

2021

Highlights

Laboratoire de chimie
de coordination



Sommaire

3 Édito

4 Laboratoire de chimie de coordination : présentation et chiffres clés

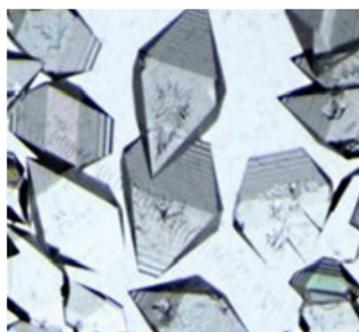
6 Chimie et catalyse



10 Chimie et santé



15 Chimie et matériaux



21 Les temps forts de 2021

22 Lexique

Édito

L'année 2021 est évidemment une année particulière toujours marquée par la crise sanitaire exceptionnelle que nous traversons. Plus que jamais, les recherches scientifiques et le temps long de la recherche sont indispensables. Allant de pair, diffuser les résultats de recherche qui s'effectuent dans les laboratoires est primordial, afin d'éclairer les avancées et d'apporter des données scientifiques fiables à nos concitoyens.

A l'heure où énormément d'activités professionnelles, telles que les réunions ou les enseignements se font à distance, il nous a semblé nécessaire de diffuser ces résultats de la recherche du laboratoire de chimie de coordination (LCC) *via* ce document.

Cette brochure, « Temps forts du LCC 2021 » tout en vous présentant des résultats scientifiques récents obtenus au laboratoire, vient démontrer, encore une fois, la diversité et la complémentarité des recherches qui y sont menées. Répartis en trois axes thématiques, catalyse, santé, et matériaux, vous y découvrirez notamment le développement d'un nouveau catalyseur à base de nickel plus économe et plus écologique, le traitement de la tuberculose grâce aux dendrimères phosphorés polycationiques ou encore l'importance des matériaux à transition de spin dans le développement d'actionneurs souples pour la robotique ou le muscle artificiel !

A travers des recherches allant du fondamental jusqu'aux applications, ces quinze textes vous feront donc découvrir la chimie de coordination et ses trois interfaces disciplinaires : chimie/catalyse, chimie/biologie et chimie/physique.

L'année 2021 était la deuxième année du projet « Innovative Training Network », le principal programme de formation doctorale développé par la Commission européenne. C'est dans ce cadre que le laboratoire a eu le plaisir d'accueillir 5 des 15 doctorants et doctorantes de ce programme dont il a la coordination globale.

Cette même année a vu le succès d'une des équipes du laboratoire à l'ERC advanced grant (<https://www.lcc-toulouse.fr/article1378.html>) témoignant de la reconnaissance du LCC au niveau international.

Elle a vu aussi la mise en place du projet Plateformes régionales de recherche et d'innovation (PPRI) NANOMAT pour le renforcement du service de diffraction de rayons X et de microscopie électronique du laboratoire, avec la mise en place de la diffraction X sous pression, unique sur le site toulousain.

L'année 2022 verra également l'arbitrage du projet LCC-BAT-INNOV que nous espérons favorable. Ce projet renforcera la recherche et l'innovation du laboratoire faisant non seulement du LCC un laboratoire phare du CNRS en chimie de coordination mais jetant aussi les briques de base d'un nouveau concept « l'innovation au cœur du laboratoire » à l'image des grandes structures internationales.

Je vous souhaite une belle lecture. Avec tous mes remerciements aux actrices et acteurs de cette excellente brochure.

Souhaitons au LCC un vif succès pour 2022 !

Azzedine Bousseksou

Présentation et chiffres-clés du laboratoire



La recherche au LCC

La recherche développée au LCC possède une unité thématique qui s'articule autour de la chimie des métaux et des hétéro-éléments.

Les domaines d'application sont la catalyse, la synthèse organique, la synthèse macromoléculaire, les matériaux moléculaires, les nanosciences, la chimie bio-inorganique, les médicaments...



Nombre de personnels

À présent, plus de 280 personnes travaillent au laboratoire de chimie de coordination, selon la répartition suivante :

- 82 chercheurs et enseignant-chercheurs
- 59 personnels d'accompagnement de la recherche
- 55 doctorants et doctorantes et 28 post-docs
- 63 stagiaires



Équipes de recherche

14 équipes de recherche sont réparties parmi les trois axes thématiques du laboratoire :

- « chimie et catalyse »
- « chimie et santé »
- « chimie et matériaux »

Les recherches menées sont à l'interface avec d'autres disciplines : la chimie fine et catalyse à l'interface avec le génie des procédés ; les matériaux moléculaires à l'interface avec la physique et la chimie bio-inorganique et le rôle des métaux en biologie à l'interface avec la santé et les sciences de la vie.



Services scientifiques et techniques

Le LCC possède 12 services scientifiques et techniques qui représentent l'ensemble de l'équipement et du soutien à la recherche nécessaire au fonctionnement d'une grosse unité de recherche travaillant essentiellement dans le domaine de la chimie moléculaire.

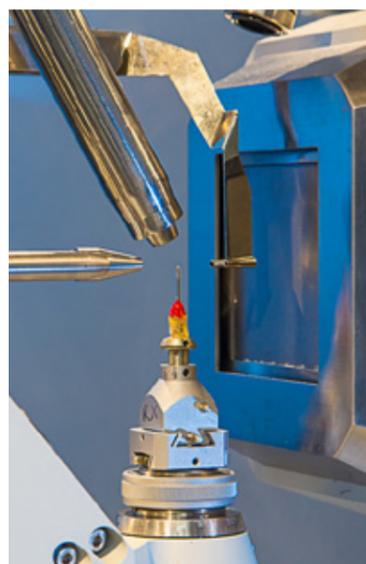
Les services du LCC sont intégrés dans les services de la structure fédérative en chimie moléculaire et ouverts à la communauté scientifique toulousaine.



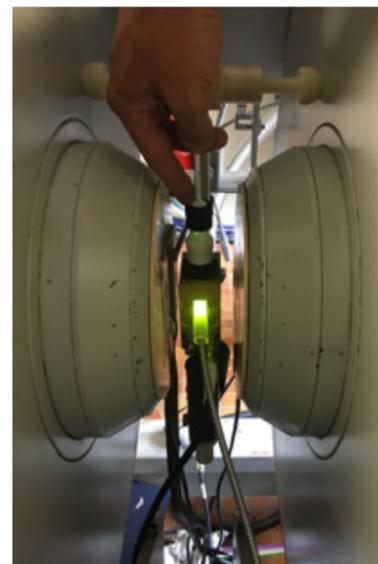
© Cyril FRESILLON / CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON / CNRS Photothèque



© Cyril FRESILLON / CNRS Photothèque



© Bruno MELET / LCC Toulouse

Ci-dessus, quatre équipements de recherche (de gauche à droite) : résonance magnétique nucléaire (RMN), microscopie électronique à transmission, diffraction de rayons X et résonance paramagnétique électronique (RPE)



Production scientifique

En moyenne par an, **200 publications** et **12 ouvrages scientifiques** sont issus du laboratoire.

17 thèses en moyenne sont soutenues par an.

Le laboratoire accueille également chaque semaine une **conférence** d'un laboratoire ou organisme extérieur.



Collaborations internationales

Le LCC a mis en place **deux laboratoires internationaux** avec le Mexique et les États-Unis, **trois projets internationaux** de coopération scientifique avec l'Espagne, la Russie et le Brésil et **plusieurs groupements de recherches** internationaux avec notamment la Russie, le Japon et l'Ukraine.



Innovation et industries

Le LCC participe annuellement à environ **8 dépôts de brevets**. Le transfert technologique s'opère au travers des **contrats de collaboration** mis en place avec nos partenaires industriels, dans des domaines applicatifs très variés, et dans lesquels nos équipes de recherche apportent leur expertise.



Formations

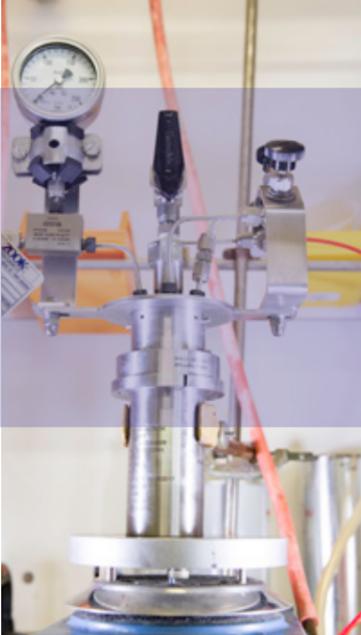
Le LCC est impliqué dans la formation d'étudiants *via* l'encadrement de doctorants et post-doctorants mais également *via* la dispense d'enseignements en licence et master à l'université Paul Sabatier, à l'INP de Toulouse et l'IUT de Castres.



Prix et distinctions

En moyenne chaque année, ce sont **10 prix et distinctions** qui sont attribués à des membres du laboratoire.





I. Chimie, catalyse

Un complexe en or pour activer le diazote

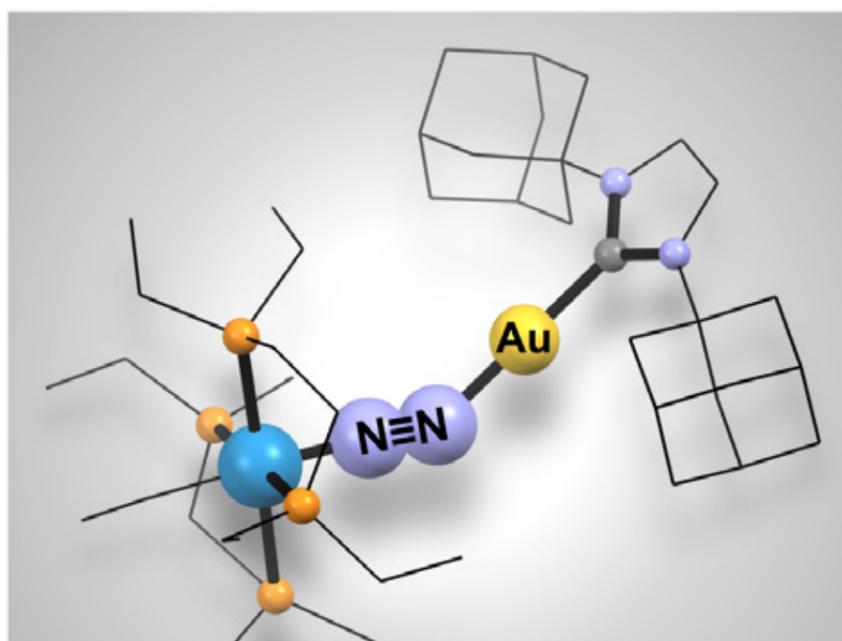
Mots-clés : diazote – or

Le diazote, constituant principal de notre atmosphère, est le seul réservoir d'azote accessible sur la surface terrestre pour les organismes vivants. Pour transformer cette molécule particulièrement inerte, la nature a conçu des enzymes spécifiques, les nitrogénases. Celles-ci fertilisent la biosphère grâce à leur cœur composé d'atomes de fer qui les rend capable de transformer le diazote en ammoniac, un composé facilement métabolisable.

L'homme a dû mettre au point sa propre méthode de transformation de N_2 , le procédé Haber-Bosch, qui mène à la production par centaines de millions de tonnes par an d'ammoniac dont plus des $\frac{3}{4}$ sont transformés en engrais azotés.

Mais les besoins importants en énergie et ressources fossiles du procédé Haber-Bosch ont poussé les chercheurs à explorer de nouvelles voies de transformation du N_2 en s'inspirant du modèle naturel (les nitrogénases) tout en le dépassant en explorant les capacités d'autres métaux que le fer.

Les chercheurs se sont ainsi intéressés à l'or, métal sous-exploré en chimie du diazote. Ils ont mis au point la synthèse de nouveaux composés présentant une molécule de diazote piégée entre un atome de tungstène et un atome d'or, dont la structure atypique a été expliquée au moyen de calculs quantiques (DFT), progressant ainsi dans la compréhension des mécanismes mis en jeu lors de la coordination du diazote.



© Antoine SIMONNEAU / LCC Toulouse

Référence

Synthesis, characterization and comparative theoretical investigation of dinitrogen-bridged group 6-gold heterobimetallic complexes, Specklin D., Coffinet A., Vendier L., del Rosal I., Dinoi C., Simonneau A., *Inorganic Chemistry* **2021**, 60, 5545-5562, [10.1021/acs.inorgchem.0c03271](https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c03271)

Collaboration

Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec le laboratoire de physique et chimie des nano-objets (CNRS/Université Paul Sabatier/INSA).

Équipe

Activation de petites molécules



Charger pour mieux étendre les possibilités des carbènes N-hétérocycliques

Mots-clés : Carbènes, catalyse, luminescence

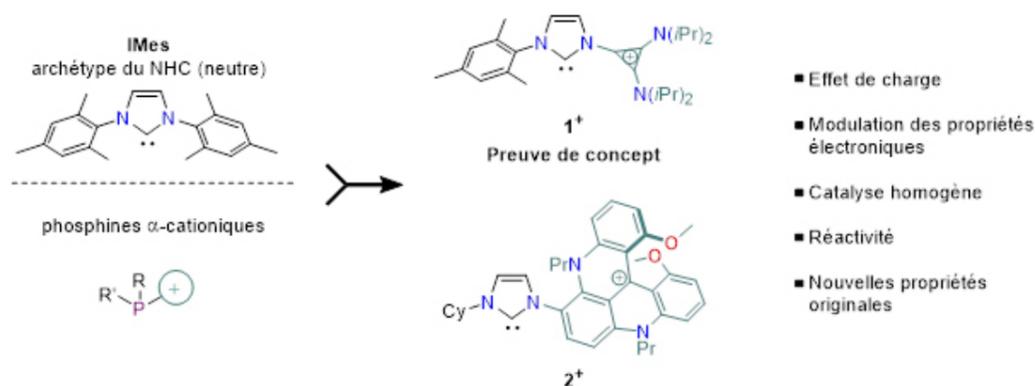
Les carbènes *N*-hétérocycliques (NHCs) sont passés en l'espace d'une trentaine d'années de curiosités de laboratoire réputées instables à des composés d'une importance considérable en catalyse et en chimie de synthèse, avec des applications toujours plus nombreuses et passionnantes dans de nombreux domaines des sciences chimiques.

La stabilité et la réactivité des NHCs sont directement liées à leur structure stéréoélectronique. Ainsi le développement de nouvelles structures carbéniques est apparu essentiel pour étendre leur champ d'application.

Alors que les NHCs sont par définition des espèces neutres, les chercheurs de l'équipe ont introduit une nouvelle stratégie consistant à développer des NHCs α -cationiques dans lesquels un des atomes d'azote adjacent au centre carbénique est substitué par un fragment cationique. En s'inspirant du design des phosphines α -cationiques qui ont montré des résultats spectaculaires en catalyse, le NHC cationique 1^+ obtenu en remplaçant un groupe mésityle du NHC

emblématique IMes par un noyau cyclopropénium a été développé. Malgré la charge cationique, ce carbène est un bon ligand pour les centres métalliques et les complexes d'or(I) associés ont démontré de bonnes activités catalytiques dans des réactions modèles dans lesquelles le caractère Acide de Lewis du métal est primordial, validant ainsi la preuve de concept de la faisabilité d'une telle approche. Cette dernière ouvre un pan complet de nouvelles perspectives en chimie des NHCs puisque la présence de cette charge cationique au plus proche du centre carbénique va permettre de moduler drastiquement les propriétés électroniques du NHC et de maximiser les effets de charge en catalyse.

Dans la même direction, le NHC cationique 2^+ comportant un bras hélicénique cationique a été tout récemment décrit et les complexes associés se sont avérés posséder des propriétés chiroptiques intéressantes dans l'infrarouge lointain, confirmant l'intérêt de préparer de telles espèces chargées [*Chem. Commun.* 2021, 57, 3793-3796].



© Vincent CÉSAR / LCC Toulouse

Référence

N-Cyclopropenio-imidazol-2-ylidene: An N-heterocyclic carbene bearing an N-cationic substituent, Barthes C., Duhayon C., Canac Y., César V., *Chem. Commun.* **2020**, 56, 3305-3308.

Financements

CNRS

Équipe

Ingénierie moléculaire des pré-catalyseurs

Quand Mr $\text{TiO}_{2\text{-rutile}}$ aide Mr $\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$ à transporter l'hydrogène via Mr Ni dans la réaction de méthanation du CO_2 !

Mots-clés : Méthanation CO_2 , Nickel, Spillover, TiO_2 , Rutile/Anatase

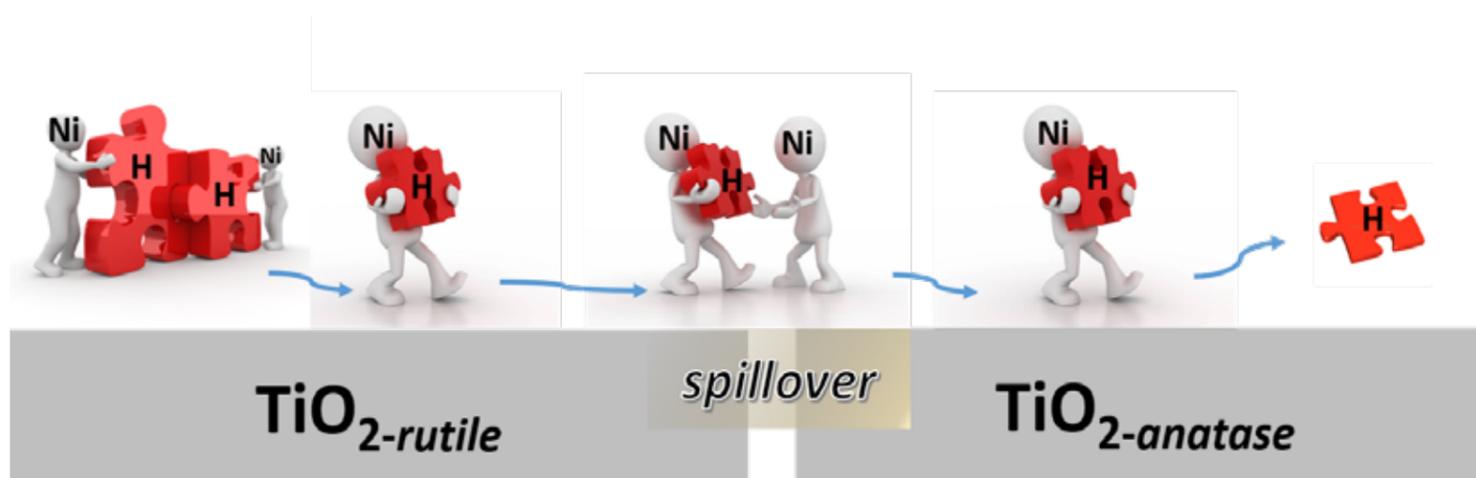
Dans le contexte actuel d'une transition énergétique, la réaction de méthanation constitue une étape importante dans la transformation du CO_2 atmosphérique en vecteurs d'énergie chimique et représente une solution aux problèmes environnementaux liés au CO_2 et au stockage des énergies renouvelables. L'hydrogénation du CO_2 est un procédé catalytique hétérogène exothermique, utilisant des métaux supportés sur divers oxydes.

Les performances des catalyseurs de Ni supportés sur TiO_2 pour la méthanation du CO_2 ont été étudiées en utilisant différentes phases cristallines de TiO_2 (rutile et anatase). L'activité catalytique du Ni dépend sensiblement de la nature du support. Le taux d'hydrogénation du CO_2 diminue dans l'ordre suivant : $10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-rutile}} \gg 10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$.

De façon surprenante, l'utilisation d'un mélange contenant 70% de $(10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-anatase}})$ et 30% de $(10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-rutile}})$ augmente significativement de la vitesse de réaction par rapport à 100 % de $(10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-rutile}})$. Il a été en outre démontré que les deux catalyseurs n'ont pas besoin d'être en contact direct pour que l'effet synergique se produise.

Des analyses DRIFT operando « Diffuse Reflectance Infrared Fourier Spectroscopy » effectuées lors de la réaction de méthanation montrent que le CO adsorbé s'accumule sur $\text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$ et non sur $\text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-rutile}}$, dont le rôle est d'aider à l'hydrogénation de ce CO adsorbé. Une augmentation du taux de méthanation du CO_2 est également observée en ajoutant du $\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$ sans Ni à du $(10\% \text{Ni}/\text{TiO}_{2\text{-rutile}})$.

L'hydrogénation du CO_x peut également se produire sur le $\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$ seul si l'hydrogène activé est fourni par une autre source. Des analyses H₂-TPD « Hydrogen Temperature Programed Desorption » et des tests catalytiques réalisés ont montré que le spillover de l'hydrogène (liés aux espèces de surface ou en phase gazeuse) est à l'origine de la synergie observée entre les deux catalyseurs de la réaction de Sabatier. Des calculs DFT sont en cours pour révéler le mécanisme de l'hydrogénation au niveau des sites actifs interfaciaux et sur le support $\text{TiO}_{2\text{-anatase}}$ seul, afin de préciser le(s) rôle(s) possible(s) de l'espèce H résultant du spillover (l'hydrogénation H-assistée, la désorption de l'eau H-assistée ou la réduction de Ni H-assistée).



Référence

Origin of the synergistic effect between TiO_2 crystalline phases in the Ni/TiO_2 -catalyzed CO_2 methanation reaction, Messou D., Bernardin V., Meunier F., Borges Ordoño M., Urakawa A., Machado B.F., Collière V., Philippe R., Serp P., Le Berre C., *J. Catal.*, **2021**, 398, 14-28, [10.1016/j.jcat.2021.04.004](https://doi.org/10.1016/j.jcat.2021.04.004)

Collaborations

- CP2M (UMR 5128 CNRS) et IRCELYON, Université Claude Bernard Lyon 1, France
- Institute of Chemical Research of Catalonia (ICIQ), Tarragona, Spain
- Department of Chemical Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands
- Chemical Engineering Department (LSRE-LCM), University of Porto, Portugal

Financements

Ce travail a été soutenu financièrement par la « Région Occitanie » à travers un contrat laboratoire et entreprise « HY-DROMET : Hydrogénation au CO_2 renouvelable pour la production de méthane » (N°15065590). B.F.M. remercie le projet exploratoire dans le cadre du programme d'investigateur Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) (réf. IF/00301/2015) avec le soutien financier de FCT/MCTES, par le biais de fonds nationaux (PIDDAC).

Équipe

Catalyse et chimie fine



Barrélènes expansés : des tonneaux moléculaires avec fond et couvercle fonctionnels

Mots-clés : Cage covalente, carbo-mère, tonneau moléculaire

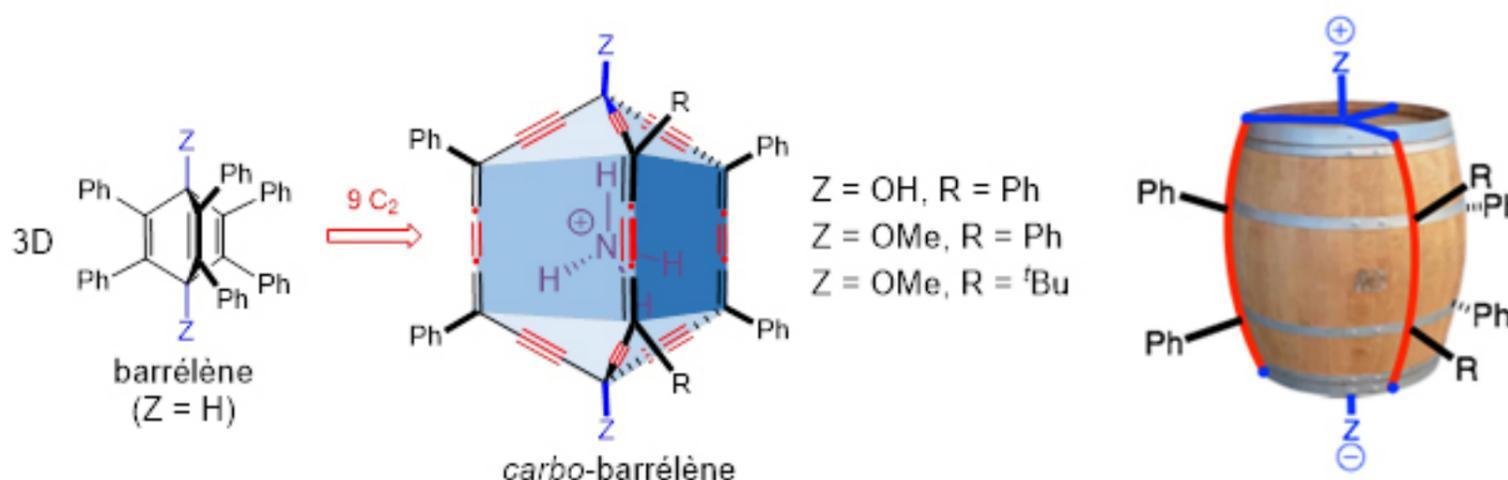
Après la description originelle du barrélène (bicyclo[2.2.2]octatriène) par Zimmerman en 1960, des dérivés diversement substitués ont été préparés et utilisés comme ligands de métaux de transition, ou pour leurs propriétés électroniques et leur capacité à se réarranger photochimiquement. Une version expansée en carbone peut être définie par *carbo*-mérisation, c'est-à-dire ici par insertion d'une unité C_2 dans chacune des 9 liaisons du squelette carboné en forme de tonnelet à 3 douvelles éthylène, conduisant au *carbo*-barrélène de squelette carboné trois fois plus grand en forme de tonneau à 3 douves butatriène.

Trois premiers dérivés de ce *carbo*-mère tridimensionnel ont été synthétisés, dont un dérivé partiellement réduit (possédant deux douves butatriène et une douve 1,4-dioxybut-2-yne), et caractérisés par RMN, cristallographie, spectroscopie d'absorption et électrochimie. Leur stabilité s'est avérée remarquable malgré leur

caractère non-aromatique et leur richesse en électrons π .

Ces tonneaux moléculaires ont également été étudiés au niveau théorique DFT, quant à leur capacité d'agir comme cages pour divers cations. La formation d'un complexe hôte-invité avec le cation NH_4^+ a ainsi été calculée être thermodynamiquement favorable, les efforts pour l'isoler expérimentalement restant à l'ordre du jour.

Ces *carbo*-barrélènes Z-fonctionnels au niveau des têtes de pont tétracoordinées (fond et couvercle du tonneau) (Z = OH, OMe...) ouvrent des perspectives pour la conception de conducteurs moléculaires où les deux fonctions serviraient de contacts (Z = OR, SR, NH_2 ...), les 3 chemins de conjugaison parallèles joignant l'une à l'autre étant attendus augmenter la conductance par rapport à celle d'un *carbo*-benzène (à 2 chemins de conjugaison parallèles) déjà décrit présenter une conductance moléculaire inégalée.



© Valérie MARAVAL, Rémi CHAUVIN / LCC Toulouse

Référence

Carbo-mer of barrelene: a rigid 3D-carbon-expanded molecular barrel, Zhu C., Poater A., Duhayon C., Koffmann B., Saquet A., Maraval V., Chauvin R., *Chem. Eur. J.* **2021**, 27, 9286-9291, doi.org/10.1002/chem.202100670

Collaborations

- Institut de Química Computacional i Catàlisi and Departament de Química, Girona, Spain (calculs DFT).
- CNRS, INSERM, UMS3033/US001, Institut Européen de Chimie Biologie, Université de Bordeaux (participation aux mesures de DRX).

Remerciements

- China Scholarship Council : financement de la bourse de thèse de Chongwei Zhu,
- Réseau RECIPOCS pour l'accès aux diffractomètres de l'Institut Européen de Chimie Biologie (UMS3033/US001) à Bordeaux,
- MINECO : projet PGC2018-097722-B-I00 (Espagne).

Équipe

Molécules insaturées pour la physique, la biologie et la chimie

Paysage mécanistique complexe en catalyse d'hydrogénation par transfert

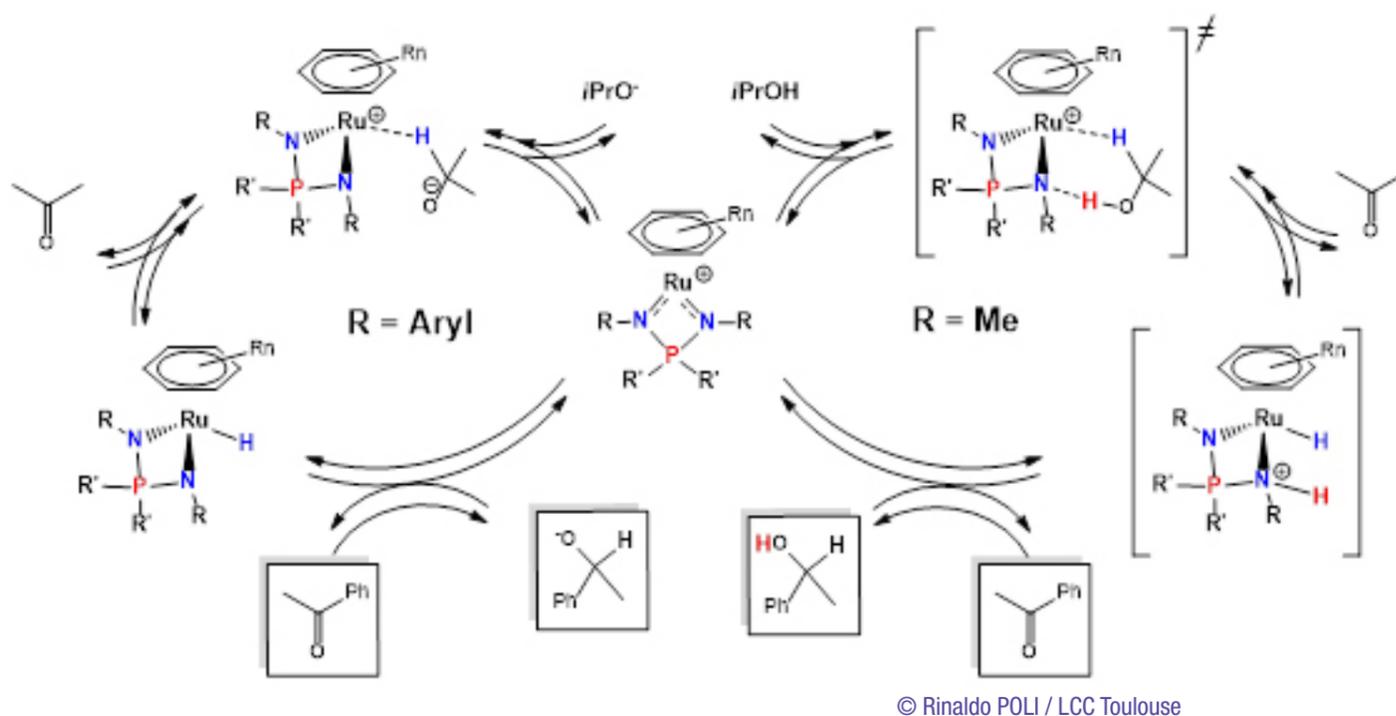
Mots-clés : Catalyse homogène – hydrogénation par transfert – ruthénium – mécanismes réactionnels

Avec la découverte de la catalyse bifonctionnelle métal-ligand, l'hydrogénation par transfert des cétones est devenue une méthode privilégiée pour la synthèse d'alcools secondaires, notamment après le développement de catalyseurs très efficaces par Noyori et Ikariya. Le mécanisme accepté impliquerait un transfert à sphère externe concerté de proton/hydrure du complexe métallique au substrat par un état de transition péricyclique hautement ordonné. La présence d'une fonction NH sur un ligand (source du proton) semble nécessaire afin de rendre la catalyse efficace. Néanmoins, le complexe [(p-cymène)RuCl(Ph₂P(N-*p*-Tol)₂)] est un très bon catalyseur même s'il ne porte aucun proton sur le ligand. La proposition d'un nouveau mécanisme semble donc nécessaire afin de rationaliser ce résultat.

L'étude systématique d'une série de complexes [(arène)RuCl(R₂P(NR')₂)] contenant différents ligands arènes et substituants R et R' a montré que l'hydrogénation par transfert de l'acétophénone par l'isopropanol suit un mécanisme parmi deux

distincts en fonction de la richesse électronique du centre métallique. Lorsque l'intermédiaire clé, le complexe hydrure [(arène)RuH(R₂P(N-*p*-R')₂)], est fortement basique, il peut être protoné par l'alcool et le complexe [(arène)RuH(R'₂NPR₂NHR'₂)]⁺ résultant fonctionne selon le mécanisme classique de Noyori-Ikariya sans besoin de co-catalyseur basique. En revanche, les complexes de moindre basicité nécessitent un co-catalyseur basique et le complexe hydrure neutre livre uniquement l'hydrure au substrat, le proton étant fourni par l'alcool libre.

Les résultats de cette étude permettent de mieux appréhender la relation structure-propriété pour les catalyseurs d'hydrogénation par transfert à base de ruthénium et peuvent être extrapolés à des catalyseurs à base d'autres métaux. Ils peuvent notamment aider à concevoir de nouveaux complexes capables de réaliser une catalyse efficace pour une plus grande gamme de substrats (cétones sensibles aux bases) et dans des conditions plus respectueuses de l'environnement (absence de co-catalyseur basique ajouté).



Référence

Mechanistic diversity in acetophenone transfer hydrogenation catalyzed by ruthenium iminophosphoramidate complexes, Kalsin A. M., Peganova T. A., Sinopalnikova I. S., Fedyanin I. V., Belkova N.V., Deydier E., Poli R., *Dalton Trans.* **2020**, 49, 1473-1484. [10.1021/10.1039/C9DT04532E](https://doi.org/10.1021/10.1039/C9DT04532E)

Collaborations

- Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds, Académie de Sciences de Russie, Moscou

Financements

- Ministère des Affaires Etrangères (Ambassade de France à Moscou)
- Centre Interuniversitaire de Calcul de Toulouse.

Équipe

Ligands, architectures complexes et catalyse



II. Chimie et santé

Auto-assemblage de peptides et formation d'amyloïdes : ne rien mettre sous le tapis !

Mots-clés : Maladies amyloïdes, autoassemblage supramoléculaire, reproductibilité

L'autoassemblage de peptide amyloïdes- β ($A\beta$) sous formes de fibres (amyloïdes) est un processus au cœur de la maladie d'Alzheimer. En effet, il est à l'origine des dépôts amyloïdes retrouvés dans les cerveaux des malades. A l'échelle (supra)moléculaire ce processus suit trois phases : (i) nucléation, (ii) élongation et (iii) phase stationnaire lorsque l'équilibre est atteint. Mathématiquement, cela se traduit par des courbes sigmoïdales. L'agrégation de $A\beta$ est majoritairement dominée par la nucléation secondaire, c'est-à-dire la catalyse de formation de fibres à partir de monomères par les fibres déjà formées (effet de surface), ce qui rend ce

processus autocatalytique et donc extrêmement difficile à étudier.

Dans cet article de revue, nous avons illustré la difficulté rencontrée par les physico-chimistes pour étudier *in vitro* l'autoassemblage peptidique, en particulier à cause de problèmes de reproductibilité, souvent et de manière dommageable, non abordés dans les articles. A travers cette revue, notre objectif est donc d'encourager la documentation de ces problèmes afin d'améliorer la robustesse des résultats et de donner quelques lignes directrices aux chercheurs et à leurs évaluateurs pour les gérer au mieux.



© Agathe SABATER, Christelle HUREAU / LCC Toulouse

Référence

Reproducibility problems of amyloid- β self-assembly and how to deal with them, Faller P., & Hureau C., *Front. Chem.*, 2020, 8, 1–7.

Équipe

Alzheimer, amyloïdes et chimie bio-inorganique

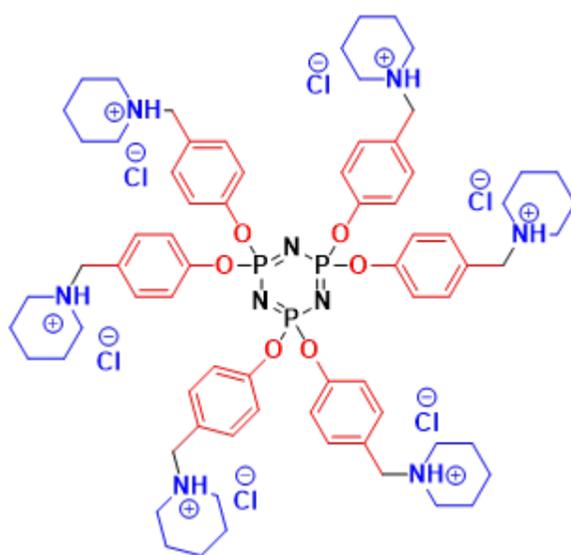
Dendrimères phosphorés polycationiques originaux pour le traitement de la tuberculose : une avancée spectaculaire

Mots-clés : 'First-in-class' dendrimères phosphorés cationiques, tuberculose

Peu de médicaments permettent de lutter efficacement contre les formes virulentes et extensivement virulentes de la tuberculose, due à la bactérie *Mycobacterium tuberculosis*, la plupart de ces médicaments conduisant à des effets secondaires délétères et à un taux important de mortalité même lors de leur utilisation en combinaison.

La stratégie développée par l'équipe du LCC (A. M. Caminade et J. P. Majoral) et S. Mignani (ex. Sanofi) en partenariat avec un centre de recherche indien (CDRI, Lucknow) dans le cadre d'un projet franco-indien CEFIPRA a consisté à préparer tout un ensemble de nouveaux dendrimères phosphorés polycationiques de différentes générations (G0-G4). Les dendrimères phosphorés préparés de petite taille (génération 0) sont stables et solubles dans l'eau, ce qui permet de les tester *in vitro* et *in vivo* par voie orale, notamment sur des souches de *Mycobacterium tuberculosis* résistantes aux médicaments classiques (*M. tuberculosis* H37Rv). Des

activités anti-tuberculose extraordinaires *in vivo* (souris Balb/C infectées par Mtb H37Ra) ont été mises en évidence, avec des efficacités marquées. Une dose de 50 mg/kg prise oralement par jour réduit très significativement le nombre moyen de bactéries dans les poumons des souris infectées d'environ 1,5 log₁₀ par rapport au groupe non traité. Cette réduction bactérienne est largement supérieure à celle observée dans les groupes de souris traitées par la rifampicine et l'éthambutol, qui sont les médicaments les plus efficaces connus à ce jour. Des études préliminaires du mécanisme d'action suggèrent que ces petits dendrimères agissent sur de nouvelles cibles et/ou voies. Un brevet a été déposé. Ceci met clairement en évidence l'accès à des traitements beaucoup plus efficaces et moins toxiques que les traitements actuels. Ces dendrimères phosphorés originaux, actifs par eux-mêmes participent à la demande continue de création de nouvelles molécules dans le domaine de la santé.



© Anne-Marie CAMINADE / LCC Toulouse

Référence

Safe Polycationic Dendrimers as Potent Oral In Vivo Inhibitors of *Mycobacterium tuberculosis*: A New Therapy to Take Down Tuberculosis, Mignani S., Tripathi V.D., Soam D., Tripathi R.P., Das S., Singh S., Gandikota R., Laurent R., Karpus A., Caminade A.-M., Steinmetz A., Dasgupta A., Srivastava K.K., and Majoral J.-P., *Biomacromolecules*, **2021**, 22, 2659–2675 <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.1c00355>

Financements

French India project CEFIPRA N°5303-2

Équipe

Dendrimères et hétérochimie



Des complexes Au-NHC pour lutter contre la leishmaniose

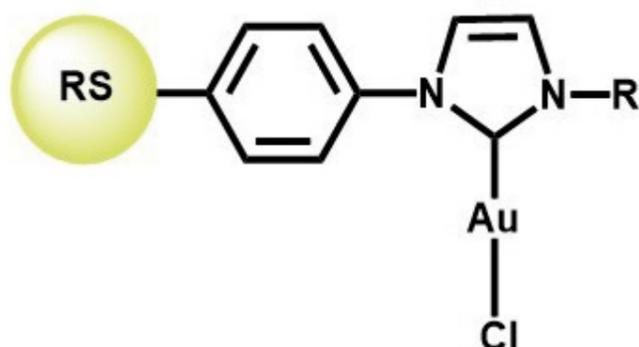
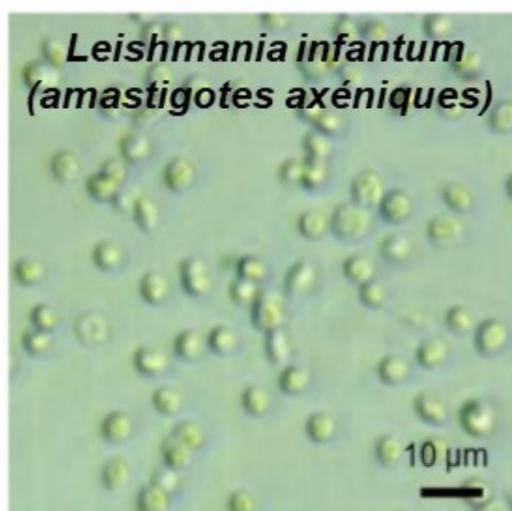
Mots-clés : Or, carbène, Leishmania

Avec une incidence annuelle estimée à un million de cas, la leishmaniose est l'une des cinq principales maladies parasitaires à transmission vectorielle. Les traitements médicaux disponibles comportent des effets secondaires, notamment la toxicité, le ciblage non spécifique et le développement de résistances. Nous avons montré dans des études précédentes que les complexes d'or(I) portant des ligands type carbène *N*-hétérocyclique (NHC) avec des bras latéraux contenant de l'azote ou du soufre ont des activités biologiques intéressantes dans les domaines du cancer et du paludisme, et cette étude permet d'étendre leur spectre d'action à la lutte contre la leishmaniose.

Ainsi, quatre des six complexes d'or étudiés ont des valeurs d' IC_{50} dans la gamme basse ou sub-micromolaire (0,15-1,3 μ M), dont trois avec des valeurs d'indice de sélectivité (IS) comprises

entre 46 et 108. Ces valeurs sont très proches de celles observées pour les médicaments utilisés actuellement dans le traitement de la leishmaniose.

Ces résultats suggèrent une remarquable activité leishmanicide *in vitro* pour trois nouveaux complexes (NHC)Au(I)Cl avec des bras latéraux contenant du soufre (notés RS sur la figure), ce qui en fait des candidats pour d'autres études *in vivo* sur modèles murins, actuellement en cours d'investigation. Une demande de brevet concernant ce type de composés a été déposée en 2020.



$IC_{50} = 0,15 - 1,3 \mu\text{M}$
SI (avec THP1) = 46 à 108

© Heinz GORNITZKA / LCC Toulouse / IPBS

Référence

Synthesis, Characterization, and Antileishmanial Activity of Neutral Gold(I) Complexes with N-heterocyclic Carbene Ligands Bearing Sulfur-Containing Side Arms, Ftouh S., Bourgeade-Delmas S., Belkadi M., Deraeve C., Hemmert C., Valentin A., Gornitzka H., *Organometallics* **2021**, 40, 1466–1473
doi.org/10.1021/acs.organomet.1c00113

Collaboration

Laboratoire PharmaDev, UMR 152 Université de Toulouse, IRD, UPS, France
Laboratoire LSPBE, Département de Génie Chimique, Faculté de Chimie, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Algeria.

Équipe

Chimie médicinale pour l'oncologie

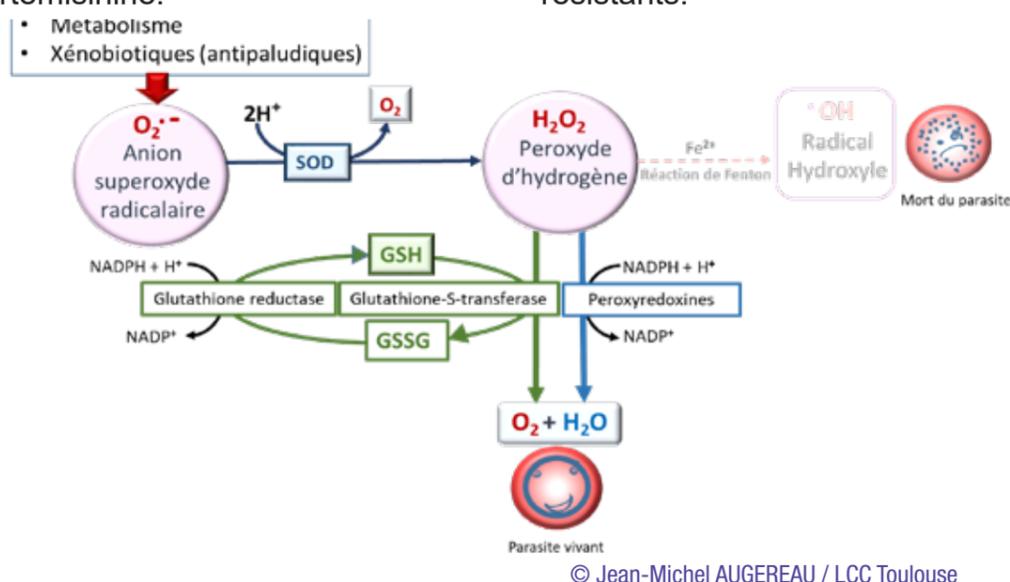
Implication du système redox de Plasmodium dans la résistance du parasite aux antipaludiques

Mots-clés : Paludisme, résistance aux artémisinines, ROS

Le paludisme, maladie causée essentiellement par le parasite *Plasmodium falciparum*, reste un problème de santé publique majeur avec plus de 400 000 morts chaque année. Les traitements actuels utilisent l'artémisinine et ses dérivés dont le mode d'action repose sur l'induction d'un stress oxydatif important. Comme toute cellule, le parasite possède une machinerie antioxydante nécessaire à la régulation des taux d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) générées naturellement, notamment au cours de la respiration. Les ROS de par leur nature, et spécialement le radical hydroxyle ($\cdot\text{OH}$), sont responsables de l'altération des lipides membranaires, protéines et ADN des cellules. Leur teneur doit donc être contenue. On parle alors d'homéostasie redox. De cet équilibre dépend la survie du parasite. La production massive de ROS, résultant de l'action de l'artémisinine, rompt cet équilibre et conduit à la mort des parasites.

L'émergence de parasites résistants aux artémisinines est particulièrement inquiétante et doit être mieux comprise afin d'être contrôlée. Dans ce travail, nous avons donc étudié le système redox du parasite et son implication dans la résistance à l'artémisinine.

Grâce à la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS), le radical superoxyde ($\text{O}_2^{\cdot-}$), ROS intermédiaire dans la cascade réductrice conduisant au radical $\cdot\text{OH}$, a pu être dosé. Nous avons ainsi démontré que, suite à une exposition à l'artémisinine, les niveaux de ROS et de protéines oxydées sont plus faibles dans les parasites résistants que dans les sensibles. Ceci est corrélé chez les parasites résistants à un niveau basal plus élevé de la superoxyde dismutase (SOD) et de la thioredoxine reductase (TrxR), deux enzymes appartenant à la machinerie antioxydante. De plus, lors d'une exposition à l'artémisinine, les parasites résistants ont une plus forte amplification de l'expression de la SOD et du glutathion réduit (GSH). Ces travaux mettent ainsi en évidence que la capacité des parasites résistants à maintenir l'homéostasie redox participe à leur survie malgré le traitement à l'artémisinine. Ces résultats enrichissent l'ensemble des connaissances sur le mécanisme multifactoriel de la résistance à l'artémisinine et aident à la conception et au développement de nouvelles stratégies antipaludiques également actives contre les parasites résistants.



Référence

Resistance to artemisinin in falciparum malaria parasites: A redox-mediated phenomenon, Egwu C.O., Pério P., Augereau J-M., Tsamesidis I., Benoit-Vical F., Reybier K., *Free Radic Biol Med.* **2021** Aug 17:S0891-5849(21)00476-7. doi: [10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.016](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.08.016)

Collaborations

Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec l'UMR152 PharmaDev (IRD, Université Toulouse III – Paul Sabatier)

Financements

Ces travaux ont été financés par l'agence nationale de la recherche (ANR) avec le projet « INMAR : Réseau intégré des mécanismes de quiescence & clairance impliqués dans la résistance à l'artémisinine chez Plasmodium »

Équipe

Nouvelles molécules antipaludiques et approches pharmacologiques



Caractérisation de la dentine par la spectrométrie RMN en phase solide

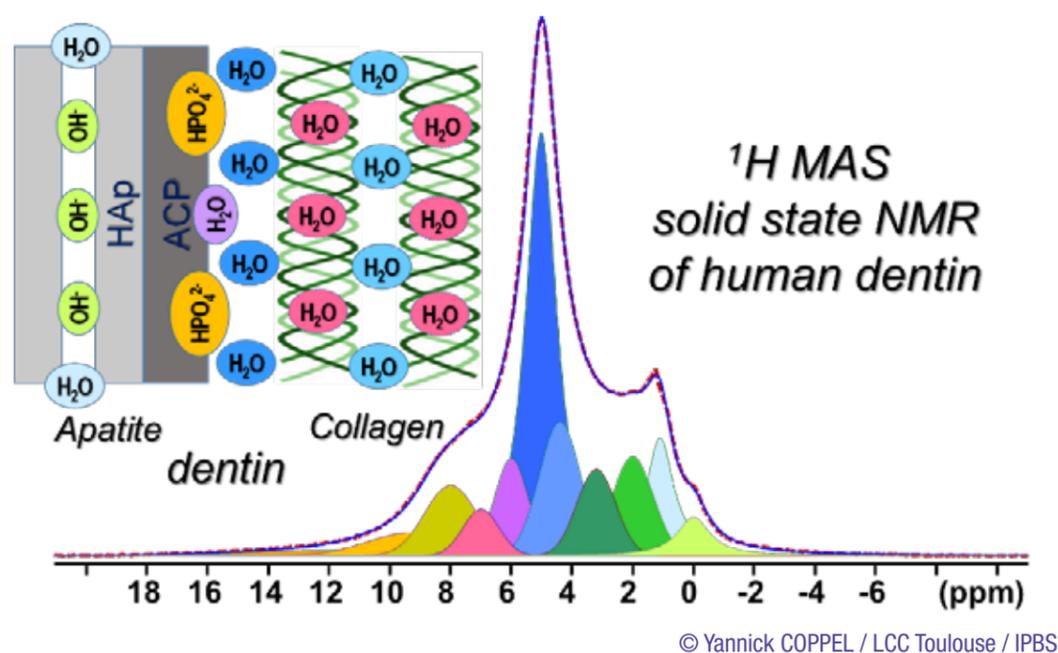
Mots-clés : RMN, dentine, matériau biologique

Recueillir des informations sur l'organisation moléculaire de matériaux biologiques tels que l'os et la dentine est un défi majeur pour parvenir à une meilleure compréhension de leurs propriétés mécaniques. À cette fin, la spectroscopie RMN à l'état solide est une technique appropriée pour fournir des informations structurales et dynamiques sur ces matériaux composites amorphes. Dans ces derniers, des espèces telles que l'eau peuvent jouer un rôle très important. Ces molécules d'eau ainsi que les groupes hydroxyles peuvent être étudiés par RMN MAS ^1H . Cependant, ces expériences ont généralement une faible résolution, notamment en raison d'un fort recouvrement des signaux, ce qui rend leur identification difficile.

Dans ce travail, nous avons montré qu'il est possible de procéder à des éditions sélectives des signaux RMN MAS ^1H des composants de la dentine, en fonction de leur localisation et de leur comportement dynamique. La plupart des spectres RMN édités sont enregistrés sous la forme d'expériences 1D utilisant des filtres par couplage dipolaire homo- et hétéro-nucléaires

qui peuvent être rapidement acquis. L'attribution des signaux ^1H est également facilitée par des modifications simples de l'échantillon : séchage sous vide, échange avec du deutérium et déminéralisation. Cela nous a permis de proposer l'attribution de signaux RMN ^1H de la dentine la plus détaillée à ce jour. Diverses espèces hydrogénées comme les molécules d'eau, les groupes HPO_4^{2-} et OH^- , liées soit aux protéines du collagène ou soit à la phase minérale de phosphate de calcium et avec différentes mobilités locales, ont pu être mises en évidence.

Cet ensemble d'expériences de RMN du solide constitue une boîte à outils importante pour étudier les différents composants, notamment l'eau, dans les matériaux apatitiques. Il permet de suivre finement leurs évolutions en fonction des modifications physiques ou chimiques et représente une avancée importante dans la compréhension de la nature complexe des matériaux apatitiques. Nous utilisons actuellement ces techniques pour étudier l'interaction de la dentine avec des adhésifs dentaires de dernière génération.



© Yannick COPPEL / LCC Toulouse / IPBS

Référence

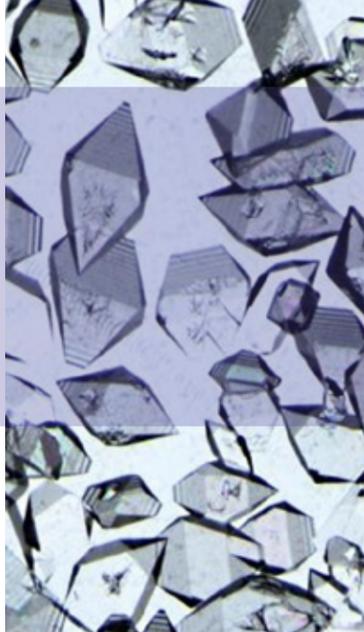
Characterization of hydrogenated dentin components by advanced ^1H solid-state NMR experiments, Coppel, Y., Prigent, Y., Grégoire G., *Acta Biomater.* **2021**, 120, 156-66. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.08.022>.

Collaboration

- Institut de Chimie de Toulouse (ICT), Université Toulouse III.
- Faculté d'Odontologie, Toulouse
- Unité de Recherche Biomatériaux Innovants et Interfaces EA4462/URB2i, Université Paris.

Équipe

Service résonance magnétique nucléaire (RMN)



III. Chimie et matériaux

Être ou ne pas être une molécule-aimant

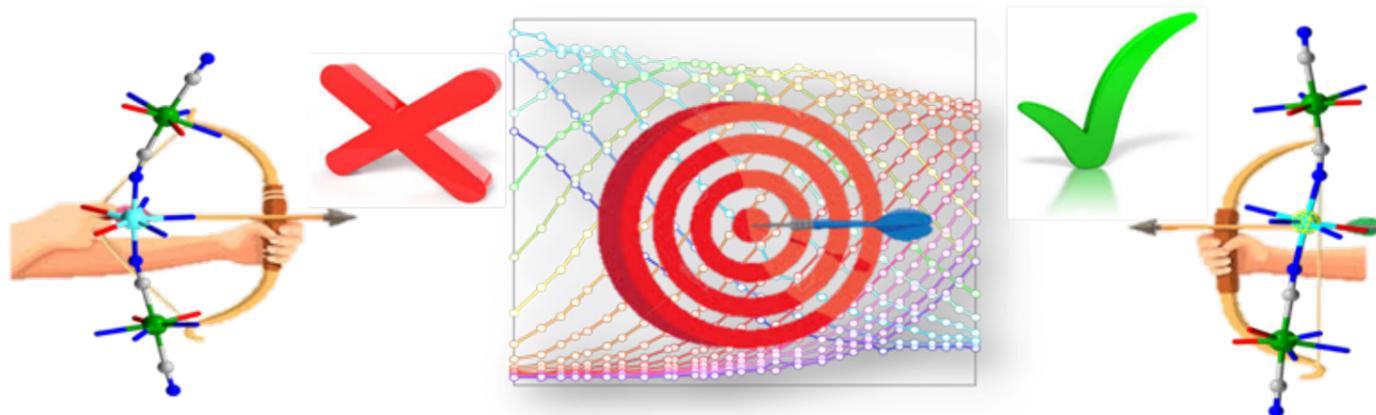
Mots-clés : Nano-aimant, matériau moléculaire, chimie de coordination

Les aimants moléculaires sont, comme leur nom l'indique, des molécules qui ont des comportements similaires aux aimants traditionnels qui font partie de notre quotidien. Au sein de ces molécules, la direction de l'aimantation « Nord-Sud » ou « Sud-Nord » induit une bistabilité magnétique qui pourrait servir de support à l'enregistrement binaire de données. Un support d'enregistrement constitué de molécules aboutirait à des densités de stockage inégalées par nos disques durs actuels.

Aujourd'hui les très basses températures de fonctionnement de telles molécules-aimants sont le principal verrou à lever pour encourager des applications, aussi un important travail sur la conception mobilise les chimistes du domaine.

Notre étude révèle que des déformations au sein d'une telle molécule entraînent une diminution de sa température de fonctionnement. Appuyées par des calculs théoriques, nos observations montrent que la linéarité des liaisons entre les constituants actifs de la molécule (Fe^{II} et Cr^{III} pour le système étudié) garantit non seulement une communication optimale entre les centres métalliques mais aussi l'anisotropie magnétique la plus grande.

Ces travaux vont contribuer à mieux concevoir des molécules-aimants aux propriétés améliorées.



© Céline PICHON et Jean-Pascal SUTTER / LCC Toulouse

Référence

Trinuclear cyano-bridged $[\text{Cr}_2\text{Fe}]$ complexes: to be or not to be a SMM, a matter of straightness, Pichon C., Suaud N., Jubault V., Duhayon C., Guihéry N., Sutter J.-P., *Chem. Eur. J.* **2021**, DOI 10.1002/chem.202102571

Collaborations

Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec le laboratoire de chimie et physique quantiques (LCPQ) de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Financements

Ces travaux ont été financés par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour le projet « ANR-17-CE07-0007- ANISOCHIRMAG ».

Équipe

Matériaux moléculaires et supramoléculaires

Conversion du CO₂ en acide formique sur une mousse de nickel

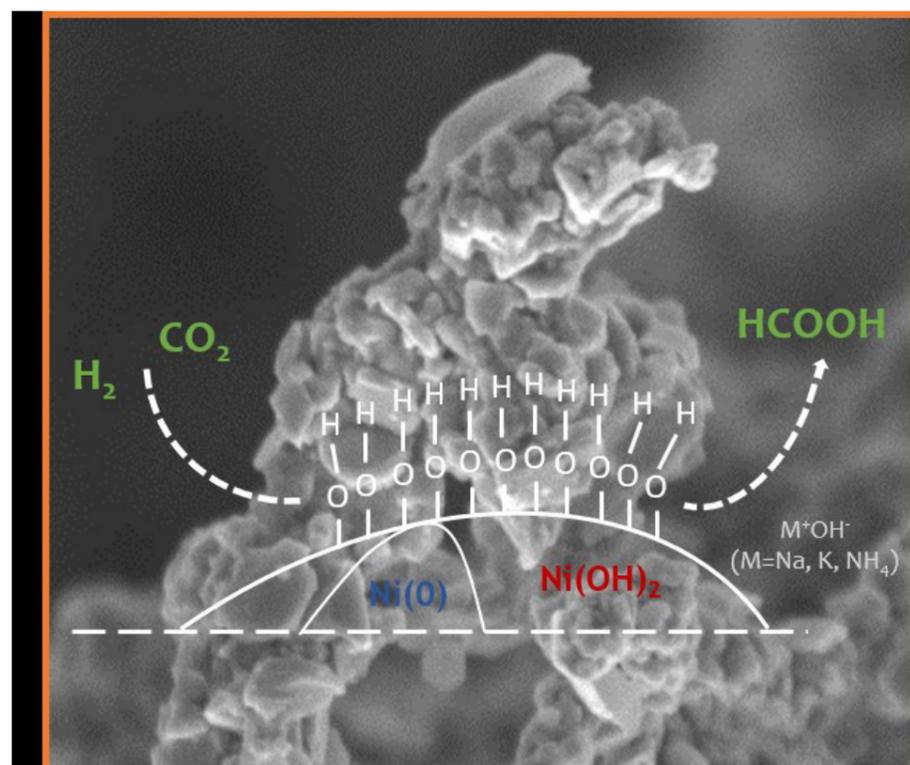
Mots-clés : Nickel ; nanomatériau composite ; CO₂

En lien avec la chimie durable et le domaine de l'énergie cette étude rapporte le développement d'un nouveau catalyseur à base de nickel, un métal abondant, pour la conversion du dioxyde de carbone (CO₂) en acide formique, une molécule plateforme en synthèse chimique et un vecteur pour le stockage de l'hydrogène.

La synthèse de ce catalyseur a été réalisée par approche organométallique en une seule étape et sans ajout de stabilisant, conduisant à un nanomatériau de nickel de type « mousse ». Constitué d'un cœur de nickel enrobé d'hydroxyde de nickel, Ni@Ni(OH)₂, et stable à l'air, ce nanomatériau s'est avéré un catalyseur efficace et recyclable pour la production sélective d'acide formique à partir du CO₂, dans l'eau et dans des conditions douces de température

comparativement aux quelques exemples de catalyseurs au nickel connus pour cette réaction. Avec une génération de formate au taux optimal de 6,0 mmol de gcat⁻¹ h⁻¹ à seulement 100°C, sa performance est deux fois supérieure à celle du bien connu nickel de Raney. Une caractérisation approfondie a mis en évidence que la structure composite du nanomatériau est cruciale pour la stabilité du catalyseur, l'interface Ni-Ni(OH)₂ permettant l'activation du CO₂ et de H₂ via un effet coopératif.

Ces résultats illustrent le potentiel encore sous-estimé des catalyseurs au Ni pour l'hydrogénation du CO₂, ouvrant une nouvelle stratégie pour accéder à des catalyseurs bon marché pour des applications catalytiques plus écologiques.



© Karine PHILIPPOT / LCC Toulouse

Référence

An air-stable, reusable Ni@Ni(OH)₂ nanocatalyst for CO₂/bicarbonate hydrogenation to formate, Fu X.-P., Peres L., Esvan J., Amiens C., Philippot K.* and Yan N.*, *Nanoscale*, **2021**, 13, 8931-8939 ([DOI: 10.1039/d1nr01054a](https://doi.org/10.1039/d1nr01054a)).

Collaborations

- Department of Chemical and Biomolecular Engineering, National University of Singapore
- CIRIMAT, CNRS-INP-UPS, INP-ENSIACET, Toulouse.

Financements

Projet bilatéral Toulouse - Singapour, ANR-NRF PRECINANOMAT (ANR-17-CE06-0017 et NRF R-279-000-530-281)

Équipe

Ingénierie des nanoparticules métalliques

Actionneurs électromécaniques : les complexes de fer se rebiffent !

Mots-clés : Complexes à transition de spin, actionneurs moléculaires, muscles artificiels

Les actionneurs souples capables de se tordre, de se plier, de se déplacer ou d'adapter leur forme afin d'accomplir des tâches mécaniques spécifiques offrent de réelles perspectives pour le développement de matériaux actifs pour la robotique. Le défi commun de ces nouveaux dispositifs résulte de la nécessité de combiner des propriétés aussi radicalement opposées que la puissance et la souplesse ou la précision et l'adaptabilité. Ainsi, les matériaux composites constituent une approche efficace pour contourner ce paradoxe intrinsèque aux actionneurs souples.

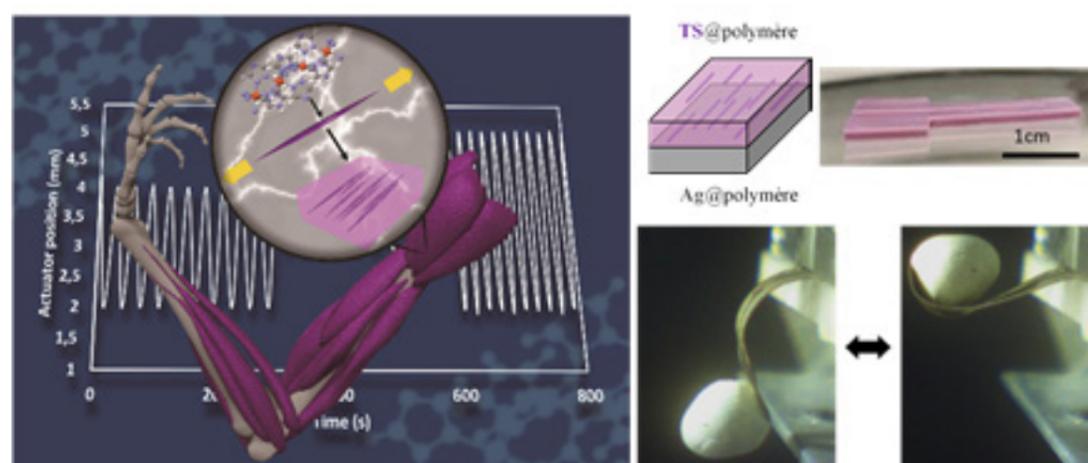
Dans ce domaine, les chercheurs ont montré qu'une amplification substantielle de la déformation de nouveaux actionneurs souples peut être dérivée d'interactions élastiques sur mesure entre une matrice molle et des particules rigides commutables. Les composés actifs mis en œuvre sont des complexes du fer(II), bistables, dits à transition de spin (TS), qui peuvent basculer entre deux états électroniques sous l'influence d'un stimulus externe. Ce phénomène s'accompagne d'un changement de volume significatif (de l'ordre de 10%) qui est exploité au sein de ces actionneurs.

Des particules de composé à TS à fort rapport d'aspect ont été synthétisées et alignées dans

une matrice polymérique afin de canaliser la déformation associée au phénomène de transition de spin principalement dans la direction longitudinale. Cette approche pionnière s'est avérée puissante et a permis d'obtenir des déformations exacerbées dans ces matériaux composites (TS@polymère) qui sont supérieures à la déformation maximale observable dans le matériau actif pur.

La densité de travail élevée ($\sim 4 \text{ J.cm}^{-3}$) et le coefficient de dilatation thermique colossal ($\sim 4000 \text{ ppm/K}$) qui en résultent sont exploités dans des dispositifs bilames monolithiques macroscopiques actionnés électro-thermiquement par le biais d'une couche composite d'argent (Ag@polymère). La figure ci-dessous montre l'actionnement électro-thermo-mécanique d'un tel dispositif bilame embarquant une charge équivalente à 9 fois son propre poids.

Il a été également montré l'excellente contrôlabilité des actionneurs au moyen d'un simple contrôleur PID (proportionnel-intégrale-dérivée), qui a permis une grande précision de positionnement ($>99 \%$) sur des périodes prolongées (jusqu'à 12 jours) et de nombreux cycles d'actionnement (plus de 35000).



© Santiago PIEDRAHITA-BELLO / LCC Toulouse
Reproduit avec la permission de la « Royal Society of Chemistry »

Référence

Colossal expansion and fast motion in spin-crossover@polymer actuators, Piedrahita-Bello M., Angulo-Cervera J. E., Enriquez Cabrera A., Molnár G., Tondou B., Salmon L.,* Bousseksou A.,* *Materials Horizons*, **2021**, Nov 1;8(11):3055-3062. DOI: [10.1039/d1mh00966d](https://doi.org/10.1039/d1mh00966d).

Collaborations

- LAAS, UPR 8001 CNRS
- Université de Toulouse (UPS, INSA)

Financements

- Bourse de Piedrahita-Bello de l'Université Fédérale de Toulouse et de la Région Occitanie
- Agence Nationale de la Recherche (ANR-19-CE09-0008-01)

Équipe

Matériaux moléculaires commutables

Complexes de ruthénium nitrosyle stables dans l'eau pour la photolibération de monoxyde d'azote (NO) en milieu biologique

Mots-clés : Complexes de ruthénium nitrosyle photoréactifs, libération d'agents thérapeutiques, chimie dans l'eau

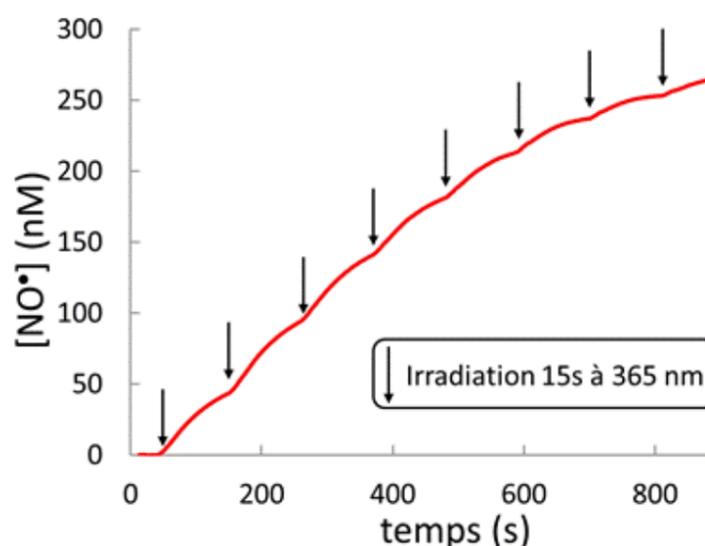
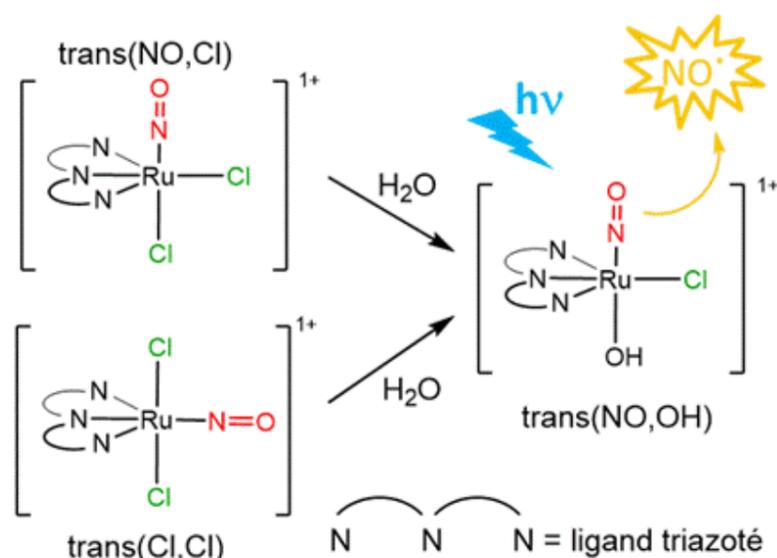
Les systèmes donneurs de monoxyde d'azote (NO•) sont activement recherchés en lien avec la découverte de l'importance biologique de NO• au niveau des systèmes nerveux, cardiovasculaire et immunitaire. Cette découverte a été couronnée par l'attribution du prix Nobel de médecine en 1998. Les donneurs les plus prometteurs sont des complexes de ruthénium nitrosyle Ru(NO) qui libèrent NO• sous irradiation lumineuse. Certaines méthodes de caractérisation des propriétés physiques de ces systèmes demandent de fortes solubilités, ce qui a traditionnellement amené les physico-chimistes à travailler dans des solvants organiques, pour lesquels les études optiques sont bien documentées.

Pour des raisons évidentes de compatibilité avec le milieu biologique, le comportement des Ru(NO) doit cependant être étudié dans l'eau.

Les composés de départ de formule générale $[\text{Ru}(\text{L})(\text{Cl})_2(\text{NO})]^{1+}$ (L = ligand triazoté) se présentent sous la forme d'un mélange des deux espèces désignées par trans-(NO,Cl) et trans-(Cl,Cl) dans le schéma ci-dessous. En règle générale, l'isolement de ces deux espèces est difficile (parfois impossible).

Il a été observé dans tous les cas l'évolution de ces espèces en une forme unique dans l'eau, dont la formule est notée trans-(NO,OH). On voit qu'un chlorure (Cl⁻) a été remplacé par un hydroxyde (OH⁻). Aucune autre évolution n'a lieu lors de cette réaction qui présente l'avantage d'éviter l'étape de purification des espèces (séparation des isomères).

Il est particulièrement intéressant d'observer que les propriétés de libération de NO• ne sont pas du tout affectées par cette modification chimique.



Photolibération de NO suivie par électrode spécifique en milieu aqueux.
© Isabelle Malfant / LCC Toulouse

Référence

Chemical and photochemical behavior of ruthenium nitrosyl complexes with terpyridine ligands in aqueous media, Labra-Vázquez P., Bocé M., Tassé M., Mallet-Ladeira S., Lacroix P. G., Farfán N., Malfant I., *Dalton Trans.* **2020**, 49, 3138-3154. <https://doi.org/10.1039/C9DT04832D>

Collaborations

UNAM, Mexico

Financements

CNRS (France), Université Paul Sabatier (COMUE), Région Midi-Pyrénées
CONACyT (Mexique), LIA-LCMMC (France-Mexique)

Équipe

Molécules et composites pour l'optique

Triptyque sensibilisateur carbo-benzène/nanocomposite métal/oxyde métallique pour la production d'H₂ par photocatalyse de l'eau

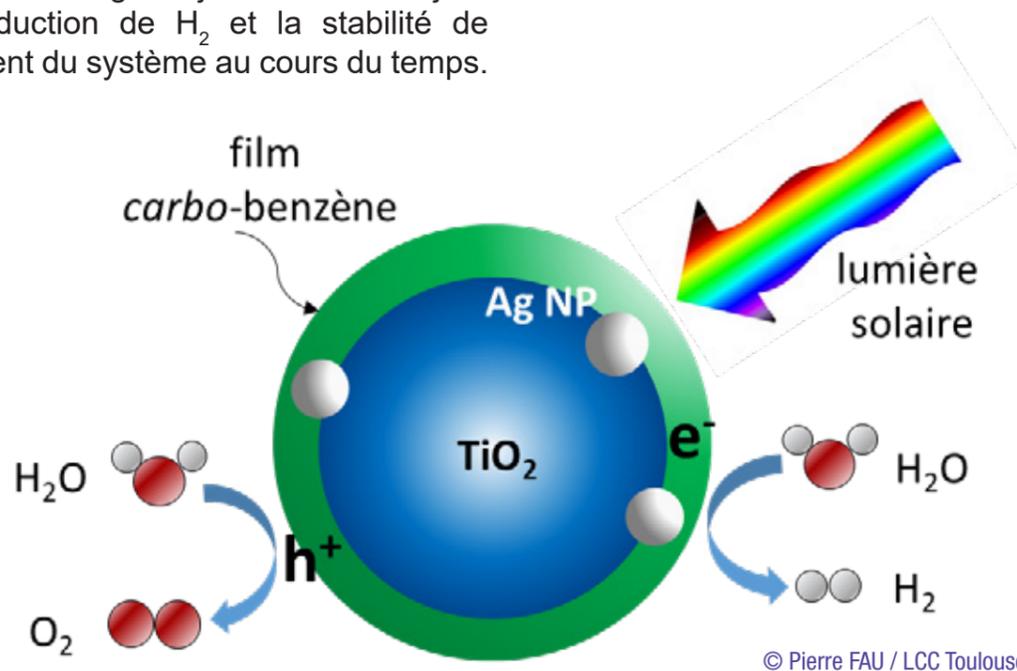
Mots clés : Photosensibilisateur carbo-benzène, production H₂, nanocomposites

La production de sources d'énergie renouvelables et décarbonées est un des défis prioritaires pour notre société qui fait face au réchauffement climatique. La production de dihydrogène (H₂) issu de la décomposition de l'eau par simple photocatalyse sans apport d'énergie électrique, répond aux critères d'une source d'énergie disponible, propre et illimitée.

Dans cette optique, nous avons synthétisé un nano-composite à trois composants, constitué de nanoparticules (NP) de TiO₂ recouvertes par un film photosensible de *carbo*-benzène (Cbz) puis décorées par des NP d'argent. Ce système tri-composant, mis en suspension dans de l'eau déionisée, permet la production de dihydrogène par simple photo-décomposition de l'eau sous illumination d'une lampe reproduisant le spectre solaire. Les NP d'argent (~ 5 nm) sont déposées sur les NP de TiO₂ commercial (~ 23 nm) par photo-décomposition sous UV d'un précurseur amidinate d'argent synthétisé au laboratoire. La présence d'une couche très fine du photosensibilisateur carboné Cbz (2 nm) complète l'assemblage et joue un rôle majeur dans la production de H₂ et la stabilité de fonctionnement du système au cours du temps.

Sous irradiation lumineuse de la suspension dans l'eau, nous avons mis en évidence la présence d'un temps de latence de l'ordre de 24 heures avant la production effective de H₂. Ce temps correspond à une réorganisation des molécules de Cbz à la surface des NP de TiO₂ et d'argent et permet la multiplication par 5 du rendement de production de H₂. La quantité de NP d'argent, de Cbz ainsi que la concentration en suspension du catalyseur et le pH de la solution ont été optimisés pour parvenir à un taux de production de H₂ de 22,1 μmol.h⁻¹. (g(photocatalyseur))⁻¹.

Ces travaux montrent l'importance de chaque constituant du triptyque et la nécessité d'optimiser chaque paramètre du processus de photocatalyse. La synthèse par voie organométallique possède ainsi de nombreux atouts pour la préparation de systèmes complexes nanostructurés afin de poursuivre l'amélioration des rendements de production de H₂ par photocatalyse de l'eau.



Référence

Reorganization of a photosensitive carbo-benzene layer in a triptych nanocatalyst with enhancement of the photocatalytic hydrogen production from water, Assi H., Cocq K., Cure J., Casterou G., Collière V., Vendier L., Fau P., Maraval V., Fajerweg K., Chabal Y. J., Chauvin R., Kahn M. L., *International Journal of Hydrogen Energy*, **2020**, 45, 24765-24778.

Collaborations

- Department of Materials Science and Engineering, University of Texas, Dallas
- Equipe « Molécules insaturées pour la physique, la biologie et la chimie », LCC CNRS Toulouse

Financements

Centre National de la Recherche Scientifique CNRS (projet prématuration PhotoH2).
Les mesures par GC sont supportées par l'Université de Toulouse, UT3 Paul Sabatier dans le cadre du projet IDEX MUSE.

Équipe

Nanochimie, organisation et capteurs

Les événements du LCC

Malgré le contexte sanitaire toujours complexe en cette année 2021, des faits marquants, tels que l'obtention de distinctions ou le démarrage de projets, que nous vous invitons à découvrir ci-dessous, sont à noter au sein du laboratoire.



Étonnante chimie : 80 chercheuses et chercheurs racontent l'inattendu

Saviez-vous que la chimie peut faire du CO₂ une ressource renouvelable ? Ou encore qu'elle répare le corps humain grâce à l'impression 3D ? Voilà deux histoires parmi la cinquantaine que le livre "Étonnante chimie" vous raconte. Bernard Meunier et Anne Robert, scientifiques du LCC nous expliquent l'apport des chimistes pour la thérapie de la maladie d'Alzheimer. L'ouvrage édité par CNRS Éditions est paru le 22 avril.



Anne-Marie Caminade reçoit la légion d'honneur

Connue internationalement pour ses recherches dans le domaine des dendrimères qui ont des applications en catalyse ou biologie, Anne-Marie Caminade, directrice de recherche de classe exceptionnelle au CNRS, a reçu la légion d'honneur. La cérémonie s'est déroulée le mercredi 20 octobre 2021 au laboratoire de chimie de coordination LCC de Toulouse dont elle est directrice adjointe.



Rinaldo Poli lauréat du Prix Jaffé et de la médaille Berthelot de l'Académie des sciences

Les recherches de Rinaldo Poli, enseignant chercheur au sein de l'équipe "Ligands, architectures complexes et catalyse" portent sur la chimie moléculaire des éléments de transition pour des applications en catalyse et en polymérisation radicalaire contrôlée.



Azzedine Bousseksou reçoit le Grand Prix Pierre Süe 2020 de la Société chimique de France

Azzedine Bousseksou, directeur de recherche CNRS et directeur du Laboratoire de chimie de coordination, est le lauréat 2020 pour sa contribution au rayonnement de la chimie, tout particulièrement son rôle dans le domaine du magnétisme moléculaire.



Lauréat de l'appel ERC "Advanced"

Le projet E-MOTION de l'équipe matériaux moléculaires commutables du LCC est l'un des 14 lauréats du CNRS de l'appel ERC « Advanced ». La bourse d'une durée de 5 ans permet à des scientifiques de mener des projets novateurs à haut risque. Les scientifiques du LCC étudient le phénomène de la transition de spin et de la bistabilité moléculaire, avec une démarche originale allant de la molécule bistable au dispositif, comme des matériaux moléculaires commutables. Dans ce cadre, le projet E-Motion vise le développement d'une nouvelle génération de muscles artificiels.

Lexique

Actionneurs électromécaniques

Convertisseur électromécanique conçu pour mettre en mouvement un système mécanique à partir d'une commande électrique ou pour convertir une énergie en une autre.

Carbènes N-hétérocycliques (NHC)

Espèces possédant un carbone divalent à 6 électrons de valence compris dans un hétérocycle contenant au moins un atome d'azote. Ce sont des ligands neutres, riches en électrons et très forts donneurs σ , utilisés en catalyse et en chimie organométallique.

Carbo-mères

Molécules expansées, enrichies en carbone par l'insertion formelle d'unités C2 dans chaque liaison covalente (ou une partie des liaisons).

Catalyse / catalyseur

La catalyse définit tout processus qui permet d'accélérer une réaction chimique par le biais d'un catalyseur : ce dernier, qui est couramment sous forme liquide ou solide, fournit des sites actifs dont l'interaction avec les réactifs (produits à transformer) permet d'abaisser les barrières d'énergie à franchir pour obtenir les produits de réaction.

Dendrimères

Un dendrimère est une macromolécule constituée de monomères qui s'associent selon un processus arborescent autour d'un cœur central plurifonctionnel, via un procédé de synthèse itératif.

Dendrons

Molécule comportant, d'une part, un site branché muni d'extrémités réactives et, d'autre part, un site apte à se fixer sur un support moléculaire ou solide.

Maladies amyloïdes

Maladies de la classe des protéinopathies. C'est une maladie rare qui se caractérise par la présence de dépôts de protéines insolubles dans les tissus. De nombreux organes peuvent être touchés par ce dépôt extracellulaire, appelé substance amyloïde.

Méthanation

Réaction de synthèse du méthane (CH_4) à partir de dihydrogène (H_2) et de monoxyde de carbone (CO) ou de dioxyde de carbone (CO_2) en présence d'un catalyseur.

Nickel de Raney

Catalyseur solide utilisé dans de nombreux procédés industriels. Constitué d'une fine poudre grise d'un alliage de nickel et d'aluminium.

Polymère

Substance composée de macromolécules.

Réduction

Réaction chimique par laquelle un (ou plusieurs) atome(s) d'une molécule ou d'un ion gagne(nt) un (ou plusieurs) électron(s).

Spillover

Activation de H_2 sur des nanoparticules métalliques conduisant à la formation d'espèces H.

Spin

Caractéristique quantique des particules liée à leurs propriétés de rotation ne pouvant prendre que des valeurs entières ou demi-entières.

Highlights 2021

Laboratoire de chimie de coordination
205 route de Narbonne, Toulouse
<https://www.lcc-toulouse.fr/>
@LCC_CNRS

Directeur de la publication

Azzedine Bousseksou

Comité éditorial et rédaction

Stéphanie Bastin
Emilie Delahaye
Céline Deraeve
Lucie Paloque
Lucie Routaboul
Martine Urrutigoity

Conception graphique

Laure Vayssettes

Coordination de la publication

Evelyne Prévots

Remerciements

Merci à l'ensemble du personnel du laboratoire qui a contribué à la réalisation de cette brochure

Photo de couverture

Tube RMN placé sous une atmosphère de CO₂ à 25 °C
© Frédéric MALIGNE / LCC / CNRS Photothèque

Photo de chimie et catalyse

Autoclave pour réaliser des réactions sous pression de gaz jusqu'à 100 bars.
© Frédéric MALIGNE / LCC / CNRS Photothèque

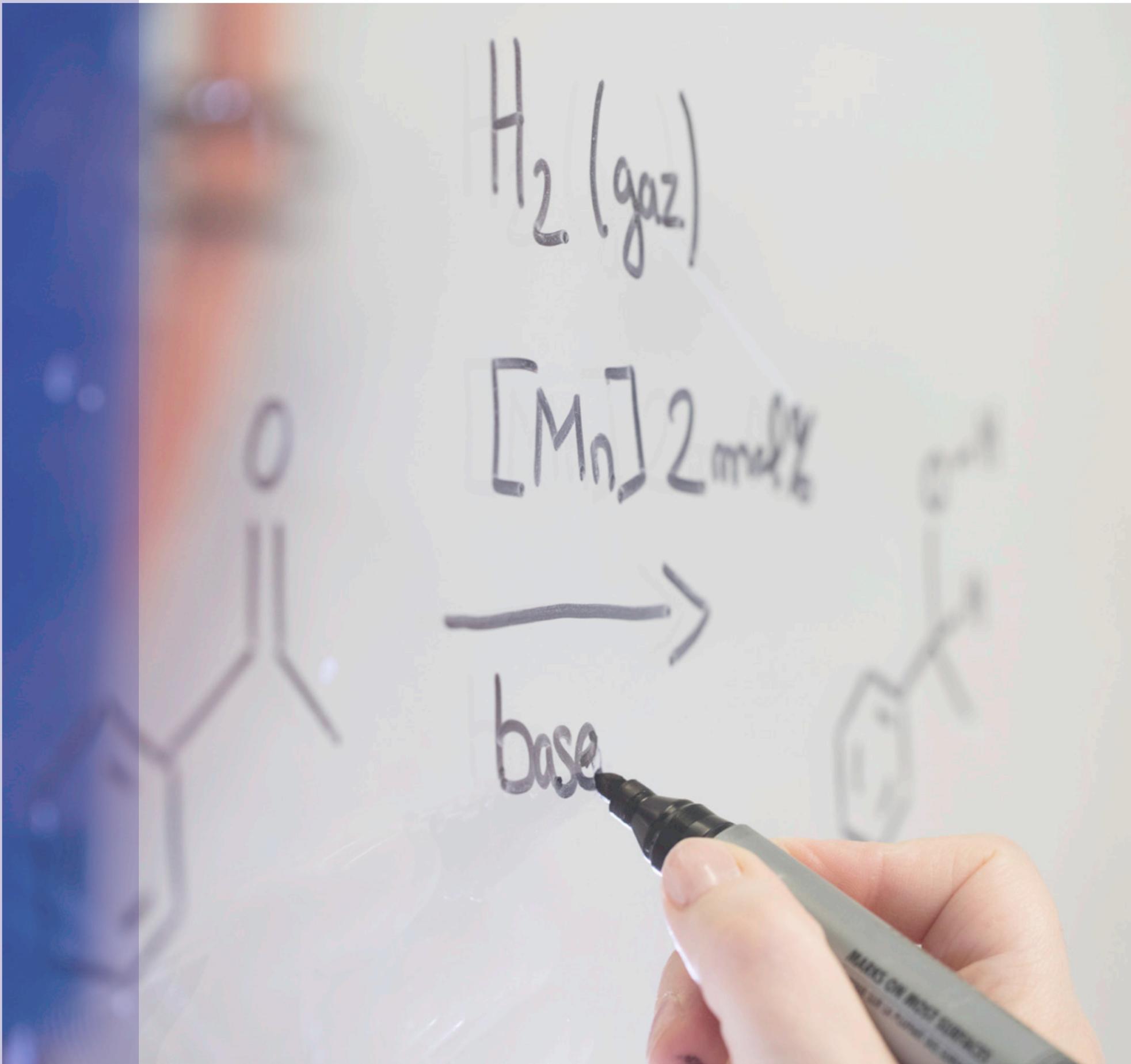
Photo de chimie et santé

Pesée de précision d'un produit entrant dans la chimiothèque nationale du CNRS.
© Frédéric MALIGNE / LCC / CNRS Photothèque

Photo de chimie et matériaux

Photographie de cristaux de matériaux moléculaires.
© Jean Pascal SUTTER / LCC Toulouse





Highlights 2021

Laboratoire de chimie de coordination
205 route de Narbonne
31077 Toulouse cedex 4
<https://www.lcc-toulouse.fr/>
🐦 @LCC_CNRS

