

Rayonnement synchrotron et matériaux

Michel Verdaguer

Cette rubrique « matériaux » ne comporte que trois articles. Le lecteur ne doit pas en conclure que les matériaux sont part négligeable dans les activités ou les projets autour du rayonnement synchrotron. Bien au contraire. Les autres rubriques de ce numéro en sont riches également (matériaux pour la catalyse, pour l'énergie, pour la biologie, pour le patrimoine...).

Qu'est-ce qu'un matériau ? Le dictionnaire nous apprend que « matériau » est un nom masculin de la fin du XIX^e siècle, singulier refait d'après « matériaux » qui, quant à lui, remonterait à 1510 et serait le pluriel de matériel, variante ancienne de matériel. Signification : « toute matière servant à construire ». Vaste définition.

La science des matériaux est l'étude de cette matière qui construit des objets utiles et y remplit quelque rôle, structural ou fonctionnel. Le rayonnement synchrotron dans ce domaine est le prolongement direct des moyens légers et mi-lourds des laboratoires, avec une lumière de qualité exceptionnelle qui peut permettre de faire sauter un verrou dans la compréhension d'un système ou ouvrir des perspectives dans une démarche. L'étude moderne des matériaux est multi-échelle ; elle sonde le matériau depuis l'environnement atomique jusqu'aux propriétés macroscopiques. L'une des caractéristiques de la lumière synchrotron est précisément de balayer toutes ces échelles. C'est une étude de la structure à courte, moyenne ou longue distances. Le rayonnement synchrotron offre cela avec l'absorption X (structure locale autour de l'absorbeur), la diffusion (organisation mésoscopique à moyenne distance, de la matière molle entre autres), la diffraction (ordre cristallographique à longue distance). C'est une étude de la structure électronique, du jeu des électrons et des trous dans la matière. Les spectroscopies d'absorption et de photoélectron sondent respectivement les niveaux orbitaux pleins et les niveaux vacants. C'est une étude qui utilise tous les domaines d'énergie, ce qui est l'une des premières caractéristiques de la lumière « blanche » du synchrotron [1].

La communauté scientifique des matériaux qui emploie le rayonnement synchrotron en France ou en Europe est très nombreuse. Elle utilise aujourd'hui d'abord les stations de travail proches, capables de résoudre rapidement des problèmes quotidiens de structure ou de structure électronique. Sans routine, il n'y a jamais de routine en rayonnement synchrotron. Elle utilise aussi, indifféremment, SOLEIL, l'ESRF ou les autres sources de lumière en Europe ou dans le monde, en cherchant l'adéquation entre le problème posé et la ligne de lumière qui permettra de le résoudre. Pour avoir méconnu les besoins importants de ces communautés de part et d'autre de la Manche, un ministre français voulant faire l'économie d'une machine y a perdu d'abord sa crédibilité, puis son poste. L'établissement d'une telle communauté ne s'est pas faite en un jour [2-3]. Aux visions pionnières (voir l'article d'Yves Farge p. 14) s'est ajouté un continuum (avec quelques gaps...) de décisions politiques, économiques, scientifiques, qu'ont mené à bien les directions et conseils scientifiques successifs, avec une forte implication des utilisateurs. Depuis l'anneau de collisions d'Orsay (ACO) à

SOLEIL, il y a eu une adaptation croissante des anneaux et des lignes de lumière à la résolution de problèmes de physique et de chimie liés aux matériaux.

J'aimerais insister sur une autre des caractéristiques d'un laboratoire « grand instrument », que j'ai connue et cultivée soit comme utilisateur ou responsable de ligne de lumière, soit comme membre des conseils scientifiques du LURE et de SOLEIL. C'est le rapprochement autour des lignes des équipes propres au laboratoire synchrotron et de celles des utilisateurs, chacun apportant son savoir-faire, ses propres thématiques, des appétits de science différents mais complémentaires. Des questions qui surgissent émergent d'abord des solutions inédites et, dans la durée, une culture pluridisciplinaire commune. Autour du faisceau se construisent des stations et des dispositifs permettant d'opérer sous divers types de contraintes (éclairage, température, pression, atmosphères contrôlées, autres spectroscopies) [4]. Les retombées sur les laboratoires d'utilisateurs – associées au travail de formation [3] – ne sont pas moins considérables comme facteur d'ouverture des problématiques de recherche.

Les articles de cette rubrique (W. Ludwig, S. Pérez, P. Saintavit *et coll.*) témoignent de : (i) l'extrême diversité du monde des matériaux et des problèmes posés ; (ii) la puissance des moyens dont le rayonnement synchrotron dispose pour les résoudre : absorption, diffraction, imagerie, microfaisceaux, polarisation de la lumière et travail sous haut champ magnétique (XMCD), etc. ; (iii) l'étroite coopération entre centres synchrotron – le cryostat de J.-P. Kappler et P. Saintavit a voyagé dans au moins quatre centres européens ; (iv) le travail commun des équipes pluridisciplinaires de ligne et d'utilisateurs pour trouver des solutions originales ; (v) l'imbrication d'expérimentateurs et de théoriciens pour interpréter les résultats ; et (vi) la belle originalité des recherches qui peut en résulter.

Il est assez exceptionnel par exemple de voir publier dans une revue très généraliste comme *Nature* des articles relatifs aux matériaux (article de P. Saintavit *et coll.* ou [5]). Même en ces temps de course effrénée à « l'excellence », l'utilisation de la lumière synchrotron peut ne pas nuire...

- [1] www.synchrotron-soleil.fr/images/File/recherche/ligneslumiere/gamme-NRJ.pdf
- [2] *Applications du rayonnement synchrotron en chimie*, Congrès de la SFC, Nice, sept. 1988.
- [3] Les stages HERCULES, les Écoles d'été du CNRS : Garchy (1988) et Aussois, de LURE à SOLEIL.
- [4] Briois V. *et al.*, New insights for materials science characterisation using different complementary techniques combined with X-ray absorption, *Physica Scripta*, 2005, T115, p. 38.
- [5] Ferlay S. *et al.*, A room-temperature organometallic magnet based on Prussian blue, *Nature*, 1995, 378, p. 701.



Michel Verdaguer

est professeur émérite de l'Université Pierre et Marie Curie*.

* Institut Parisien de Chimie Moléculaire, Unité CNRS 7201, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05.
Courriel : michel.verdaguer@upmc.fr