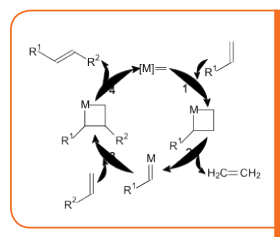




# Les molécules peuvent-elles danser ?

## La métathèse des alcènes

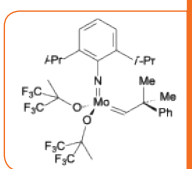


Le cycle catalytique: la valse des molécules

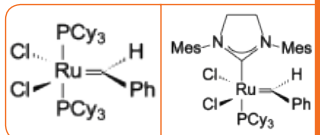


**Richard Schrock (gauche), Robert Grubbs (droite) et Yves Chauvin (centre)** reçurent conjointement en 2005 le prix Nobel.

### Les catalyseurs Carbène-métal des prix Nobel :

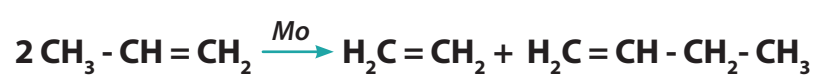


Catalyseur de Schrock



Catalyseur de Grubbs 1<sup>er</sup> génération (gauche) et 2<sup>e</sup> génération

C'est une découverte révolutionnaire passée inaperçue, une grande avancée en catalyse homogène qui donnera une réaction majeure utilisée en pétrochimie. Tout commence en 1964, avec R.L. Banks et G.C. Bailey, de la Phillips Petroleum, qui transforment du propène en éthène et butène par chauffage en présence d'un catalyseur au molybdène :



Mais cette belle découverte restait inexpliquée.

Parallèlement E.O. Fischer, de l'Université technique de Munich, décrit l'existence d'une liaison double, C = M, entre un métal et le carbone : le carbène-métal était né.

### Y aurait-il un lien ?

En 1971, dans un article publié, dans la revue *Die Makromolekulare Chemie*, le français Yves Chauvin de l'Institut Français du Pétrole (IFP) décrit un mécanisme pouvant être considéré comme une danse, des doubles liaisons, avec changement de partenaire, mettant en jeu un carbène-métal comme catalyseur homogène. Les étapes sont réversibles et la formation de l'éthène gazeux déplace l'équilibre vers la droite. C'est une révolution ! Mais cette découverte reste quasiment inconnue durant dix ans.

Dans les années 80-90, tout s'accélère. Les chimistes R. Schrock (professeur au MIT) et R. Grubbs (professeur au Caltech, Californie) réussirent à synthétiser des carbène-métal à base de molybdène et de ruthénium et confirmèrent leurs rôles comme catalyseurs de cette réaction. L'idée géniale d'Yves Chauvin était validée !

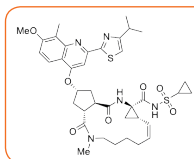
Ainsi la réaction de la métathèse (du grec, meta qui signifie modification et thesis, position) a pour équation :



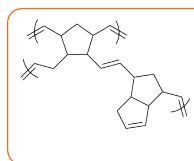
Ces catalyseurs sont devenus des produits commerciaux, faciles d'utilisation et compatibles avec de nombreuses fonctions organiques présentes sur les substituants des alcènes.

Cette réaction est à la base de deux grands procédés industriels de la pétrochimie (plusieurs dizaines d'unités dans le monde) mis au point par l'IFP Énergies Nouvelles :

- le « Dimersol », procédé de dimérisation du propène en essences ;
- l'« Alphabuto », permettant de transformer l'éthène en but-1-ène.



Un exemple de médicament : le siméprévir, très utilisé pour le traitement de l'hépatite C, avec peu d'effets secondaires.



#### Motif du polyDPCPD

La réaction de polymérisation du polyDPCPD se fait sous pression d'injection de 2 bar, à température ambiante et en 1 minute. Chiffre d'affaires de 20 millions d'euros par an!

La métathèse permet aussi industriellement :

- la production de médicaments à l'échelle de la centaine de kilogrammes ;
- la conversion d'alcènes biosourcés en molécules d'intérêt industriel tels que des surfactants, des lubrifiants, des plastifiants et des monomères conduisant à des matériaux.

Citons parmi eux le poly-dicyclopentadiène (polyDPCPD) qui sert à fabriquer des pièces complexes de grande dimension telles que des éléments de carrosserie et des stations offshore, mais aussi des matériaux composites pour éoliennes.

Il a fallu plus de quarante ans de travaux par des dizaines d'équipes pour démontrer les conséquences pratiques de la métathèse des alcènes, cela n'était pas du tout prévu au départ!

### L'anecdote



#### Yves Chauvin

Yves Chauvin (1930-2015) était un chimiste discret et très modeste. Ingénieur chimiste issu de l'École de chimie de Lyon, il n'a pas pu préparer de thèse... pris par le service militaire en 1954 puis la guerre d'Algérie. Cela ne l'empêcha pas d'être reçu à l'Académie des sciences et d'être lauréat du prix Nobel de chimie en 2005, en ayant travaillé plus de 40 ans à l'IFP. La passion d'Yves Chauvin pour la chimie ne s'arrêta pas après avoir pris sa retraite officielle : le CNRS lui permettra de continuer à encadrer encore de nombreuses thèses d'étudiants issus de sa chère École de chimie de Lyon...