

DECIMAL

DEscription phénoménologique de la Corrosion et son Impact sur la durabilité d'enrobés de déchets MAGnésiens dans des Liants hydrauliques

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

Durée : 48 mois

Démarrage du projet :
10/2017

Montant total projet :
2,25 M€

Dont aide du programme Investissements d'Avenir :
0,54 M€

Forme de l'aide : Subvention

Localisations :

Gif-sur-Yvette (91), Courbevoie (92), Paris (75), Rennes (35), Bagnols-sur-Cèze (30)

Coordinateur : CEA-Saclay

Partenaires :

- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA)
- Institut de Chimie Séparative de Marcoule (ICSM)
- École Nationale Supérieure de Chimie de Paris - Chimie ParisTech (IRCP-ENSCP)
- Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (INSA)
- Orano

Contact : Marion LE FLEM,
marion.leflem@cea.fr

CONTEXTE

En France, le traitement des combustibles usés issus des réacteurs UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz) a généré des déchets radioactifs, notamment des gaines en alliage de magnésium dans lesquelles le combustible nucléaire était inséré. En vue de leur stockage, ces déchets seront introduits dans un conteneur en acier et immobilisés dans un liant hydraulique. Ce conditionnement par cimentation est un procédé robuste et simple à mettre en œuvre du point de vue technologique, et assure le confinement des déchets. Le caractère réactif des alliages de magnésium (production d'hydrogène par corrosion, gaz qui, au-delà d'une certaine quantité, peut présenter un risque d'explosion en présence d'oxygène) a conduit à la mise au point d'une matrice innovante (géopolymère) dans laquelle la réactivité du magnésium est réduite par rapport à un ciment ordinaire. Au stade actuel, cette matrice géopolymère est en cours d'étude afin de caractériser ses propriétés et son comportement

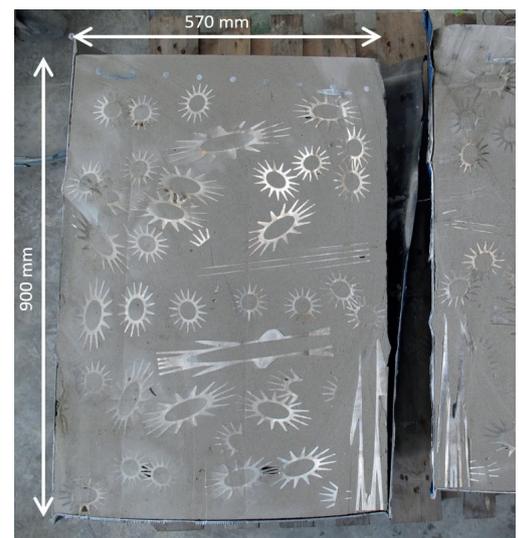
dans le temps, données nécessaires pour une utilisation sur des déchets radioactifs. En effet, la corrosion du magnésium est un processus complexe qui peut être impacté par les conditions d'environnement : composition du géopolymère au contact, nature de l'alliage de magnésium considéré, interactions avec d'autres matériaux, impact de la radioactivité, etc.

OBJECTIFS

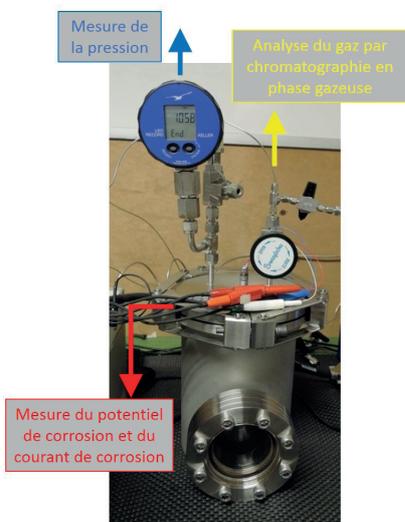
DECIMAL est un projet de recherche fondamentale dont l'objectif est de mieux comprendre le comportement des matrices géopolymères en conditions de stockage, en particulier les phénomènes intervenant à l'interface magnésium/géopolymère et les conséquences sur l'intégrité/la durabilité des conteneurs dans lesquels les déchets seront conditionnés. Ces données seront par la suite utilisées pour envisager le conditionnement de différents alliages de magnésium en matrice géopolymère.



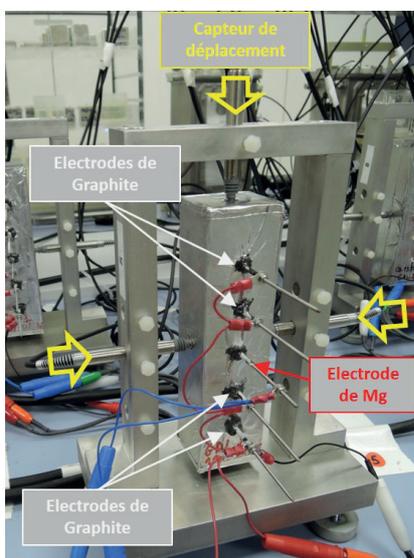
► Morceaux de gaines en alliage de magnésium entreposées au CEA de Marcoule.



► Gains en alliage de magnésium immobilisées dans une matrice géopolymère (fut de 200 L coupé dans sa hauteur).



- ▶ Réacteur couplé électrochimie-gaz utilisé dans le cadre de DECIMAL. Ce dispositif expérimental permet d'analyser la composition de la phase gazeuse (H_2) au fur et à mesure de l'expérience de corrosion. Les productions/consommations de gaz sont ainsi corrélées aux courants de corrosion mesurés. L'objectif est de pouvoir mesurer la corrosion du magnésium (électrochimie) et la production effective d'hydrogène associée (analyse de gaz).



- ▶ Portique de mesure couplée électrochimie-mécanique mis en œuvre dans le projet DECIMAL. Ce dispositif permet l'enregistrement du courant de corrosion d'électrodes de Mg enrobées dans une matrice cimentaire (reliées à un potentiostat), ainsi que les déformations induites sur le matériau d'enrobage par la croissance d'une couche de produits de corrosion à la surface du magnésium (capteurs de déplacement placés sur le portique).

DÉROULEMENT

Le projet DECIMAL se déroule sur quatre ans et implique six groupes de recherche. Il repose sur des études paramétriques expérimentales de corrosion, de mécaniques et sur une modélisation de l'intégrité du conteneur. L'effet de nombreux paramètres (chimie du milieu, nature de l'alliage, irradiation) sera étudié à travers l'utilisation de techniques électrochimiques classiques ou spécifiques, associées à de la gravimétrie et des caractérisations physico-chimiques et microstructurales à plusieurs échelles. L'étude de la durabilité, qui est une démarche complexe, intégrera à la fois les spécificités du géopolymère, le comportement du déchet et son évolution en interaction avec la matrice. L'étude de plusieurs alliages (Mg-Zr, Mg-Mn) et analogues industriels (Mg-Al), pré-oxydés ou non, permettra de valider la démarche mise en place.

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

DECIMAL permettra l'acquisition de nouvelles données fondamentales actuellement inconnues dans le domaine de la corrosion des alliages de magnésium. Les protocoles expérimentaux développés dans le cadre du projet permettront de réaliser des mesures in situ, par exemple pour mesurer en temps réel la quantité d'hydrogène produite par corrosion, ou la quantité de magnésium impliquée dans les réactions chimiques. Une approche innovante sera également mise en œuvre à travers la fabrication de couches minces de géopolymère sur substrat de Mg-Zr afin de disposer de matériaux modèles, utilisables par exemple pour l'étude des interfaces métal/liant sous irradiation.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

Les déchets nucléaires constitués par les gaines de combustible en alliage de magnésium utilisées dans les réacteurs UNGG représentent une quantité importante de déchets et leur conditionnement est un défi pour de nombreux pays. En France, 1 119 tonnes de gaines de magnésium radioactives sont ainsi entreposées au CEA Marcoule et 1 100 tonnes sur le site Orano à la Hague. Plusieurs solutions de traitement/conditionnement de ces déchets sont aujourd'hui à l'étude afin de trouver une solution sûre pour leur stockage. Le projet apportera des éléments essentiels pour décider d'une éventuelle mise en œuvre de l'enrobage des déchets magnésiens en matrice géopolymère, solution envisagée par le CEA à l'heure actuelle.