

SCELLMA

SCELLement de surconteneur céramique par torche plasMA

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 :
46 mois

Démarrage du projet :
03/2017

Montant total projet : 1,87 M€

Dont aide du programme Investissements d'Avenir :
860 k€

Forme de l'aide : Subvention avec modalités de retour sur investissement pour l'État

Localisation(s) :
Limoges (87), Azéables (23), Schiltigheim (67)

Coordinateur : Institut de Recherche sur les Céramiques (IRCER), Université de Limoges

Partenaires :

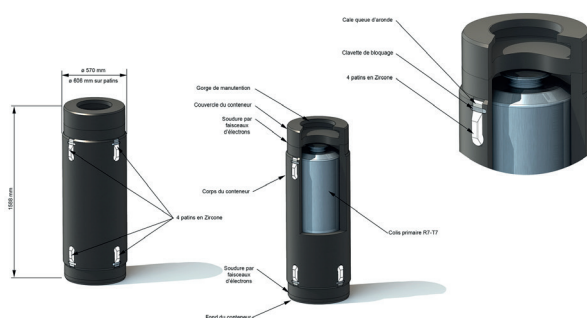
- Institut de Recherche sur les Céramiques (IRCER), Université de Limoges
- Porcelaines Pierre Arquié (PPA)
- Traitements Composites Poudres et Process (TCPP)
- CETIM Grand Est

Labélisation : Nuclear Valley

Contacts : Alain DENOIRJEAN, alain.denoirjean@unilim.fr

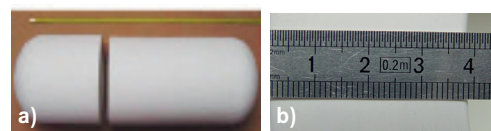
CONTEXTE

Les déchets de haute activité (HA) correspondent aux matières non valorisables à l'issue du traitement des combustibles usés des centrales nucléaires. Les éléments radioactifs qu'ils contiennent sont aujourd'hui confinés dans une matrice en verre coulée dans des fûts en inox qui constituent les « colis primaires ». Après une période de décroissance thermique en entreposage, ces colis primaires devraient être conditionnés dans des conteneurs de stockage afin de rejoindre à terme le site de stockage profond des déchets radioactifs, Cigéo, actuellement en projet. Les conteneurs de stockage ont pour fonction de protéger les déchets HA vitrifiés d'une arrivée d'eau pendant la phase dite « thermique », c'est-à-dire jusqu'à ce que la température du verre ait diminué jusqu'à 70 °C à 50 °C. Cette fonction conduit à attribuer une exigence d'étanchéité au conteneur de stockage pendant environ 500 ans. Le choix actuel s'est porté sur un conteneur de stockage en acier non allié (Fig.1). Toutefois, la corrosion de ces conteneurs métalliques dans les conditions du stockage géologique (conditions anoxiques) peut générer des quantités non négligeables d'hydrogène, gaz qui au-delà d'une certaine quantité, peut présenter un risque d'explosion en présence d'oxygène.



► Fig. 1 : Schéma de principe d'un colis de stockage en acier contenant un colis primaire de déchets vitrifiés.

En alternative à l'utilisation de matériaux métalliques, l'Andra étudie, depuis 2007, la faisabilité d'un conteneur de stockage en céramique. Les développements ont montré la faisabilité du corps et du couvercle d'un conteneur à l'échelle 1/2 (hauteur) et d'épaisseur 4 cm en porcelaine alumino-silicatée (Fig.2). Le verrou technologique sur ces nouveaux conditionnements reste la fermeture d'un tel système (scellement du corps et du couvercle du conteneur) à une température modérée afin de ne pas altérer le colis primaire.



► Fig. 2 : a) Conteneur échelle 1/2 ; b) Épaisseur à échelle 1

OBJECTIFS

Le projet SCELLMA vise à développer un procédé de scellement de ces conteneurs de stockage en céramique en utilisant la technologie plasma thermique (Fig.3). L'objectif est d'assembler deux pièces céramiques épaisses de grandes dimensions, le corps et le couvercle du conteneur, de manière étanche et durable, en particulier :

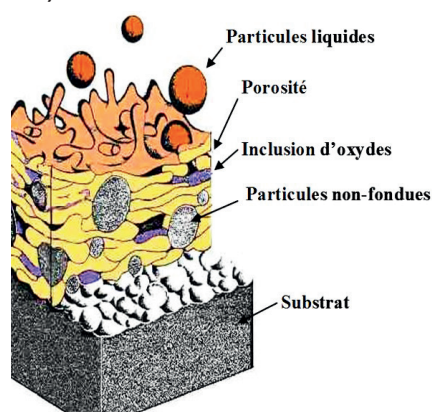
- définir et optimiser les meilleures géométries (formes, design, dimensions, ...) à tester pour la zone de scellement ;
- évaluer les propriétés finales de l'assemblage, en particulier l'étanchéité, la résistance à la lixiviation et l'impact du chauffage de l'assemblage sur les propriétés mécaniques pour la réalisation du scellement (modélisation et essais instrumentés) ;
- sceller deux éléments en céramique (échelle laboratoire) selon le cahier des charges de l'Andra et réaliser au final le scellement d'un conteneur démonstrateur échelle 1/2 en hauteur et échelle 1 en épaisseur.

CELLMA : SCeLlement de surconteneur céramique par torche plasMA

a)



b)



► Fig. 3 : Projection plasma thermique :
a) Principe ; b) Microstructure d'un dépôt mis en forme.

DÉROULEMENT

Le projet CELLMA se déroule sur 46 mois. La première phase du projet vise à optimiser la conception de la zone de scellement des conteneurs en céramique. Il conviendra de mettre au point le matériau servant à réaliser le scellement mais également la géométrie de cette zone de traitement thermique afin d'assurer à la fois la reproductibilité de la pose du couvercle sur le corps de conteneur ainsi que l'apport ou l'insertion du matériau de scellement.

Un intérêt particulier sera porté à la composition du matériau de scellement. Il pourra s'agir de produits commerciaux ou de mélanges développés spécifiquement pour l'application. La nature du matériau de scellement devra être ajustée pour avoir des propriétés très proches de la céramique, notamment en termes d'étanchéité.

Le projet CELLMA permettra également d'identifier le meilleur moyen d'apport, vis-à-vis du comportement en température, du matériau de scellement avec une torche plasma : projection du matériau d'apport ou pré-dépôt dans le joint à sceller.

Les premiers essais seront réalisés à l'échelle du laboratoire afin de tester les procédés de scellement sur les échantillons de petites dimensions. Par la suite, une installation pilote sera mise au point et instrumentée pour étudier les différents paramètres du procédé et les divers matériaux d'apport précédemment cités.

Les systèmes seront également modélisés de manière thermoélastique afin de mieux appréhender le comportement en température de ce type de pièces.

Il n'est pas exclu de développer des torches spécifiques à cette application, intégrant la mise en place du conteneur à sceller dans un outillage spécifique, et assurant une meilleure répartition thermique vis-à-vis de la zone exposée qu'une torche conventionnelle.

L'étape finale du projet est la réalisation d'un démonstrateur consistant en la production d'un conteneur céramique échelle 1/2 épaisseur échelle 1 en retenant la géométrie d'interface la plus adaptée, scellé avec le matériau d'apport retenu avec le protocole optimisé par torche plasma. Un dispositif capable de réaliser le scellement sur les démonstrateurs sera donc construit en fin de projet.

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

L'innovation principale de ce projet est d'utiliser une torche de projection plasma d'arc soufflé, habituellement dédiée à la réalisation de dépôt par projection de matériau fondu sur une surface à température faible, pour réaliser une soudure, c'est-à-dire la fusion et le mélange du matériau destiné à former le joint et le matériau constitutif du conteneur à sceller.

Impact économique

Le projet CELLMA est basé sur le savoir-faire de PME impliquées dans le projet : fabrication de conteneur céramique (PPA), maîtrise des procédés plasma à l'échelle industrielle (TCPP). Il permettra de d'élargir leur marché au domaine de la gestion des déchets radioactifs.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

Le projet CELLMA contribue à l'optimisation des concepts de stockage des déchets HA par l'utilisation d'un conteneur céramique inerte (pas de production d'hydrogène contrairement aux conteneurs métalliques), étanche et résistant aux sollicitations mécaniques et contraintes prévues dans le cycle de vie du stockage.

Impact social

Ce projet va permettre l'embauche d'une personne pendant trois ans. Il assure a minima le maintien des emplois existants dans les PME impliquées et en créera probablement.

APPLICATION ET VALORISATION

Le développement d'une méthode de scellement de pièces céramiques par procédé plasma thermique permettra de créer une gamme de boîtiers en céramique étanches, intermédiaire entre celle haut de gamme en carbure de silicium (utilisée pour la protection de capteurs en environnements extrêmes) et celle bas de gamme en plastique grand public (utilisée pour la protection contre les poussières dans des environnements ATEX par exemple). Ces boîtiers en céramique pourraient s'avérer particulièrement utiles pour des applications qui nécessitent la combinaison d'une étanchéité au fluide et poussière dans un environnement à température élevée 1200-1300 °C.