

DESCRIPTION D'UN PROJET DE THÈSE FINANCÉ - ÉCOLE DOCTORALE « Matière, Molécules, Matériaux & Géosciences »

✚ INFORMATIONS GÉNÉRALES

Titre de la thèse : Immobilisation des déchets volatils issus de l'énergie nucléaires dans des matériaux de haute-pressure : Approche expérimentale sur les verres et les vitrocéramiques
Champ disciplinaire 1 : Sciences des Matériaux Champ disciplinaire 2 : Sciences de la Terre et de l'Univers
Trois mots-clés : Déchets nucléaires volatils - Verres/Vitrocéramiques - Haute-pressure
Unité d'accueil (préciser si temps partagé entre plusieurs sites) : LPG et IMN
Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable) : MORIZET Yann Adresse mail : yann.morizet@univ-nantes.fr Nom, prénom du co-directeur (le cas échéant) (HDR indispensable) DENELEE Dimitri Adresse mail : dimitri.deneele@cnsr-immn.fr Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : PARIS Michael Adresse mail : michael.paris@cnsr-immn.fr Nom, prénom du co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant) :- Adresse mail :-
Contact(s) (adresse postale) : Yann Morizet LPG UMR CNRS 6112 Bât. 4 Faculté des Sciences et Techniques Nantes Université 2 rue de la Houssinière – BP92208 44322 Nantes Cedex 3 (France) Dimitri Deneele IMN UMR CNRS 6502 2 rue de la Houssinière – BP32229 44322 Nantes Cedex 3 (France)

Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant : Nom du Directeur thèse_Unité.pdf

ED 3MG - Direction : Le Mans Université – Avenue Olivier Messiaen – 72085 Le Mans Cedex 09
Tél : 02.43.83.37.41 / 06.05.19.08.00
Mail : ed-3mg@doctorat-paysdelaloire.fr
Site Web : <https://ed-3mg.doctorat-paysdelaloire.fr/>

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

Description du sujet : contexte, objectifs, méthodologie (1 page maximum)

L'indépendance énergétique de la France repose sur l'utilisation de l'énergie nucléaire. Si cette source d'énergie à l'avantage d'être continue, son cycle de vie induit la production des déchets radioactifs dangereux pour les populations et nécessitant leur incorporation dans des matrices d'immobilisation qui restent stables sur des temps géologiques en milieu naturel. Dans le cycle de l'énergie nucléaire, la gestion des déchets ultimes est une étape primordiale. Certains radioisotopes volatils (^{36}Cl , ^{79}Se , ^{129}I) ne bénéficient pas de solution adéquate pour leur immobilisation. Jusqu'à présent, la gestion du ^{129}I impliquait un relargage et une dilution dans l'eau de mer. Nos connaissances des systèmes en conditions extrêmes en Sciences de la Terre et en chimie inorganique en Sciences des Matériaux nous ont permis de développer un protocole d'immobilisation de ces éléments dans des matrices (verres et vitrocéramiques) synthétisées sous conditions de haute-pression.

La validation de ces matrices pour un entreposage en domaine naturel implique trois prérequis : 1) une incorporation importante de ces radioisotopes, 2) une bonne durabilité chimique et 3) une grande résistance mécanique. Si ces dernières années nous avons fortement progressé dans l'optimisation de l'incorporation des déchets nucléaires volatils et de la durabilité chimique associée, leur résistance mécanique reste méconnue. Le lien existant entre les trois aspects reste aussi à établir. Répondre à ces objectifs nécessite une approche expérimentale multi-échelle : depuis l'étude de l'échelle atomique jusqu'aux propriétés macroscopiques. Cette approche de laboratoire est incontournable pour établir les compositions de matrices spécifiques pour l'immobilisation pérenne de ces radioisotopes en milieu naturel et ainsi perpétuer l'utilisation de l'énergie nucléaire dans des conditions viables pour les sociétés et l'environnement.

Contexte de l'étude et Objectifs scientifiques

Cette thèse s'inscrit dans la continuité des projets que nous portons qui visent à proposer des solutions de remédiation pour les déchets issus de l'industrie de l'énergie nucléaire. La synthèse en condition de haute-pression est une approche novatrice et originale qui est peu utilisée en Sciences des Matériaux et qui a vocation à se démocratiser notamment pour l'immobilisation des déchets nucléaires volatils. En effet, les conditions abordées sont industriellement faisables. Jusqu'à présent, les études scientifiques conduites sur la formulation de matrices d'immobilisation de radioisotopes se sont focalisées principalement sur l'iode ; le chlore et le sélénium n'étant que très peu étudiés. Les études s'intéressent essentiellement aux mécanismes de dissolution de ces éléments et leurs effets sur la structure de la matrice mais pas ou peu sur leur impact sur les propriétés de résistance mécanique. Quant au lien entre les deux, il reste à déterminer. Si les verres sont les matériaux choisis pour l'incorporation des déchets nucléaires en France, les vitrocéramiques représentent une sérieuse alternative de par leur résistance mécanique accrue. Cependant, elles restent peu ou pas étudiées pour l'immobilisation du ^{36}Cl , ^{79}Se et ^{129}I .

Ce sujet de thèse vise à étudier les changements de propriétés physico-chimiques de verres et vitrocéramiques dopés en polluants volatils (i.e. ^{36}Cl , ^{79}Se et ^{129}I) synthétisées dans des conditions de haute-pression. Les trois objectifs principaux de ce travail de thèse sont d'évaluer 1) les propriétés de résistance mécanique, 2) la durabilité chimique des matrices produites et 3) d'établir le lien entre les deux premiers.

Cette thèse s'appuiera sur une approche expérimentale de synthèse en conditions extrêmes (haute-pression) de matériaux vitreux dans un premier temps et de vitrocéramiques dans une étape ultérieure. Les matériaux ainsi produits seront étudiés en suivant trois volets : 1) la caractérisation des structures atomiques, 2) l'étude de résistance mécanique des matériaux synthétisés et 3) la modélisation des propriétés physiques en fonction de la structure à l'échelle atomique. Les deux premiers seront menés conjointement (2 ans) et le troisième à l'issue des deux premiers (1 an).

Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat :

Le/la candidat(e) aura un niveau Master 2 ou équivalent en spécialité Sciences de la Terre et des Planètes ou Sciences des Matériaux s'intégrant ainsi dans les thématiques de l'école doctorale 3MG. Il/elle aura une connaissance approfondie des systèmes vitreux et/ou vitrocéramiques, des techniques expérimentales de synthèse à haute-température et/ou haute-pression. Une bonne compréhension de la structure des matériaux vitreux à l'échelle atomique et de leurs propriétés physiques sera un plus.

Le/la candidat(e) devra maîtriser différentes techniques analytiques parmi lesquelles : la RMN du solide, XPS, XRD, Raman, AFM et Indentation, MEB. Une connaissance théorique et pratique de ces techniques sera appréciée.

Le/la candidat(e) devra faire preuve d'un esprit de synthèse et d'enthousiasme dans le travail de laboratoire. En outre, une bonne capacité de communication au sein d'une équipe de recherche est attendu à la fois en français et en anglais.

ENCADREMENT DE LA THÈSE¹

Nom de l'unité d'accueil : Laboratoire de Planétologie et Géosciences - UMR CNRS 6112	Nom de l'équipe d'accueil : Thème Terre
Nom du directeur de l'unité : Benoit LANGLAIS	Nom du responsable de l'équipe : Benjamin RONDEAU
Coordonnées du directeur de l'unité : Benoit.langlais@univ-nantes.fr	Coordonnées du responsable de l'équipe : Benjamin.rondeau@univ-nantes.fr
Directeur de thèse Nom, prénom : MORIZET Yann Fonction : MCF Maître de Conférences Date d'obtention de l'HDR : 16/05/2017 Employeur : Nantes Université Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) : 90% Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 2	
Co-directeur (le cas échéant) Nom, Prénom : DENELEE Dimitri Fonction : Directeur de Recherche DR	

¹ Dans l'ED 3MG, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2/3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse, un taux de 40% minimum est exigé pour l'HDR directeur et 30% pour les autres encadrants.

Date de l'obtention de l'HDR : 29/06/2015

Employeur : CNRS/Université Gustave Eiffel

École doctorale de rattachement : 3MG

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements):
130%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 3

Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)

Nom, prénom : PARIS Michael

Fonction : Ingénieur de Recherche

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Nantes Université

École doctorale de rattachement : 3MG

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 20%

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements): 100%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 3

~~Co-encadrant de thèse 2 (le cas
échéant)~~ Nom, prénom :-

~~Fonction :-~~

~~Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :-~~

~~Employeur :-~~

~~École doctorale de rattachement :-~~

~~Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :-~~

~~Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :-~~

~~Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :-~~

~~Partenaire privé (si financement CIFRE, privé...)~~

~~Nom, prénom :-~~

~~Fonction :-~~

~~Entreprise :-~~

~~Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :-~~

~~Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :-~~

~~Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :-~~

~~Partenaire international (si thèse en co-tutelle)~~

Nom, prénom :

Fonction :

Employeur :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

🚩 FINANCEMENT DE LA THÈSE

Origine(s) du financement de la thèse : CDE (100%) ou Région (50%) + Pôle S&T (50%)
Montant brut mensuel : 2135€
État du financement de la thèse : en cours d'acquisition
Date du début/durée du financement de la thèse : 01/10/2024