève, quitte la gare Cornavin à destination de la ville polonaise de Smolensk pour un voyage qui va profondément bouleverser le cours de son existence. Membre d'une commission d'experts chargée de désigner les responsables du massacre de plus de 20 000 officiers polonais dans la forêt de Katyn, le professeur genevois conclut rapidement à la culpabilité des Soviétiques. Ce verdict, qui ne sera officiellement confirmé qu'en octobre 1992, soulève une véritable tempête. Lâché par le Conseil fédéral et le CICR, Naville est victime d'une vaste campagne de discrimination orchestrée par les communistes. A Genève, mis en cause par un député du Parti du travail, il est contraint de se justifier devant le Grand Conseil. Jamais, pourtant, il ne reviendra sur ses conclusions. Au centre de cet ouvrage collectif issu d'un colloque organisé par le CICR et l'UNIGE en 2007, l'affaire de Katyn est exemplaire des difficultés auxquelles doivent faire face les spécialistes de la science forensique lorsqu'ils sont chargés d'intervenir lors d'une crise humanitaire. Soumis à la pression des médias, de la justice et du monde politique, le légiste est en effet la plupart du temps seul face au crime qu'il est supposé élucider. Loin du confort de son laboratoire, plongé dans un contexte souvent hostile et confronté à des situations soulevant une forte charge émotionnelle, il se doit de faire la part des choses entre ce qui relève de sa sensibilité personnelle et ce que lui dicte la vérité scientifique. Un dilemme moral d'autant plus lourd à assumer que sa parole a acquis un poids considérable devant les tribunaux. **VM**

«KATYN ET LA SUISSE. EXPERTS ET EXPERTISES MÉDICALES DANS LES CRISES HUMANITAIRES, 1920-2007», DELPHINE DEBONS, ANTOINE FLEURY, JEAN-FRANÇOIS PITTELOUD (ÉD), GEORG, 431 P.

Auteures en équilibre



Nombreuses sont les femmes écrivains qui incitent au métissage culturel. Celles qui se déracinent ou s'expatrient, par le choix d'une autre langue ou par leur activité de traductrice, semblent aussi repousser les parois qui séparent un genre sexué de l'autre. Comme si le passage des frontières linguistiques ouvrait de nouvelles perspectives sur les rôles masculin et féminin. C'est ce que cernent les auteures de cet ouvrage en présentant les œuvres d'écrivaines très diverses, qui, au fil de l'histoire littéraire internationale, semblent toutes avoir partagé une condition d'équilibriste faisant le grand écart entre les mondes, les genres et les cultures. Ainsi de l'écrivaine Ahdaf Soueif par exemple, qui réinvente des personnages de fiction emblématiques (le traducteur, l'explorateur, la servante...) :

avec elle, l'Égypte d'expression anglaise revisite les stéréotypes véhiculés par la littérature occidentale sur l'Orient. Ou de Nihal Yeginobali, qui, pour parvenir à être éditée, soumet un projet de traduction vers le turc d'un récit qu'aurait signé un hypothétique écrivain américain, Vincent Ewing; son roman et les moyens déployés pour le faire paraître relèvent de l'art consommé du travestissement, couplé à ceux du mensonge et du jeu identitaire autour du nom de plume... Le collectif, placé sous la direction de trois chercheuses parmi lesquelles Agnese Fidecaro, chargée de cours en études genre à la Faculté des lettres, trouve très justement sa place aux jeunes éditions MétisPresses, nées de la conviction qu'il manque, dans le paysage éditorial francophone, une maison qui témoigne de la porosité et des contagions existant entre des champs disciplinaires traditionnellement séparés. **Sylvie Déléze**

«FEMMES ÉCRIVAINS À LA CROISÉE DES LANGUES 1700-2000 / WOMEN WRITERS AT THE CROSSROADS OF LANGUAGES 1700-2000 », AGNESE FIDECARO, HENRIETTE PARTZSCH, SUZAN VAN DIJK ET VALÉRIE COSSY (SOUS LA DIR. DE), ÉDITIONS MÉTISPRESSES, 316 P.

Le droit au secours du sport

Les grands événements sportifs tels que la Coupe du monde et le Championnat d'Europe de football ou encore les Jeux olympiques génèrent aujourd'hui des bénéfices qui se chiffrent en milliards d'euros. Face à de tels enjeux économiques, comment protéger les droits des organisateurs et des sportifs en matière de propriété intellectuelle? Premier volume d'une série destinée à rendre publiques



les contributions des Journées de droit de la propriété intellectuelle, ce bref ouvrage bilingue (français/anglais) a pour ambition de faire le point sur quelques points essentiels pour l'avenir du sport pro-

fessionnel. C'est le cas du marketing sauvage (*ambush marketing*), pratique qui vise à profiter gratuitement des effets positifs d'un événement sportif en termes de notoriété et d'image au détriment des sponsors officiels. Cause de nombreuses complications, la protection des marques d'institutions sportives comme l'UEFA ou les Jeux olympiques est aussi abordée par les différents contributeurs rassemblés par Jacques de Werra, professeur aux Départements de droit civil et commercial. De même que l'efficacité des mesures permettant de protéger des informations confidentielles, notamment dans des disciplines hautement technologiques comme la formule 1 ou la voile. Les auteurs insistent enfin sur la nécessité de façonner de nouvelles règles en ce qui concerne la protection et l'exploitation des droits de la personnalité et de l'image des sportifs. **VM**

«SPORT ET PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE», JACQUES DE WERRA (ÉD), SCHULTHESS VERLAG, ÉDITIONS BRUYLANT, ÉDITIONS JURIDIQUES ASSOCIÉES, 125 P.

TROIS CHERCHEURS REÇOIVENT UNE BOURSE «ERC»

Trois chercheurs de l'UNIGE ont été sélectionnés parmi 236 scientifiques européens pour bénéficier d'une «Advanced Grant» du Conseil européen de la recherche. Il s'agit de Stylianos Antonarakis (Faculté de médecine), de Grigory Mikhalkin (Faculté des sciences) et de Ulrich Schibler (Faculté des sciences). Ces bourses visent à financer des projets pouvant déboucher sur d'importantes découvertes dans tous les domaines. Chacune des bourses est dotée d'un montant pouvant aller jusqu'à 3,5 millions d'euros.

CONCOURS DE PLAIDOIRIE: DU BRONZE POUR TROIS ÉTUDIANTS EN DROIT

Stefania Badariotti, Eugenio Stoppani et Hendrik Müller, trois étudiants de la Faculté de droit, ont réalisé un bel exploit en parvenant à décrocher la médaille de bronze lors d'un concours européen de plaidoirie, qui se déroulait à Maastricht fin janvier. L'équipe genevoise, encadrée par Nicolas Jade Bitar et Ljupcho Grozdanovski, assistants au Centre d'études juridiques européennes, était en compétition avec 11 autres équipes provenant d'universités et d'instituts de droit européen.

PLUS DE 127 000 VISITEURS POUR L'EXPOSITION «GÉNOME»

Dernière manifestation liée au 450^e anniversaire de l'Université, l'exposition «*Génome, voyage au cœur du vivant*», qui a fermé ses portes le 28 février dernier, a attiré près de 127 000 visiteurs. Installée sur l'île Rousseau, cette installation conçue par le scénographe genevois François Confino et pilotée par les scientifiques de l'UNIGE, proposait au public une immersion dans le monde de l'infiniment petit au travers d'une expérience sensorielle surprenante. A l'intérieur d'un dôme

représentant un noyau cellulaire de 14 mètres de diamètre, on pouvait ainsi découvrir une projection à 360°, une sculpture lumineuse reconstituant la double hélice de l'ADN, un journal animé faisant défiler, en première mondiale, l'intégralité de cet incroyable message constitué de 3,2 milliards de signes qu'est le génome humain, ainsi qu'une fresque graphique et une mise en scène illustrant de manière ludique le rôle essentiel du génome dans l'histoire de la vie.

ENVIE DE CRÉER UNE START-UP? DEMANDEZ UN SUBSIDE UNIGAP!

Les chercheurs de l'UNIGE aimeraient faire progresser leurs découvertes vers une application pratique ont jusqu'au 14 mai 2010 pour déposer une demande de subside UNIGAP auprès d'Unitec. Ces subsides, mis en place en 2009 et dont le montant peut atteindre 30 000 francs, visent à «*accroître la valeur des inventions, augmenter les chances de concrétiser les bienfaits de la recherche pour la société et à licencier plus efficacement ces technologies à des sociétés existantes ou nouvellement créées*». Entre autres conditions, le projet doit avoir été soumis et accepté par Unitec et doit posséder un fort potentiel commercial. Des informations complètes sont disponibles sur www.unige.ch/unitec/Informations-chercheurs/Unigap.html.

ROBERT ROTH NOMMÉ VICE-PRÉSIDENT DE LA COUR DE CASSATION

Professeur à la Faculté de droit, Robert Roth a été nommé vice-président de la Cour de cassation de la République et canton de Genève, la plus haute juridiction du Canton. Robert Roth est juge titulaire à la Cour de cassation depuis 1992. Cette nomination consacre l'importante activité que le professeur Robert Roth déploie au service de la Cité en sa qualité de magistrat. Elle permet aussi à la Cour de cassation de terminer son existence «en beauté» puisque cette juridiction est appelée à disparaître avec la venue du nouveau Code de procédure pénale dont l'entrée en vigueur est programmée pour 2011.

Impressum

CAMPUS

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

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

DIRECTION ARTISTIQUE ET GRAPHISME

adb Atelier Dominique Broillet
 Chatty Ecoffey

PHOTOGRAPHE

Olivier Vogelsang

IMPRESSION

Atar Roto Presse, Vernier

PUBLICITÉ

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

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

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

SCIENTES

Bavamian, Sabine

Connexin36: a novel therapeutic target to correct beta-cell dysfunctions?
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4151
Directeur de thèse: Professeur Paolo Meda; codirecteur: Professeur Jean-Claude Martinou

Béjot, Pierre

Theoretical and experimental investigations of ultrashort laser filamentation in gases
Th. Univ. Genève, 2008;
Sc. 4029
Directeur de thèse: Professeur Jean-Pierre Wolf

Bontems, Franck

The role of «bucky ball» in germ plasm assembly in zebrafish
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4148
Directeur de thèse: Professeur Denis Duboule; codirecteur: Docteur Roland Dosch

Branciard, Cyril

Practical and fundamental issues on quantum correlations
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4115
Directeur de thèse: Professeur Nicolas Gisin

Chanel, Guillaume

Emotion assessment for affective computing based on brain and peripheral signals
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4123
Directeur de thèse: Professeur Thierry Pun

Chiquet, Patricia

La faune du Néolithique moyen de Concise (Vaud, Suisse): analyse des modes d'exploitation des ressources animales et contribution à l'interprétation de l'espace habité
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4131
Directrice de thèse: Professeure Marie Besse; codirecteur: Professeur Louis Chaix

Choleza, Maria

Analysis of the intracellular localisation and lternatively spliced isoforms of splicing factor 1
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4144
Directrice de thèse: Professeure Angela Krämer; codirectrice: Docteure Françoise Catherine Stutz

Demory, Brice-Olivier

Des étoiles de faible masse aux planètes: caractérisation par interférométrie optique et photométrie
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4134
Directeur de thèse: Professeur Didier Queloz, professeur adjoint

Diermen, Daphné van

Phytochemical investigation of two Crassulaceae Species: «Rhodiola rosea» L., the new «herbal stress buster», and «Sedum dasyphyllum» L.
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4122
Directeur de thèse: Professeur Kurt Hostettmann

Essid, Miriam

The exocyst complex in «Dictyostelium discoideum»: localisation and functional characterisation
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4155
Directeur de thèse: Docteur Thierry Soldati

Friedrich, Jan Nikolas

Molecular players of sialic acid-dependent host cell invasion by «Toxoplasma Gondii»
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4140
Directrice de thèse: Professeure Dominique Soldati-Favre, professeure associée; codirecteur: Professeur Stéphane Thore, professeur assistant

Gabriel, Doris

Protease-sensitive prodrugs: a new strategy for selective photodynamic therapy
Th. Univ. Genève, 2008;
Sc. 4039
Directeur de thèse: Professeur Robert Gurny; codirecteur: Docteur Norbert Lange

Glaser, Gaétan

Etude de la réponse à la blessure mécanique chez les plantes: une approche métabolomique
Th. Univ. Genève, 2010;
Sc. 4179
Directeur de thèse: Wolfender, Jean-Luc; Codirecteur: Rudaz, Serge

Hu He, Kai Hui

Role of pax4 in β -cell plasticity: generation of two transgenic mouse
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4157
Codirecteurs de thèse: Professeur Howard Riezman, Professeur Claes B. Wollheim, Docteur Benoit R. Gauthier

La Macchia, Giovanni

Study of metal-metal bonds in transition metal compounds using quantum chemical methods
Th. Univ. Genève, 2010;
Sc. 4171
Directeur de thèse: Wesolowski, Tomasz Adam; Codirectrice: Gagliardi, Laura

Leimgruber, Elisa

Regulation of major histocompatibility class

II (MHCII) genes - role of nucleosome eviction in MHCII gene activation and identification of BTN2A2, a relative of the B7 family of immunomodulatory molecules, as a novel target gene of the MHCII-specific regulatory machinery
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4133
Directeur de thèse: Professeur Walter Reith, professeur adjoint; codirecteur: Professeur David Shore

Moughal Shahi, Abdul Rehman

Multiconfigurational Perturbation Theory: Recent Developments and Applications
Th. Univ. Genève, 2010;
Sc. 4172
Directeur de thèse: Wesolowski, Tomasz Adam; Codirectrice: Gagliardi, Laura

Ndiaye, Mamadou Lamine

Impacts sanitaires des eaux d'arrosage de lagriculture urbaine de Dakar (Sénégal)
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4110
Codirecteurs de thèse: Professeur Raffaele Peduzzi (Institut cantonal de microbiologie Bellinzona), Professeur Hans-Rudolf Pfeifer (Université de Lusanne), Professeur Walter Wildi

Nicoli, Raul

Développement de réacteurs enzymatiques dans le domaine de la bioanalyse
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4146
Directeur de thèse: Professeur Jean-Luc Veuthey; codirecteur: Docteur Serge Rudaz

Novikov, Roman

Enantioselective epoxidation of prochiral alkenes catalyzed by axially chiral biaryl iminium salts
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4156
Directeur de thèse: Professeur Jérôme Lacour

Popa, Ionel

Surface Interactions Induced by Polyelectrolytes, Dendrimers, and Dendronized Polymers

Th. Univ. Genève, 2010;
Sc. 4180
Directeur de thèse: Borkovec, Michal

Quiquand, Manon

Tracing back the early evolution of «ParaHox» genes and the ancestral neurogenic function of «Gsx/Anthox2» in the developing sea anemone, «Nematostella vectensis»
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4101
Directrice de thèse: Docteur Brigitte Gaillot

Seijo, Marianne

Modeling the surface charge behavior and dynamic processes of colloidal particles: application to components found in natural waters
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4153
Directeur de thèse: Professeur Jacques Buffle, professeur honoraire; codirecteurs: Docteur Serge Stoll, Docteur Montserrat Filella

Sorce, Silvia

Inflammatory mediators in the central nervous system: focus on chemokine receptor CCR5 and NOX enzymes
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4149
Codirecteurs de thèse: Professeur Urs Théodore Rüegg, Professeur Karl-Heinz Krause

Trocraz, Myriam

The biosynthetic pathway of sulfur-containing molecules in human axillary malodor: from precursors to odoriferous volatiles
Th. Univ. Genève, 2009;
Sc. 4102
Directeur de thèse: Professeur Gerri Borchard; codirecteur: Docteur Anthony Clark (Firmenich)

Wang, Hui

Réirradiation d'un volume partiel de la prostate pour les rechutes locales après radiothérapie curative: étude d'acquisition de volumes cibles guidée par PET/CT à base de fluorocholine et comparaison dosimétrique entre différentes

Archive ouverte

Une partie des articles scientifiques, ouvrages ou thèses cités dans ce magazine peuvent être consultés sur le site des Archives ouvertes de l'UNIGE à l'adresse suivante:

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



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

techniques d'irradiation
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. 10604
Directeur de thèse:
Professeur Raymond Miralbell

MEDECINE

Brulhart, Laure Sophie
Le rituximab dans le traitement de la polyarthrite rhumatoïde réfractaire aux inhibiteurs du facteur de nécrose tumorale (TNF)-ALPHA
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. 10593
Directeur de thèse:
Professeur Cem Gabay

Gheddafi-Dam, Hamasat
Implants Straumann TPS/SLA: évaluation radiologique à 5-6 ans de résultats obtenus en pratique privée
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. dent. 672
Directeur de thèse: Professeur Jacky Samson

Li, Bin
NOX Enzymes and ROS Generation in Human Microglia, Rodent Inner Ear, and Pancreatic Islets
Th. Univ. Genève, 2010;
Méd. 1
Directeur de thèse: Krause, Karl-Heinz

Luraschi, Julien
Mécanosensation chez des sujets totalement édentés réhabilités prothétiquement avec des ponts fixes implantato-portés
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. dent. 677
Directrice de thèse: Professeure Frauke Müller

Mendrinós, Efstratios
La vasodilatation artériolaire rétinienne induite par le lactate fait intervenir l'oxyde nitrique (NO) d'origine neuronale/gliale chez les porcs miniatures
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. 10600
Directeur de thèse: Professeur Constantin J. Pournaras

Sottas, Cédric
Développement de nouveaux tests quantifiant l'immunité face à la varicelle et application à une population immunosupprimée: les enfants receveurs de transplantation hépatique
Th. Univ. Genève, 2009;
Méd. 10594
Directrice de thèse: Professeure Claire-Anne Siegrist

Skala, Karel
Neuromodulation sacrée
Th. Univ. Genève, 2010;
Méd. 10614
Directeur de thèse: Roche, Bruno

LETTRES

Hakim, Zeina
La fiction déjouée: la part du jeu dans l'écriture fictionnelle (1687-1781)
Th. Univ. Genève, 2009;
L. 687
Thèse en cotutelle avec l'Université Paris-Sorbonne
Directeur de thèse: Professeur Alain Grosrichard; codirecteur: Professeur Jacques Berchtold (université Paris IV-Sorbonne)

Harbach, Andrea
Die wahl des Lebens: in der antiken Literatur
Th. Univ. Genève, 2009;
L. 690
Directeur de thèse: Professeur Damien Nelis; codirecteur: Professeur Paul Schubert

Togni, Nadia
Les Bibles atlantiques de Genève et de Sion: une typologie du livre à l'époque de la réforme ecclésiastique du XI^e siècle
Th. Univ. Genève, 2008;
L. 664
Directeur de thèse: Professeur Maurizio Perugi; codirectrice: Professeure Marilena Maniaci (Université de Cassino)

SES

Guisé, Ibrahima
Migrations étudiantes africaines en Suisse: de la formation à l'insertion pro-

fessionnelle. Les conditions d'une mobilité circuloire
Th. Univ. Genève, 2010;
SES 720
Directeur de thèse:
Cattacin, Sandro

Hanisch, Till
Justice et puissance de juger chez Montesquieu
Th. Univ. Genève, 2008;
SES 682
Directeur de thèse:
Professeur Alexis Keller

Pasche, Cyril
Schooling, ability, and wages
Th. Univ. Genève, 2009;
SES 691
Directeur de thèse:
Professeur Yves Flückiger

Stancu, Ion Alexandru
The rationalization of balanced scorecard using multivariate statistical approach
Th. Univ. Genève, 2009;
SES 696
Directeur de thèse:
Professeur Bernard Morard

FPSE

Dayer, Caroline
Examen de la pensée classificatoire dans le champ épistémologique: construction et transformation d'une posture de recherche
Th. Univ. Genève, 2009;
FPE 434
Directrice de thèse: Professeure Marie-Noëlle Schurmans

Fiorentini, Chiara
The perception and production of facial expressions of emotions: experimental evaluation of competing models
Th. Univ. Genève, 2009;
FPE 440
Directeur de thèse:
Professeur Paolo Viviani

Gorga, Adriana
Les politiques universitaires suisse et roumaine à l'épreuve des instruments de la qualité dans le cadre du processus de Bologne
Th. Univ. Genève, 2009;

FPE 438
Directeur de thèse:
Professeur Siegfried Hanhart

Muller, Alain
Figures de l'activité distribuée sur les élèves et l'enseignant: vers une approche descriptive et grammaticale du processus de structuration de la pratique d'enseignement
Th. Univ. Genève, 2009;
FPE 431
Directeurs de thèse: Professeur Marc Durand, Professeur Philippe Perrenoud

DROIT

Alberini, Adrien
Le transfert de technologie en droit communautaire de la concurrence: mise en perspective avec les règles applicables aux accords de recherche et développement, de production et de distribution
Th. Univ. Genève, 2009;
D. 810
Directeur de thèse:
Professeur Christian Bovet

THEOLOGIE

Léchet, Pierre-Olivier
Un christianisme sans partialité: méthodes et pré-supposés théologiques de l'irénisme chez John Dury (v.1600-1680)
Th. Univ. Genève, 2009;
Théol. 598
Directrice de thèse: Professeure Maria-Cristina Pitassi

IUHEID

Bentz, Anne-Sophie
Le nationalisme et l'exil: le cas des réfugiés tibétains en Inde
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 825
Directeur de thèse: Directeurs de thèse: Professeur Gopalan Balachandran, Professeur Andre Liebich

Beverelli, Cosimo
Three essays on the consequences of offshore outsourcing
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 828
Directeur de thèse:
Professeur Richard Baldwin

Bonnici, Tony
To what extent can intellectual property law effectively protect and preserve traditional knowledge/traditional cultural expressions (folklore)
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 830
Directeur de thèse: Professeurs Jean-Michel Jacquet

Bourtchouladze, Nana
Three essays in international trade and the location of production
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 818
Directeur de thèse:
Professeur Richard Baldwin

Corthay, Eric
De la licéité du recours à la force armée dans le contexte de la lutte contre le terrorisme international: examen du bien-fondé des principaux arguments avancés en la matière
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 826
Directeur de thèse:
Professeur Marcelo Kohen

Dieye, Cheikh Tidiane
Les trajectoires de la corruption bureaucratique au Sénégal: le cas des douanes
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 823
Directeurs de thèse:
Professeur Riccardo Bocco, Professeur Giorgio Blundo

Foppiani, Oreste
The Allies and the Italian Social Republic: Anglo-American relations with, perceptions of, and judgments on the RSI during the Italian Civil War, 1943-1945
Th. Univ. Genève, 2009;
IHEID 821
Directeur de thèse:
Professeur Bruno Arcidiacono

Università
della
Svizzera
italiana

+swissuniversity.ch

Università
della Svizzera
italiana **USI**
internationale
interdisciplinaire
innovatrice

m^{USI}
master.usi.ch

APPLICATION
DEADLINE
1.7.10

USI Lugano/Mendrisio
studyadvisor@usi.ch - www.usi.ch

MASTER
MEETINGS
19-30.4.10

Masters

ARCHITECTURE*

ECONOMICS

Banking & Finance
Economia e Politiche Internazionali*
Finance
Management

COMMUNICATION

Communication for Cultural Heritage
Communication, Management & Health
Gestione dei Media*
Technologies for Human Communication

LINGUA, LETTERATURA E CIVILTÀ ITALIANA*

ECONOMICS AND COMMUNICATION

Corporate Communication
Financial Communication
International Tourism
Marketing
Public Management and Policy, PMP*

INFORMATICS

Applied Informatics
Computational Sciences
Distributed Systems
Embedded Systems Design
Intelligent Systems
Software Design

*in Italian. All other programmes are held in English.

Day one

is where you rise
to the challenge

Day one. It's when you stand up to be counted. It's what you've worked for, prepared for, waited for. Where you can start using your skills and initiative to make a difference. From the day you join us, we're committed to helping you achieve your potential. So, whether your career lies in assurance, tax, transaction, advisory or core business services, shouldn't your day one be at Ernst & Young?

Take charge of your career. Now.
ey.com/ch/careers

 **ERNST & YOUNG**
Quality In Everything We Do