



**HAL**  
open science

## Etude de la compaction de microsphères poreuses non consolidées d'oxyde métallique

P. Parant, S. Picart, J.-P. Bayle

► **To cite this version:**

P. Parant, S. Picart, J.-P. Bayle. Etude de la compaction de microsphères poreuses non consolidées d'oxyde métallique. Journée Scientifique de Marcoule (JSM), Jun 2015, Bagnols sur Cèze, France. cea-02489537

**HAL Id: cea-02489537**

**<https://cea.hal.science/cea-02489537>**

Submitted on 24 Feb 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Etude de la compaction de microsphères poreuses non consolidées d'oxyde métallique

Nom, Prénom : Parant, Paul  
Responsable CEA : Picart, Sébastien ; Bayle Jean-Philippe  
Directeur universitaire : Martin, Christophe  
Laboratoire d'accueil : LCAAR  
Date de début de thèse : 21/10/2014

Contrat : CTBU  
Organisme co-financeur :  
Université d'inscription : Grenoble Alpes  
Ecole doctorale : I-MEP2 (n° 510)  
Master : Chimie ParisTech-Matériaux

---

## **I. Contexte de l'étude**

Dans le cadre des recherches sur l'aval du cycle du combustible nucléaire et la gestion poussée de l'américium, l'une des options à l'étude est la transmutation de cet actinide mineur dans les réacteurs à neutrons rapides. Cette option envisagée permet de réduire la radiotoxicité à long terme des déchets ultimes et leur impact thermique sur le stockage géologique en profondeur<sup>1</sup>. La transmutation exige la mise au point de procédés simples et robustes de fabrication de pastilles céramiques incorporant l'américium. Cette étude porte sur la mise en forme de précurseurs d'oxyde métallique, lanthanides et/ou uranium, se présentant sous forme de microsphères non consolidées. Ces précurseurs sont destinés à la fabrication par pressage de pastilles céramiques de Couvertures Chargées en Américium (CCAm). L'objectif de ce travail est d'optimiser le procédé de mise en forme afin d'obtenir, après frittage, des pastilles céramiques homogènes, denses et non déformées i.e. ne nécessitant pas de rectification<sup>2</sup>.

## **II. Synthèse de microsphères oxydes et caractérisations**

Les microsphères oxydes sont obtenues par minéralisation de perles de résines échangeuses d'ions chargées en cations métalliques et qui sont calcinées afin d'éliminer le squelette carboné et former les précurseurs oxydes microsphères requis pour l'étape de mise en forme<sup>3</sup>. Le comportement mécanique des microsphères synthétisées est caractérisé par enregistrement in-situ de courbes d'écrasement à l'aide d'une micropresse dans un Microscope Electronique à Balayage.

## **III. Mise en forme de pastilles céramiques**

Les études de compaction des précurseurs sont menées sur presse instrumentée et différents lots de microsphères sont pressés afin de caractériser le comportement mécanique sous contrainte des précurseurs en conditions réelles et d'optimiser le cycle de pressage. Le comportement en matrice des microsphères est donc étudié à partir du tracé des courbes de compressibilité, d'observations métallographiques des compacts crus et frittés, des mesures de densité et d'essais de compression diamétrale. Ces essais sont dupliqués à partir de poudre pulvérulente pour être comparés.

## **IV. Modélisation par la méthode des éléments discrets**

Afin de comprendre au mieux l'étape de compaction, des simulations ont été menées par la méthode des éléments discrets ou Discrete Element Method (DEM) à l'aide du code Discrete Powder 3D (dp3D)<sup>4</sup> développé au laboratoire SIMaP de l'université de Grenoble Alpes. La simulation par les éléments discrets permet la représentation d'un matériau à caractère particulaire comme un assemblage de particules sphériques en interaction par l'intermédiaire de leurs contacts. Cette modélisation est basée sur une approche multi-échelle avec une description de la microsphère sous forme d'un assemblage poreux d'agrégats sphériques. Trois échelles permettent de décrire les microsphères expérimentales. La première échelle est celle de la microsphère (300-400 µm), la

seconde échelle est celle des agrégats constituant la microsphère (quelques  $\mu\text{m}$ ) puis la dernière échelle est celle des grains constitutifs des agrégats (quelques dizaines de nm).

### 1. Modélisation à l'échelle des agrégats

La première étape de la modélisation a été de simuler le comportement de deux agrégats composés de cristallites sphériques liés entre eux par des ponts solides. Des essais de traction, compression et cisaillement ont été menés et les résultats obtenus à l'échelle des agrégats ont permis de déterminer certains paramètres d'ajustements nécessaires pour l'étude à une échelle supérieure.

### 2. Modélisation de l'écrasement d'une sphère

Ensuite dans un second temps nous avons observé le comportement à l'écrasement d'une sphère composée d'agrégats sphériques (Figure 1). L'ajustement des paramètres de simulations avec les courbes d'écrasement expérimentale a permis de déterminer les propriétés mécaniques des agrégats telles que leur module d'Young, la contrainte à rupture de la liaison entre deux agrégats ainsi que de décrire leur mode d'assemblage à travers la taille relative de contact.

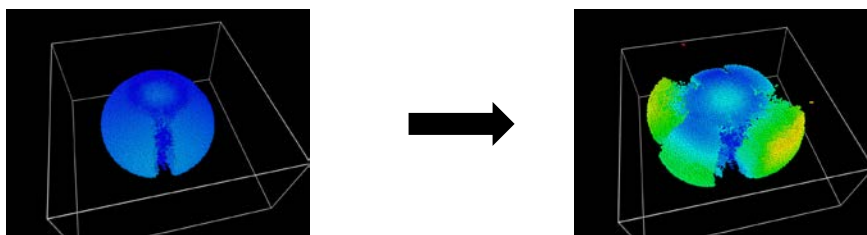


Figure 1 Simulation de l'écrasement d'une sphère en DEM.

### 3. Modélisation de l'écrasement d'un lot de sphères

Enfin, après avoir ajusté les paramètres sur les courbes d'écrasement d'une sphère, l'écrasement d'un lot de sphères a été étudié<sup>5</sup>. Afin de gagner du temps de calcul, quelques microsphères représentent un volume élémentaire représentatif qui est pris pour simuler l'ensemble de la pastille (Figure 2). Certains paramètres, comme le coefficient de frottement entre deux agrégats, servent à ajuster les courbes simulées avec les courbes expérimentales.

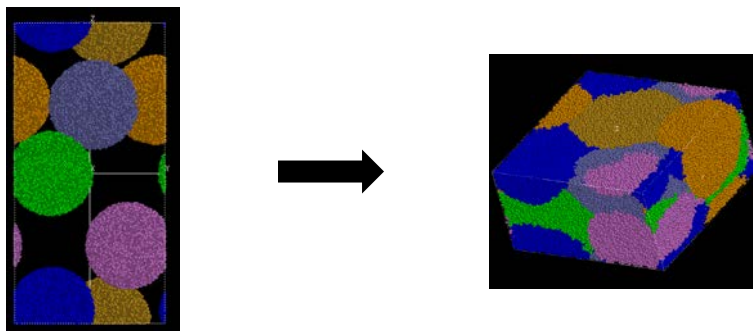


Figure 2 Ecrasement de 6 sphères en DEM.

## V. Références

- (1) Warin, D. *J. Nucl. Sci. Technol.* **2007**, *44*, 410.
- (2) Bayle, J. P., *Note technique DTEC/SDTC 2014-44*.
- (3) Picart, S.; Mokhtari, H.; Jobelin, I., *Patent, WO 2010/034716*, 2010.
- (4) Martin, C. L.; Bouvard, D.; Delette, G. *J. Am. Ceram. Soc.* **2006**, *89*, 3379.
- (5) Pizette, P.; Martin, C. L.; Delette, G.; Sans, F.; Geneves, T. *J. Eur. Ceram. Soc.* **2013**, *33*, 975.