

# Spectroscopie d'absorption de rayons X

## La technologie en un coup d'œil

La spectroscopie d'absorption de rayons X donne accès à l'organisation atomique et aux liaisons chimiques autour d'un atome absorbant, et ce quel que soit le milieu dans lequel il se trouve (solide ou liquide). Il y a essentiellement deux types de spectroscopies d'absorption : la spectroscopie sur une gamme étendue d'énergie (EXAFS - "Extended X-ray Absorption Fine Structure") et la spectroscopie au seuil (XANES - "X-ray Absorption Near Edge Structure"). Ces deux techniques permettent de distinguer des éléments dans leur environnement, ce qui rend possible la caractérisation *in situ* des éléments.

## Les plus de l'ESRF

L'ESRF offre une série de trois lignes de lumière de spectroscopie d'absorption, chacune optimisée pour différentes applications, permettant ainsi d'étudier une large gamme de matériaux et de détecter de multiples facteurs sous de nombreuses conditions.

- ID24 est idéale pour les processus chimiques rapides et peut être utilisée pour la cartographie rapide d'échantillons hétérogènes *in situ* avec une résolution micrométrique. L'activité principale actuelle d'ID24 est axée sur la catalyse en opération avec un suivi en temps sous la seconde afin de produire des cartographies chimiques à relativement haute définition. Elle est également très bien adaptée pour des études en conditions extrêmes de pression et sous des champs magnétiques en mode pulsé.
- ID26 est une ligne de lumière de spectroscopie rayons X pour les études d'absorption sur des échantillons dilués, tels que les éléments traces extrêmement dilués ou les produits chimiques toxiques. Des informations détaillées sur la structure électronique peuvent être obtenues en utilisant un dispositif haute résolution en énergie. ID26 est équipée pour différents environnements d'échantillons afin de pouvoir réaliser des expériences *in situ*, environnements

“ La spectroscopie d'absorption nous permet de connaître non seulement ce que fait la molécule, mais surtout pourquoi. Nous avons ainsi compris les principes et les évolutions de l'activité moléculaire *in situ*. ”

- Mark Newton and Pieter Glätzel, scientifiques de lignes de lumière.



qui sont adaptés à plusieurs stations expérimentales. Enfin, des logiciels de balayage rapide permettent une collecte de données efficace.

- BM29 est la ligne de lumière de spectroscopie d'absorption de rayons X d'utilisation générale à l'ESRF. Elle offre la spectroscopie d'absorption de rayons X conventionnelle afin de réaliser des expériences qui ne nécessitent pas les spécificités des autres lignes de lumière en absorption. Elle utilise un aimant de courbure à large bande énergétique qui permet d'obtenir des données de haute qualité basées sur des acquisitions rapides de spectres. On obtient ainsi un bon équilibre entre qualité des données et rapidité d'utilisation. Dernièrement, BM29 a entrepris des expériences en

micro-XAS, produisant des résultats surpassant ceux des lignes de lumières équivalentes dans le monde.

## Champs d'application

**Science de l'environnement** : éléments traces, tels que l'identification de concentrations toxiques de métaux lourds, analyse de filtres à pollution, techniques de séparation d'effluents ...

**Science de la terre et des planètes** : études géologiques, cartographie élémentaire, caractérisation de minéraux.

**Médecine et pharmacie** : recherche sur les cellules cancéreuses, observation des activités sous-jacentes et moléculaires d'ingrédients actifs et de formules *in situ*.

**Automobile et Industrie** : étude des composants clés tels que les piles à combustible et les pots catalytiques.

**Industrie pétrolière** : analyse d'éléments traces dans le pétrole et les produits pétrochimiques.

"Nous venons à l'ESRF car on y trouve des techniques uniques et c'est le seul synchrotron capable de nous préparer des porte-échantillons pour des mesures *in situ*."

- Toyota Motor Europe nv/sa (Belgium)

Nos clients industriels comprennent  
Toyota, BASF, Total, Johnson-Matthey,  
IFP (Institut Français du Pétrole)

## Toyota a étudié des catalyseurs d'échappement automobile en utilisant des techniques de rayons X afin d'examiner la structure de surface du catalyseur et les réactions chimiques qui y ont lieu.

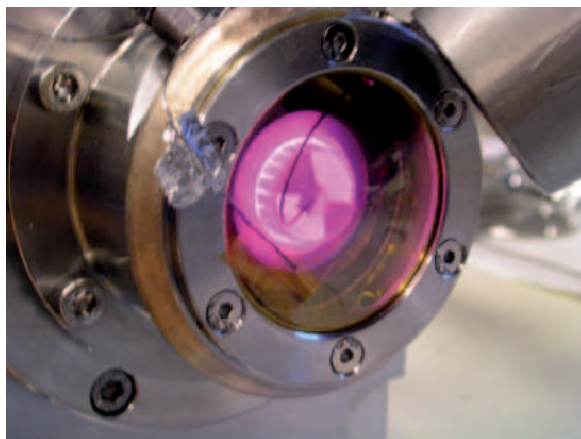
**Le défi** : Etudier les composants métalliques nobles d'un catalyseur d'échappement d'un véhicule en marche dans des conditions *in situ* et en temps réel.

**Le contexte** : Un catalyseur à métal supporté est responsable de la majeure partie de l'oxydation du CO et des hydrocarbures non brûlés dans les gaz d'échappement des véhicules. Ces catalyseurs perdent en efficacité avec le temps, en particulier à cause de l'effritement des métaux nobles supportés utilisés par le catalyseur. Toyota voulait étudier les processus d'effritement en détail afin d'améliorer les catalyseurs.

**Le résultat** : L'analyse des résultats a conduit à la découverte d'un phénomène inattendu : une dispersion oxydative de nanoparticules de Pt sur quelques supports en oxydes de métaux pendant de courts cycles d'oxydation-réduction (~60 secondes). Ce processus de re-dispersion ouvre la voie à un potentiel tangible d'incorporation afin d'étendre

la durée de vie des catalyseurs en réduisant, voire inversant, les effets de l'effritement du métal durant l'opération.

**L'apport du synchrotron** : En utilisant un porte-échantillon spécialement élaboré pour l'expérience, la spectroscopie d'absorption de rayons X en mode dispersif a permis d'étudier l'environnement local et la structure électronique du site actif du Pt métallique dans des conditions de fonctionnement (hautes températures, cycles d'oxydation-réduction des gaz), en simultané avec des observations TEM *in situ* pour suivre la surface du catalyseur. Des expériences de spectroscopie infrarouge



Chauffage d'un échantillon de catalyseur durant une analyse XAFS *in situ* en temps réel.

et d'EXAFS ont été également réalisées pour étudier les autres composants majeurs du système catalyseur, Rh et Pd. Les spectres ont été enregistrés au millième de seconde.