

# Le synchrotron pour la connaissance et la préservation du patrimoine culturel

Philippe Walter

Le rayonnement synchrotron joue un rôle de plus en plus important dans les études scientifiques relatives aux matériaux du patrimoine culturel. Il permet d'associer différents types d'analyses dans un même dispositif expérimental pour fournir des informations décisives au sujet des transformations artificielles ou naturelles des matériaux anciens ; on peut ainsi identifier leur nature, les techniques de fabrication, l'origine des matières premières et comprendre l'altération des ingrédients. Ces analyses aident aussi à définir des protocoles de restauration, les conditions optimales pour la préservation des œuvres et des monuments ou leur protection sur le long terme grâce à l'application de revêtements organiques formant des couches de passivation. Des approches analytiques croisées et multi-échelles sont nécessaires ici dans la mesure où ces matériaux anciens ont été élaborés à un moment donné par un artiste ou un artisan, avec des matières souvent hétérogènes et impures. Ces matériaux sont donc complexes et variables ; ils nécessitent une description précise de l'état final de la matière (celle qui est entre nos mains) pour comprendre son état original.

Les trois articles qui suivent illustrent ce propos sur des cas très différents car ils concernent le bois, les métaux et les pigments minéraux. Aujourd'hui, c'est une très vaste gamme de matériaux anciens qui sont étudiés grâce aux analyses par rayonnement synchrotron. La variété et la qualité des données accessibles par les rayonnements X, UV et infrarouge, ainsi que les résolutions spatiales variables – submicro-métrique pour l'étude de prélèvements ou plus large lorsqu'on aborde l'analyse d'une œuvre entière – ont fortement amélioré nos capacités d'étude. L'usage du rayonnement synchrotron ne se limite pas à l'emploi des techniques de caractérisation par rayons X. Il a été bien montré que la microscopie infrarouge offre des possibilités très intéressantes de caractérisation moléculaire de matières organiques ou hybrides organique-minéral [1]. Des échantillons minuscules et très hétérogènes de la peau et des cheveux des momies, de peintures à l'huile ou de vernis des violons de Stradivarius sont étudiés ainsi pour identifier les matières principales, leurs organisations moléculaires et supramoléculaires, ainsi que leur vieillissement. Les techniques de fluorescence sous UV ou de dichroïsme circulaire commencent à compléter ces approches pour les études de substances naturelles organiques.

L'attractivité du rayonnement synchrotron est aussi très liée à la possibilité de créer des cartes de répartition chimique – élémentaire, structurale ou moléculaire – des matériaux afin d'aborder la complexité de la matière. La première réalisation de l'image chimique élémentaire complète d'un tableau que Vincent van Gogh a peint sur une de ses œuvres antérieures marque une révolution dans la perception scientifique des œuvres d'art [2]. La qualité des données et la richesse de l'information surpassent ce qui pouvait être obtenu précédemment avec des techniques conventionnelles de

radiographie par rayons X ou de réflectométrie infrarouge. Il ne faudra certainement pas attendre beaucoup de temps avant de voir se réaliser des images d'une telle précision que chaque trace de pinceau et chaque grain de pigment pourront être visibles et témoigneront des gestes de l'artiste au cours de la création de l'œuvre. D'autres approches permettent d'appréhender la complexité de la matière à partir de données de spéciation ou cristallographiques. L'intensité et la qualité du faisceau de rayons X permet des mesures précises de composition minéralogique et l'analyse de la microstructure des cristaux, indice par exemple des techniques de préparation des pigments par broyage ou synthèse chimique. Nous sommes là aussi passés en quelques années d'analyse globale d'échantillons hétérogènes à des mesures résolues spatialement en deux ou trois dimensions, en adaptant notamment les techniques de tomographie à la diffraction des rayons X [3].

Cet apport du synchrotron à l'étude et à la conservation de notre patrimoine a fortement évolué en France depuis une dizaine d'années grâce à une importante structuration des activités sous l'impulsion d'un groupement de recherche CNRS (GdR 2762 « Matériaux du patrimoine et synchrotron SOLEIL », 2004-2007), puis de la création d'une unité CNRS auprès du synchrotron SOLEIL (IPANEMA). Ces actions ont permis d'ouvrir l'accès des lignes de faisceau de l'ESRF, de SOLEIL et des autres installations européennes et américaines à un plus grand nombre d'utilisateurs et de faire comprendre toute leur complémentarité avec les instruments portables d'analyse qui permettent de travailler dans les musées et les sites archéologiques, les méthodes analytiques classiques et les outils semi-lourds de laboratoire comme l'accélérateur de particules AGLAE installé au Palais du Louvre.

- [1] Cotte M., Dumas P., Taniguchi Y., Checroun E., Walter P., Susini J., Recent applications and current trends in cultural heritage science using synchrotron-based Fourier transform infrared microspectroscopy, *C.R. Phys.*, **2009**, 10(7), p. 590.
- [2] Dik J., Janssens K., Van Der Snickt G., van der Loeff L., Rickers K., Cotte M., Visualization of a lost painting by Vincent van Gogh using synchrotron radiation based X-ray fluorescence elemental mapping, *Anal. Chem.*, **2008**, 80, p. 6436.
- [3] Bleuet P., Welcomme E., Dooryhee E., Susini J., Hodeau J.L., Walter P., Probing the structure of heterogeneous diluted materials by diffraction tomography, *Nature Materials*, **2008**, 7(6), p. 468.



**Philippe Walter**

est directeur de recherche au CNRS, co-directeur du Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France\*.

\* Laboratoire du Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF), CNRS-UMR 171, 14 quai François Mitterrand, F-75001 Paris.  
Courriel : philippe.walter@culture.gouv.fr