

Les 40 ans de la division Chimie de coordination

La division Chimie de coordination a célébré son 40^e anniversaire en janvier 2017. L'occasion de rappeler les différentes étapes de sa création, les précurseurs du domaine, d'évoquer les moments importants, et surtout de rendre hommage aux principaux acteurs. C'est en réunissant les témoignages des anciens présidents de la division que nous avons pu collecter les informations qui retracent quarante années d'une chimie qui a été mise à l'honneur lors de la cérémonie officielle de remise du prix Nobel à Oslo en novembre 2016.

Chimie de coordination : un retard français...

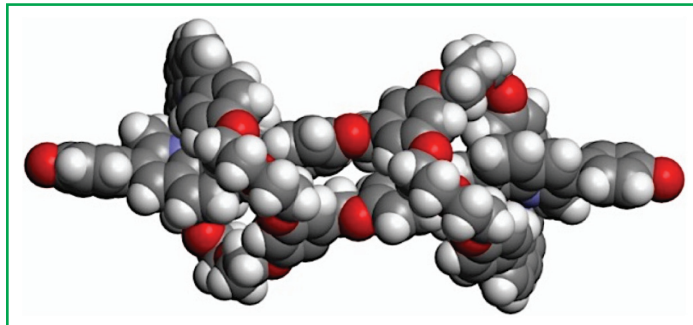
Dans les années 1970, la chimie de coordination en France n'en était qu'à ses balbutiements. Insérée entre les disciplines de la chimie minérale et de la chimie organique, sa position était un peu antagoniste. Les deux disciplines majeures regardaient avec étonnement l'apparition de ce nouveau secteur où il était question de métaux et de ligands. La notion même de coordination était nouvelle. Certes, la chimie organométallique existait déjà mais elle était à l'époque associée à un nom, le Pr. Henri Norman, et dans une moindre mesure au Pr. Jean Tirouflet à Dijon. Mais la chimie organométallique ne constituait pas une discipline à part entière comme ailleurs dans le monde et restait accolée en France à la chimie organique.

La France était alors internationalement reconnue pour ses travaux de recherche en chimie organométallique avec le digne héritage de Victor Grignard et de Paul Sabatier. Mais ce n'était pas le cas en chimie de coordination, dominée principalement par les universités américaines, anglaises et surtout allemandes, expertes en chimie structurale et minérale. Le retard était notable et la volonté politique du CNRS en particulier a été de promouvoir ce nouveau secteur avec la mise en place d'un Laboratoire de Chimie de Coordination à Toulouse, l'actuel LCC, dont la création date de 1974 à l'initiative de Fernand Gallais, membre de l'Institut, son premier directeur.

...vite rattrapé

Dans ce contexte, il est également apparu nécessaire de regrouper, au-delà de la région toulousaine, les jeunes acteurs de cette discipline et une première école d'été a ainsi été organisée à Solignac en 1975 sur le thème de « la chimie moléculaire des éléments de transition ». Mais pour parfaire la réalisation de ce projet et faire valoir cette nouvelle thématique, la Société Chimique de France (SCF) apparaissait comme une évidence. Initiée par le Pr. Gallais, la mission fut confiée au Pr. René Poilblanc, qui avait rejoint Toulouse comme chargé de cours pour renforcer l'équipe et assister son directeur, alors en détachement au CNRS. Sa légitimité était double : membre reconnu et respecté du LCC, et président de la section régionale de la SCF. Il devint donc naturellement le premier président de la nouvelle division Chimie de coordination.

Toulouse est le berceau de la division et ce n'est donc pas un hasard si le laboratoire et la division portent le même nom. Mais la ville rose n'était pas la seule à s'intéresser à la discipline alors émergente. Dans les bagages d'Yves Jeannin, éminent cristallographe, professeur à Toulouse muté à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), la chimie de coordination est montée



Structure cristallographique du dimère complexé à deux atomes de cuivre(I). Illustration reproduite de l'article de J.-P. Sauvage, V. Duplan et F. Niess publié en avril 2016⁽⁴⁾.

à Paris. Et partout en France, quelques chercheurs issus de la chimie du solide se passionnaient pour la dynamique nouvelle, en s'inspirant des travaux de Taube, Cotton, Lewis et Wilkinson, dont les publications faisaient référence. Ainsi des chercheurs des Universités de Paris, Dijon, Rennes et Strasbourg ont rejoint en premier la division Chimie de coordination dont l'ampleur n'a cessé de croître depuis la date officielle de sa création en 1977.

Les précurseurs font école

L'émergence de cette discipline en France dans les années 1975-1990 est l'œuvre des précurseurs déjà évoqués, mais aussi de Guy Ourisson et Jean Dehand à Strasbourg, Jacques Bénard à Toulouse, Daniel Grandjean à Rennes, Michael Bigorgne et Pierre Souchay à Paris... Leur engagement et leur recherche ont fait école et ils ont formé des générations d'étudiants qui ont pris la relève et se sont révélés à la hauteur de leurs maîtres, disséminant dans toute la France les concepts de la chimie de coordination : Pierre Braunstein, Patrick Cassoux, Robert Corriu, Pierre Gouzerh, Roger Guillard, Olivier Kahn, Jean-Pierre Launay, Guy Lavigne, François Mathey, Bernard Meunier, Jean-Yves Saillard, Jean-Pierre Sauvage...

D'autres ont rejoint la thématique après avoir contribué sagement à la chimie organométallique qui peu à peu est venue s'associer à son homologue de coordination. C'est le cas de Didier Astruc, René Dabard, Pierre Dixneuf, Jean Osborn... et tant d'autres.

La chimie de coordination s'ouvrait ainsi à de multiples interfaces : synthèse et réactivité des composés de coordination et organométalliques, hétérochimie, catalyse moléculaire impliquant des complexes métalliques, matériaux moléculaires inorganiques, électronique et magnétisme moléculaires, chimie inorganique du et pour le vivant... De nouvelles générations de chercheurs ont pris le relais de cette discipline dans laquelle de nouveaux courants se dessinent, apportant des contributions essentielles au monde des polymères, de la catalyse, de la chimie bioinorganique et des matériaux.

La gouvernance de la division

Quatorze présidents se sont succédé à la tête de la division (voir *tableau*). D'après leurs témoignages, le rôle du président

Les quatorze présidents successifs de la division Chimie de coordination. La nomination des présidents se faisait tout d'abord par cooptation, puis peu à peu s'est mis en place un appel à candidatures et une élection *via* le Bureau. Mais il est souvent d'usage de nommer le vice-président à la tête de la division : son expertise en tant que membre du Bureau lui permet d'assurer au mieux les fonctions qui sont les siennes.

Président	Mandat	Ville
René Poilblanc	1977-1980 (4 ans)	Toulouse
Jean Dehand	1981-1982 (2 ans)	Strasbourg
Daniel Grandjean	1983-1985 (2 ans)	Rennes
Yves Jeannin	1985-1987 (3 ans)	Paris
François Mathey	1988-1990 (3 ans)	Palaiseau
Pierre Braunstein	1991-1994 (4 ans)	Strasbourg
Roger Guillard	1995-1998 (4 ans)	Dijon
Olivier Kahn	1999 (< 1 an)	Bordeaux
Bernard Meunier	1999-2001 (3 ans)	Toulouse
Didier Astruc	2002-2005 (4 ans)	Bordeaux
Guy Lavigne	2006-2009 (4 ans)	Toulouse
Jean-René Hamon	2010-2012 (3 ans)	Rennes
Olivia Reinaud	2013-2015 (3 ans)	Paris
Rinaldo Poli	2016-2018 (3 ans)	Toulouse

est multiple. Il s'agit bien évidemment d'assurer les nombreuses tâches liées à sa responsabilité, comme la diffusion d'informations, ou de promouvoir les relations avec les autres divisions de la SCF. Mais les activités du président, assisté du Bureau, consistent également à :

- garantir la tenue d'une manifestation scientifique annuelle,
- récompenser des chercheurs confirmés ou promouvoir de jeunes talents *via* l'attribution d'un prix annuel de la division,
- proposer des noms pour les Grands prix de la SCF ou d'autres distinctions,
- attribuer des bourses aux membres les plus jeunes pour leur permettre de participer à des colloques,
- assurer un soutien financier à des manifestations scientifiques d'intérêt,
- participer aux activités de la division de Chimie inorganique et organométallique de l'EuCheMS (European Association for Chemical and Molecular Sciences⁽¹⁾).

La chimie de coordination à l'honneur

Le soutien pour les prix est considéré par les présidents de la division comme un rôle essentiel de leur mandat. Il convient de solliciter les candidatures et de récompenser les chercheurs qui ont permis une avancée dans le domaine. Au sein de la division, les prix sont remis à l'un de ses membres pour sa contribution scientifique. Ils sont attribués à un chercheur confirmé (sans limite d'âge) les années paires, et à un jeune chercheur (moins de 40 ans) les années impaires. Cette procédure alternée a été mise en place en 1990 par Pierre Braunstein (alors vice-président) sous la mandature de François Mathey. Tous deux souhaitaient mettre un peu d'ordre dans la répartition des récompenses qui, jusqu'à cette date, étaient attribuées sans condition d'âge. Depuis, la division a procédé sur ce modèle qui en a inspiré également d'autres. Le prix est remis à l'occasion des Journées de chimie de coordination (JCC)⁽²⁾ l'année suivante (la liste de tous les lauréats avec les thématiques associées est donnée en *annexe**).

Les Grands prix Joseph-Achille Le Bel et Pierre Süe sont attribués par le Conseil d'administration de la SCF sur propositions

d'un jury de sept personnalités internationalement reconnues. Ils récompensent des travaux importants, unanimement salués par la communauté scientifique, qui s'inscrivent dans le cadre des activités de notre société savante. Ainsi des personnalités adhérentes à notre division comme Philippe Walter, Wais Hosseini, Joël Moreau, Marc Fontecave, Guy Bertrand, Bernard Meunier, Jean-Yves Saillard, Didier Astruc, Pierre Dixneuf, Jean-Claude Chottard, John Osborn... ont reçu le prix Le Bel.

André Mortreux, Daniel Lincot, Michel Ephritikhine, Pierre Braunstein, Lahcène Ouahab, Bruno Chaudret, Jean-Pierre Sauvage, Jean-Louis Rivail, Michel Verdaguer, Abel Rousset, Jean-Marie Basset, Michel Che et René Poilblanc ont été récompensés par le prix Pierre Süe.

Mais le rôle du président peut également aller au-delà des prix nationaux, et c'est ainsi que Didier Astruc a pu contribuer à son niveau à faire reconnaître les travaux de Yves Chauvin auprès du Comité Nobel. Ancien élève de Richard Schrock, Didier Astruc connaissait bien la problématique et avait anticipé le prix suprême qui pouvait venir couronner le domaine de la métathèse et récompenser les deux acteurs américains, grands spécialistes de cette thématique, Robert H. Grubbs et Richard R. Schrock. Pour éviter à la France de nouvelles polémiques dans l'attribution d'un prix Nobel⁽³⁾, le Pr. Astruc a rédigé deux articles, dans *L'Actualité Chimique* en 2004, puis dans le *New Journal of Chemistry*, paru en janvier 2005 pour rappeler la contribution de Y. Chauvin au domaine. C'est cet article qui figurait sur le site du Comité Nobel le 5 octobre 2005, jour de la remise des prix. Une double satisfaction pour l'auteur !

En octobre 2016, la communauté scientifique française apprenait avec une immense satisfaction l'attribution du prix Nobel de chimie à Jean-Pierre Sauvage, Ben L. Feringa et J. Fraser Stoddard pour leurs travaux précurseurs dans le domaine des nanomachines. Il s'agit de mettre en mouvement, par l'intervention d'un signal extérieur, une partie d'un composé tout en maintenant d'autres fragments immobiles. « *Si une source d'énergie alimente le système, de manière continue, et qu'un mouvement périodique en résulte, l'assemblée moléculaire en mouvement pourra être considérée comme un « moteur* »⁽⁴⁾.

Nul ne peut ignorer les rotaxanes (anneaux traversés par un axe) et les caténanes (molécules à plusieurs constituants, comportant des anneaux entrelacés) et les nombreux exemples publiés par le chercheur français. Ces composés semblent en effet parfaitement adaptés à l'élaboration de machines, avec des mouvements continus d'un constituant par rapport à l'autre, actionnés par des modulations du degré d'oxydation du cuivre, Cu(II) ou Cu(I), qui détermine la géométrie d'équilibre de ces architectures.

Ce prix est une reconnaissance pour le chercheur strasbourgeois, mais aussi pour l'ensemble de la communauté de chimie de coordination. Il salue non seulement les travaux d'avant-garde dans le domaine et les avancées majeures réalisées en chimie expérimentale, telles que l'utilisation de cations métalliques comme template pour la construction d'architectures complexes, mais également les perspectives d'applications – nanomoteurs, nano-élévateurs, nanopinces, ou même nanotransporteurs pour la délivrance contrôlée des médicaments de demain.

Au-delà des Journées de la division

Afin de renforcer davantage les liens entre chimie de coordination, chimie organométallique, catalyse et chimie du solide, des journées scientifiques communes ont été organisées, notamment à Villeurbanne en 1993 ou Paris en 1994, avec des invités prestigieux.

Ces réunions ont permis de réunir un large public et de communiquer à toute la communauté les dernières avancées du domaine. Tous les laboratoires étaient représentés et l'idée était simple : assurer davantage de visibilité à la chimie de

coordination et mobiliser les acteurs pour évoquer des programmes ou des actions thématiques qui pouvaient par la suite être lancés par le CNRS. À cette époque, la volonté était de renforcer la communauté en la rendant plus collégiale et de redynamiser la SCF, tutelle de ces manifestations.

C'est également à cette époque et sous l'influence de Pierre Braunstein que l'idée est venue de regrouper deux manifestations scientifiques : le Gecom (Groupe d'étude en chimie organométallique, initié par P. Cadiot de Paris et J.C. Maitre de Marseille), consacré principalement à la catalyse, et le Concoord (Concertation en chimie de coordination, fondé par O. Kahn d'Orsay), davantage axé sur la chimie de coordination. Malgré quelques réticences, les organisateurs se sont laissés convaincre et le succès a été au rendez-vous. Le Gecom-Concoord perdure encore aujourd'hui et est devenu une manifestation nationale de référence.

Les discussions ont également été vives pour débattre de l'avenir des journaux français, comme le *Nouveau Journal de Chimie* ou le *Bulletin de la Société Chimique de France*, et de leur intégration dans les maisons d'édition européennes comme la Royal Society of Chemistry (RSC). Ainsi sont nés le *New Journal of Chemistry*, repris par la RSC, et *EurJIC (European Journal of Inorganic Chemistry)*, propriété de ChemPubSoc Europe (une organisation qui regroupe seize sociétés savantes européennes dont la SCF), désormais édité par Wiley-VCH. Difficile de soupçonner les efforts fournis par les responsables de la division de l'époque pour tenter de négocier et convaincre l'ensemble de la communauté. Le succès de ces journaux a été immédiat et s'est toujours maintenu.

Très récemment, l'actuel Bureau a relancé les journées scientifiques communes permettant de renforcer les liens entre les différents acteurs de la chimie ; un rapprochement avec la division Chimie physique et plus particulièrement sa subdivision Électrochimie a été réalisé à l'occasion des JCC 2017 à Grenoble.

Un potentiel immense

Vers 1893, Alfred Werner a été le premier chimiste à formuler les structures des composés de coordination. Considéré comme le précurseur du domaine, il fut récompensé par le prix Nobel en 1913. Depuis, la chimie de coordination n'a cessé de progresser, s'intéressant non seulement aux métaux de transition des sous-couches d, mais également aux lanthanides associés à des ligands dont la complexité est croissante. Les années 1990, avec l'essor de la cristallographie, ont été considérées comme une période de renouveau pour cette chimie. Depuis lors, le champ a connu une croissance rapide dans de nombreuses directions. Les défis que le monde présente aux chimistes n'ont jamais été aussi grands ; les contributions dans le domaine de la chimie de coordination n'ont jamais été aussi abondantes et couvrent désormais de vastes domaines de recherche :

- la chimie moléculaire comprend les complexes inorganiques et organométalliques dotés de propriétés physiques, biologiques ou catalytiques, les matériaux multifonctionnels (magnétisme, conductivité, luminescence, commutation...), les nanomachines, les MOF (« metal organic framework »), la chimie bioinorganique...

- la catalyse tente de répondre aux principaux défis dont la conversion des ressources fossiles lourdes pour les carburants et l'énergie, la conversion de ressources renouvelables dérivées de la biomasse ou celle du dioxyde de carbone et de l'eau par photo- et électrocatalyse ;

- la science des surfaces s'intéresse à l'électrochimie interfaciale des métaux et des semiconducteurs inorganiques, aux phénomènes de croissance et de dépôt contrôlé, à la mise en forme de nouvelles batteries, aux processus électrocatalytiques, aux capteurs...

Ainsi, depuis une vingtaine d'années, la chimie de coordination trouve de grands potentiels d'applications en optique, microélectronique, photovoltaïque, théranostique, électronique, spintronique et magnétisme moléculaires, ou dans le domaine des nanosciences. De nouveaux secteurs font leur apparition dans lesquels les cations métalliques répondent aux enjeux sociétaux, en relation avec la santé, la transition énergétique, le développement de procédés écologiquement responsables, les technologies de l'information... Le potentiel est immense et les nouvelles applications influencent considérablement les recherches fondamentales : polymères biodégradables, métalloenzymes, sondes bimodales, imagerie biphotonique, diodes électroluminescentes, photosynthèse artificielle, piles à combustible, microréacteurs chimiques, carburants de synthèse, biocombustibles, biopiles, photocatalyse, dépollution, pots catalytiques, nanomatériaux, capteurs et biocapteurs...

Valérie Marvaud, Rinaldo Poli et Anna Proust

Cet article est dédié à Jean Dehand, deuxième président de la division (1981-1982), qui nous a quittés en septembre dernier. Les auteurs adressent leurs vifs remerciements à tous les présidents qui leur ont accordé une interview, contribuant ainsi indirectement à cet article, notamment Didier Astruc, Pierre Braunstein, Roger Guilard, Jean-René Hamon, Yves Jeannin et René Poilblanc.

* Annexe en téléchargement libre sur www.lactualitechimique.org à partir de la page liée à cet article.

- (1) EuCheMS, l'association européenne pour les sciences chimiques et moléculaires, vise à créer une plateforme de discussion scientifique et à fournir une voix européenne unique et impartiale sur les principaux problèmes politiques en chimie et dans les domaines connexes.
- (2) **JCC 2018, 8-9 février 2018 à Brest**, <https://jcc2018.sciencesconf.org>
- (3) En 2001, suite à l'attribution du prix Nobel à Knowles, Noyori et Sharpless, un article de Didier Astruc paraît dans *Le Monde* regrettant que le chimiste français Henri Kagan ne soit pas parmi les lauréats.
- (4) Sauvage J.-P., Les nanomachines moléculaires : de la biologie aux systèmes artificiels et aux dispositifs, *L'Act. Chim.*, **2003**, 265, p. 119. Voir aussi : Sauvage J.-P., Topologie chimique et machinerie moléculaire : avant-propos, *L'Act. Chim.*, **2016**, 406, p. 11 ; et Sauvage J.-P., Duplan V., Niess F., Systèmes moléculaires contractiles et extensibles : vers des muscles moléculaires, *L'Act. Chim.*, **2016**, 406, p. 13.

Valérie Marvaud est directrice de recherche au CNRS, représentante de la division Chimie de coordination au Comité de rédaction de *L'Actualité Chimique*, membre du groupe E-POM (Edifices Poly-Métalliques) de l'Institut parisien de Chimie moléculaire*.

Rinaldo Poli est professeur à l'Institut National Polytechnique de Toulouse (Toulouse INP), président de la division Chimie de coordination, responsable du groupe Architectures complexes et Catalyse, Laboratoire de Chimie de Coordination, Toulouse**.

Anna Proust est professeur de l'Université Pierre et Marie Curie, vice-présidente de la division Chimie de coordination, responsable du groupe E-POM*.

* Groupe E-POM, Institut parisien de Chimie moléculaire, UMR CNRS 8232, 4 place Jussieu, cc 229, F-75252 Paris Cedex 05.

Courriels : valerie.marvaud@upmc.fr ; anna.proust@upmc.fr

** LCC, UPR CNRS 8241, 205 route de Narbonne, F-31077 Toulouse Cedex 4.

Courriel : rinaldo.poli@lcc-toulouse.fr