

## Insertion d'ions métalliques dans les zéolithes : conception de nouveaux matériaux pour la catalyse d'oxydation

**Type** : stage Master 2 (date limite 30/11/2023)

**Unité de recherche** : Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M) / UMR 7361

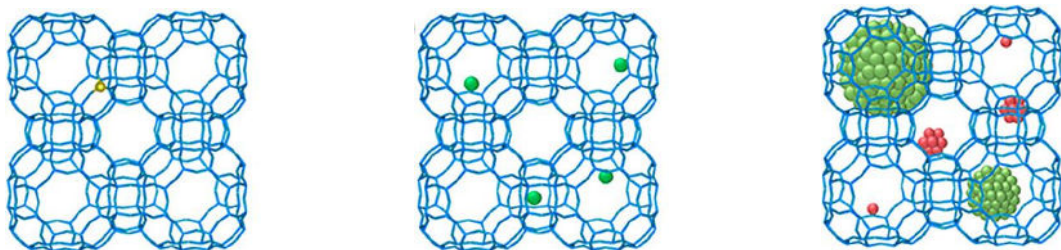
**Axe Scientifique** : Matériaux à Porosité Contrôlée (MPC)

**Site web** : <https://www.is2m.uha.fr/fr/nos-axes-thematiques/materiaux-a-porosite-controlee/>

**Adresse** : 3b, rue Alfred Werner / Université de Haute-Alsace / 68093 Mulhouse / France

### Résumé :

Les zéolithes sont des matériaux inorganiques microporeux et cristallins qui sont d'origine naturelle ou synthétique. Principalement composées d'oxyde de silicium, elles peuvent également inclure d'autres éléments tels l'aluminium, le bore, le phosphore ou encore le germanium. Ces matériaux sont identifiés et classifiés en fonction de leur structure cristalline et, actuellement, on recense plus de 250 structures différentes. Ces structures cristallines ont la particularité de former des pores de dimensions nanométriques, ce qui permet l'adsorption de molécules de petites tailles. Cette propriété trouve de nombreuses applications dans les domaines des procédés catalytiques et de séparation. Cependant, les zéolithes sont dépourvues de propriétés d'oxydo-réduction intrinsèques. C'est pourquoi l'ajout d'ions métalliques ( $M^{n+}$ ) peut judicieusement compléter leurs caractéristiques. Plusieurs méthodes sont disponibles pour insérer ces ions métalliques dans les zéolithes.<sup>[1,2]</sup> Selon la technique utilisée, la quantité, la localisation (et/ou la distribution) et la nature des sites métalliques peuvent considérablement varier comme illustré sur la **Figure** ci-dessous, ce qui influence sur les propriétés et la réactivité des matériaux obtenus. Le projet que nous proposons ici a pour but le développement de nouveaux matériaux hybrides (zéolithes/ions métalliques) dans le domaine de la catalyse d'oxydation. Ces matériaux s'avèrent particulièrement utiles dans l'industrie chimique, ainsi que pour la décontamination des émissions gazeuses liés aux activités industrielles et aux transports en ciblant notamment les composés organiques volatils.



**Figure** - Représentation de la maille cristalline de la zéolithe LTA contenant soit des métaux insérés dans la charpente (gauche), des ions métalliques insérés par échange cationiques dans des sites extra-charpente (centre) et des clusters et nanoparticules métalliques encapsulés dans les canaux et cages (droite). Reproduit avec permission à partir de [1]. Copyright 2023 American Chemical Society

Le/la stagiaire recruté(e) jouera un rôle actif dans les différents aspects du projet de recherche incluant la synthèse de structurants organiques, la préparation de zéolithes par voie hydrothermale, les étapes de post-fonctionnalisation et la caractérisation des matériaux (DRX, MEB/EDX, TEM, adsorption d'azote, RMN du solide). Les tests catalytiques seront réalisés dans le cadre d'une collaboration. Ce projet bénéficie d'un financement HiFunMat starting grant (<https://hifunmat.unistra.fr/>). La plate-forme analytique de l'IS2M met à disposition l'équipement adéquat et le/la stagiaire sera formé(e) à l'utilisation d'une partie des appareils. Le/la stagiaire participera à l'analyse, à l'interprétation et à la présentation des résultats lors de réunions. Ainsi, il/elle bénéficiera d'une formation solide dans le domaine de la chimie inorganique, d'une expérience en laboratoire de recherche et pourra développer des compétences transverses utiles dans la perspective d'une carrière scientifique. Le laboratoire est situé sur le campus Illberg de l'université de Haute-Alsace à 2 km du centre-ville de Mulhouse (desservi par le tram).

**Mots-clés :** chimie inorganique – synthèse minérale – variation des conditions réactionnelles – caractérisation des matériaux – analyses structurales – propriétés d'adsorption

**Critère d'éligibilité :** être inscrit à une formation de chimie au niveau Master 2 dans un établissement d'enseignement supérieur d'un pays membre de l'Union Européenne (les candidatures ne remplissant pas ce critère ne seront pas considérées).

**Compétences recherchées :** Motivé, intéressé par la recherche, disposé à apprendre à utiliser de nouvelles techniques, capacités d'analyse des résultats, de réflexion et d'organisation du travail.

**Durée du stage :** 6 mois (idéalement février-juillet 2024)

**Rémunération :** gratification au taux horaire en vigueur (4,05 € par heure en 2023)

**Contacts :** envoyer CV et lettre de motivation à Emmanuel Oheix ([emmanuel.oheix@uha.fr](mailto:emmanuel.oheix@uha.fr)) et Jean-Louis Paillaud ([jean-louis.paillaud@uha.fr](mailto:jean-louis.paillaud@uha.fr))

#### Références :

[1] N. Kosinov, C. Liu, E. J. M. Hensen, E. A. Pidko, *Chem. Mater.*, **2018**, *30*, 3177-3198.

[2] Q. Zhang, S. Gao, J. Yu, *Chem. Rev.*, **2023**, *123*, 6039-6101.

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.chemrev.2c00315>

## Insertion of metal ions into zeolites: designing of new materials for oxidation catalysis

**Type:** internship Master 2 (deadline 30/11/2023)

**Research unit:** Institut de Science des Matériaux de Mulhouse (IS2M) / UMR 7361

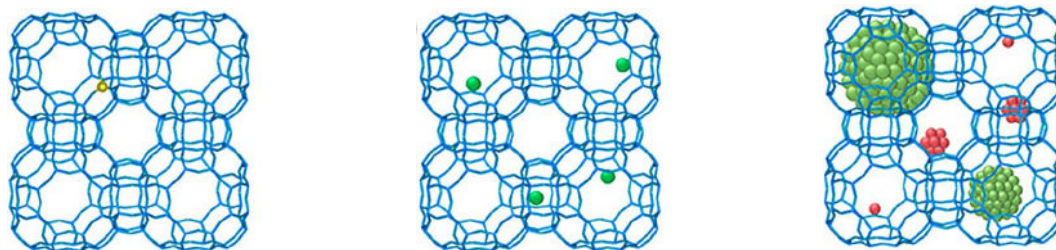
**Scientific axis:** Matériaux à Porosité Contrôlée (MPC)

**Website:** <https://www.is2m.uha.fr/en/controlled-porosity-materials/>

**Address:** 3b, rue Alfred Werner / Université de Haute-Alsace / 68093 Mulhouse / France

### Summary:

Zeolites are microporous and crystalline inorganic materials, sourced either naturally or synthetically. They are principally constituted of silicium oxides, but they can also include other elements such as aluminium, boron, phosphorus, or germanium. These materials are categorized based on their crystal structures, with over 250 types identified to date. Their porous structures, featuring sub-nanometer-size pores, enable the adsorption of small molecules, making them valuable for catalytic and separation processes. Nevertheless, zeolites lack inherent intrinsic redox properties. To address this limitation, the introduction of metal ions ( $M^{n+}$ ) can be strategically employed. Different techniques exist to insert metal ions in zeolites.<sup>[1,2]</sup> The chosen technique significantly influences the quantity, localisation/distribution, and nature of metal sites (see **Figure** below). Consequently, this variation impacts the resultant materials' properties and reactivity. The proposed project targets the development of new hybrid materials (zeolites/metal ions), particularly relevant to industrial chemistry. They hold significant potential for purifying gaseous emission linked to industrial processes and transportation, such as volatile organic compounds.



**Figure** – Illustration of the crystal lattice of Linde type A zeolite containing either metals inserted into the framework (left), metal ions inserted through cationic exchange in extra-framework sites (center), and metallic clusters and nanoparticles encapsulated within the channels and cages (right). Reproduced with permission from reference [1]. Copyright 2023 American Chemical Society

The recruited student will be actively engage in various aspects of the research project, including tasks such as the synthesis of organic structure-directing agents, zeolite preparation

by hydrothermal synthesis, post-functionalization steps and materials characterization (XRD, MEB/EDX, MET, N<sub>2</sub> adsorption, solid-state NMR). The catalytic tests will be performed in the frame of collaborations. This project is funded by a HiFunMat starting grant (<https://hifunmat.unistra.fr/>). The analytical platform of IS2M will provide access to the required equipment, with the student receiving training in its operation. The student will also participate to the analysis, interpretation and presentation of the results during meetings. Thus, he/she will benefit from a solid training in the field of inorganic chemistry, an experience in research and the possibility to develop transverse skills usefull in the perspective of a scientific career. The laboratory is located on the campus Illberg of the University of Haute Alsace, about 2 km away from the city center of Mulhouse (accessible via tramway).

**Keywords:** inorganic chemistry – mineral synthesis – screening of reaction conditions – materials characterisation – structural analysis – adsorption properties

**Eligibility criterion:** Prospective candidates must be currently enrolled in a Master 2's level chemistry program (or equivalent) at a University or other higher education establishment within a European Union member state. Applications from candidates, who do not meet this requirement will not be taken into consideration.

**Expected skills:** Motivated, interested in research, a strong enthusiasm for acquiring new techniques, able to analyse results and to propose solutions, and effective organizational abilities.

**Internship duration:** 6 month (ideally february-july 2024)

**Stipend:** based on current rate for M2 internships (4,05 € per hour in 2023)

**Contacts:** send a CV and a cover letter to Emmanuel Oheix ([emmanuel.oheix@uha.fr](mailto:emmanuel.oheix@uha.fr)) and Jean-Louis Paillaud ([jean-louis.paillaud@uha.fr](mailto:jean-louis.paillaud@uha.fr))

## References

[1] N. Kosinov, C. Liu, E. J. M. Hensen, E. A. Pidko, *Chem. Mater.*, **2018**, *30*, 3177-3198.

[2] Q. Zhang, S. Gao, J. Yu, *Chem. Rev.*, **2023**, *123*, 6039-6101.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.2c00315>