

Le prix Nobel de chimie 2005 est attribué à Yves Chauvin (France), Robert H. Grubbs et Richard R. Schrock (États-Unis)

La nouvelle tombe sur les téléspectateurs mercredi 5 octobre à 11 h 55. C'est une formidable explosion de joie dans la communauté des chimistes français qui s'exprime en faveur d'un homme d'une exceptionnelle modestie associée à une extrême valeur scientifique, et dont le nom était déjà intimement associé non seulement au mécanisme d'une réaction catalytique fascinante, celui de la métathèse des oléfines, mais à toute une discipline : la catalyse homogène.



Mais qui est Yves Chauvin ? Yves Chauvin est ingénieur de l'École Supérieure de Chimie Industrielle de Lyon dont il sort diplômé en 1954. A sa sortie de l'école, il rejoint le groupe Progil (Rhône-Poulenc) à Lyon pendant deux ans avant d'entrer à l'Institut Français du Pétrole (Rueil-Malmaison) en tant que spécialiste de catalyse homogène, domaine qu'il ne quittera pas durant ses quarante années passées dans cette institution remarquable, dédiée à la fois à la recherche et à la technologie dans le domaine de l'énergie, du transport et de l'environnement, et l'un des leaders mondiaux en terme de licences de procédés. Il y est nommé très rapidement « directeur du Laboratoire de catalyse homogène », responsabilité qu'il assumera jusqu'à son départ à la retraite.

Yves Chauvin est l'auteur de 55 publications et de 117 brevets, signe de cette ambivalence de ses centres d'intérêt entre recherche fondamentale et recherche appliquée. Ses travaux fondamentaux l'ont conduit à découvrir le mécanisme de la réaction de métathèse. Il est le père de deux procédés industriels majeurs de l'industrie pétrolière faisant appel à la catalyse homogène (fait extrêmement rare pour être souligné ici) : le procédé Dimersol et le procédé Alphabutol (au total, plus de quatre millions de tonnes/an de capacité mondiale, rivalisant avec le procédé Oxo au rhodium, procédé de catalyse homogène le plus répandu au monde). La reconnaissance internationale d'Yves Chauvin était déjà bien établie dans les milieux spécialisés avant qu'il n'obtienne le prix Nobel, mais sa modestie exceptionnelle lui faisait refuser toute forme d'honneur.

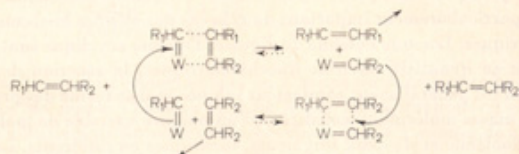
Il entre à l'Académie des sciences en 1996 et reçoit plusieurs prix internationaux, dont la Médaille Karl Engler qui lui a été décernée en 1975 par la DGMK (Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle eV : Société allemande

J.-L. HÉRISSEON et Y. CHAUVIN

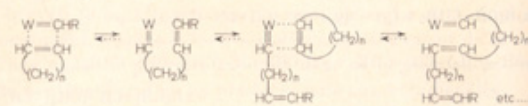
- existence d'un centre de « croissance » stable, rendant compte de la formation réversible de polymères de hautes masses moléculaires¹³;
- redistribution statistique des groupements alcoylidènes;
- répartition statistique d'origine cinétique des produits de bas poids moléculaires issus de la réaction croisée;
- conservation de fragments hydrocarbonés insaturés sur le centre catalytique (justifiant la formation des produits en réaction croisée par des réactions non consécutives).

L'hypothèse du schéma réactionnel de l'intermédiaire « quasi-cyclobutane » ne satisfait pas à l'ensemble de ces exigences; nous avons retenu la représentation formelle suivante, en accord avec un mécanisme de type « insertion »:

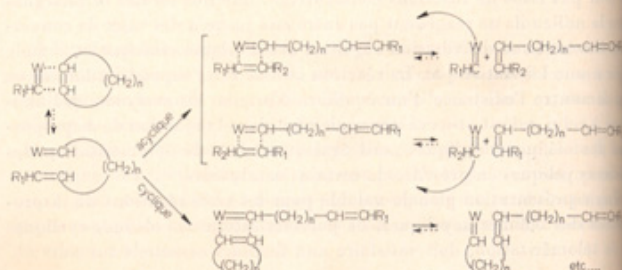
Réaction de disproportion



Réaction de polymérisation



Réaction de télomérisation



172

pour la Science et la Technologie pour les Pétroles et les Charbons).

Ses travaux se situent dans le domaine de la catalyse homogène et plus particulièrement de la catalyse par les métaux de transition appliquée à la chimie des hydrocarbures. Le nombre impressionnant de brevets qu'il prend tout au long de sa carrière traduit une activité débordante, une curiosité extrêmement large et une ouverture d'esprit qui le mettent à la pointe de la recherche chaque fois que des aspects nouveaux voient le jour. Ou plus précisément, c'est lui qui initie des domaines nouveaux de par sa sagacité à relier les disciplines et les connaissances à la pointe des disciplines de la chimie : catalyses homogène et hétérogène, chimies moléculaire et macromoléculaire, milieux ioniques non aqueux (pour batteries) et catalyse, etc.

Mais c'est avant tout un homme d'une rigueur expérimentale et théorique exceptionnelle, et je pense que c'est cette rigueur associée à une connaissance extrêmement large, une curiosité associée à une avidité d'apprendre et une intuition remarquable qui lui ont fait découvrir le mécanisme de la métathèse des oléfines bien avant que d'autres redécou-

vrent le même mécanisme beaucoup plus tard. Il est, me semble-t-il, relativement aisé de résumer en quelques phrases le contenu de cette découverte majeure d'Yves Chauvin, et je le fais d'autant plus volontiers que sa publication et celles qui ont suivi sont d'une actualité extrême, et j'aimerais que la reproduction de ce mécanisme figure telle quelle dans les livres d'enseignement universitaire (voir figure).

La métathèse des oléfines est une réaction catalytique qui, comme chacun sait, consiste à redistribuer en présence d'un métal de transition, les deux fragments « alkylidènes » situés de part et d'autre d'une double liaison carbone-carbone d'une oléfine. Ce réarrangement paraissait dans les années 1970, à première vue, très symétrique, et d'ailleurs le Comité Nobel lui-même n'a pas volontairement dévoilé toute la subtilité du « mécanisme de Chauvin » en représentant médiatiquement la métathèse comme une danse à quatre partenaires qui s'échangent symétriquement dans un ballet ma fois fort harmonieux. Tout le mérite d'Yves Chauvin a été d'associer les travaux de Giulio Natta (prix Nobel 1963) qui observait en catalyse homogène avec le tungstène la polymérisation du cyclopentène (une oléfine cyclique), ceux de Banks et Bailey en catalyse hétérogène qui découvrent une réaction nouvelle dite de « disproportionation » des oléfines en oléfines supérieures et inférieures, et ceci en utilisant le même métal, le tungstène. Il eut alors l'intuition, contre l'avis général de l'époque, que ces deux réactions, l'une utilisant une oléfine cyclique et l'autre une oléfine acyclique, l'une en catalyse homogène et l'autre en catalyse hétérogène, l'une en chimie moléculaire et l'autre en chimie macromoléculaire, obéissaient au même mécanisme d'activation de la double liaison, alors que les mondes de la catalyse homogène et hétérogène et ceux de la chimie moléculaire et macromoléculaire s'ignoraient : il jette des passerelles d'une créativité inouïe.

Viennent alors des études *a priori* fort simples, mais encore fallait-il les concevoir et les réaliser avec son élève Jean-Louis Hérisson de façon très rigoureuse, de métathèse croisée entre une oléfine cyclique (le cyclopentène) et une oléfine acyclique (le pentène-2), et observer que les produits obtenus dans des conditions cinétiques ne peuvent pas s'expliquer par un échange symétrique de quatre partenaires autour du métal (la fameuse théorie de Mango), mais qu'il fallait au contraire un échange dissymétrique de partenaires avec création d'une double liaison initiale entre le métal et l'un des deux fragments oléfiniques. D'une simplicité remarquable, ce mécanisme reposait sur des complexes métallocarbéniques, dianioniques, que Richard Schrock isolera plus tard, utilisera en métathèse en développant une chimie remarquable, ce qui lui vaut de partager le prix Nobel avec Yves Chauvin (on peut mentionner ici que certes les travaux de Ernst Otto Fisher, prix Nobel en 1973, qui avait découvert un nouveau type de doubles liaisons métal-carbone stabilisé par des hétéro-atomes, avaient influencé Yves Chauvin, mais on était loin des carbènes sans hétéroatomes qui sont les vrais intermédiaires de la métathèse).

A cette époque, Yves Chauvin prend plusieurs brevets utilisant les métallocarbènes du tungstène, mais ses brevets ne seront pas cités. La publication d'Yves Chauvin dans *Makromolekulare Chemie* (Jean-Louis Hérisson et Yves Chauvin, *Di Makromolekulare Chemie*, 1970, 141, p. 161-176)

fait apparaître la démonstration rigoureuse à partir de données cinétiques de : (i) métathèses formelles, (ii) métathèse croisée entre une oléfine cyclique et une oléfine acyclique, (iii) polymérisation par ouverture de cycle. Si l'on regarde de près les étapes représentées, on y retrouve absolument tous les ingrédients des « text books » qui font l'actualité : ouverture de cycle, fermeture de cycle, métathèse croisée, etc.

Toutes les applications actuelles de la métathèse sont contenues dans ce mécanisme d'une simplicité remarquable et dont les applications qui étaient cantonnées initialement à l'équilibrage des coupes pétrolières se sont élargies progressivement vers les polymères, la chimie fine et le médicament, et l'agrochimie pour l'énergie et le développement durable. C'est d'ailleurs la formidable explosion de travaux issus de la mise au point de catalyseurs au ruthénium stables à l'air et tolérant toutes sortes de fonctions utilisables par nos organiciens qui a donné cet essor récent qu'a connu la métathèse et qui a valu à Bob Grubbs de partager le prix Nobel avec Yves Chauvin et Dick Schrock.

Mais limiter le mérite d'Yves Chauvin à la découverte du mécanisme de la métathèse serait commettre une erreur grave. Au cours des 40 ans passés à l'IFP, il a touché à de nombreux aspects de la chimie du nickel et des métaux du groupe 8 et du groupe 4, notamment l'oligomérisation des oléfines et des dioléfines. Dans ce registre, il avance très vite sur la dimérisation du propylène en essence et lance le procédé Dimersol. Dans le même ordre d'idées, mais cette fois-ci avec le titane, il aborde la dimérisation du butène-1, un comonomère du polyéthylène ; le procédé est commercialisé sous le nom d'Alphabetol.

Il est parmi les premiers, si ce n'est le premier au monde, à lancer le concept des catalyses biphasiques en milieux ioniques non aqueux, et cette idée originale conduit au développement d'un procédé similaire à celui du procédé Dimer-sol, appelé procédé Difasol de dimérisation des oléfines.

Il aborde tous les aspects de la catalyse homogène depuis l'oligomérisation des oléfines et des dioléfines, la

polymérisation stéréospécifique des oléfines et des dioléfines, les réactions de carbonylation, la synthèse d'alpha-aminoacides naturels et non naturels, la catalyse asymétrique, la synthèse organométallique, la catalyse biphasique.

Mais aujourd'hui, en 2005, Yves Chauvin n'est pas ce « vieux monsieur » à la retraite, comme il a essayé de nous le faire croire à la télévision ! Derrière ses cheveux blancs se cache un regard rieur perçant, sans compromis, plein d'humour, parfois de regrets, mais toujours plein de passion pour la recherche et le rôle de la science, mais aussi rempli de la sagesse humaine pour résoudre les problèmes de l'humanité.

J'espère qu'il ne m'en voudra pas de dévoiler les secrets de sa jeunesse physique et mentale : 15 km à la marche (ou à la course) tous les dimanches, le reste à la bibliothèque pour s'instruire (il est peut-être le seul Français à lire toutes les semaines les *Chemical Abstracts*...). Une fois par semaine, il se lève à 5 h du matin pour rejoindre par le TGV venant de Tours, le laboratoire à Villeurbanne pour superviser thèses et PHD, et ceci depuis dix ans. Le lendemain de son prix Nobel, il était au labo pour discuter recherche, et les journalistes attendaient à la porte pendant quatre heures !!

Yves Chauvin est directeur émérite dans un laboratoire CNRS-CPE, le Laboratoire de chimie organométallique de surface⁽¹⁾, qui est fier d'héberger un grand Monsieur !

Je conclurai en apportant au nom de tous les chimistes français nos vives félicitations à Yves Chauvin dont la modestie ne peut qu'ébranler tout interlocuteur qui sait apprécier son savoir, sa sagesse et sa vision philosophique du monde qui l'entoure.

Jean-Marie Basset
Membre de l'Institut

(1) <http://www.cpe.fr/lcoms>

En l'honneur d'Yves Chauvin

A l'occasion des 3^{es} Rencontres parlementaires sur la chimie qui se sont déroulées le 6 octobre dernier, un hommage unanime et appuyé a été rendu à Yves Chauvin, co-lauréat du prix Nobel de chimie 2005, devant un parterre d'élus, de scientifiques, de membres de l'Union des Industries Chimiques, de représentants d'organisations non gouvernementales et syndicales.

Nous reproduisons ci-après le texte lu par Gérard Pignault, au nom de CPE Lyon, de l'IFP et du CNRS.

Mesdames et Messieurs,

Jacqueline Lecourtier, directrice scientifique de l'Institut Français du Pétrole, Marc Ledoux, directeur de la Chimie au CNRS, et moi-même, Gérard Pignault, directeur de CPE Lyon, formons un trio ému pour vous faire part de l'obtention du prix Nobel de Chimie 2005 par Yves Chauvin, scientifique français, conjointement avec les américains Robert Grubbs de Caltech et Richard Schrock du MIT.

Cette distinction est une grande fierté pour les scientifiques français, et en particulier les chimistes. C'est d'abord toute cette communauté que nous voulons célébrer et qui se sent honorée.

« Yves Chauvin, ancien directeur de recherche de l'Institut Français du Pétrole, dans lequel il a passé 40 ans, et où il a effectué les recherches qui sont actuellement honorées, est actuellement directeur de recherche émérite au Laboratoire de chimie organométallique de surface du CNRS/CPE Lyon. Il est ancien élève de CPE Lyon (École Supérieure de Chimie Physique Électronique de Lyon - Promotion ESCIL 54). Il a fait preuve tout au long de sa carrière d'une créativité scientifique remarquable dans le domaine de la catalyse homogène. Celle-ci s'est concrétisée par un nombre considérable de brevets, de publications et de prix scientifiques nationaux et internationaux. Il est le concepteur et le réalisateur de

plusieurs grands procédés industriels de la pétrochimie. Parmi ceux-ci, on peut mentionner :

– **le Dimersol**, qui est un procédé de dimérisation du propylène en essence, avec plus de trente unités en fonctionnement dans le monde. Ce procédé a constitué un progrès décisif dans le domaine de la catalyse homogène des années 70.

– **l'Alphabutol**, qui consiste à transformer l'éthylène en butène-1, avec plus de vingt unités, soit en fonctionnement, soit en construction dans le monde.

Outre ses réalisations industrielles extrêmement fructueuses, Yves Chauvin a toujours eu une activité de recherche académique très large, extrêmement originale, toujours en avance sur son temps. Il découvre le mécanisme de métathèse des oléfines, **le mécanisme de Chauvin**, mécanisme qui sera redécouvert cinq ans plus tard par des chercheurs américains. Il propose, dans les années 70, des intermédiaires métallocarbéniques avant même que ces métallocarbènes ne soient isolés dix ans plus tard. Son spectre d'activité, très large, couvre de très nombreux aspects de la catalyse homogène et de polymérisation : oligomérisation des oléfines et des dioléfines, carbonylation, synthèse d'alpha-aminoacides naturels et non naturels par catalyse asymétrique, chimie des terres rares. Très récemment, il développe un domaine extrêmement prometteur de la catalyse homogène en milieu sel fondu particulièrement original puisqu'il permet de réaliser des réactions très sélectives de la catalyse homogène, tout en permettant de séparer le métal de transition du milieu réactionnel. Personne avant lui n'avait imaginé que la catalyse homogène puisse être réalisée dans un tel milieu. Là encore, il réalise une première. En résumé, Yves Chauvin est le père spirituel de la catalyse homogène mondiale, et son apport conceptuel dans la découverte du mécanisme de la métathèse des oléfines a été une innovation particulièrement remarquable » (J.-M. Basset, directeur du LCOMS LIMR CNRS/CPE 9988).

Au-delà de ces éléments scientifiques, cet événement nous inspire trois réflexions :

- Si Yves Chauvin avait été américain, on aurait célébré la capacité des États-Unis à abriter, dans des instituts de haut niveau. Mais voilà, Yves Chauvin a travaillé dans un institut français, l'IFP ; il a été formé dans une école française, CPE Lyon, qui s'appelait l'ESCIL à l'époque, et il exerce aujourd'hui dans un laboratoire CNRS/CPE à Lyon. Il y a aussi des réussites françaises.
- On dit parfois que l'on empêche les chercheurs de travailler à partir d'un certain âge ; mais voilà, après une carrière prolifique à l'IFP, le CNRS a eu l'intelligence de lui proposer de poursuivre dans un de ses laboratoires associé à une école.
- On aime bien opposer en France recherche fondamentale et recherche appliquée : mais qu'a fait Yves Chauvin ? C'est fondamental, car couronné par le prix Nobel ; c'est appliqué, nombre de procédés utilisés dans des usines fonctionnent actuellement. Le principal critère de jugement d'une recherche, c'est sa qualité. Un travail de qualité trouve toujours son utilité.

Voilà, nous voulons surtout célébrer la joie d'un homme qui vient d'être reconnu par ses pairs, et qui l'a mérité car il a obtenu tout cela par son travail.

Mesdames et Messieurs, applaudissons Yves Chauvin.

Gérard Pignault
Directeur CPE Lyon

Ndlr : Yves Chauvin a publié deux articles dans *L'Actualité Chimique* en décembre 1996 : « La catalyse en milieu biphasique : utilisation des milieux ioniques non aqueux », avec Jacques C. Védrine, p. 44, et « Table ronde. Catalyses hétérogène et homogène : les enjeux industriels », p. 58.

*Vous avez un article traitant d'un thème émergent
ou ayant des applications innovantes ?*

N'hésitez pas à contacter la rédaction.

Courriel : redaction@lactualitechimique.org. Tél. : 01 40 46 71 64. Fax : 01 40 46 71 61.
Recommandations aux auteurs disponibles en format pdf sur le site www.lactualitechimique.org