

Développement de nouvelles matrices vitreuses incorporant du chlore et étude de son impact sur les propriétés physico-chimique du verre

Sujet de thèse:

Ce poste est proposé dans le cadre d'un contrat doctoral CIFRE de trois ans. La thèse sera menée en partenariat avec VEOLIA, principalement à l'Institut de Physique du Globe de Paris et à Sorbonne Université.

Contexte et objectif

Le développement de nouveaux réacteurs modulaires de petite taille (SMR, Small Modular Reactor) représente une avancée majeure vers des solutions énergétiques flexibles et économiquement viables. Ces réacteurs compacts et de faible puissance sont conçus pour être fabriqués en série et installés rapidement sur site. Cependant, les circuits de refroidissement utilisés dans ces futurs réacteurs génèrent d'importantes quantités de chlore, notamment le chlore-36, un isotope radioactif à longue durée de vie. La gestion du chlore est un enjeu critique dès les premières phases de conception des réacteurs afin d'éviter sa dispersion dans l'environnement.

Une approche prometteuse repose sur la vitrification, un procédé qui permet d'immobiliser le chlore dans une matrice vitreuse stable, réduisant ainsi les risques de dispersion et de contamination environnementale. La vitrification est largement utilisée pour la gestion des déchets nucléaires, garantissant une immobilisation sûre et durable des radionucléides. Toutefois, les verres borosilicatés conventionnels ne peuvent incorporer qu'une quantité limitée d'anions, notamment d'halogènes comme le chlore.

Ce projet de recherche doctorale vise à explorer une formulation innovante de verre intégrant le chlore comme composant clé, afin de développer des solutions durables pour le conditionnement des déchets. L'étude portera sur l'impact de l'incorporation du chlore sur les propriétés physico-chimiques du verre, notamment la solubilité, la viscosité et la stabilité chimique.

Méthodologie

Cette recherche combinera des expériences de synthèse avec des modélisations thermodynamiques et structurales afin de développer et caractériser de nouvelles matrices vitreuses :

- **Synthèse et caractérisation du verre**
 - Développement de compositions de verres contenant du chlore
 - Détermination de la solubilité maximale du chlore dans différentes matrices
 - Analyse structurale par spectroscopie Raman, RMN et absorption X pour identifier les sites d'incorporation du chlore
- **Études des propriétés physico-chimiques**
 - Mesure de la viscosité en fonction de la température afin d'évaluer l'effet du chlore sur le comportement des verres en fusion
 - Évaluation de la stabilité thermique et chimique

Impact et applications

Cette recherche contribuera à une meilleure compréhension des interactions entre le chlore et les verres, tout en fournissant une base solide pour la conception de matrices vitreuses optimisées pour le confinement des halogènes. Les résultats obtenus auront un impact significatif sur le domaine des matériaux vitreux et de la gestion des déchets nucléaires.

Profil recherché

Nous recherchons un(e) jeune chercheur(se) motivé(e), capable de relever des défis scientifiques complexes. Vous êtes :

- Curieux(se), dynamique et innovant(e), avec un fort intérêt pour l'exploration scientifique
- Organisé(e) et apte à travailler efficacement dans un environnement pluridisciplinaire

- Passionné(e) par la science des matériaux et la recherche, avec un intérêt pour la gestion des déchets et les solutions énergétiques

Formation souhaitée

- Sciences des matériaux, chimie inorganique, génie chimique
- Intérêt pour la recherche, l'innovation et une future carrière en R&D
- Maîtrise de l'anglais

Ce que nous proposons

- Un projet scientifique appliqué à la gestion des déchets et aux services énergétiques
- Une intégration dans une équipe pluridisciplinaire en partenariat avec le monde académique
- Un travail couvrant l'ensemble du processus, de la conception des matériaux aux tests expérimentaux
- La possibilité de formuler des recommandations pour le passage à l'échelle industrielle
- Une opportunité d'apprentissage dans un environnement académique prestigieux, en partenariat avec une entreprise industrielle française

Ce que nous proposons

Laurent Cormier, Directeur de recherche au CNRS à l'IMPMC, et Daniel Neuville, Directeur de recherche au CNRS à l'IPGP, collaborent depuis de nombreuses années sur l'étude de la structure et des propriétés des verres et des matériaux en fusion. Leur expertise leur permet d'analyser des systèmes complexes, tant naturels qu'artificiels.

Leur expérience ne se limite pas au cadre académique : ils travaillent également en étroite collaboration avec de nombreux partenaires industriels et sont activement impliqués dans les réseaux nationaux et internationaux dédiés à la science des verres.

En partenariat avec Veolia, un acteur clé dans la gestion des déchets radioactifs, cette thèse bénéficiera d'un cadre théorique et expérimental solide pour relever les défis liés à l'incorporation du chlore dans les matrices vitrifiées.

Contact

Daniel Neuville, neuville@ipgp.fr

Cyril Veronneau, cyrille.veronneau@veolia.com

Laurent Cormier, laurent.cormier@sorbonne-universite.fr

Development of new glass matrices incorporating chlorine and study of its impact on the physicochemical properties of glass

PhD Thesis Topic:

The proposed position is for a doctoral candidate on a three-year CIFRE contract. The thesis will be conducted in partnership with VEOLIA, primarily at the Institut de physique du globe de Paris and Sorbonne University.

Context and Objective

The development of new small modular reactors (SMRs) represents a significant step toward flexible and cost-effective energy solutions. These compact, low-power reactors are designed for serial manufacturing and rapid on-site installation. However, the coolant systems used in these future reactors generate substantial amounts of chlorine, particularly chlorine-36—a long-lived radioactive isotope. Managing this chlorine is critical from the earliest stages of reactor design to prevent its release into the environment.

A promising approach involves vitrification, a process that immobilizes chlorine within a stable glass matrix, reducing the risk of dispersion and environmental contamination. Vitrification is widely used for nuclear waste containment, as it ensures safe and long-term immobilization of radionuclides. However, conventional borosilicate glasses can only incorporate limited amounts of anions, particularly halides like chlorine.

This doctoral research will explore an innovative glass formulation that integrates chlorine as a key component, aiming to develop durable waste-conditioning solutions. The project will investigate the impact of chlorine incorporation on the physicochemical properties of glass, including solubility, viscosity, and chemical stability.

Methodology

This research will combine experimental synthesis with thermodynamic and structural modeling to develop and characterize new glass matrices:

- Glass synthesis and characterization
 - Development of chlorine-containing glass compositions
 - Determination of the maximum solubility of chlorine in different matrices
 - Structural analysis using Raman spectroscopy, NMR, and X-ray absorption to identify chlorine incorporation sites
- physicochemical property studies
 - Measurement of viscosity as a function of temperature to assess the effect of chlorine on melt behavior
 - Evaluation of thermal and chemical stability

Impact and Applications

This research will advance the fundamental understanding of chlorine-glass interactions and provide a solid foundation for designing optimized glass matrices for halogen containment. The findings will contribute significantly to the field of vitreous materials science and nuclear waste management.

Who you are:

We are looking for a highly motivated young researcher who thrives on solving complex problems. You are:

- Curious, energetic, and innovative, with a strong drive for scientific exploration
- Organized and collaborative, able to work effectively in a multidisciplinary environment
- Passionate about materials science and research, with an interest in waste management and energy solutions

Major Preferred:

- Materials Science, Inorganic Chemistry, Chemicals Engineering
- Interested with research, invention & a future Career in R&D.
- Fluent in English.

What it is about:

- Work on a Science based project concerning waste management and energy services
- Be part of a multi-functional team, partner with Academia to learn on new options
- Lead from materials design to experimentation & testing a new materials project
- Make recommendations for best materials to support scale up
- We could offer you a learning opportunity in a prestigious Academic environment & in partnership with a French Industrial company.

Who we are:

Laurent Cormier, CNRS Research Director at IMPMC, and Daniel Neuville, CNRS Research Director at IPGP, have a long-standing collaboration in studying the structure and properties of glass and melt. Over the years, we have developed a unique expertise that allows us to analyze complex systems, both natural and man-made.

Our experience extends beyond academia—we have worked closely with numerous industrial partners and are actively involved in national and international glass science networks.

In collaboration with Veolia, a key player in radioactive waste management, our combined expertise will provide a strong theoretical and experimental framework for this doctoral research.

Contact

Daniel Neuville, neuville@ipgp.fr

Cyril Veronneau, cyrille.veronneau@veolia.com

Laurent Cormier, laurent.cormier@sorbonne-universite.fr