

Action 2IM : Soutien doctorants (2023)

L'Institut Intégratif des Matériaux (2IM) a décidé le 9 novembre 2023 le cofinancement des frais opérationnelles et d'environnement pour 14 doctorants des laboratoires participant à 2IM et réalisant une thèse dans un domaine du périmètre thématique de 2IM. Les 14 projets sélectionnés pour financement sont listés ci-dessous :

Elaboration de nouveaux matériaux pour le recyclage des terres rares.

Vincent Bonnefoux (Dir. Thèse P. Roger) : vincent.bonnefoux@universite-paris-saclay.fr

Les travaux préliminaires de notre laboratoire ont montré que nous étions capables de synthétiser efficacement et simplement des polymères et co-polymère qui possèdent des propriétés chélatantes vis à vis de certains métaux et notamment ceux issus de la liste des terres rares. Les premiers polymères synthétisés, qui ont déjà fait l'objet de deux publications et surtout de deux brevets, sont donc des candidats potentiels intéressants pour cette application. Afin de gagner en sélectivité vis à vis des terres rares à recycler, la structure chimique du monomère devra être modifiée chimiquement pour atteindre une spécificité vers chaque terre rare visée. Les monomères « de seconde génération » devront être polymérisés afin de former de nouveaux monomères plus sélectifs de chaque métal. Ces polymères de seconde génération pourront aussi être greffés sur des surfaces ou assemblés afin d'envisager un recyclage facilité pour une visée potentielle d'industrialisation.

Four pour étudier in situ la réalisation de fibres de carbone vertes, par diffusion des rayons X

Lucie Dieval (Dir. Thèse P Launois) : lucie.dieval@universite-paris-saclay.fr

Réalisation et validation d'un four pour étudier in situ, par diffusion des rayons X, en laboratoire et en synchrotron, la carbonisation et la graphitisation de fibres vertes issues de la lignine.

Principe et caractéristiques : chauffage sous atmosphère inerte de fibres conductrices et non conductrices d'électricité, en traction ; fenêtre de sortie des rayons X sur 50°. Le chauffage sera réalisé en deux étapes : chauffage radiatif jusque 1000°C, permettant la graphitisation de la fibre, puis chauffage résistif jusque 2000°C en utilisant comme électrodes les mâchoires de traction en graphite. Tension appliquée : jusque 400 MPa. Type de four : voir Behr et al., J. Synchrotron Rad. 23, 1379 (2016). Plusieurs améliorations possibles sont identifiées.

Stress Corrosion Behavior of Mesostructured Glass by Phase Separation

Priscille Fauvarque (Dir. Thèse C. Rountree) : priscille.fauvarque@cea.fr

Le projet de thèse de Priscille Fauvarque vise à comprendre le lien entre la structure et le comportement en corrosion sous contraintes des vitrocéramiques, qui sont composées de phases cristallisées dispersées dans une matrice vitreuse. Dans un premier temps, le comportement en corrosion sous contraintes des vitrocéramiques sélectionnées, et dans la mesure du possible du verre initiale/parent (sans phases cristallisées), sera étudié via un dispositif expérimental spécifique. En parallèle, la structure et, si possible, la composition des vitrocéramiques sera caractérisée via diverses techniques (RMN, MEB, Raman, AFM, ...). Ces caractérisations seront complétées par des analyses de surfaces de rupture interprétées avec des outils statistiques dédiés. Les données engrangées seront compilées et analysées en vue de proposer une vision intégrée de la rupture en corrosion sous contrainte. Cette approche devrait permettre d'identifier les paramètres méso-structuraux sous-jacents aux évolutions de comportement en corrosion sous contraintes et de mettre en évidence les voies possibles de renforcement.

Nouveaux matériaux fonctionnels de type oxychalcogénures et oxypnictures à haute entropie

Chuang Jia (Dir Thèse D. Bérardan) : chuang.jia@universite-paris-saclay.fr

Depuis quelques années, les oxydes à haute entropie, et de manière plus générale les matériaux à haute entropie, constituent un domaine de recherche en plein essor du fait de leur fort potentiel dans le domaine des matériaux fonctionnels, avec tout à la fois la possibilité qu'ils ouvrent de découvrir de nouvelles compositions variées et d'autre part de disposer de nouveaux degrés de liberté pour l'optimisation de leurs propriétés fonctionnelles. L'objectif de ce projet de thèse est d'étendre le concept de stabilisation par entropie à de nouvelles familles de matériaux fonctionnels,

en explorant pour la première fois la possibilité de synthétiser des composés de type mixed anion compounds à haute entropie. Il pourrait alors être possible d'allier la versatilité chimique matériaux à haute entropie aux structures cristallines variées des mixed-anion compounds pour designer de nouveaux matériaux fonctionnels aux propriétés optimisées.

Protection des métaux cuivreux du patrimoine par des traitements à base de sol-gel -
compréhension des mécanismes physicochimiques de l'inhibition de la corrosion
Elyza Letouzey (Dir Thèse D. Neff) : lyza.letouzey@cea.fr

Dans le contexte de la protection des œuvres du patrimoine de la dégradation, enjeu sociétal d'importance, les métaux patrimoniaux (statuaire...) présentent la spécificité de comporter une Couche de Produits de Corrosion (CPC) de plusieurs dizaines de micromètres d'épaisseur contenant les informations sur la surface d'origine de l'œuvre. Les traitements de protection contre la corrosion nécessitent non seulement de préserver le métal mais également la CPC constituée de matériaux inorganiques et poreux. Un traitement basé sur l'application d'un revêtement sol-gel dopé en acide carboxylique doit assurer une protection efficace contre la corrosion sur les métaux cuivreux patrimoniaux et être respectueux du contexte patrimonial (préservation de l'esthétique de l'œuvre, non toxique pour les utilisateurs et l'environnement, réversible). L'objectif de la thèse d'Elyza Letouzey, qui se déroule au sein du NIMBE, est d'affiner la formulation de la solution et de montrer son efficacité sur des échantillons historiques représentatifs des conditions réelles grâce à la mise en œuvre d'une méthodologie de caractérisation multi-technique et multi-échelle (complémentarité des méthodes et techniques du NIMBE (LAPA et LEDNA) et de la ligne Diffabs du synchrotron Soleil) donnant accès à la compréhension des mécanismes physico-chimiques de la protection.

Coupled Study of Multiple Parameters in a Quantum material archetype
Yassine Oubaid (Dir Thèse V. Balédent) : yassine.oubaid@universite-paris-saclay.fr

Recently, quasi-1D iron-based compounds (formula $BaFe_2X_3$) have attracted the attention of the solid-state physics community, primarily because of their pressure-induced superconductivity. However, the interest in this family goes far beyond the mere presence of superconductivity. A large number of properties appear in these systems, depending on whether the temperature is cooled down, the pressure applied or if the system is doped. They thus exhibit a wide range of quantum macroscopic properties (exotic quantum magnetism, CDW, superconductivity, multiferroicity, etc.), which may coexist or compete with each other. These materials therefore offer a unique opportunity to study the entanglement of all degrees of freedom (structure, charge, orbital and spin) in these different phases, that lead to such rich ground states.

Formation de composés non intentionnels dans les plastiques et implications pour le recyclage
Sarah Person (Dir Thèse JP Renault) : sarah.person@cea.fr

La production de thermoplastiques à base de pétrole génère plus de 350 millions de tonnes de déchets par an. La quantité massive de déchets générés, la limitation des ressources en matières fossiles et la réduction des émissions de CO₂ rendent indispensable leur recyclage. Notre capacité à recycler les plastiques est cependant limitée par l'apparition de composés non voulus ou NIAS (non intentionally added substances) lors de la transformation et du vieillissement des matériaux plastiques. L'objectif de la thèse est d'étudier les mécanismes de formations des CNV dans les fibres textiles synthétiques au cours du vieillissement afin d'évaluer leur impact sur la recyclabilité des plastiques. Ce projet combine une approche historique pour l'analyse de matériaux plastiques anciens et l'étude expérimentale par vieillissement accéléré sous irradiation et rétroformulation à l'aide de méthodes de caractérisation de pointe en spectrométrie de masse. La demande de soutien 2IM vise à financer les missions de collecte d'échantillons historiques ainsi que l'analyse des CNV dans les matériaux plastiques vieillis et irradiés.

Mécanique Multi-échelle de la Dentine Atteinte de Dentinogénèse Imparfait
Shangaya Touraivane (E. Vennat) : Shangaya.Touraivane@centralesupelec.fr

Mon sujet de thèse porte sur l'impact de la Dentinogénèse Imparfait, l'équivalent dans la dentine de la « Maladie des os de verre », sur la mécanique de la dentine. Plus particulièrement, je m'intéresse au lien entre les altérations concernant le contenu minéral du tissu, sa microstructure et son réseau cellulaire, d'une part, et les propriétés mécaniques élastiques et de rupture de la dentine à différentes échelles. Cette étude présente plusieurs intérêts. Premièrement, cette maladie est très handicapante et aucun traitement n'existe à ce jour. Afin de développer des traitements, il est nécessaire de mieux appréhender la pathologie. Deuxièmement, mieux comprendre le tissu pathologique, en particulier le lien entre l'altération de sa structure hiérarchique et la dégradation de ses propriétés mécaniques permettra aussi d'enrichir notre compréhension du tissu sain et de l'importance de chacune des échelles de sa structure hiérarchique. Enfin, les techniques développées sont innovantes et pourront être utiles dans d'autres études.

Circuits de guides d'ondes photoniques inscrits en 3D par un laser pour l'imagerie hyperspectrale
Sébastien Bourdel (Dir. Thèse M. Lancry) : sebastien.bourdel@onera.fr

L'objectif est de développer un système d'imagerie hyperspectral sur une puce photonique en utilisant des guides d'ondes photo-inscrits par un laser dans une lame de verre. Un modèle numérique sera développé et une preuve de concept sera fabriquée. Fort de l'expertise de l'ONERA en imagerie hyperspectrale et de l'ICMMO sur la texturation laser de « fonctions optiques », cette thèse permettra d'étudier les phénomènes physiques en jeu et la première preuve de concept.

Maria El Khoueiry (Dir. Thèse L. Assaud) : maria.el-khoueiry@universite-paris-saclay.fr

Conception et élaboration de nouveaux matériaux métalliques ultralégers pour une transition énergétique durable

Selma Leonardi (Dir Thèse AL Helbert) : selma.leonardi@universite-paris-saclay.fr

La réduction des émissions de CO₂ est devenue l'un des grands enjeux sociétaux de nos jours. Dans ce cadre, la recherche de nouveaux matériaux combinant légèreté avec propriétés d'usage accrues représente un domaine en plein essor tiré notamment par les secteurs du transport et de l'énergie au sens large. Des progrès surprenants ont été accomplis récemment grâce notamment à l'avènement de la fabrication additive - autrement dite impression 3D - permettant d'élaborer des matériaux aux structures poreuses complexes impossibles à réaliser par procédés conventionnels. Ce travail de thèse porte autour des matériaux poreux qui sont issus de la fabrication additive métallique. Il s'agit notamment de matériaux à structure cellulaire - i.e. à porosité ouverte - où l'agencement des pores est généré par voie numérique et puis élaboré par procédé laser de fusion sur lit de poudre. Ici, l'objectif sera de développer une compréhension fine des structures formées en lien avec le procédé d'élaboration, puis de quantifier les mécanismes d'endommagement qui amènent ces matériaux à la rupture sous contraintes mécaniques.

Nouveaux grenats magnétocaloriques

Pierre Tang (Dir. Thèse F. Damay): pierre.tang@universite-paris-saclay.fr

Avec la raréfaction de l'hélium, utilisé en particulier en imagerie médicale, il est devenu crucial de trouver de nouvelles technologies de réfrigération. Les matériaux magnétocaloriques, utilisés pour la réfrigération par désaimantation adiabatique, sont une alternative intéressante. Les grenats de gadolinium par exemple, développés récemment, possèdent des performances magnétocaloriques élevées ; leur inconvénient principal étant que ces performances sont maximales vers 2 K, c'est à dire, trop bas pour beaucoup d'applications utilisant l'hélium liquide. Le but du sujet de thèse est d'optimiser les propriétés magnétocaloriques dans de nouveaux grenats de terre-rares, grâce à des substitutions sur les trois sites cristallographiques de la structure grenat. L'originalité du sujet réside dans l'étude, entre autres, de nouveaux grenats à haute-entropie. En plus de l'aspect optimisation des matériaux, basé sur une expertise en synthèse/chimie du solide, un aspect plus fondamental de la thèse sera d'approfondir les connaissances sur les paramètres contrôlant l'effet magnétocalorique, en particulier grâce à l'utilisation de la diffusion des neutrons

Valorisation de co-produits calcaires issus de l'aquaculture en béton porteur isolant

Camille Martin Cavaillé (Dir. Thèse R. Bennacer) : camille.martin--cavaille@ens-paris-saclay.fr

Le développement de nouveaux matériaux à faible impact environnemental est un enjeu du secteur de la construction dans le cadre du développement durable. En parallèle, les co-produits de l'aquaculture constituent une ressource calcaire disponible qui peut être valorisée. La thèse débutée en septembre 2021 porte sur la valorisation de co-produits calcaires en béton porteur isolant. Le travail entamé a permis de caractériser les co-produits calcaires utilisés (coquilles d'huitres), de vérifier la faisabilité de l'emploi des co-produits coquilliers en termes de propriétés mécaniques, thermiques et de durabilité vis-à-vis des chlorures. Le travail restant consistera à expliquer les résultats observés en termes de résistance mécanique et de comportement thermique via l'analyse de la composition chimique organique des coquilles (seules et dans les bétons) et via la modélisation du comportement des bétons de coquilles. Les résultats de modélisation obtenus seront valorisés lors de la conférence ECCOMAS 2024 portant sur les méthodes de modélisation en Sciences appliquées et Ingénierie.

Developing new carbon feedstocks and catalysts for SWCNT growth in FC-CVD conditions

Clément Semion (Dir. Thèse V. Huc) : clement.semion@onera.fr

Le projet de thèse porte sur la recherche de catalyseurs pour une synthèse sélective de nanotubes de carbone monoparoï de type semi-conducteur. Les objectifs de cette thèse sont multiples :
Elaboration par voie colloïdale et caractérisation par TEM-STEM-EDS de nanoparticules cobalt – ruthénium à solubilité en carbone contrôlée par la teneur en Ru : (LEM et ICMMO – Université Paris-Saclay) ; Utilisation de ces nanoparticules comme catalyseur pour la croissance de nanotubes de carbone par FC-CVD (technique de dépôt chimique en phase vapeur à catalyseur flottant) à pression ambiante (NMG, - Université d'Aalto, Finlande) et caractérisation des tubes obtenus par spectroscopies optiques et TEM ; Construction d'un réacteur FC-CVD ; Trouver un solvant/source de carbone compatible avec les nanoparticules synthétisées préalablement ; Injection de nanoparticules dans le réacteur FC-CVD et détermination des paramètres de croissance optimaux ; Caractérisation avancée par TEM-STEM du lien tube/nanoparticule en fonction de la structure des particules et des nanotubes (LEM).