



Thesis proposals for the autumn 2026

Interdisciplinary Research Institute of Grenoble (IRIG)
CEA-Grenoble, 17 rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 09 - France

<https://www.cea.fr/drf/IRIG/>

IRIG in brief

The Interdisciplinary Research Institute of Grenoble (IRIG) conducts research based on 4 pillars:

- Biology & Health ;
- New technologies for energy and the environment ;
- Nanosciences (nanophysics & numerics) ;
- Cryotechnologies.

Physicists, chemists, biologists, physicians, computer scientists and mathematicians participate jointly in this fundamental research and the applications that result from it, giving the institute a remarkable capacity to respond to major societal challenges.

IRIG welcomes about 1000 people who carry out their research activities in a joint research unit (UMR). The 10 UMR of the institute are supervised by the [CEA](#) and [University Grenoble Alpes](#); some of them have additional trusteeship which may be the [CNRS](#), [Inserm](#) or [Inrae](#).

Everyone is working towards the same goal: to achieve excellent scientific results, explore the interface of basic and applied science and train young scientists. You may be one of them!

➤ **Biology & Health (10 proposals)**

Révéler la structure d'un substrat dans le site actif d'une protéine kinase activée par les mitogènes /

(Structural snapshots of a substrate within the active site of a mitogen-activated protein kinase)

Mitogen-activated protein kinases (MAPKs) are key signaling enzymes that regulate cellular stress responses through the phosphorylation of specific protein substrates. Dysregulation of MAPK signaling contributes to numerous diseases, including cancer and neurodegenerative disorders. Although MAPK activation and catalytic mechanisms are well characterized, the structural basis of substrate specificity remains unknown. This project aims to address this gap by capturing atomic-level structural snapshots of substrates bound within the active site of the c-Jun N-terminal kinase 1 (JNK1). To achieve this, we will employ X-ray crystallography together with innovative nuclear magnetic resonance (NMR) methods that integrate selective methyl isotope labeling and photoactivatable catalysis. By elucidating the structural details of how substrates are recognized by the active site of JNK1, our work will open new avenues for the development of substrate-competitive inhibitors of MAPKs with enhanced selectivity and therapeutic potential.

Les protéines kinases activées par les mitogènes (MAPK) sont des enzymes de signalisation clés qui régulent les réponses cellulaires au stress en phosphorylant des substrats protéiques spécifiques. Leur dérégulation contribue à de nombreuses maladies telles que les cancers et les troubles neurodégénératifs. Bien que les mécanismes d'activation et de catalyse des MAPK soient bien caractérisés, les bases structurales de leur spécificité de substrats demeurent inconnues. Ce projet vise à pallier ce manque de connaissances en déterminant des structures à résolution atomique de substrats liés au site actif de la kinase JNK1. Pour atteindre cet objectif, nous utiliserons la cristallographie aux rayons X combinée à des méthodes innovantes de résonance magnétique nucléaire (RMN), intégrant un marquage isotopique sélectif des groupements méthyles et une catalyse photoactivable. En élucidant les détails structuraux de la reconnaissance des substrats par le site actif de JNK1, ce travail ouvrira des perspectives pour le développement de nouveaux inhibiteurs compétitifs des MAPK, dotés d'une sélectivité et d'un potentiel thérapeutique accrus.

Thesis director & laboratory: Malene Jensen ([IRIG/IBS](#)) - malene.jensen@ibs.fr
SL-DRF-26-0239

Développement d'une plateforme enzymatique modulaire pour la conception et la synthèse in silico de peptides thérapeutiques novateurs via le splicing de protéines /

(Development of a Modular Enzymatic Platform for the In Silico Design and Synthesis of Novel Therapeutic Peptides via Protein Splicing)

The rise of antimicrobial resistance (AMR) has developed into a slow-moving epidemic, fueled by the overuse and misuse of antibiotics, coupled with a stagnation in the development of new antimicrobial agents over the past four decades. Addressing this crisis requires not only more judicious use of existing antibiotics but also the development of innovative drugs capable of overcoming resistant pathogens. In this context, the abundant genomic data generated in the omics era has facilitated the resurgence of natural products as a vital source of novel compounds. Among these, natural peptides—with their unique and diverse chemical properties—have garnered particular interest as potential antibiotics, anticancer agents, and inhibitors targeting specific pathological processes.

The aim of this PhD project is to develop a novel, modular enzymatic tool that enables the in silico design and synthesis of peptides with unprecedented chemical diversity. Central to this approach is the exploitation of a unique chemical reaction: protein splicing. This innovative reaction allows precise removal or editing of specific peptidic sequences, thereby providing a powerful platform to generate hybrid peptides with tailored functionalities, including potential therapeutic agents.

This project will integrate structural and functional studies, computational peptide design and enzyme engineering, aiming to expand the chemical and functional diversity of peptide-based molecules. The successful candidate will work in a state-of-the-art research setting, equipped with cutting-edge facilities and collaborative opportunities, fostering innovative approaches and impactful contributions to the field.

La montée de la résistance aux antimicrobiens (RAM) est devenue une épidémie lente, alimentée par la surutilisation des antibiotiques, conjuguée à un ralentissement dans la découverte de nouveaux agents antimicrobiens au cours des quatre dernières décennies. Pour faire face à cette crise urgente, il est nécessaire d'adopter une utilisation plus judicieuse des antibiotiques existants, tout en découvrant des médicaments innovants capables de surmonter la résistance des agents pathogènes. Dans ce contexte, l'immense volume de données génomiques générées dans l'ère des omiques a revitalisé l'intérêt pour les produits naturels, qui constituent une source précieuse de composés innovants. Parmi eux, les peptides naturels—aux propriétés chimiques uniques et diversifiées—sont particulièrement attractifs en tant que potentiels antibiotiques, agents anticancer ou inhibiteurs ciblant des processus pathologiques spécifiques.

L'objectif de cette thèse est de développer une plateforme enzymatique innovante, modulaire, permettant la conception et la synthèse in silico de peptides dotés d'une diversité chimique sans précédent. Au cœur de cette approche se trouve l'exploitation d'une réaction chimique unique : le splicing de protéines. Ce processus innovant permet une élimination ou une modification précise de séquences peptidiques spécifiques, offrant une base puissante pour générer des peptides hybrides avec des fonctionnalités sur mesure, y compris des agents thérapeutiques potentiels.

Ce projet intégrera des études structurales et fonctionnelles, la conception de peptides assistée par ordinateur, ainsi que l'ingénierie enzymatique, dans le but d'élargir la diversité chimique et fonctionnelle des molécules peptidiques. Le candidat retenu évoluera dans un environnement de recherche à la pointe de la technologie, doté d'installations de pointe et favorisant les opportunités de collaboration—encourageant ainsi des approches innovantes et des contributions significatives dans le domaine.

Thesis director & laboratory: Eugenio De la Mora & Yvain Nicolet (IRIG/IBS) - Eugenio.De-La-Mora@ibs.fr, yvain.nicolet@ibs.fr
SL-DRF-26-0231

Découverte guidée par V-SYNTHES d'inhibiteurs des bromodomaines BET : une nouvelle stratégie antifongique ciblant *Candida auris* /

(V-SYNTHES-guided discovery of BET bromodomain inhibitors : a novel antifungal strategy against *Candida auris*)

New antifungal strategies are urgently needed to combat *Candida auris*, an emerging multidrug-resistant fungal "superbug" responsible for severe hospital outbreaks and high-mortality infections.

Our previous proof-of-concept studies in *Candida albicans* and *Candida glabrata* established that fungal BET bromodomains – chromatin-binding modules that recognize acetylated histones – represent promising new antifungal targets. We have developed an advanced set of molecular and cellular tools to accelerate antifungal BET inhibitor discovery, including FRET-based assays for compound screening, humanized *Candida* strains for on-target validation, and NanoBiT assays to monitor BET bromodomain inhibition directly in fungal cells.

This PhD project represents the translational next phase of our research program. It will exploit the AI-guided V-SYNTHES drug discovery approach – a cutting-edge virtual screening and design framework – to develop highly potent BET inhibitors targeting *C. auris*. Inhibitors will be profiled in biophysical, biochemical and cellular assays, structurally characterized in complex with their bromodomain targets, and validated for on-target activity in *C. auris* and antifungal efficacy in animal infection models. They will also be used to explore the emergence of resistance to BET inhibition. This project combines an original antifungal strategy with an innovative methodological approach, offering a unique framework for training in interdisciplinary and translational research.

De nouvelles stratégies antifongiques sont aujourd'hui indispensables pour lutter contre *Candida auris*, un « superchampignon » émergent multirésistant, à l'origine d'épidémies nosocomiales sévères et d'infections à taux de mortalité élevé. Nos études de preuve de concept réalisées sur *Candida albicans* et *Candida glabrata* ont démontré que les bromodomaines BET fongiques – des modules de liaison à la chromatine reconnaissant les histones acétylées – constituent de nouvelles cibles antifongiques prometteuses. Nous avons mis au point un ensemble d'outils moléculaires et cellulaires pour accélérer la découverte d'inhibiteurs des bromodomaines BET fongiques, comprenant des essais FRET pour le criblage de composés, des souches de *Candida* humanisées pour la validation de la spécificité de cible, ainsi que des tests NanoBiT permettant de suivre directement l'inhibition des bromodomaines BET dans des cellules fongiques.

Ce projet de thèse marque la prochaine étape translationnelle de notre programme de recherche. Il exploitera l'approche V-SYNTHES, une stratégie innovante de découverte et de conception de nouvelles molécules thérapeutiques guidée par l'IA, afin de développer des inhibiteurs BET hautement puissants ciblant *C. auris*. Ces inhibiteurs seront caractérisés par des analyses biophysiques, biochimiques et cellulaires, étudiés en co-cristallographie avec leurs bromodomaines cibles, puis validés pour leur activité spécifique dans *C. auris* ainsi que pour leur efficacité antifongique dans des modèles animaux d'infection. Ils serviront également à explorer les mécanismes d'émergence de la résistance aux inhibiteurs BET. Ce projet allie une stratégie antifongique originale à une approche méthodologique innovante, offrant un cadre de formation unique à la recherche interdisciplinaire et translationnelle.

Thesis director & laboratory: Carlo Petosa ([IRIG/IBS](#)) - carlo.petosa@ibs.fr
SL-DRF-26-0261

Etude de la dynamique structurale des photorécepteurs dépendants de la vitamine B12 dans la perspective d'applications biotechnologiques /

(Studying the structural dynamics of vitamin B12 -dependent photoreceptors in view of biotechnological applications)

This integrated structural biology project aims at gaining a mechanistic understanding of the recently discovered family of vitamin B12 -dependent photoreceptors. In particular, we aim at visualising protein conformational changes upon photoactivation from the photochemical timescales (femtoseconds) to the photobiological timescales (milliseconds -seconds). To do so, we will use time-resolved X-ray crystallography and X-ray solution scattering at X-ray free electron lasers (XFEL) and at synchrotrons. By establishing the *modus operandi* of these newly discovered B12 photoreceptors we will open a window to their rational modification for biotechnological exploitation as optogenetic components.

Ce projet de biologie structurale intégrée vise à acquérir une compréhension mécanistique de la famille récemment découverte des photorécepteurs dépendants de la vitamine B12. Nous cherchons en particulier à visualiser les changements conformationnels des protéines lors de la photoactivation, depuis l'échelle photochimique (femtosecondes) jusqu'à l'échelle photobiologique (millisecondes-secondes). Pour ce faire, nous utiliserons la cristallographie et diffusion des rayons-X résolues en temps aux lasers à électrons libres (XFEL) et aux synchrotrons. En établissant le mode de fonctionnement de ces photorécepteurs B12 récemment découverts, nous ouvrirons la voie à leur modification rationnelle en vue d'une exploitation biotechnologique en tant que composants optogénétiques.

Thesis director & laboratory: Martin Weik ([IRIG/IBS](#)) - martin.weik@ibs.fr
SL-DRF-26-0263

Base moléculaire de la résistance des tardigrades au stress environnemental / (Molecular basis of the resistance of Tardigrades to environmental stress)

Tardigrades are microscopic animals known to withstand desiccation and other extreme conditions by transitioning into a reversible dormant (or tun) state in which their metabolism is arrested. It was recently found that this extraordinary capacity depends on tardigrade-specific intrinsically disordered proteins (TDPs). Despite a high level of interest, both from a fundamental research perspective and in view of potential applications in biotechnology, the molecular origin of the protection conferred on tardigrades by TDPs has so far remained elusive.

We have previously studied one such TDP by solution-state nuclear magnetic resonance (NMR) as well as atomic force microscopy and X-ray scattering and diffraction techniques, which has allowed us to describe its reversible phase transition and associated structural transformation from a disordered state to fibrils and finally a dense hydrogel. The current PhD project builds upon these results and will investigate the effects of rigid and dynamic parts of the TDP in its hydrogel form on the interactions of biomolecules encapsulated in the gel. To do so, we will use solution- as well as solid-state NMR techniques and evaluate the effect of the water content of the gel on client proteins and the kinetics of their interactions. In addition, in collaboration with the Concordet group (INSERM Paris) we will characterize the biophysical properties of TDPs that have been shown to be involved in resistance to DNA damage.

Les tardigrades sont des animaux microscopiques connus pour leur capacité à résister à la dessiccation et à d'autres conditions extrêmes en passant à un état de dormance réversible (ou tun) dans lequel leur métabolisme est arrêté. Il a récemment été découvert que cette capacité extraordinaire dépendait de protéines intrinsèquement désordonnées (TDP) spécifiques aux tardigrades. Malgré un intérêt marqué, tant du point de vue de la recherche fondamentale que des applications potentielles en biotechnologie, l'origine moléculaire de la protection conférée aux tardigrades par les TDP restait jusqu'à présent obscure. Nous avons précédemment étudié l'une de ces TDP par résonance magnétique nucléaire (RMN) en solution, ainsi que par microscopie à force atomique et par des techniques de diffusion et de diffraction des rayons X, ce qui nous a permis de décrire sa transition de phase réversible et la transformation structurale associée, d'un état désordonné à des fibrilles, puis finalement à un hydrogel dense. Le projet de doctorat actuel s'appuie sur ces résultats et étudiera les effets des parties rigides et dynamiques de la TDP sous sa forme hydrogel sur les interactions des biomolécules encapsulées dans le gel. Pour ce faire, nous utiliserons des techniques de RMN en solution et à l'état solide et évaluerons l'effet de la teneur en eau du gel sur les protéines clientes et la cinétique de leurs interactions. De plus, en collaboration avec le groupe Concordet (INSERM Paris), nous caractériserons les propriétés biophysiques des TDP qui se sont avérées impliquées dans la résistance aux dommages causés à l'ADN.

Thesis director & laboratory: Martin Blackledge & Robert Schneider ([IRIG/IBS](#)) -
robert.schneider@ibs.fr, martin.blackledge@ibs.fr
SL-DRF-26-0264

Integration of Quantum Mechanical Modeling and Artificial Intelligence for Design of Therapeutic Proteins

(Intégration de la Modélisation Mécanique Quantique et de l'Intelligence Artificielle pour la Conception de Protéines Thérapeutiques)

This project aims to develop an innovative computational pipeline integrating ab initio quantum mechanical calculations (DFT) with generative artificial intelligence models for designing therapeutic proteins with high affinity and specificity. The scientific context addresses the current challenge of designing effective proteins, crucial for developing novel therapies. The approach combines quantum mechanical characterization via BigDFT (handling ~13,000 atoms) to extract key observables, fragment-resolved interaction energies, bond orders, dispersion interactions, with generative models RFdiffusion and ProteinMPNN. The QM/CR method enables identification of energetic contributions at amino acid level and prediction of mutation effects. The case study focuses on optimizing the KN035 nanobody targeting PD-L1 for cancer immunotherapy. Expected results include an optimized nanobody with improved affinity, stability, and manufacturability, establishing a generalizable framework for quantum-informed design of immunotherapeutic proteins, extensible to antimicrobial resistance and antiviral inhibitors.

Ce projet vise à développer un pipeline computationnel innovant intégrant les calculs de mécanique quantique ab initio (DFT) avec des modèles d'intelligence artificielle générative pour la conception de protéines thérapeutiques à haute affinité et spécificité. Le contexte scientifique répond au défi actuel de concevoir des protéines efficaces, crucial pour développer de nouvelles thérapies. L'approche combine la caractérisation mécanique quantique via BigDFT (capable de traiter ~13 000 atomes) pour extraire des observables clés, énergies d'interaction résolues par fragment, ordres de liaison, interactions de dispersion, avec les modèles génératifs RFdiffusion et ProteinMPNN. La méthode QM/CR permet d'identifier les contributions énergétiques au niveau des acides aminés et de prédire les effets de mutations. Le cas d'étude porte sur l'optimisation du nanobody KN035 ciblant PD-L1 pour l'immunothérapie du cancer. Les résultats attendus incluent un nanobody optimisé avec affinité, stabilité et manufacturabilité améliorées, établissant un cadre généralisable pour la conception quantique-informée de protéines immunothérapeutiques, extensible à la résistance antimicrobienne et aux inhibiteurs antiviraux.

Thesis director & laboratory: Luigi Genovese ([IRIG/MEM](#)) & Guido Ugguzzoni ([IRIG/BGE](#)) - luigi.genovese@cea.fr, guido.ugguzzoni@cea.fr
SL-DRF-26-0249

Interactions entre les cellules endothéliales et les fibroblastes dans les ulcères du pied diabétique : déchiffrer la communication intercellulaire responsable de la persistance des plaies chroniques /

(Endothelial-fibroblast interactions in diabetic foot ulcer: deciphering the intercellular communication responsible for the chronic wound persistence)

Diabetic foot ulcer (DFU), a severe complication of diabetes affecting approximately 18.6 million people worldwide each year, is associated with high rates of amputation and mortality. Like other chronic wounds, DFUs exhibit impaired healing due to a dysregulated cascade of cellular signalling and behavioural events that normally ensure rapid closure of the skin barrier. Among the key cellular players, fibroblasts and endothelial cells are central to the proliferative and remodelling phases of wound repair – processes that are notably dysfunctional in chronic wounds. Although endothelial-fibroblast crosstalk is recognized as an essential driver of normal skin healing, the specific mechanisms governing their interaction in DFU is poorly understood. The main objective of this PhD project is to decipher the intercellular communication between endothelial cells and fibroblasts that

underlies the chronicity of DFU. Particular attention will be devoted to extracellular vesicle-associated microRNAs (miRNAs), which are pivotal regulators of intercellular communication through modulation of gene expression in recipient cells. By characterizing the repertoire of pro- and anti-healing miRNAs exchanged between endothelial cells and fibroblasts, this project seeks to uncover novel molecular targets and therapeutic strategies to promote wound repair in diabetic foot ulcers.

L'ulcère du pied diabétique (UPD), complication sévère du diabète touchant près de 18,6 millions de personnes dans le monde chaque année, demeure associé à des taux élevés d'amputation et de mortalité. Comme d'autres plaies chroniques, l'UPD se caractérise par une cicatrisation déficiente, conséquence d'une dérégulation des cascades de signalisation et des comportements cellulaires qui assurent normalement la fermeture rapide de la barrière cutanée. Parmi les acteurs clés de ce processus, les fibroblastes et les cellules endothéliales occupent une place centrale au cours des phases de prolifération et de remodelage de la cicatrisation – des étapes profondément altérées dans le cadre des plaies chroniques. Bien que la communication endothélio-fibroblastique soit reconnue comme un déterminant essentiel lors de la cicatrisation normale, les mécanismes gouvernant ces interactions dans le contexte de l'UPD demeurent mal compris. L'objectif principal de ce projet de thèse est de caractériser les interactions entre cellules endothéliales et fibroblastes qui contribuent à la chronicité de l'UPD. Une attention particulière sera portée aux microARN (miARN) associés aux vésicules extracellulaires, véritables médiateurs de la communication intercellulaire via la modulation de l'expression génique des cellules cibles. Grâce à l'étude du répertoire des miARN pro- et anti-cicatrisants, ce projet vise à identifier de nouvelles cibles moléculaires et des stratégies thérapeutiques innovantes destinées à améliorer la cicatrisation de l'ulcère du pied diabétique.

Thesis director & laboratory: Nadia Cherradi & Marie Viguier ([IRIG/BGE](#)) - marie.viguier@cea.fr, nadia.cherradi@cea.fr
SL-DRF-26-0291

Regulation of gene expression by acetylation and lactylation of histone proteins /

(Régulation de l'expression des gènes par l'acétylation et la lactylation des protéines histones)

In eukaryotic cells, DNA wraps around histone proteins to form chromatin. Dynamic modification of histones by various chemical structures allows for fine regulation of gene expression. Alterations in these complex regulatory mechanisms are responsible for many diseases. Acetylation of histone lysines is known to induce gene expression. Other structures can be added to histones, whose effects on transcription remain largely unclear. Most of them, such as lactylation discovered in 2019, depend on cellular metabolism. We are studying this new modification in murine spermatogenesis: this process of cell differentiation is an ideal model for studying transcription regulation, due to dramatic changes in chromatin composition and gene expression patterns. We have established the distribution of acetylated and lactylated marks on three lysines of histone H3 across the genome. The aim of this thesis is to contribute to deciphering the "histone language," first by studying the role of lactylations on the transcriptional program. Next, the prediction of chromatin states will be refined by integrating our new data with numerous available epigenomic data within neural network models.

Dans les cellules eucaryotes, l'ADN s'enroule autour de protéines histones pour former la chromatine. La modification dynamique des histones par diverses structures chimiques permet de réguler finement l'expression des gènes. Des altérations dans ces mécanismes complexes de régulation sont à l'origine de nombreuses maladies. L'acétylation des lysines d'histones est connue pour induire l'expression des gènes. D'autres structures peuvent être ajoutées sur les histones, dont les effets sur la transcription restent largement à élucider. La plupart d'entre elles, comme la lactylation découverte en 2019, dépendent du métabolisme cellulaire. Nous étudions cette nouvelle modification dans la spermatogenèse murine : ce processus de différenciation cellulaire constitue en effet un modèle de choix pour étudier la régulation de la transcription, du

fait de changements spectaculaires dans la composition de la chromatine et dans le programme d'expression génique. Nous avons établi la distribution sur le génome de marques acétylées et lactylées sur trois lysines de l'histone H3. L'objet de cette thèse est de contribuer au déchiffrement du « langage histone », d'abord en étudiant le rôle des lactylations sur le programme transcriptionnel. Ensuite, la prédiction d'états chromatinien sera raffinée en intégrant nos nouvelles données à de nombreuses données épigénomiques disponibles, au sein de modèles de réseaux de neurones.

Thesis director & laboratory: Delphine Pflieger ([IRIG/BGE](#)) - delphine.pflieger@cea.fr
SL-DRF-26-0226

Adaptation and degradation of PFAS by the bacterium *Pseudomonas putida* I

(Adaptation et Dégradation des PFAS par la bactérie *Pseudomonas putida*)

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) are a class of very diverse chemicals found in products of daily use, that are highly persistent and encountered everywhere in the environment. They accumulate/biomagnify within the natural food chain and show a relatively high toxicity including the alternative products developed after the ban of the legacy compounds. Therefore, the world is facing a situation of great concern all the more as the retreatment of contaminated soils, sediments and water is difficult and costly. One of the main challenges is because various PFASs have quite different physicochemical properties but are often encountered in mixture making it difficult to find a technology efficient to remove all of them. We propose to pave the way towards another approach for PFASs elimination, bioremediation that is known to be a good alternative to chemical or physical methods for removing toxics (self-sustainability, cheaper, working in milder conditions, and often with dissolved and sorbed contaminants). A few bacteria have been described to be able to partially modify/degrade some PFASs. However, except the aspect of PFAS transformation, no data are available concerning their adaptation to PFAS exposure. A few projects are focusing on finding enzymes implicated in the degradation per se but if we want to use bacterial cultures and not enzymes, many other parameters need to be taken into account to set up a performant strain and hence a performant process. Therefore, we propose to analyze in depth the response to several PFASs of the PFAS degrading strain *Pseudomonas putida* ATCC 17514 in term of degradation, adaptation to a potential toxicity and metabolism adjustment. The analyses will mainly rely on a proteomic approach that is a very powerful technique to analyze global responses without a priori, and has never been done to characterize PFASs toxicity or fluorinated compounds metabolism in bacteria. The ultimate goal after this bootstrap project will be to engineer or select a robust and efficient strain capable of biodegrading PFASs.

Les substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS) sont une classe de produits chimiques très variés que l'on trouve dans les produits d'usage quotidien qui sont très persistants. Elles s'accumulent dans la chaîne alimentaire naturelle et présentent une toxicité relativement élevée, y compris avec les « nouveaux » PFAS mis au point après l'interdiction des PAFS tels que le PFOA. Le monde est donc confronté à une situation très préoccupante, d'autant plus que le retraitement des sols, des sédiments ou de l'eau contaminés est difficile et coûteux. L'un des principaux défis réside dans le fait que les différents PFAS ont des propriétés physicochimiques très différentes, mais qu'ils sont souvent présents en mélange, ce qui rend difficile la mise au point d'une technologie efficace pour les éliminer tous. Nous proposons d'ouvrir la voie à une autre approche pour leur élimination, la bioremédiation, connue pour être une alternative efficace aux méthodes chimiques ou physiques d'élimination des substances toxiques (autosuffisance, moins cher, travail dans des conditions plus douces). Quelques bactéries ont été décrites comme étant capables de modifier/dégrader partiellement certains PFAS. Cependant, à l'exception de la transformation des PFAS, aucune donnée n'est disponible concernant leur adaptation à l'exposition aux PFAS. Quelques projets se concentrent sur la recherche d'enzymes impliquées dans la dégradation en tant que telle, mais si nous voulons utiliser des cultures bactériennes et non des enzymes, de nombreux autres paramètres doivent être pris en compte pour mettre en place une souche performante et, par conséquent, un processus performant. Par conséquent, nous

proposons d'analyser en détail la réponse à plusieurs PFAS, de la souche dégradant les PFAS ATCC 17514 en termes de dégradation, d'adaptation à une toxicité potentielle et d'ajustement du métabolisme. Les analyses s'appuieront principalement sur une approche protéomique qui est une technique très puissante pour analyser les réponses globales sans a priori, et qui n'a jamais été utilisée pour caractériser la toxicité des PFASs ou le métabolisme des composés fluorés chez les bactéries. Le but ultime de ce projet sera de créer ou de sélectionner une souche robuste et efficace capable de biodégrader les PFASs.

Thesis director & laboratory: Cécile Lelong ([IRIG/CBM](#)) - cecile.lelong@cea.fr
SL-DRF-26-0084

➤ Energy & Environment (3 proposals)

Development of bimetallic complexes for the reduction of CO₂ into multi-carbon products (Développement de complexes bimétalliques pour la réduction du CO₂ en produits multi-carbones)

The electrochemical reduction of CO₂ into products containing C-C bonds is challenging, but necessary to enable the transition towards production of sustainable fuels and chemicals. The target of the project is to develop new catalysts that can deliver multi-carbon products from CO₂ using green electricity as the energy source. Here, we will explore a novel ligand framework to obtain bimetallic metal complexes that can catalyze this reaction. The structure of these complexes is inspired from active sites encountered in state-of-the-art catalytic materials. Synthesis, structural and electrochemical characterization of transition metal complexes will be followed by their evaluation as electrocatalysts, focusing on the selectivity for multi-carbon products. The most promising complexes will then be immobilized on electrodes with the aim to construct highly active and selective catalytic materials. This work involves multiple disciplines from chemistry, ranging from synthesis to electrochemistry and surface functionalization. The project is inscribed in CEA's accelerated research theme focused on the interconversion of energy into molecules. Thus, it is expected to contribute to the development of new materials and solutions to deploy sustainable chemical synthesis at scale.

La réduction électrochimique du CO₂ en produits contenant des liaisons C-C est un défi qui doit être surmontée pour permettre une réelle transition vers la production de carburants et de produits chimiques durables. L'objectif de cette thèse est de développer de nouveaux catalyseurs capables de produire des produits multi-carbones à partir du CO₂ en utilisant de l'électricité verte comme source d'énergie. Le projet se base sur exploitation de nouveaux complexes bimétalliques en tant que catalyseurs pour la réaction. La structure de ces complexes s'inspire des sites actifs rencontrés dans les matériaux catalytiques de pointe. La synthèse, la caractérisation structurale et électrochimique des complexes seront suivies de leur évaluation en tant qu'électrocatalyseurs, en se concentrant sur la sélectivité des produits multi-carbones issus de la réduction du CO₂. Les complexes les plus prometteurs seront ensuite immobilisés sur des électrodes dans le but d'obtenir des matériaux catalytiques de grande activité et sélectivité. Ce travail implique de multiples disciplines de la chimie, allant de la synthèse à l'électrochimie et à la fonctionnalisation de surface. Le projet s'inscrit dans le programme des thématiques accélérées du CEA axée sur l'interconversion de l'énergie en molécules. Ainsi, il contribuera au développement de nouveaux matériaux et de nouvelles solutions pour déployer la synthèse chimique durable à l'échelle.

Thesis director & laboratory: Vincent Artero & Laurent Severy ([IRIG/CBM](#)) - laurent.severy@cea.fr, vincent.artero@cea.fr
SL-DRF-26-0102

Development of an Integrated Microalgae-PNSB Co-Culture System for Sustainable Biohydrogen Production and Waste Valorization: A Circular Bioeconomy Approach /

(Développement d'un système intégré de co-culture microalgues-PNSB pour la production durable de biohydrogène et la valorisation des déchets : une approche bioéconomique circulaire)

This thesis project focuses on developing a sustainable solution for producing and purifying biohydrogen (BioH₂). It proposes an innovative approach based on a co-culture system that combines microalgae and purple non-sulfur bacteria (PNSB) in a shared light environment. Designed to produce BioH₂ and biomass from organic waste simultaneously, this system addresses the challenges of scalable renewable technologies and is part of a circular bioeconomy approach. In collaboration with CEA Tech's DRT, the project involves modelling the metabolic interactions between these microorganisms to optimise their growth and joint production. It also involves developing a closed-loop system in which the microalgae recycle the emitted CO₂, thus purifying the BioH₂ and generating valuable biomass. The project also plans to design an advanced photobioreactor (PBR) that optimises light distribution and gas management to maximise system efficiency, paving the way for more efficient, environmentally friendly renewable energy production.

La conversion du dioxyde de carbone (CO₂) en molécules d'intérêt (méthane, méthanol, etc.) par hydrogénation constitue un enjeu majeur pour la valorisation du carbone et la transition énergétique. Ces réactions reposent sur des catalyseurs à base de nanoparticules métalliques, dont les propriétés dépendent fortement de leur structure atomique. Cependant, déterminer cette structure en conditions proches du fonctionnement réel reste un défi.

Cette thèse vise à caractériser la structure tridimensionnelle de nanoparticules catalytiques pendant la réaction d'hydrogénation du CO₂ à l'aide d'une technique de pointe : l'imagerie cohérente en condition de Bragg sur source synchrotron. L'utilisation de détecteurs de nouvelle génération basés sur l'intégration de charges permettra d'atteindre une résolution de l'ordre du nanomètre, ouvrant la voie à une observation fine des déformations et réorganisations atomiques sous conditions réactionnelles.

Les données expérimentales seront combinées à des simulations atomistiques reposant sur des potentiels interatomiques issus de l'apprentissage automatique (machine learning), afin de relier structure, dynamique et activité catalytique.

L'objectif est de mieux comprendre comment la morphologie et les réarrangements atomiques des nanoparticules influencent leurs performances en hydrogénation du CO₂. Ce travail contribuera à la conception de catalyseurs plus efficaces et durables pour la conversion du CO₂.

Thesis director & laboratory: Christine Cavazza & Julien Pérard ([IRIG/CBM](#)) - julien.perard@cea.fr
SL-DRF-26-0081

From Atoms to Reactivity: Coherent Imaging and Atomistic Simulations based on Machine Learning for CO₂ Hydrogenation /

(De la structure atomique à la réactivité : imagerie cohérente et modélisation atomistique par apprentissage automatique de l'hydrogénation du CO₂)

The conversion of carbon dioxide (CO₂) into valuable molecules (such as methane or methanol) through hydrogenation represents a major challenge for carbon valorization and the energy transition. These reactions rely on metallic nanoparticle catalysts, whose properties strongly depend on their atomic structure. However, determining this structure under conditions close to real catalytic operation remains a significant challenge.

This PhD project aims to characterize the three-dimensional structure of catalytic nanoparticles during CO₂ hydrogenation using a cutting-edge technique: Bragg coherent diffraction imaging at synchrotron facilities. The use of new-generation charge-integrating detectors will enable a spatial resolution on the order of one nanometer, allowing detailed observation of atomic-scale deformations and rearrangements under reaction conditions.

The experimental data will be combined with atomistic simulations based on interatomic potentials derived from machine learning, in order to establish links between structure, dynamics, and catalytic activity.

The objective is to better understand how the morphology and atomic rearrangements of nanoparticles influence their performance in CO₂ hydrogenation. This work will contribute to the design of more efficient and durable catalysts for CO₂ conversion.

La conversion du dioxyde de carbone (CO₂) en molécules d'intérêt (méthane, méthanol, etc.) par hydrogénation constitue un enjeu majeur pour la valorisation du carbone et la transition énergétique. Ces réactions reposent sur des catalyseurs à base de nanoparticules métalliques, dont les propriétés dépendent fortement de leur structure atomique. Cependant, déterminer cette structure en conditions proches du fonctionnement réel reste un défi.

Cette thèse vise à caractériser la structure tridimensionnelle de nanoparticules catalytiques pendant la réaction d'hydrogénation du CO₂ à l'aide d'une technique de pointe : l'imagerie cohérente en condition de Bragg sur source synchrotron. L'utilisation de détecteurs de nouvelle génération basés sur l'intégration de charges permettra d'atteindre une résolution de l'ordre du nanomètre, ouvrant la voie à une observation fine des déformations et réorganisations atomiques sous conditions réactionnelles.

Les données expérimentales seront combinées à des simulations atomistiques reposant sur des potentiels interatomiques issus de l'apprentissage automatique (machine learning), afin de relier structure, dynamique et activité catalytique.

L'objectif est de mieux comprendre comment la morphologie et les réarrangements atomiques des nanoparticules influencent leurs performances en hydrogénation du CO₂. Ce travail contribuera à la conception de catalyseurs plus efficaces et durables pour la conversion du CO₂.

Thesis director & laboratory: Marie-Ingrid Richard ([IRIG/MEM](#)) - mrichard@esrf.fr
SL-DRF-26-0134

Approches chémobiotiques pour la toxicologie des ions lanthanides chez l'Humain / (Chemical biology approaches to rare earth toxicology in Humans)

Recent technological developments have expanded and intensified the use of lanthanides in domains as diverse as renewable energy, computing, and medicine. Increasing usage of these metals raises the question of their impact on the environment and human health. However, the potential toxicity of these metal ions, and its underlying molecular mechanisms, are still little known and rarely investigated in human cell models. The goal of the PhD will be to investigate the human cells response to exposure to Ln ions, and to systematically identify the proteins involved in this response, using a set of chemical and biological tools. In particular, we want to address the following questions: which protein networks are activated or deactivated following Ln exposure? Do Ln ions affect phosphorylation of proteins? Which proteins are directly interacting with Ln ions? will thus decipher what are the key biological interactors of lanthanides, their roles in living systems and the features that enable efficient binding to metals. We expect that our findings will give insights into the toxicology of those elements and inform environmental and occupational safety policies. On the longer term, new bio-inspired strategies for their extraction, recycling, decorporation and remediation will arise from the molecular understanding of metal-life interactions, enabling a well thought-out usage of these elements to support the environmental and numerical transitions.

L'utilisation technologique des lanthanides s'est intensifiée dans des domaines aussi divers que les énergies renouvelables, l'informatique et la médecine. Leur utilisation croissante pose la question de leur impact sur l'environnement et la santé humaine. Cependant, peu d'études existent sur leur toxicité éventuelle et les mécanismes moléculaires qui la sous-tendent. Nous proposons une approche pluridisciplinaire pour répondre à ces questions, et notamment : (i) identifier les protéines impliquées dans la réponse cellulaire à l'exposition aux lanthanides ; (ii) identifier les protéines interagissant avec ces ions métalliques, en utilisant

des outils chémobiologiques développées au laboratoire. Nous déterminerons ainsi les partenaires d'interaction de ces métaux critiques, leur effet sur les organismes vivants et les caractéristiques clés qui leur permettent de lier le métal. Nos résultats permettront d'étendre nos connaissances sur la toxicologie de ces métaux, peu étudiée, et d'informer les politiques de protection environnementale et humaine. Sur le long terme, la compréhension des mécanismes moléculaires des interactions métal-vivant permettra l'émergence de stratégies bio-inspirées pour leur extraction, leur recyclage et leur (bio)remédiation.

Thesis director & laboratory: Pascale Delangle & Sarah Hostachy ([IRIG/SyMMES](#))
sarah.hostachy@cea.fr, pascale.delangle@cea.fr
SL-DRF-26-0135

➤ **Nanophysics and numerics (4 proposals)**

Triplet superconductors: from weak to strong spin-orbit coupling /

(Supraconducteurs triplets : du couplage spin-orbite faible au couplage spin-orbite fort)

Since the 1980s, several unconventional superconductors have been discovered, some of which exhibit triplet pairing (total spin $S=1$) that may lead to interesting topological properties. Unlike singlet superconductors, their order parameter is a vector depending on the spin components ($S_z=-1,0,1$) and is strongly influenced by the crystal symmetry and the spin-orbit coupling (SO). The thesis aims to study the transition between weak and strong spin-orbit coupling in a triplet superconductor, using a minimal multiband model inspired by the material CdRh_2As_3 , where a field-induced triplet phase was recently observed. This research will enable the calculation of the dynamic spin susceptibility and the identification of possible collective spin resonances, similar to those seen in superfluid He_3 . The project will mainly rely on analytical field-theoretical methods applied to condensed matter. It is intended for candidates with a solid background in quantum mechanics, statistical physics, and solid-state physics.

Depuis les années 1980, plusieurs supraconducteurs non conventionnels ont été découverts, certains présentant un appariement triplet (spin total $S=1$) pouvant donner lieu à des propriétés topologiques intéressantes. Contrairement aux supraconducteurs singulets, leur paramètre d'ordre est un vecteur dépendant des composantes du spin ($S_z=-1,0,1$) et est fortement influencé par la symétrie cristalline et le couplage spin-orbite (SO). La thèse vise à étudier la transition entre faible et fort couplage spin-orbite dans un supraconducteur triplet, en s'appuyant sur un modèle multibande minimal inspiré du matériau CdRh_2As_3 , où une phase triplet induite par champ a été récemment observée. Cette recherche permettra de calculer la susceptibilité dynamique de spin et d'identifier d'éventuelles résonances de spin collectives, analogues à celles du superfluide He_3 . Le travail reposera principalement sur des outils analytiques de théorie des champs appliqués à la matière condensée. Le projet s'adresse à des candidats ayant une solide formation en mécanique quantique, physique statistique et physique du solide.

Thesis director & laboratory: Julia Meyer & Manuel Houzet ([IRIG/PHELIQS](#)) -
manuel.houzet@cea.fr, julia.meyer@univ-grenoble-alpes.fr
SL-DRF-26-224

Ferroelectric control of spin-charge interconversion in nanodevices /

(Contrôle ferroélectrique de l'interconversion spin-charge dans des nanodispositifs)

This project explores ferroelectric materials as a platform for electrically switchable, highly efficient spin-charge interconversion—a process leveraging spin-orbit coupling to convert charge currents into spin currents without energy-costly magnetization switching. Our recent work demonstrates that ferroelectrics combined with high spin-orbit elements enable non-volatile, ultralow-power devices, ideal for post-CMOS logic and neuromorphic AI architectures. The focus of this PhD project will be

on two-dimensional electron gases (2DEGs) arising at the surface or interface of ferroelectric materials (e.g. transition metal oxides) to optimize interconversion efficiency and power consumption. The PhD candidate will lead full-device development: from nanofabrication (lithography, metallic deposition) to material characterization including magneto-transport measurements (from room temperature to cryogenic) and a study of the ferroelectric properties and gate voltage dependence of the conversion. They will also participate to the writing of papers and filing of patents. The PhD candidate will also interact regularly with other members of the team working on the design of electrical, logic circuits and AI systems based on such devices. The project will benefit from the existence of a large collective momentum in our teams towards the development and integration of these devices, with ongoing ANR and EU projects. As such, the intern will thus work in a highly collaborative environment within the team and with external partners and collaborators (providing us epitaxial samples for instance).

Ce projet explorera les matériaux ferroélectriques comme plateforme pour une interconversion spin-charge électriquement commutable et hautement efficace — un processus exploitant le couplage spin-orbite pour convertir des courants de charge en courants de spin, sans recourir à la commutation coûteuse en énergie de l'aimantation. Nos travaux récents démontrent que les ferroélectriques combinés à des éléments à fort couplage spin-orbite permettent de réaliser des dispositifs non volatils et ultrabasse consommation, idéaux pour les architectures d'IA neuromorphique et de logique post-CMOS. L'objectif de cette thèse se concentrera sur les gaz d'électrons bidimensionnels (2DEG) apparaissant à la surface ou aux interfaces de matériaux ferroélectriques (oxydes de métaux de transition), afin d'optimiser l'efficacité de l'interconversion et la consommation énergétique. Le·a doctorant·e pilotera le développement complet des dispositifs : de la nanofabrication (lithographie, dépôt de contacts) à la caractérisation matérielle, incluant des mesures de magnéto-transport (de la température ambiante au cryogénique), ainsi qu'une étude des propriétés ferroélectriques et de la dépendance en tension de grille de la conversion. Il·elle participera également à la rédaction d'articles et au dépôt de brevets, et collaborera régulièrement avec les autres membres de l'équipe travaillant sur la conception de circuits logiques, électroniques et de systèmes d'IA basés sur ces dispositifs. Le projet bénéficiera d'une dynamique collective forte au sein de nos équipes, avec des projets ANR et européens en cours. Le·a doctorant·e évoluera ainsi dans un environnement hautement collaboratif, tant en interne qu'avec des partenaires externes (fourniture d'échantillons épitaxiés par le Laboratoire Albert Fert, par exemple).

Thesis director & laboratory: Romain Giraud & Julien Brehin ([IRIG/SPINTEC](#)) - julien.brehin@cea.fr, romain.giraud@cea.fr
SL-DRF-26-0094

A new altermagnetic material with remarkable properties for spintronics /

(Un nouveau matériau altermagnétique aux propriétés remarquables pour la spintronique)

Altermagnets represent a new class of magnetic materials that uniquely combine the advantages of ferromagnets (spin polarization of electric currents) and antiferromagnets (robustness against magnetic fields and ultrafast spin dynamics). As part of an international collaboration, we have experimentally discovered one of the very first and still rare altermagnets, Mn₅Si₃, thereby opening the way for new fundamental and applied research. Until now, Mn₅Si₃ has mainly been synthesized by molecular beam epitaxy, a high-precision technique but one that presents limitations for broader studies. Our goal is to develop the growth of Mn₅Si₃ using high-temperature sputtering, a more versatile and industry-compatible method, in order to explore and demonstrate its exceptional spin properties.

Les altermagnétiques constituent une nouvelle classe de matériaux magnétiques qui combinent de manière unique les avantages des ferromagnétiques (polarisation de spin des courants électriques) et des antiferromagnétiques (robustesse face aux champs magnétiques et dynamique de spin ultrarapide). Dans le

cadre d'une collaboration internationale, nous avons découvert expérimentalement l'un des tout premiers et encore rares altermagnétiques disponibles, Mn₅Si₃, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles recherches fondamentales et appliquées. Jusqu'à présent, le Mn₅Si₃ était principalement synthétisé par épitaxie par jets moléculaires, une méthode de haute précision mais présentant certaines limitations pour des études plus larges. Notre objectif est désormais de développer la croissance du Mn₅Si₃ par pulvérisation à haute température, une technique plus polyvalente et compatible avec les procédés industriels, afin d'explorer et démontrer ses propriétés de spin exceptionnelles.

Thesis director & laboratory: Vincent Baltz & Jérôme Faure-Vincent ([IRIG/SPINTEC](#)) - jerome.faure-vincent@cea.fr, vincent.baltz@cea.fr
SL-DRF-26-0178

Classification of time varying signals and data flows in real time exploiting the collective states of spintronics oscillators /

(La classification des signaux ou d'un flux de données en temps réel exploitant les états collectifs des oscillateurs spintroniques)

Processing of data directly on the sensor nodes of smart and autonomous sensors avoids the multiple transfer of large volumes of data between the sensor node and the cloud or base station. This reduces energy consumption and increases data security. The challenge is to process or classify irregular signals or time-varying data streams, analog and in real-time with high temporal resolution. An analog implementation for the recognition or classification of irregular and time-varying signals exploits the collective states of a coupled dynamic system. These collective states strongly depend on the control signal (e.g. sensor signal), where a variation of the input signal leads to an evolution of the collective state, thus allowing the classification of the signals received from the sensor. The goal of the PhD project is to establish experimentally a state diagramme of the collective dynamic states of spintronic oscillators and to exploit those to develop a proof-of-concept demonstrator for classification of time varying signals.

Le traitement des données proche au capteur, pour les capteurs intelligents et autonomes, évite le transfert multiple d'un grand volume de données entre le nœud du capteur et le cloud ou la station de base. Ceci diminue la consommation d'énergie et augmente la sécurité des données. Le défi est de traiter ou classifier, sur le nœud du capteur, en analogue et en temps réel des signaux irrégulier ou des flux de données variant en temps, et ceci avec une haute résolution temporelle dépendant de l'application. Une implémentation analogue, pour la reconnaissance ou classification des signaux irrégulier et variant en temps, exploite les états collectifs d'un système dynamique couplé. Ces états collectifs dépendent fortement du signal de contrôle (e.g. signal du capteur), une variation du signal d'entrée entraînant une évolution de l'état collectif, permettant ainsi de classer les signaux reçus du capteur. La thèse a pour but d'établir expérimentalement un diagramme de phase pour les états collectifs des oscillateurs spintroniques et de les exploiter pour développer un démonstrateur de preuve de concept pour la classification des signaux variant en temps.

Thesis director & laboratory: Ursula Ebels ([IRIG/SPINTEC](#)) - ursula.ebels@cea.fr
SL-DRF-26-0173

➤ Cryotechnologies (1 proposal)

Etude de la convection naturelle à très haut nombre de Rayleigh et de la turbulence en hélium liquide /

(Study of natural convection at very high Rayleigh numbers and turbulence in liquid helium)

Natural convection is a means of energy transfer widely encountered in nature and industry, but our understanding and control of it is still very limited. The Rayleigh number (Ra) characterizes these transfer regimes: above a certain Ra value ($Ra > 100$), convection takes precedence over conduction, and a laminar regime sets in. For higher Ra values ($Ra > 10^{10}$), the flow becomes

turbulent. Beyond that, at very high Ra values ($Ra > 10^{12}$), some authors predict an “ultimate regime,” which has already been identified in certain configurations. Understanding and mastering these currently unknown regimes will enable us to address issues related to climate science (melting sea ice) and industry (cooling nuclear reactors). The Low Temperature Systems Department (D-SBT) at CEA Grenoble conducts technological and academic research in cryogenics. The Refrigeration and Thermo-Hydraulics Laboratory (LRTH) uses the very low kinematic viscosity of liquid helium to investigate extremely turbulent flows at cryogenic temperatures. In this context, the laboratory is currently developing two natural convection experiments on vertical plates. The measurements will focus on the detailed characterization of boundary layers (thermal and dynamic). The first experiment, a small-scale project called HeConv, aims to test and validate the measurement chain for Rayleigh numbers up to 10^{12} (current state of the art). The second, much larger experiment aims to reach Rayleigh numbers of 10^{15} , which is three orders of magnitude above the data available in the scientific literature. It will require the use of the LRTH's unique facilities, namely the 400 W cryogenic station coupled with the Multi-Test Cryostat (CMT). The LRTH works closely with the Laboratory of Mathematics and their Applications in Pau (LMAP, CNRS), which helps to design the experiments and adjust their CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation models to the experimental results. The proposed thesis work will involve a large experimental component, requiring mastery of cryogenic techniques at liquid helium temperatures. In order to ensure high-quality measurements, the majority of the work will focus on instrumentation, in particular the development, manufacture, and characterization of anemometric sensors (hot wires/cold wires). Mastery of these techniques will enable measurements of helium velocity and temperature fields in boundary layers. Once these sensors are operational, the candidate will focus on studying and characterizing boundary layers in gaseous and liquid helium up to Rayleigh numbers of 10^{15} . The experimental results obtained will enable our LMAP collaborator to refine CFD simulation models. The candidate is expected to demonstrate creativity and initiative in order to take ownership of the subject and be a driving force in its direction.

La convection naturelle est un moyen de transfert d'énergie largement rencontré dans la nature et l'industrie, dont la compréhension et la maîtrise sont encore très partielles. Le nombre de Rayleigh (Ra) caractérise ces régimes de transfert : au-delà d'une certaine valeur de Ra ($Ra > 100$), la convection prend le pas sur la conduction, un régime laminaire s'installe. Pour de plus grandes valeurs de Ra ($Ra > 10^{10}$), l'écoulement devient turbulent. Au-delà, aux très grands nombres de Ra ($Ra > 10^{12}$), certains auteurs prédisent un « régime ultime », parfois déjà identifié dans certaines configurations. La compréhension et la maîtrise de ces régimes actuellement inconnus permettront d'adresser des problématiques liées aux Sciences du Climat (fonte de la banquise) ou à l'Industrie (refroidissement de réacteurs nucléaires). Le Département des Systèmes Basses Températures (D-SBT) du CEA Grenoble développe une recherche en cryogénie à caractère technologique et académique. Le Laboratoire de Réfrigération et de Thermo-Hydraulique (LRTH) utilise la très faible viscosité cinématique de l'hélium liquide pour l'investigation des flux extrêmement turbulents aux températures cryogéniques. Dans ce contexte, le laboratoire développe actuellement deux expériences de convection naturelle sur plaque verticale. Les mesures se focaliseront sur la caractérisation fine des couches limites (thermique et dynamique). La première expérience, de petite taille et nommée HeConv, a pour vocation de tester et de valider la chaîne de mesure pour des nombres de Rayleigh allant jusqu'à 10^{12} (état de l'art actuel). La seconde, beaucoup plus grande, vise à atteindre des nombres de Rayleigh de 10^{15} , soit 3 ordres de grandeurs au-dessus des données disponibles dans la littérature scientifique. Elle nécessitera d'utiliser les installations uniques du LRTH, à savoir le station cryogénique 400 W couplé avec le Cryostat Multi-Test (CMT). Le LRTH est en étroite collaboration avec le Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de Pau (LMAP, CNRS) qui aide au dimensionnement des expériences et ajuste leurs modèles de simulation CFD (Computational Fluid Dynamics) aux résultats expérimentaux. Le travail de thèse proposé comportera une grande partie expérimentale, avec la maîtrise des techniques cryogéniques à la température de l'hélium liquide. Afin de garantir des mesures de qualité, l'aspect instrumentation, en particulier le développement, la fabrication et la caractérisation des capteurs anémométriques (fils chauds / fils froids), fera l'objet de l'essentiel du travail demandé. Leur maîtrise fine permettra de réaliser les mesures des champs de vitesse et de température de l'hélium dans les couches

limites. Une fois ces capteurs fonctionnels, le candidat se concentrera sur l'étude et la caractérisation des couches limites en hélium gazeux et liquide jusqu'à des nombres de Rayleigh de 10^{15} . Les résultats expérimentaux obtenus permettront à notre collaborateur du LMAP d'affiner les modèles de simulations CFD. On attend du candidat qu'il fasse preuve de créativité et de prise d'initiative pour s'approprier le sujet et être moteur dans son orientation.

Thesis director & laboratory: Remy Manceau & Matthias Raba ([IRIG/SBT](#)) - matthias.raba@cea.fr
SL-DRF-26-0125