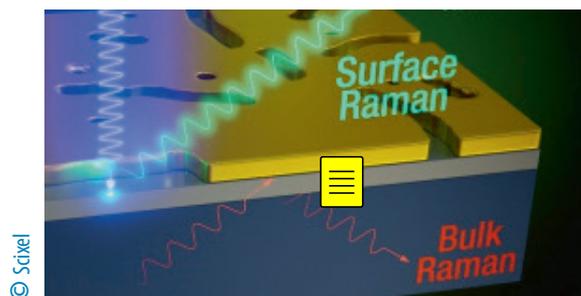


## Recherche et développement

### Une membrane d'or ultrafine pour mieux observer la surface des matériaux

Les surfaces des matériaux sont souvent déterminantes pour leurs propriétés. Catalyseurs, cellules solaires ou batteries en sont quelques exemples. Pour les catalyseurs, il s'agit de réactions chimiques qui sont accélérées à leur surface. Pour les batteries, les propriétés de surface des électrodes sont déterminantes pour leur efficacité et leur comportement à long terme. Pour étudier les propriétés de ces matériaux, les scientifiques utilisent depuis de nombreuses années la spectroscopie Raman. Elle utilise un faisceau laser qui est analysé après diffusion sur le matériau. La lumière diffusée portant l'information sur les vibrations interatomiques permet d'obtenir, de manière non destructive, une véritable empreinte digitale de la structure de l'objet examiné. Mais l'application de cette méthode puissante à la caractérisation de surfaces reste limitée. En effet, le faisceau laser utilisé pour sonder le matériau pénètre profondément dans la matière (quelques micromètres). Les signaux Raman que l'on recueille sont donc principalement émis par l'intérieur de l'objet. Ils masquent ceux qui proviennent de la surface, d'intensités beaucoup plus faibles car ils n'impliquent que quelques couches atomiques. Des scientifiques de l'Institut des molécules et des matériaux du Mans (CNRS- Le Mans Université)\*, en collaboration avec l'Université Humboldt de Berlin, l'IKZ Berlin et l'ETH Zurich, contournent cette difficulté et rendre la spectroscopie Raman utilisable pour les surfaces. Ils ont développé une méthode basée sur une membrane d'or spécifique, d'une épaisseur de 20 nanomètres avec des pores allongés d'une centaine de nanomètres. Déposée sur la surface à analyser, cette membrane empêche le rayon laser de pénétrer à l'intérieur du matériau. En revanche au niveau des pores agissant comme des antennes plasmoniques, elle augmente la lumière réémise par les quelques premiers nanomètres de la surface. Ces deux effets combinés amplifient considérablement le signal Raman de la surface par rapport au signal obtenu de manière conventionnelle, sans membrane.

C'est sur du graphène que les scientifiques ont tout d'abord démontré la sensibilité de ce mode d'observation. Ils ont observé une amplification du signal Raman de la surface d'un facteur 100 et montré que ce signal provenait des deux premiers nanomètres en surface. Ils ont ensuite caractérisé la surface de silicium « contraint », un matériau d'intérêt pour des applications en technologies quantiques. Grâce à l'application de la membrane d'or, le signal de surface amplifié a pu être pour la première fois clairement distingué des autres signaux Raman du matériau. L'application de cette technique à des films minces de  $\text{LaNiO}_3$ , des oxydes métalliques de type pérovskite qui entrent dans la fabrication des électrodes, a révélé une surface altérée par rapport à la structure du cœur du matériau qui pourrait nuire à sa conductivité. Les chercheurs proposent maintenant d'adapter ces mesures aux demandes des utilisateurs. En jouant par exemple sur la taille des pores, la méthode pourrait être étendue, par exemple, à des surfaces biologiques où à l'étude de réactions chimiques liées aux surfaces.



\* En collaboration avec des équipes du Leibniz-Institut pour la croissance des cristaux et de l'École polytechnique fédérale de Zurich.

Source : CNRS Chimie, 03/09/24.

Réf : R.M. Wyss et al., Bulk-suppressed and surface-sensitive Raman scattering by transferable plasmonic membranes with irregular slot-shaped nanopores, *Nature communications*, 2024, 15.



### VIENT DE PARAÎTRE

Chimie et intelligence artificielle

D. Olivier et P. Tigny (Coords)

200 p., 25 €

EDP Sciences, 2024

L'intelligence artificielle est venue faire exploser les possibilités de nos chimistes. Ce livre le démontre en prenant pour exemple les mondes des matériaux, de l'énergie, du médicament, des cosmétiques, etc. La formation de spécialistes s'impose dans tous les domaines. À travers différents chapitres écrits par des experts, l'ouvrage présente les interactions de l'IA avec les sujets suivants :

- dans l'industrie : cosmétique et parfumerie, transition énergétique, pharmaceutique ;
- dans l'enseignement : concepts et outils de machine learning ;
- dans la recherche de nouveaux matériaux et l'innovation en général ;
- dans de nouvelles approches méthodologiques pour la maîtrise des risques.

Les perspectives sont immenses et la recherche, l'industrie, chimie en particulier, nous réserve quantité de surprises en perfectionnant la puissance des outils de l'IA.

### En cette année olympique et paralympique

© Bertrand Desprez/Presse Sports



Les jeux Olympiques et Paralympiques 2024 sont maintenant clos, et l'on n'a pu que s'émerveiller devant les prouesses des athlètes qui ont donné le meilleur de leurs capacités devant des millions de spectateurs captivés.

Naturellement, le sport de haut niveau peut être envisagé sous un angle physiologique... Mais les technologies et matériaux de pointe mis en œuvre dans les équipements sportifs n'y sont sans doute pas pour rien, car de

leurs qualités dépendent directement les performances et autres paramètres. C'est donc l'occasion de reconsidérer cet événement à travers le prisme de la chimie et de replonger dans le très réussi colloque proposé en février dernier à la Maison de la Chimie : Chimie et sports en cette année olympique et paralympique<sup>(1)</sup>. Toutes les présentations, vidéos et résumés des conférences qui ont émaillé cette journée sont mises à disposition en ligne, nous donnant ainsi l'occasion de (re)découvrir les nombreux et variés intervenants issus de l'industrie, du sport professionnel, de la santé, etc.

<sup>(1)</sup> <https://actions.maisondelachimie.com/colloque/chimie-et-sports-2024>

### Des nanovecteurs fluorés pour imager et traiter simultanément des tumeurs cancéreuses

Visualiser et traiter simultanément une tumeur cancéreuse serait bientôt à portée de main grâce à une innovation prometteuse développée par des chimistes, biophysiciens et biologistes du CNRS. Dans un article paru dans *PNAS*, les scientifiques présentent des nanosystèmes auto-assemblés qui permettent d'imager très précisément une tumeur par résonance magnétique du fluor tout en y introduisant un agent anti-cancéreux ciblé. La théranostique est un domaine émergent de la médecine qui combine le diagnostic et la thérapie en une seule approche intégrée. Elle vise à personnaliser et optimiser les traitements médicaux en utilisant des agents et des technologies pouvant simultanément diagnostiquer une maladie et la traiter mais aussi permettre de suivre l'efficacité du traitement. Dans ce contexte, l'imagerie par résonance magnétique du fluor, notée IRM-<sup>19</sup>F, est une technique d'imagerie biomédicale très précise qui utilise le fluor pour générer des images. Contrairement au proton sur lequel repose la majorité des examens d'IRM clinique, le fluor est absent de la plupart des systèmes biologiques, ce qui permet de détecter sans ambiguïté les molécules fluorées administrées et d'obtenir des images d'une grande spécificité concernant leurs sites d'accumulation. Son utilisation a cependant été jusqu'ici limitée par un manque d'agents d'imagerie sûrs, solubles dans l'eau et contenant une grande quantité de fluor. Des scientifiques du Centre interdisciplinaire de nanoscience de Marseille (CNRS-Aix Marseille Université), du Centre de résonance magnétique biologique et médicale (CNRS-Aix-Marseille Université) et du Centre de recherche sur le cancer de Marseille (CNRS-INSERM/Aix-Marseille Université-Institut Paoli-Calmette) ont récemment mis au point des dendrimères amphiphiles qui devraient permettre de lever ces obstacles et développer des agents d'imagerie innovants pour l'IRM-<sup>19</sup>F. Ces molécules, qui combinent des parties fluorées aux extrémités des dendrons hydrophiles à des parties hydrophobes, ont été conçues pour s'auto-assembler en nanomicelles supramoléculaires à la

surface desquelles les entités fluorées se retrouvent exposées. Des groupements carboxylates chargés négativement aussi présents à la surface des micelles permettent d'éviter l'agrégation des entités fluorées par répulsion électrostatique. Cette stratégie permet de véhiculer à travers l'organisme les noyaux fluorés pour les conduire directement jusqu'à la tumeur qui est détectée par IRM-<sup>19</sup>F. Mais ce n'est pas tout : ces nanosystèmes auto-assemblés peuvent également servir à encapsuler et vectoriser plusieurs composés dans l'organisme. Par exemple, un agent de fluorescence dans le proche infrarouge (NIRF) et un médicament anticancéreux comme le paclitaxel. Les scientifiques ont choisi ces deux composés pour pouvoir visualiser très précisément la tumeur par imagerie multimodale (IRM-<sup>19</sup>F et NIRF) et entamer in situ son traitement théranostique. Lors d'études sur des souris portant des xénogreffes de cancer du pancréas humain, ces agents ont non seulement permis de visualiser spécifiquement les tumeurs, mais ont aussi montré une efficacité supérieure à celle du paclitaxel seul dans le traitement du cancer. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives pour la conception d'agents d'IRM-<sup>19</sup>F et de traitements théranostiques. En exploitant la chimie des dendrimères supramoléculaires auto-assemblés, ce travail pourrait mener à des



© Li Peng

avancées significatives dans la gestion du cancer et d'autres maladies nécessitant une imagerie précise et des traitements ciblés. Les prochaines étapes consisteront à affiner cette technologie et à réaliser des essais cliniques pour évaluer son efficacité et sa sécurité chez l'humain.

Source : CNRS Chimie, 03/09/24.

Réf. : L. Zhenbin *et al.*, Self-assembling dendrimer nanosystems for specific fluorine magnetic resonance imaging and effective theranostic treatment of tumors, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **2024**, 121(25)

### Bulletin de l'Union des professeurs de physique et de chimie (« Le Bup »)

La rédaction de *L'Actualité Chimique*  
a sélectionné pour vous les articles suivants :

#### N° 1066 (juillet/août/septembre 2024)

- Des réformes, rien que des réformes, par M.-Th. Lehoucq.
- Les balances mécaniques de l'Antiquité, par J.-Cl. Compain.
- Détermination de la constante de formation et la stœchiométrie du complexe citrate de zinc par potentiométrie à intensité nulle à 25 °C, par L. Solé-Violán et B. Devallez.
- La transformation de Fourier en spectrométrie de masse (FT-MS) expliquée à l'aide d'une analogie musicale, par P. Arpino.
- Les Olympiades nationales de la chimie : la 40<sup>e</sup> édition : compte-rendu de la cérémonie et des épreuves (Lycée d'Arsonval (Saint-Maur-des-Fossés), les 14 et 15 mai 2024), par J. Calafell, V. Besnard, P. Agulhon et E. Jullien-Macchi.
- Les Olympiades internationales de chimie : délégation française aux 56<sup>e</sup> Olympiades internationales de chimie à Riyad (Arabie Saoudite), du 21 au 30 juillet 2024, par M. Mendez.
- Nos positions avec le collectif de sociétés savantes universitaires et associations disciplinaires de l'enseignement secondaire : on ne suscitera pas de nouvelles vocations d'enseignants en réduisant la formation disciplinaire des candidats.

- Sommaire complet, résumés des articles et modalités d'achat sur [www.udppc.asso.fr](http://www.udppc.asso.fr)