

# LABORATOIRE DES MATÉRIAUX, SURFACES ET PROCÉDÉS POUR LA CATALYSE (LMSPC)

## UMR 7515

École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
25, rue Becquerel  
67087 STRASBOURG Cedex

Directeur du laboratoire : Cuong PHAM HUU (DR CNRS)  
Site web : <http://www-ecpm/LMSPC>

Les disciplines scientifiques abordées par le Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse se répartissent dans trois grandes thématiques : la catalyse hétérogène, la physico-chimie de l'atmosphère et la chimie organique et spectroscopies avancées.

### QU'EST-CE QUE LA CATALYSE ?

La catalyse intervient dans plus de 90 % des processus chimiques. Le catalyseur participe favorablement à la cinétique d'une réaction (vitesse), c'est en général un accélérateur de vitesse de réaction. La catalyse hétérogène fait intervenir le plus souvent une réaction entre une phase gazeuse ou liquide et la phase solide. Grâce à des structures de surface particulières, elle peut privilégier une voie réactionnelle parmi un ensemble de réactions possibles. Ceci s'appelle la **sélectivité** du catalyseur. Elle permet la mise en oeuvre de procédés économes en énergie et sans formation de sous-produits.

La réactivité catalytique est associée à la présence de « sites actifs » qui peuvent être composés par des métaux nobles très dispersés sur un support. Ce dernier a pour rôle de disperser la phase métallique, permettant ainsi l'obtention de cristallites de 2 à 5 nanomètres environ. Par ailleurs, le support seul peut aussi être actif catalytiquement.

### LES TRAVAUX DE RECHERCHE

Les points généraux suivants sont abordés dans les travaux de recherche du LMSPC :

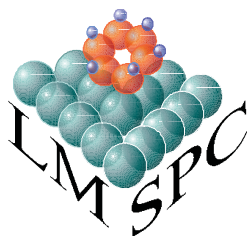
- les aspects fondamentaux qui permettent de comprendre la composition du site actif à l'échelle atomique et d'améliorer le fonctionnement du catalyseur,
- les nouveaux modes de préparation des catalyseurs qui sont étudiés et développés afin d'améliorer l'activité et la sélectivité de ces systèmes,
- les nouvelles réactions qui intègrent les besoins sociétaux.

A partir de ces points, le coeur du travail des chercheurs consiste, à partir d'un nouveau catalyseur, à optimiser les conditions expérimentales afin d'accroître la sélectivité et l'activité de la réaction.

Lorsqu'une réaction entre un réactif gazeux et la phase solide d'un catalyseur a lieu, celle-ci se réalise avec la formation minimale de sous-produits, dans des conditions énergétiques douces, à basse température et avec des rendements et des sélectivités très élevés.

Les travaux de recherche en cours visent les objectifs suivants :

- la diminution de la quantité de métaux nobles utilisés,
- le développement de substituts à ces métaux nobles,
- l'accroissement de la durée de vie de ces catalyseurs,
- la répétabilité de la procédure de régénération de ces catalyseurs,
- l'étude de nouvelles réactions car l'acte catalytique est présent dans tous les thèmes sociétaux : l'habitat, la santé, les transports, l'environnement et l'énergie, et les chercheurs du LMSPC travaillent dans tous ces domaines.



La catalyse hétérogène intervient d'une part par son aspect curatif conduisant à la dépollution, et d'autre part par son aspect préventif en améliorant les processus de combustion, la qualité des carburants essence et Diesel et le développement d'énergies alternatives. Voici ci-après les principaux travaux de recherche menés dans ce cadre.

## La catalyse de dépollution des gaz émis par des sources mobiles ou fixes

### • Destruction des polluants en prenant en compte l'évolution des moteurs automobiles

- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de certains polluants : oxydes d'azote, oxydation basse température de CO et des hydrocarbures, combustion des suies – moteurs diesel.

### • Optimisation des processus de combustion

- Réduction des oxydes d'azote des échappements : travail sur les pièges à oxydes d'azote (sorption et réduction) pour les moteurs à essence nouvelle génération et moteurs Diesel – procédé DENOX
- Réduction catalytique des NO<sub>x</sub> en milieu oxydant (défi),
- Étude de l'absorption de SO<sub>2</sub> sur un catalyseur d'amorçage afin de protéger le piège à NO<sub>x</sub>,
- Filtration et combustion des suies des moteurs diesel et utilisation de biocarburants,
- Filtres à particules catalysés - régénération continue des filtres à particules.

### • Désulfuration ultime des gaz d'usine

- Désulfuration réalisée sur des catalyseurs à base de carbure de silicium imprégnés de phases actives.

## Développement de nouvelles sources d'énergie / meilleure maîtrise de l'utilisation des ressources énergétiques

### • Valorisation de la biomasse

- Gazéification catalytique des résidus de la biomasse en hydrogène, capture du CO<sub>2</sub> formé et purification des gaz produits,
- Reformage catalytique du bioéthanol pour la production d'hydrogène,
- Valorisation énergétique du glycérol via son vaporeformage en hydrogène,
- Transformation du méthanol issu de la biomasse en diméthyl-éther.

### • Production d'hydrogène (énergie de substitution)

- Exploration des différentes voies catalytiques dont la valorisation de la biomasse (voir point précédent),
- Reformage catalytique du méthane : oxydation partielle du méthane (dry reforming) en faisant réagir entre eux deux gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et méthane),
- Production embarquée d'hydrogène dans le circuit de recyclage des gaz d'échappement des véhicules essence,
- Photo-dissociation de l'eau.

### • Piles à combustibles

- Travaux sur les convertisseurs d'énergie (production d'eau, de chaleur et d'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène - électrocatalyse sur oxydes métalliques).

### • Procédé Fischer-Tropsch pour produire des carburants à partir de CO et H<sub>2</sub>

- Mise au point d'un catalyseur à base de céramique (SiC) ayant une meilleure conductivité thermique pour améliorer le procédé,
- Synthèse d'hydrocarbures « verts » quand le carbone provient de la biomasse,
- Reformage du gaz naturel.

## La photocatalyse oxydative

- Création d'un photocatalyseur à base de dioxyde de titane irradié dans le proche UV ou avec la lumière visible,
- Photo-dégradation catalytique à température ambiante des composés organiques volatils et des micro-organismes en suspension dans des aérosols,
- Utilisation d'un pilote pour la stérilisation et la décontamination bactérienne des surfaces par photocatalyse oxydative - Brevets déposés et création d'une start up (Biowind),
- Optimisation de l'approche photocatalyse pour atteindre des solutions globales de dépollution multi-polluants,
- Couplage de procédés catalyse et photocatalyse avec d'autres procédés physico-chimiques ou biologiques (bactériologie, virologie, etc.) pour la décontamination et de dépollution de différents milieux.

## LA CHIMIE ORGANIQUE ET SPECTROSCOPIES AVANCÉES

Cette équipe est spécialisée dans la chimie organique et ses travaux portent plus particulièrement sur les mouvements d'électrons à l'intérieur de chaînes carbonées insaturées ; utilisation de couples donneurs accepteurs. Les applications de ces travaux concernent d'une part l'analyse biologique et les dosages fluoro-immunologiques, et d'autre part le développement de dispositifs photo-actifs ou cellules solaires organiques.

Les travaux concernent plusieurs thématiques :

- **Développement de cristaux liquides et de gels luminescents** pour l'élaboration de dispositifs photo-actifs ( diodes organiques luminescentes, cellules photovoltaïques organiques, etc.), l'auto-assemblage par voie électrostatique pour le développement de cellules photovoltaïques organiques, à base de molécules carbonées.
- **Synthèse de marqueurs luminescents** de Terbium et Europium et leurs applications au marquage et à la détection en analyse biologique et immunologie.
- **Développement de sondes fluorescentes** à partir de dérivés du bore tétraédrique pour le marquage biologique.

## LA PHYSICO-CHIMIE DE L'ATMOSPHERE

Les activités de l'équipe de physico-chimie de l'atmosphère sont articulées autour de trois thématiques complémentaires :

- la chimie hétérogène d'intérêt atmosphérique,
- la qualité de l'air : mesures, réactivité et impacts,
- l'étude des émissions de polluants (aérosols, gazeux) dans l'atmosphère.

## La chimie hétérogène d'intérêt atmosphérique

Ces travaux concernent d'une part la chimie des nuages, c'est-à-dire les interactions entre composés gazeux et matière particulaire (aérosols, glace, eau, etc.) et d'autre part la distribution des composés organiques semi-volatils (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, Pesticides, etc.) dans les trois phases de l'atmosphère (gazeuse, particulaire et liquide).

## La qualité de l'air : mesures, réactivité et impacts

Ces recherches visent à quantifier les polluants et à déterminer leur réactivité dans l'atmosphère. Trois aspects sont développés :

- **Mesures de polluants atmosphériques dans l'air intérieur ou extérieur**

Mise au point de méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyses. Les polluants concernés sont les Composés Organiques Volatils (aldéhydes, BTEX, hydrocarbures, etc.), les pesticides et leurs métabolites, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, les phénols et nitrophénols, les acides organiques mono- et dicarboxyliques, etc.

- **Développement de microanalyseurs de polluants atmosphériques** (formaldéhyde, BTEX) en collaboration avec le Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT).

- **Réactivité des polluants dans la troposphère**

Détermination de leur durée de vie et des processus d'oxydation complexes qui peuvent générer des polluants secondaires.

- **Étude des impacts de la pollution atmosphérique intérieure sur la santé humaine** en collaboration avec des médecins (CHU de Strasbourg, Luxembourg) et des pharmaciens de l'Université de Strasbourg.

## L'étude des émissions de polluants (aérosols, gazeux) dans l'atmosphère

La connaissance de la nature et des quantités de polluants ou de tout autre composé émis est fondamentale pour pouvoir étudier leur dispersion, leurs transformations (formation de produits secondaires gazeux ou particulaires), les retombées et leur impact sur les humains et les écosystèmes.

Dans ce cadre, les travaux de l'équipe comportent trois volets :

- **Élaboration de cadastres d'émissions** à hautes résolutions spatiale et temporelle de polluants atmosphériques.

- **Modélisation, à l'échelle régionale, de la troposphère**

- **Détermination des émissions de pesticides vers l'atmosphère** après épandage, soit par dérive au moment des applications, soit par volatilisation depuis le sol et la végétation.



## LE LABORATOIRE DES MATERIAUX, SURFACES ET PROCÉDES POUR LA CATALYSE

Le LMSPC est une unité Mixte de Recherche CNRS-Université de Strasbourg. Il comprend une trentaine de chercheurs et enseignants-chercheurs, et une soixantaine de doctorants et post-doctorants.

Le laboratoire LMSPC fait partie du Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'environnement (REALISE).