



Médaille d'or

CNRS | 2010

GÉRARD FÉREY, CHIMISTE,

reçoit la Médaille d'or
du CNRS 2010
pour ses recherches
sur les solides poreux.

La Médaille d'or du CNRS distingue chaque année, depuis sa création en 1954, l'ensemble des travaux d'une personnalité scientifique qui a contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche française.



UN ARCHITECTE

Gérard Férey crée des matériaux intelligents en jouant avec les atomes, comme d'autres conçoivent de beaux édifices en travaillant la pierre. Grand chimiste à la fibre artistique, il est l'un des spécialistes mondiaux des solides poreux.

D'un pas mesuré, Gérard Férey traverse le salon de son appartement parisien pour prendre place au milieu du canapé. Lentement, il tire une cigarette de son paquet, la parcourt du doigt, mais ne l'allume pas. Soudain, sa main se fige et son regard bleu malicieux s'éclaire : « Ma spécialité ? s'amuse-t-il : concevoir des solides poreux (lire l'encadré p. 6) hybrides organiques-inorganiques, c'est-à-dire des matériaux « gruyère » comportant à l'échelle atomique des arrangements réguliers de trous que je veux les plus grands possibles. L'intérêt ? Puisque la nature a horreur du vide, ces trous sont des pièges, pour le CO₂ par exemple. » Avec son équipe de l'Institut Lavoisier de Versailles¹, le chimiste a appris à maîtriser la fabrication de ces matériaux aux nombreuses applications pour l'environnement ou la santé. Mais il a aussi appris à prédire leur structure. « Nous avons déposé une dizaine de brevets CNRS, annonce-t-il. Beaucoup d'industriels s'y intéressent... »

Instituteur, à ses débuts

Pour ce travail au retentissement international et pour l'ensemble de sa brillante carrière, Gérard Férey reçoit aujourd'hui la médaille d'or 2010 du CNRS, la plus importante distinction scientifique française. Chimiste de haut vol, ce Normand de 69 ans revendique en même temps le statut d'artiste. Pour s'en convaincre, un coup d'œil dans son bureau suffit : les livres d'art sont plus nombreux que ceux de chimie, les murs sont constellés de dessins et de gravures. « Je suis un grand admirateur de Michel-Ange », avoue-t-il de sa voix grave et légèrement voilée. D'ailleurs, s'il s'est lancé dans la chimie, c'est notamment par amour pour le dessin, qu'il a découvert enfant grâce aux enseignements d'un oncle instituteur bienveillant. « À l'échelle atomique, l'ordre de la matière est magnifique, s'enthousiasme-t-il. On dirait du Vasarely ! »

À l'aube de sa carrière, il résiste pourtant à la beauté des molécules. Poussé par son milieu familial, il devient instituteur à 19 ans et crée le collège de Saint-Clair-sur-l'Elle, en Basse-Normandie. Mais la lecture d'un ouvrage de Linus Pauling² l'incite à renouer avec ses premières amours. « C'est lui là-bas, dit-il en désignant une vieille photographie sur laquelle il pose au côté du célèbre chimiste et qui trône sur sa bibliothèque. Il était prix Nobel de chimie et prix Nobel de la paix. Il s'est parfois trompé, mais il a aussi eu des idées de génie. Je lui voue une admiration sans bornes. » Trois ans plus tard, nous sommes en 1963, il quitte le collège qu'il a créé pour poursuivre ses études à l'université de Caen. « Là, raconte Gérard Férey, deux professeurs m'ont définitivement



DE LA MATIÈRE

donné le goût de la chimie : Maurice Bernard, et sa présentation lumineuse de la discipline, et Alfred Deschavres, qui savait extraire de la recherche ses mystères persistants pour nous montrer combien celle-ci était nécessaire. »

Une soif de connaissances

Le chimiste poursuit alors avec une thèse de troisième cycle à l'issue de laquelle il est nommé assistant au département de chimie de l'IUT du Mans. Il y apprend les bases de la chimie du solide, une discipline nouvelle centrée sur les réactions au sein de solides et non au sein de solutions, comme dans la chimie classique. Après trois années à tâtonner sur un sujet stérile, il obtient carte blanche pour travailler sur ses propres idées et, au début des années 1970, il s'intéresse aux fluorures – les minéraux à base de fluor –, dont il deviendra un grand spécialiste.

Mais Gérard Férey veut aller plus loin : pénétrer les secrets de la matière, saisir comment s'arrangent entre elles les briques qui la composent. Il apprend alors l'art de la cristallographie, cette discipline empruntée à la physique qui consiste à localiser les atomes dans l'espace et à comprendre comment ils s'assemblent. Puis, à Grenoble, Félix Bertaut l'initie au magnétisme et à la diffraction de neutrons. C'est grâce à ces outils que Gérard Férey va plus tard devenir un véritable architecte de la matière.

Du fond de son canapé, l'homme continue d'agacer sa cigarette, toujours éteinte. « Vous savez, confie-t-il, je n'aime pas rester plus de

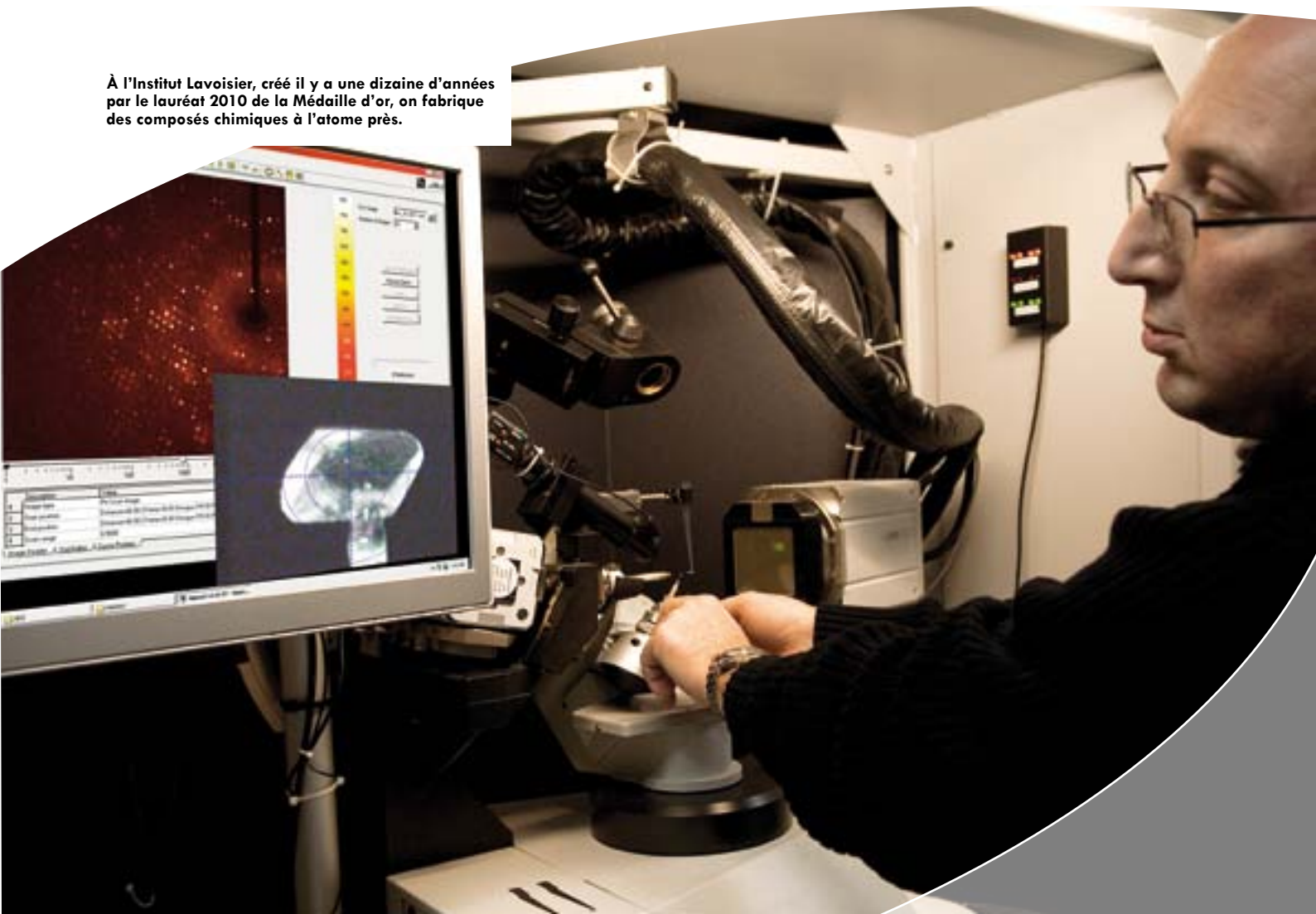
“ Gérard Férey a toujours donné à son équipe une grande liberté scientifique. Il nous a par ailleurs appris le souci de l'exigence et l'art de valoriser notre travail dans les revues scientifiques à fort indice d'impact. ”

Christian Serre, directeur de recherche au CNRS, responsable du groupe « solides poreux » à l'Institut Lavoisier

dix ans sur un même sujet ou dans une même fonction. Au-delà, je m'ennuie. » Ainsi, en 1988, pour rompre l'habitude, il ouvre une nouvelle page de sa carrière : il est nommé directeur adjoint du département de chimie du CNRS. Là, il découvre l'envers du décor. « J'étais chargé des financements des laboratoires, explique Gérard Férey. Au lieu de réclamer des crédits comme



À l'Institut Lavoisier, créé il y a une dizaine d'années par le lauréat 2010 de la Médaille d'or, on fabrique des composés chimiques à l'atome près.



avant, je les accordais... Pour être équitable, j'ai dû mieux connaître mon milieu, cerner chaque branche de la chimie. J'y ai énormément gagné en culture et en modestie. »

La bataille pour créer l'Institut Lavoisier

À la fin de son mandat, en 1992, la paillasse lui manque. Il retourne au Mans et à sa recherche, presque en urgence, et s'attaque à un sujet qui le passionne depuis des années, mais qu'il n'a encore jamais eu l'occasion d'aborder : les solides poreux. Au départ, comme les autres chimistes, il se contente de créer de nouveaux composés. Mais il souhaite aller plus loin et savoir comment ces composés se forment.

Il développe alors de nombreuses méthodes spectroscopiques *in situ*, complémentaires de la cristallographie, pour observer leur mécanisme de formation en temps réel. À force de persévérance, il finit par comprendre ce processus et observe l'existence de briques qui se retrouvent dans le solide final. « J'ai pu jouer avec elles, prédire leurs assemblages et explorer ainsi des centaines de possibilités de synthèses de pores sur mesure », se souvient-il. Il prend ainsi quelques années d'avance sur la concurrence et commence à imaginer la foule d'applications qu'offriront ces matériaux gruyère.

En 1996, le président de l'université de Versailles, fraîchement créée, lui propose d'y mettre en place un institut de recherche en chimie et en physique des solides. Une chance énorme. À ceci près que les crédits promis tardent à venir. Le petit monde de la chimie va alors comprendre que monsieur Férey n'a pas sa langue dans sa poche et sait se battre : « Les négociations ont été longues,

j'ai même menacé de me retirer avec fracas si je n'obtenais pas rapidement les fonds nécessaires pour recruter du personnel et acheter le matériel. C'est comme ça que j'ai gagné la bataille ! » se rappelle le chercheur. Et que l'Institut Lavoisier a vu le jour.

Mise au point du fabuleux MIL-101

Grâce à son expertise des mécanismes de formation et à des outils informatiques spécialement conçus, Gérard Férey met au point avec sa très jeune équipe un de ses matériaux fétiches : le MIL-101 (Matériau de l'Institut Lavoisier 101). En 2005, après dix années



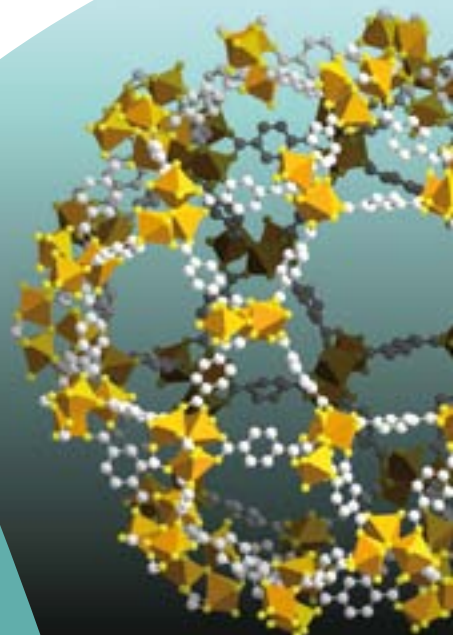
“ Son intelligence, son enthousiasme et ses encouragements ont permis d'inciter toute une génération de jeunes scientifiques à se consacrer à ce domaine passionnant de la recherche. ”

Jeffrey R. Long, professeur au département de chimie de l'université de Californie, Berkeley (États-Unis)

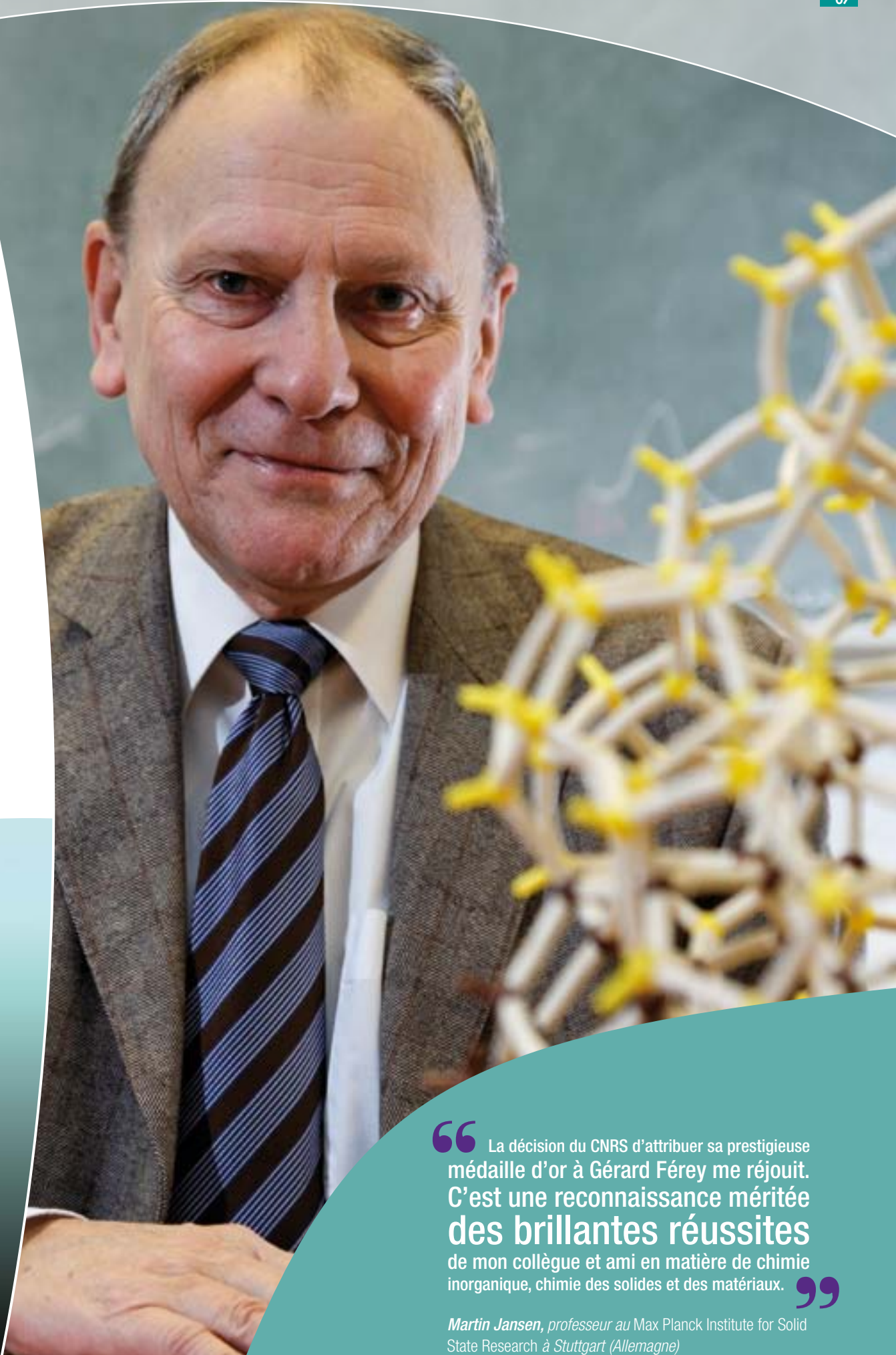
Les solides poreux : 250 ans d'histoire

« Les poreux ont été découverts en Suède, en 1756, par un homme qui avait l'amour des minéraux : Axel Fredrick Cronstedt, raconte Gérard Férey. Il a eu l'idée de chauffer de la stilbite, un minéral naturel, et il s'est aperçu qu'à 150 °C celui-ci se couvrait de bulles. » Pour créer l'équivalent synthétique de ces étranges minéraux que Cronstedt appelle zéolithes – la pierre qui bout, en grec –, il faudra plus d'un siècle. Ce n'est qu'en 1930, avec Linus Pauling, que l'on commence à comprendre leur structure cristalline : l'assemblage des atomes dessine en effet des cages de quelques angströms¹ de diamètre, disposées régulièrement dans le solide. Et des molécules, d'eau par exemple, s'y logent. Voilà pourquoi Cronstedt observait des bulles lors du chauffage. Industriels et chercheurs entrevoient immédiatement les applications que ces solides offrent, notamment la capacité d'absorber du gaz. Seulement voilà, ils sont souvent coûteux à fabriquer, et leurs cages sont encore trop petites pour stocker des quantités significatives. C'est là qu'intervient Gérard Férey. Il est l'un des premiers à mettre au point des solides poreux hybrides, dont le squelette est composé à la fois de parties organiques et inorganiques. Une astuce qui permet de faire varier la taille des cages sans pour autant compromettre la stabilité de l'ensemble. Les solides obtenus selon ce procédé sont par ailleurs non toxiques, biodégradables et faciles à préparer en grande quantité, et donc de moindre coût. Mais quels sont, parmi tous les arrangements atomiques possibles constituant des poreux hybrides, les plus performants ? Pour le savoir, l'équipe de l'Institut Lavoisier a créé des programmes informatiques qui sélectionnent les structures cristallographiques les mieux adaptées. C'est ainsi qu'est né le fameux MIL-101. Capable d'absorber 400 fois son volume de CO₂, il détient le record du matériau qui stocke le plus de gaz.

Le MIL-101, mis au point par l'équipe de Gérard Férey, est un matériau poreux comportant à l'échelle atomique des cages comme celle-ci. Il est capable de piéger 400 fois son volume de gaz !



(1) Un angström vaut 0,1 nanomètre, soit 10^{-10} mètre.



“ La décision du CNRS d’attribuer sa prestigieuse médaille d’or à Gérard Férey me réjouit. C’est une reconnaissance méritée des brillantes réussites de mon collègue et ami en matière de chimie inorganique, chimie des solides et des matériaux. ”

Martin Jansen, professeur au Max Planck Institute for Solid State Research à Stuttgart (Allemagne)

Grâce à ses matériaux poreux, en maquette plastique devant lui, Gérard Férey a acquis une renommée mondiale.

d'efforts à « jouer aux Lego » avec les poreux, il obtient enfin le « matériau miracle » : une structure hybride dotée de cages de 4 nanomètres de diamètre³, et donc absolument immense à l'échelle atomique. Grâce à elles, le MIL-101 peut piéger 400 fois son volume de gaz ! N'espérez pas que le chimiste vous livre en détail sa recette. Les conditions de température et d'humidité requises, et autres secrets de fabrication, sont jalousement gardés. Toujours prudent, il a pris soin de déposer des brevets CNRS avant de rendre sa découverte publique. « Le lendemain de ma publication scientifique, j'ai reçu un coup de fil de Nissan, et d'autres industriels ont suivi », rapporte-t-il. C'est finalement BASF qui s'est lancé dans la fabrication du MIL-101. Aujourd'hui, le groupe mondial est capable d'en produire une tonne chaque jour en unité pilote⁴.

Quelle en serait l'utilisation optimale dans l'industrie ? « L'idéal, ce serait qu'une cimenterie l'achète pour piéger le CO₂ dégagé par l'usine, puis – mais là, je rêve encore ! – qu'elle utilise après transformation le CO₂ piégré comme combustible pour ses machines, et ainsi de suite... En résumé, ce que je sais faire, ce sont de grands trous sur mesure. À votre avis, à part

piéger du CO₂, à quoi peuvent bien servir ces cages ? » interroge le chercheur. À encapsuler des médicaments ! En effet, injecté dans le sang, un médicament est très fragile, et seule une faible quantité des principes actifs parvient à l'organe. Et pour cause, les nanovecteurs utilisés à l'heure actuelle, tels les liposomes, ne les protègent pas suffisamment. La solution : mettre le médicament à l'abri dans les cages des fameux nanoporeux de Gérard Férey. « Dès que j'ai eu cette idée, j'ai demandé à un ami biochimiste de m'indiquer les médicaments tests susceptibles de valider mon intuition, indique-t-il. Après nos essais positifs, il est resté éberlué par les résultats. » Aujourd'hui au point et brevetée, cette méthode révolutionnaire conserve intacts 75 à 100 % des principes actifs et les diffuse en continu dans le sang de souris de façon ciblée, pendant deux à trois semaines. Mieux encore, ces nanovecteurs d'un genre nouveau sont visibles en imagerie médicale, ce qui permet de suivre le trajet de l'injection intraveineuse jusqu'à la cible. Cette technologie, la théragnostique, pourrait être utilisée

« Ce que j'apprécie le plus chez Gérard Férey, outre l'originalité de sa démarche, ce sont la passion et l'enthousiasme qu'il a toujours manifestés lors de nos échanges scientifiques. »

Clément Sanchez, professeur au Collège de France, directeur de recherche au CNRS et directeur du laboratoire de Chimie de la matière condensée de Paris (UPMC/CNRS/Collège de France)

en particulier dans les traitements de la leucémie des enfants, du cancer du sein et du sida. « Et nous avons prouvé sa non-toxicité lors de tests *in vivo* », assure-t-il.

S'investir, encore et toujours

Des royalties à la clé de cette belle invention ? « Si tel est le cas, les plus grosses parts iront au CNRS, à notre laboratoire de l'Institut Lavoisier et, bien sûr, à mon équipe qui a fait, au jour le jour, le gros du travail. Ce sont des jeunes extrêmement brillants, et d'une élégance rare, se réjouit le chimiste. Ils ont toute mon admiration. Les poreux, c'est désormais leur vie. » En septembre 2009, Gérard Férey quitte son équipe, tenu de prendre sa retraite. Il se promet alors, par respect pour ses collabora-



Antoine Lavoisier est une source d'admiration pour Gérard Férey et Thierry Loiseau, un de ses anciens doctorants.



Gérard Férey reçoit l'insigne d'officier dans l'ordre national du Mérite des mains de Bernard Bigot à la Maison de la chimie le 30 septembre 2010.

teurs, de ne plus remettre les pieds à l'Institut. « Et j'ai tenu parole. Quand j'étais jeune, j'ai su ce que c'était d'avoir sur le dos un vieux patron qui, inconsciemment, bride le jeune en pleine créativité. Je m'étais juré de ne pas jouer ce rôle..., se souvient-il. Bien sûr, ils me manquent, l'Institut aussi, et la passion du métier m'habite toujours, mais c'est la règle du jeu. » Sans la moindre nostalgie dans le regard, il allume enfin sa cigarette. La retraite du médaillé d'or promet toutefois d'être active. Investi dans l'Académie des sciences, Gérard Férey participe aussi à la rénovation de la Société chimique de France et œuvre à la préparation de l'Année internationale de la chimie qui se tiendra en 2011. Il découvre aussi le bonheur intellectuel d'être membre du Comité consultatif national éthique. « S'ennuyer, conclut-il, c'est faire preuve d'un manque d'imagination ! »

(1) CNRS/Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.

(2) Chimiste et physicien américain (1901-1994).

(3) Un nanomètre vaut 10^{-9} mètre.

(4) Une unité pilote est un prototype à échelle réduite de ce que sera l'unité de production définitive. Celle-ci devrait produire quelques centaines de tonnes par jour.

2011, année internationale de la chimie

Organisée sous l'égide des Nations unies, l'année internationale de la chimie (AIC) sera inaugurée au siège de l'Unesco, à Paris, les 27 et 28 janvier 2011. Gérard Férey participe activement à sa préparation au sein du comité « Ambition chimie » dont il est à l'origine avec Bernard Bigot et qui regroupe désormais tous les partenaires de la chimie française. « Notre ambition est de mobiliser toutes les régions sur des projets à destination des jeunes et du grand public pour changer l'image qu'ils ont de la chimie. Nous avons labellisé environ 150 projets de qualité qui seront développés tout au long de l'année sur l'ensemble du territoire. »

Toutes les informations pratiques sur :
<http://www.chimie2011.fr>

Né le 14 juillet 1941 à Bréhal (Manche)

Fonction actuelle:

- Professeur émérite de l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)

Diplômes:

- Thèse d'État de chimie, Le Mans, 1977
- Thèse de doctorat de 3^e cycle, Caen, 1968

Précédentes fonctions:

- Créateur et directeur de l'Institut Lavoisier de Versailles (UVSQ/CNRS), 1996-2005
- Membre de l'Institut universitaire de France, 1999-2009
- Professeur invité à l'université de Santa Barbara, États-Unis, 1998
- Professeur à l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 1996-2009
- Directeur adjoint du département des sciences chimiques du CNRS, 1988-1992
- Vice-président recherche de l'université du Maine, Le Mans, 1983-1988
- Vice-président enseignement de l'université du Maine, Le Mans, 1982-1983
- Professeur à l'Institut universitaire de technologie du Mans, 1981-1996
- Maître-assistant à l'Institut universitaire de technologie du Mans, 1968-1981
- Assistant à l'Institut universitaire de technologie du Mans, 1967-1968
- Instituteur au collège de Saint-Clair-sur-l'Elle, 1960-1963

Prix et distinctions:

- Grand prix de la Fondation de la Maison de la chimie, 2010
- Officier dans l'ordre national du Mérite, 2009
- *ENI Award for the Protection of the Environment*, Italie, 2009
- *Muettertles Award*, université de Californie, Berkeley, États-Unis, 2009
- *Catalan-Sabatier Prize*, Société royale de chimie, Espagne, 2008
- *Lecture Award*, Société chimique, Japon, 2008
- *LeRoy-Eyring Award*, université d'Arizona, États-Unis, 2008
- *Abraham Clearfield Award*, université du Texas, États-Unis, 2007
- *C.N.R. RAO Award*, Académie nationale des sciences, Inde, 2005
- Prix Gay-Lussac Humboldt, Allemagne, 2004
- Prix de l'Institut français du pétrole de l'Académie des sciences, Paris, 2000
- Chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur, 1994
- Prix Paul Pascal de l'Académie des sciences, Paris, 1992
- Prix de chimie du solide, Société chimique de France, 1983

Membre de:

- Société chimique de France (vice-président)
- Société royale de chimie, Grande-Bretagne (*Fellow*)
- Société américaine de chimie, États-Unis
- *Academia Europaea*
- Académie des sciences, France
- Académie nationale des sciences, Inde
- Académie royale des sciences, Espagne
- Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé, France

Les lauréats depuis 1954

| | | | |
|-------------|---|-------------|--|
| 2009 | Serge Haroche physique quantique | 1981 | Jean-Marie Lehn chimie |
| 2008 | Jean Weissenbach génétique | | Roland Martin archéologie |
| 2007 | Jean Tirole économie | 1980 | Pierre-Gilles de Gennes physique |
| 2006 | Jacques Stern cryptologie | 1979 | Pierre Chambon biologie |
| 2005 | Alain Aspect physique | 1978 | Maurice Allais économie |
| 2004 | Alain Connes mathématiques | | Pierre Jacquinet physique |
| 2003 | Albert Fert physique | 1977 | Charles Fehrenbach astronomie |
| 2002 | Jean Jouzel glaciologie | 1976 | Henri Cartan mathématiques |
| | Claude Lorius glaciologie | 1975 | Raymond Castaing physique |
| 2001 | Maurice Godelier anthropologie | | Christiane Desroches-Noblecourt égyptologie |
| 2000 | Michel Lazdunski biochimie | 1974 | Edgar Lederer biochimie |
| 1999 | Jean-Claude Risset informatique musicale | 1973 | André Leroi-Gourhan ethnologie |
| 1998 | Pierre Potier chimie | 1972 | Jacques Oudin immunologie |
| 1997 | Jean Rouxel chimie | 1971 | Bernard Halpern immunologie |
| 1996 | Claude Cohen-Tannoudji physique | 1970 | Jacques Friedel physique |
| 1995 | Claude Hagège linguistique | 1969 | Georges Chaudron chimie |
| 1994 | Claude Allègre physique du globe | 1968 | Boris Ephrussi génétique |
| 1993 | Pierre Bourdieu sociologie | 1967 | Claude Lévi-Strauss ethnologie |
| 1992 | Jean-Pierre Changeux neurobiologie | 1966 | Paul Pascal chimie |
| 1991 | Jacques Le Goff histoire | 1965 | Louis Néel physique |
| 1990 | Marc Julia chimie | 1964 | Alfred Kastler physique |
| 1989 | Michel Juvet biologie | 1963 | Robert Courrier biologie |
| 1988 | Philippe Nozières physique | 1962 | Marcel Delépine chimie |
| 1987 | Georges Canguilhem philosophie | 1961 | Pol Bouin physiologie |
| | Jean-Pierre Serre mathématiques | 1960 | Raoul Blanchard géographie |
| 1986 | Nicole Le Douarin embryologie | 1959 | André Danjon astrophysique |
| 1985 | Piotr Slonimski génétique | 1958 | Gaston Ramon immunologie |
| 1984 | Jean Brossel physique | 1957 | Gaston Dupouy physique |
| | Jean-Pierre Vernant histoire | 1956 | Jacques Hadamard mathématiques |
| 1983 | Évry Schatzman astrophysique | 1955 | Louis de Broglie physique |
| 1982 | Pierre Joliot biochimie | 1954 | Émile Borel mathématiques |

Cette plaquette est éditée par la **Direction de la communication du CNRS**.

Directeur de la publication Alain Fuchs - **Directrice de la rédaction** Marie-Hélène Beauvais

Directeur adjoint de la rédaction Fabrice Impériali - **Rédaction** Émilie Badin - **Coordination** Stéphanie Lecocq

Secrétariat de rédaction Mireille Vuillaume - **Conception graphique** Sarah Landel - **Réalisation** Morwenna Moal

Iconographie Photothèque du CNRS - **Impression** Imprimerie Ménard - **Dépôt légal** décembre 2010-11-24 - **ISSN** 1777-0378

Pour retrouver tous les Talents 2010 :
www.cnrs.fr/fr/recherche/prix.htm

