

# Le rayonnement synchrotron : une lumière pour comprendre la chimie

Le rayonnement synchrotron est produit par des anneaux de stockage où circulent des électrons de grande énergie. C'est un rayonnement très intense qui couvre un large domaine en énergie (de l'infrarouge lointain aux rayons X durs) avec une brillance exceptionnelle, des polarisations linéaires ou circulaires, une structure temporelle exploitable... Les domaines de recherche qui utilisent ce rayonnement vont de la physique à la chimie, de la biologie aux sciences de la Terre et de l'Univers, de l'environnement au patrimoine, sans oublier les applications industrielles.

Depuis 1972, les chercheurs disposent de sources de rayonnement synchrotron sur le territoire français. Actuellement, deux synchrotrons, de performances au tout meilleur niveau mondial, SOLEIL et l'ESRF, sont en opération. Les chimistes ont vite compris que ce rayonnement très intense pouvait les éclairer dans leurs thématiques de recherche et leur apporter des résultats impossibles à obtenir par ailleurs.

Ce numéro spécial de *L'Actualité Chimique* vise à illustrer l'utilisation du rayonnement synchrotron en chimie. Il est frappant de réaliser la variété des techniques utilisées en chimie et leur sophistication : la spectroscopie d'absorption des rayons X (EXAFS), la spectroscopie de photoémission, la diffusion des rayons X aux petits angles, la spectromicroscopie dans le domaine infrarouge et X, le dichroïsme circulaire magnétique, la microdiffraction et les techniques d'imagerie par tomographie, la cristallographie des protéines, l'absorption dans le domaine de l'infrarouge lointain, la microfluorescence X, la photocrystallographie, la diffusion inélastique des rayons X, etc.

Les chimistes utilisent le rayonnement synchrotron pour étudier des objets très variés : de la molécule isolée en phase gazeuse jusqu'au cristal en passant par les liquides, de l'interface liquide à la molécule adsorbée en passant par le micro-organisme, de la molécule d'intérêt biologique au polluant en passant par les matériaux du patrimoine culturel..., dans un domaine en énergie très étendu, couvrant l'infrarouge lointain, l'ultraviolet, le visible, les rayons X mous et durs.

J'ai eu le plaisir d'être le coordinateur de ce numéro, assisté d'un comité éditorial<sup>(1)</sup> composé de Valérie Briois (directrice de recherche CNRS, SOLEIL), Christophe Cartier dit Moulin (directeur de recherche CNRS, IPCM, UPMC), Abderrahmane Tadjeddine (directeur de recherche émérite au Laboratoire de Chimie Physique d'Orsay, ancien directeur du LURE) et Michel Verdaguer (professeur émérite, IPCM, UPMC). Je tiens à souligner le travail d'équipe nécessaire pour arriver à ce numéro. Nous avons été animés du souci de montrer la richesse de la chimie utilisant le rayonnement synchrotron, en mettant en évidence les différentes thématiques de recherche.

Pour une meilleure lisibilité par un lectorat non spécialiste, nous avons préféré présenter ce numéro par domaines thématiques plutôt que par techniques ou par domaines d'énergie. Nous sommes ainsi arrivés au sommaire suivant, en huit chapitres :

- Le chapitre d'**introduction** explique comment le rayonnement synchrotron est produit, brosse un bref historique du synchrotron en France et présente les conditions d'obtention du faisceau et d'accueil dans les centres de rayonnement synchrotron.

- Le chapitre **Réactivité** illustre la détermination de l'environnement chimique des sites actifs en catalyse hétérogène, la réactivité des molécules adsorbées sur des surfaces, les mécanismes d'auto-assemblage et la caractérisation de l'interface électrochimique.

- Le chapitre **Énergie** regroupe la chimie des actinides, très importants dans le domaine du nucléaire civil et la caractérisation des batteries au lithium qui règnent aujourd'hui dans notre univers numérique portable et s'imposera sans doute demain sur le véhicule électrique.

- Le chapitre **Matériaux** montre l'utilisation du dichroïsme circulaire magnétique pour les molécules aimants, une caractérisation tridimensionnelle de matériaux polycristallins et l'organisation structurale du grain d'amidon.

- Le chapitre **Chimie pour le vivant** présente l'utilisation de la cristallographie des protéines, un exemple de l'apport de la cristallographie cinétique, l'auto-assemblage bidimensionnel et l'analyse post mortem de cerveaux de patients atteints de la maladie d'Alzheimer.

- Le chapitre **Environnement, écotoxicité et Univers** regroupe des articles sur la pollution du sol par les métaux, la spectroscopie d'absorption dans l'infrarouge lointain de la molécule de méthane, l'homochiralité de la vie expliquée par la présence du rayonnement circulairement polarisé et l'utilisation de la microscopie des rayons X sur des micro-organismes.

- Le chapitre **Patrimoine** révèle l'environnement chimique des constituants d'objets d'art, la préservation du bois d'un navire de guerre du XVI<sup>e</sup> siècle et l'étude de la corrosion d'un fer multiséculaire utilisé en architecture.

- Le chapitre **Structure électronique de la matière** illustre la détermination de la structure de bande du graphène épitaxié et révèle le rôle inhabituel des liaisons chimiques par diffraction des rayons X haute résolution et l'allongement de liaisons chimiques à l'échelle de la femtoseconde.

Le contenu de ce numéro est donc aussi varié que les propriétés du rayonnement et les possibilités offertes par ces deux magnifiques machines que sont l'ESRF et SOLEIL.

Nous avons conçu ce numéro de *L'Actualité Chimique* d'abord pour informer un large public de chimistes. Nous espérons aussi qu'il suscitera l'intérêt et de nouveaux projets d'utilisation du rayonnement synchrotron par les communautés de chimistes, du domaine académique comme de l'industrie, qui n'ont pas encore pris l'habitude de recourir à cet outil, en leur donnant un aperçu de la très grande richesse et de la diversité des études accessibles.

**Marc Simon**

Coordinateur du numéro

(1) Comité éditorial : briois@synchrotron-soleil.fr ; christophe.cartier@cnsr-dir.fr ; abderrahmane.tadjeddine@u-psud.fr ; michel.verdaguer@upmc.fr



**Marc Simon**

est directeur de recherche CNRS au Laboratoire de Chimie Physique-Matière et Rayonnement, Université Pierre et Marie Curie\*.

\* Laboratoire de Chimie Physique-Matière et Rayonnement, Université Pierre et Marie Curie, CNRS UMR 7614, 11 rue Pierre et Marie Curie, F-75231 Paris Cedex 05.  
Courriel : marc.simon@upmc.fr