

Dossier Yves Chauvin, Prix Nobel de chimie 2005

La récompense d'une découverte fondamentale réalisée au cours d'une carrière consacrée à la recherche appliquée.

(lire pages 2 et 3)

35

Trente-cinq, c'est le nombre des projets impliquant l'IFP, sélectionnés en première instance par l'Agence nationale de la recherche (ANR) pour l'année 2005.

Sur le total de ces propositions retenues, 3 relevaient du programme "blanc" (non thématique) et 32 de l'appel à propositions "thématiques".

Les domaines des lauréats de ce dernier groupe se répartissent de la façon suivante : 12 pour le PREDIT (Programme pour la recherche, le développement et l'innovation dans les transports terrestres), 7 pour le CO₂ (Programme captage et stockage du CO₂), 5 pour le PNRB (Plan national de recherche sur les bioénergies). Le reste se distribue essentiellement entre le PAN-H (Plan d'action national sur l'hydrogène et les piles à combustible) et le PRECODD (Programme écotéchnologies et développement durable).

Dernier enseignement de cet énoncé statistique : l'IFP coordonnera 18 des 35 projets, confirmant, une fois de plus, sa place de leader dans les spécialités les plus prometteuses. ■

L'IFP est un centre de recherche et développement, de formation et d'information dans les domaines du transport, de l'énergie et de l'environnement.

■ www.ifp.fr

Vers la seconde génération de biocarburants

À la fois peu polluants et faibles générateurs de gaz à effet de serre, les biocarburants pourraient un jour réduire de façon significative notre dépendance au pétrole dans le domaine des transports. Aussi, dans le cadre de ses travaux sur les énergies alternatives, l'IFP se consacre depuis de nombreuses années à ce domaine.

Très prometteuse, la filière "lignocellulosique" suscite particulièrement l'intérêt de ses chercheurs. Consistant à produire du carburant à partir de résidus de bois, pailles de céréales, etc., cette voie fait notamment l'objet de 2 programmes de recherche, national et international.

Le premier programme, qui s'articule avec le PNRB de l'ANR, implique le CEA au côté de l'IFP. Il a pour objectif d'introduire

en France une filière de carburants BTL ou *Biomass to Liquid*. Ces biocarburants sont obtenus en transformant de la biomasse en gaz de synthèse, puis en retransformant celui-ci en gazole selon des procédés classiques. Un premier démonstrateur consacré aux BTL pourrait voir le jour d'ici 3 à 4 ans.

Piloté par l'IFP et regroupant des partenaires venus de 11 pays, le second programme est consacré aux méthodes permettant la production d'éthanol carburant à partir de ces végétaux. Lancé le 6 octobre dernier à Rueil-Malmaison, le projet européen "NILE" vise, dans un premier temps, à améliorer certaines étapes du procédé de production afin d'en réduire le coût et d'en augmenter le rendement. Puis à tester les technologies mises au point sur un pilote installé sur le site industriel de la société Etek à Örnköldsvik (Suède). ■

■ ■ ■ EN BREF

"Castor" va encore plus loin

Réinjecter dans le sous-sol le gaz carbonique produit par les activités industrielles ? C'est possible à condition de réduire les coûts encore trop importants. Les acteurs du projet "Castor", financé par la Commission européenne et coordonné par l'IFP, disposent désormais d'un pilote de capture du CO₂ en technologie post-combustion qui leur permettra de relever ce défi. Équipant la centrale électrique d'Elsam à Esbjerg au Danemark, l'installation sera inaugurée le 15 mars 2006 en présence de hautes personnalités européennes. ■

Label Carnot

Lancé en octobre dernier, par François Goulard, Ministre délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, le label Carnot sera attribué à des organismes de recherche se distinguant par leurs capacités à diffuser de l'innovation scientifique et technologique vers les entreprises. En 2006, 40 millions d'euros provenant des fonds de l'ANR (Agence nationale de la recherche) seront ainsi répartis entre les différents organismes sélectionnés. Pour sa part, l'IFP prétend à ce statut pour 2 thématiques de recherche : "systèmes moteurs-carburants pour le transport" et "chimie et environnement". ■

Récompense

Jacqueline Lecourtier, Directeur scientifique de l'IFP, a reçu, le 15 novembre dernier, le prix "Bernard et Odile Tissot" de l'Académie des sciences qui récompense, tous les 2 ans, des découvertes permettant un meilleur usage de l'énergie dans les domaines des sciences de la Terre et de l'Univers. Une consécration pour cette chercheuse qui fut successivement à l'IFP Directeur de la Direction de recherche Chimie appliquée, Biotechnologies et Matériaux et de l'Objectif Forage-Production. Ses travaux sur la mise au point de produits respectueux de l'environnement (biopolymères, biotensioactifs, etc.) en production pétrolière sont ici distingués. ■

Nomination

Depuis le 1^{er} novembre, Christian Ravenne est le nouveau Directeur scientifique de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). La nomination au sein de cet établissement de ce professeur et membre de la Direction scientifique de l'IFP devrait renforcer la collaboration entre les 2 organismes, lesquels coopèrent déjà depuis plusieurs années dans les domaines de la géologie, de la géophysique et de la modélisation de réservoir. ■

Internet

Le site web de l'IFP vient de s'enrichir d'une nouvelle rubrique destinée au grand public. "Espace Découverte-Mieux comprendre avec l'IFP les enjeux énergétiques" présente sous une forme vulgarisée et pédagogique les grands domaines où l'IFP est engagé : renouvellement des réserves pétrolières, réduction de la consommation et des émissions des véhicules, développement d'énergies alternatives ou encore lutte contre le changement climatique. <http://decouverte.ifp.fr> ■

Prix de thèse Yves Chauvin

Le Prix Yves Chauvin a été attribué, cette année, au doctorant Vincent Moureau pour ses recherches réalisées au sein de la Direction Techniques d'applications énergétiques de l'IFP. Remis au lauréat le 17 novembre dernier par Yves Chauvin lui-même, en présence d'Olivier Faugas, Président du Conseil scientifique de l'IFP et d'Olivier Appert, Président de l'IFP, il récompense à juste titre l'impressionnant travail mené par cet étudiant sur "l'aérodynamique interne des moteurs à pistons". ■

■ ■ ■ Dossier

Yves Chauvin, Prix Nobel de chimie 2005

Il est "audacieux", "créatif", "passionné" et "passionnant". Mais Yves Chauvin préférant se faire discret, mieux vaut s'adresser à ses anciens collègues de l'IFP pour en savoir un peu plus sur le tout nouveau Prix Nobel de chimie. Ceux-ci confirment que ces compliments sont amplement mérités. La récompense attribuée par le Comité Nobel consacre, précisent-ils dans le même temps, une découverte fondamentale réalisée au cours d'une longue carrière essentiellement orientée vers la recherche appliquée.

À 75 ans, Yves Chauvin aura consacré une bonne partie de son existence à la chimie. Diplômé de l'École supérieure de chimie industrielle de Lyon (ESCIL)¹, cet ingénieur de recherche entre à l'IFP en 1960. Ses premiers travaux sont ainsi consacrés à la mise au point de nouveaux procédés de valorisation des molécules organiques issues du pétrole. Un besoin alors crucial non seulement pour la pétrochimie mais également pour les producteurs pétroliers eux-mêmes, lesquels voulaient disposer de méthodes simples pour transformer certaines oléfines² issues des opérations de raffinage du brut en d'autres, davantage demandées sur le marché. Spécialisé dans le domaine alors émergent de la catalyse³, le chimiste s'intéresse, dans ces années-là, aux méthodes permettant de polymériser (de réunir entre elles en de longues chaînes carbonées) certaines de ces molécules pour produire des substances à hautes valeurs ajoutées : des polymères utilisables par l'industrie du plastique.

“ Yves Chauvin, inventeur de procédés précurseurs de la chimie verte ”

Doté d'une grande curiosité, Yves Chauvin a pour habitude de compiler la littérature bien au-delà de sa seule spécialité. C'est ainsi qu'en faisant le lien entre plusieurs disciplines, il découvre en 1970 le principe de la métathèse qui lui vaut aujourd'hui le Prix Nobel. Présentée comme une sorte de "danse avec changement de partenaires", cette réaction permet de synthétiser de nouvelles molécules organiques en rompant les liaisons doubles des oléfines et en les recomposant d'une façon qui autorise le changement de position de groupes d'atomes. Yves Chauvin démontre que ce processus est mis en œuvre selon un mécanisme de catalyse impliquant un "métallobène", une molécule "intermédiaire" contenant une liaison double entre

un carbone et un métal. S'appuyant sur des expériences, le chercheur publie en 1971 (avec son doctorant Jean-Louis Hérisson) une description du mécanisme qui sera plus tard développée par d'autres scientifiques comme les Américains Robert H. Grubbs et Richard R. Schrock, également récompensés par le Prix Nobel.

Cependant, le talent d'Yves Chauvin ne s'est pas exercé uniquement sur la métathèse. Auteur de très nombreuses publications et de 117 brevets, celui qui devient le Directeur du laboratoire de catalyse moléculaire de l'IFP est, en effet, à l'origine des procédés Dimersol et Alphabutol de dimérisation⁴ d'oléfines, aujourd'hui mis en œuvre dans plusieurs dizaines d'unités industrielles à travers le monde.

Élu membre correspondant de l'Académie des sciences en 1996 et aujourd'hui membre à part entière, Yves Chauvin fut également, avant son départ à la retraite, l'inventeur du concept de catalyse biphasique dans les liquides ioniques dont l'avantage est de permettre la récupération du catalyseur après réaction.

Aujourd'hui, un procédé fonctionnant sur ce principe est commercialisé par Axens, filiale de l'IFP, sous le nom de Difasol. Il s'inscrit en plein dans le développement de la chimie du futur. Une chimie verte à la fois propre et économique en ressources. ■

¹ aujourd'hui École de chimie, physique et d'électronique (CPE).

² des molécules carbonées dotées d'une double liaison carbone-carbone.

³ la recherche et la mise en œuvre d'agents capables d'orienter ou d'accélérer des réactions sans être consommés au cours de la réaction.

⁴ la dimérisation est un procédé permettant de réunir entre elles 2 molécules d'oléfines pour en former une nouvelle plus longue.

Innover pour répondre aux besoins sociétaux



par Olivier Appert, Président de l'IFP

Les travaux d'Yves Chauvin, récompensés aujourd'hui par le Prix Nobel de chimie, sont une parfaite illustration du véritable continuum qui prédomine à l'IFP entre recherche fondamentale, recherche appliquée et développement industriel. C'est ce continuum qui garantit la capacité de l'IFP, organisme public, à répondre aux missions sociétales qui lui sont aujourd'hui confiées.

Que représente pour l'IFP l'attribution du Prix Nobel de chimie à Yves Chauvin ?

Olivier Appert : C'est, bien entendu, un grand honneur que de voir récompensés les travaux d'Yves Chauvin par un Prix Nobel. Le prestige de cette distinction rejaillit sur toute cette école française de la catalyse que l'IFP a largement contribué à créer voici 50 ans. D'autant qu'Yves Chauvin a formé de nombreux thésards et de jeunes chercheurs toujours en activité à l'IFP, au CNRS, dans les universités ou au sein d'entreprises.

Cet intérêt pour la recherche appliquée est-il exceptionnel à l'IFP ?

OA : Au contraire ! Lorsque les chercheurs de l'IFP s'intéressent à un sujet, ils commencent

par se demander à quels besoins industriels et sociétaux permettra de répondre le résultat de leurs travaux. Ils se posent ensuite la question des partenaires avec lesquels il sera possible d'aboutir à une réalisation industrielle. Enfin, ils s'interrogent sur la meilleure manière de protéger les technologies qu'ils auront mis au point. Grâce à cette politique, l'IFP dispose aujourd'hui d'un portefeuille de plus de 10 000 brevets. Et il est aujourd'hui le dixième déposant de brevets en France et le cinquième de brevets français aux États-Unis.

Cette politique d'industrialisation est-elle menée dans tous les domaines ?

OA : Oui. Mais, l'IFP consacre également une partie de ses efforts à des recherches exploratoires n'ayant pas forcément des applica-

tions immédiates. Notre budget n'étant pas illimité, nous sommes bien sûr obligés d'établir des priorités sur le long terme. Celles-ci doivent tenir compte de nos engagements vis-à-vis de nos partenaires, mais permettre aussi d'explorer des domaines innovants et d'intérêt général n'ayant reçu que peu de financements privés. C'est aujourd'hui par exemple le cas du thème "captage et stockage du CO₂" pour lequel nous sommes en avance par rapport aux industriels. ■

■ ■ ■ ZOOM

Des nano-capsules nettoyantes

Des nano-capsules pour l'industrie de l'or noir ? L'IFP y travaille en tout cas. Dans le cadre d'un projet de recherche exploratoire, un groupe de chimistes cherche à adapter de minuscules compartiments sphériques aux besoins du secteur pétrolier. L'équipe de Jean-François Argillier, chef de projet à la Direction Chimie et Physico-chimie appliquées, affirme que ces petites boules — dont la taille ne dépasse pas les dix millièmes de millimètre — pourraient réduire certains coûts de production tout en préservant l'environnement !

Les spécialistes le savent bien : la vie d'un puits de forage n'est pas un long fleuve tranquille. En cours d'exploitation, des incidents peuvent survenir, bloquant plus ou moins longtemps la production. Susceptible de mettre hors-service les installations pour plusieurs mois, la formation de dépôts de sels minéraux ou *scales* est notamment particulièrement redoutée. Aussi les ingénieurs mettent-ils aujourd'hui en œuvre des traitements préventifs : à intervalles réguliers et durant plusieurs semaines, ils injectent dans la roche de fortes quantités d'additifs chargés

d'empêcher l'apparition de ces dangereux cristaux. Problèmes : outre leurs coûts très importants, ces opérations de grands nettoyages peuvent intervenir trop tardivement. Et souvent, les produits chimiques *anti-scales* s'avèrent avoir été utilisés en bien trop grandes quantités !

Jean-François Argillier et les équipes de l'IFP proposent un moyen plus efficace, plus propre et plus économique pour se débarrasser de la nuisance. Ces scientifiques cherchent, en effet, à adapter à l'industrie pétrolière des méthodes originales de traitement développées dans les secteurs de la cosmétique, de la chimie et de la médecine : le largage *in situ* et "intelligent" de substances actives par des nano-capsules.

La caractéristique de ce procédé ?

Le confinement ! Dans ces minuscules sphères, en effet, l'additif n'est plus laissé à l'air ambiant mais enfermé par une membrane ou réparti à l'intérieur d'une matrice. Il n'en sort que dans certaines situations, définies par le chimiste lui-même : par exemple si la température, la pression ou l'acidité dans l'environnement atteint telle ou telle valeur critique.

L'intérêt de ce largage contrôlé ? Utilisé en phase d'exploitation, il permettrait de limiter le coût d'un traitement puisque celui-ci ne serait mis en œuvre qu'une fois réunies les conditions d'un risque réel. Autre atout de la technique : le nettoyage se ferait sans arrêt de la production et sans intervention humaine. Laissés en permanence au fond d'un puits, des nano-capsules enfermant des *anti-scales* pourraient délivrer automatiquement leurs précieuses substances en cas, par exemple, de modification de l'acidité, l'un des paramètres contrôlant la formation des dépôts de sels.

Pour l'heure, les chimistes en sont à développer un premier prototype de ce détergent à nano-capsules. Mais ils travaillent déjà à la mise au point de membranes adaptées à d'autres applications pour la construction ou les transports. ■

Contact :

Jean-François Argillier
j-francois.argillier@ifp.fr

AGENDA

Colloques Panorama 2006

Paris, 2 février 2006

Lyon, 9 février 2006

Le gaz naturel : quelle croissance, quels marchés dans un contexte de prix élevés du pétrole ?

Contact : patricia.fulgoni@ifp.fr

Inauguration

Esbjerg, Danemark, 15 mars 2006

La première installation industrielle de capture de CO₂ dans une centrale électrique d'Elsam – Projet européen Castor.

Contact : yolande.rondot@ifp.fr

Salon du livre

Paris, 17 au 22 mars 2006

Participation de l'IFP au bar des sciences sur les biocarburants et le CO₂.

Contact : a-laure.de-marignan@ifp.fr

Rencontres scientifiques de l'IFP

Rueil, 3 au 5 avril 2006

Quantitative methods for reservoir characterization: advances in geophysics and reservoir engineering for data integration and uncertainty assessment.

Contact : frederique.leandri@ifp.fr

PUBLICATIONS

La capture et le stockage géologique du CO₂

Ouvrage en coédition BRGM-ADEME-IFP, dans la collection BRGM "Les Enjeux des Géosciences"

Contact : 02 38 64 39 76

L'utilisation des grands instruments analytiques dans l'industrie pétrolière

Synchrotron and neutron solutions to oil industry problems

OGST (Oil and Gas Science and Technology)

- La revue de l'IFP - N°6/2005

<http://ogst.ifp.fr/>

Les biocarburants : état des lieux, perspectives et enjeux du développement

Ouvrage à paraître aux Éditions Technip en février 2006 (352 pages). Auteurs : Daniel Ballerini et Nathalie Alazard-Toux.

Contact : 01 45 78 33 80

ZOOM

Identifier des dizaines de milliers de molécules

Connaître les myriades de constituants d'un gazole. Ce sera peut-être un jour possible grâce à un dispositif développé à l'IFP, dans le cadre d'un projet de recherche exploratoire. Des chercheurs du laboratoire de chromatographie gazeuse à Lyon ont, en effet, mis au point un nouveau type d'instrument d'analyse destiné aux domaines de la chimie, de l'environnement et des moteurs. L'équipe de Fabrice Bertoncini, ingénieur de recherche, affirme que sa technique de chromatographie gazeuse à 2 dimensions (GC2D) pourrait permettre d'identifier en une seule étape jusqu'à des dizaines de milliers de molécules dans un échantillon !

Inventée voici une quarantaine d'années, la chromatographie gazeuse a pour principe de chauffer une substance pour en vaporiser les composants. Puis à diriger les gaz ainsi générés vers l'entrée d'une "colonne", une sorte de tuyau long de dix à cinquante mètres dont les parois internes ont été tapissées d'un polymère spécial appelé phase stationnaire. Ce que mesurent les chercheurs ? Le temps qu'a passé la molécule dans la colonne ! Dans le procédé classique, en effet, celui-ci dépend à la fois de sa température d'ébullition et de son affinité plus ou moins grande avec la phase stationnaire. Propre à chaque espèce, il est répertorié dans des tables que

les chimistes consultent pour découvrir le nom de la molécule.

La méthode a toutefois un inconvénient de taille : la quantité d'espèces qu'elle permet de détecter dans un échantillon est plafonnée à environ 500. Une limitation qui pose problème à l'industrie pétrolière, laquelle voudrait aujourd'hui mieux caractériser certains kérosènes (faits de plus de 10 000 constituants) et gazoles (qui en contiennent près d'un million). Ou pouvoir tracer les nouveaux biocarburants, lesquels fourmillent de molécules organiques.

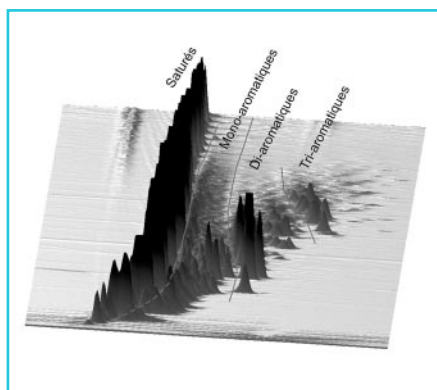
C'est à cette tâche que se sont attelés Fabrice Bertoncini et ses collègues. Ces chercheurs ont développé un appareil imaginé voici une dizaine d'années aux États-Unis. Baptisé GC2D, ce dispositif est constitué de 2 colonnes successives, chacune chargée d'une tâche particulière. Dans la première, les composants de l'échantillon sont classés par température d'ébullition. Dans la seconde, les composants sont uniquement répartis en fonction de leur affinité avec la phase stationnaire. Les chercheurs obtiennent ainsi une double information sur chaque composé qu'ils mettent à profit pour réaliser une carte à 2 dimensions des molécules de l'échantillon. Une carte si détaillée qu'elle peut recenser jusqu'à des dizaines de milliers de substances différentes ! Depuis, les scientifiques ont mis au point des procédures informatiques pour exploiter cette incroyable masse de données.

Reste maintenant à tirer profit de cette technique d'imagerie moléculaire dans le domaine stratégique pour l'IFP des biocarburants. C'est à cette seconde étape que se consacrent aujourd'hui les chimistes d'IFP Lyon. ■

Contact :

Fabrice Bertoncini

fabrice.bertoncini@ifp.fr



Analyse bidimensionnelle d'une coupe pétrolière

■ ■ ■ Pour toute information :

Anne-Laure de Marignan ■ Tél. : 01 47 52 62 07



Les rendez-vous de l'innovation est une publication de l'IFP.

Direction de la communication ■ 1 et 4 avenue de Bois-Préau ■ 92852 Rueil-Malmaison Cedex ■ France

Directeur de la publication : Marco De Michelis

abonnement gratuit sur www.ifp.fr/IFP/sciences-actualites/abonnement ■ N° ISBN en cours