



HAL
open science

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

P. Parant

► **To cite this version:**

P. Parant. Etude de la compaction de microsphères poreuses non consolidées d'oxyde métallique. Journées Scientifiques de Marcoule, Jun 2016, Marcoule, France. hal-02441934

HAL Id: hal-02441934

<https://cea.hal.science/hal-02441934>

Submitted on 16 Jan 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
Responsables CEA : Picart Sébastien, Bayle Jean-Philippe, Delahaye Thibaud
Directeur universitaire : Martin, Christophe (SIMaP)
Laboratoire d'accueil : LCAR
Date de début de thèse : 21/10/2014

Contrat : CTBU
Organisme co-financier :
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. L'option envisagée permet de réduire la radiotoxicité à long terme des déchets ultimes et leur impact thermique sur le stockage géologique en profondeur¹. 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 de lanthanide se présentant sous forme de microsphères non consolidées et simulant les matériaux à base d'oxyde d'actinide. L'objectif de ce travail est d'optimiser le procédé de mise en forme de ces précurseurs sphériques afin d'obtenir, après frittage, des pastilles céramiques homogènes, denses et non déformées i.e. ne nécessitant pas de rectification².

II. Synthèse de microsphères oxydes et caractérisations

Les microsphères oxydes sont obtenues par minéralisation de résines échangeuses d'ions de géométrie initiale sphérique chargées en cations métalliques et qui sont calcinées afin d'éliminer le squelette carboné et former les précurseurs oxydes³. Le comportement mécanique des microsphères synthétisées est caractérisé par l'enregistrement in-situ dans un Microscope Electronique à Balayage de courbes d'écrasement à l'aide d'une micropresse pour mesurer les valeurs de forces à rupture et observer les modes de fracturation.

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 obtenue par broyage de microsphères à but de comparaison.

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)⁴ 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 μm) puis la dernière échelle est celle des grains constitutifs des agrégats (quelques dizaines de nm).

Modélisation de l'écrasement d'une sphère

Des essais d'écrasement d'une microsphère sont réalisés pour observer 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 le module d'Young et la contrainte à rupture de la liaison entre deux agrégats.

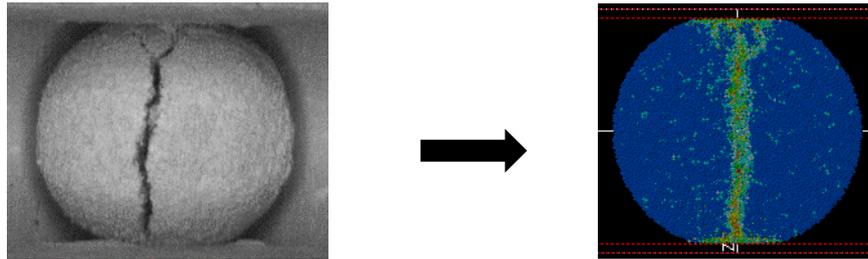


Figure 1 Visualisation in-situ et simulation de l'écrasement d'une sphère en DEM.

Modélisation de l'écrasement d'un lot de sphères

Fort des paramètres de l'agrégat et de ses contacts issus de la simulation de l'écrasement d'une microsphère, l'écrasement d'un lot de sphères a été étudié⁵. Quelques microsphères sont utilisées dans un volume élémentaire représentatif en condition périodique pour simuler l'ensemble de la pastille (Figure 2). Certains paramètres, comme le coefficient de frottement entre deux agrégats, servent à ajuster les courbes de compressibilité simulées avec les courbes expérimentales. La microstructure finale simulée est ensuite comparée à celle observée par métallographie (Figure 2)

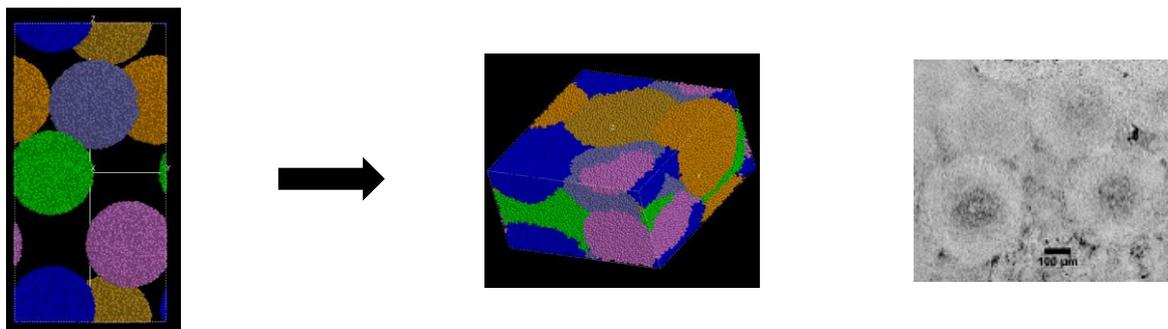


Figure 2 Ecrasement de 6 sphères en DEM et observation métallographique d'une pastille en crue.

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.