Modélisation DEM d'un mélangeur de milieux granulaires : éponge de zirconium

Eve KALB[a,b], Elias Daouk[a], Mikel Leturia[a], Pascal Guerin[b], Khashayar Saleh[a]

[a]Université de Technologie de Compiègne, ESCOM, TIMR, Centre de recherche de Royallieu, Compiègne, France
[b]Framatome, BU FUEL, DOC, Centre de Recherche Composants

L'échantillonnage est utilisé dans de nombreux secteurs industriels afin de mesurer les caractéristiques (physiques ou chimiques) d'un ensemble de particules solides et l'emploi d'un mélangeur constitue souvent l'étape incontournable de cette opération. La ségrégation lors du mélange est un phénomène conduisant à augmenter l'hétérogénéité d'un lot de particules. Ce phénomène peut être induit par des différences de tailles, de densités ou de formes des particules, et tend à dégrader la représentativité de l'échantillonnage. La ségrégation peut résulter de différents mécanismes (trajectoires, élutriation, ou encore percolation des particules fines) et ainsi créer, notamment dans un mélangeur rotatif, un gradient radial et/ou axial.

Dans l'élaboration des alliages de zirconium, les caractéristiques de la matière première (l'éponge de Zr figure 1) doivent être bien maîtrisées et l'échantillonnage joue un rôle important dans l'assemblage des matières. Les caractérisations préalables de lots d'éponge de Zr indiquent que les particules qui les constituent sont de tailles, de densités et de formes très différentes (cf. figure 1). De ce fait, ce type de lot de particules peut être sensible aux phénomènes de ségrégation.

Afin d'optimiser la représentativité de l'échantillonnage d'un milieu granulaire, le nombre de prélèvements constituant l'échantillon peut être augmenté et/ou la qualité d'homogénéisation du lot initial peut être améliorée. Pour des raisons pratiques et économiques, il peut s'avérer plus judicieux de réduire la quantité d'échantillons et donc de rendre le mélange du lot initial plus homogène.

Ce travail s'intéresse à la modélisation numérique d'un mélangeur rotatif de milieux granulaires, via la méthode DEM. Il s'agit de simuler des cas réels de mélange de particules dans le but de proposer des solutions techniques (conception, méthode d'utilisation, etc.) afin d'optimiser la qualité du mélange, ainsi que de déterminer les conditions opératoires idoines du mélangeur.

Avant la simulation du mélangeur, une étude de calibration des paramètres DEM du milieu granulaire étudié (lot de grains d'éponge de Zr) a été réalisée à l'aide de la méthode LHS-Krigeage-EGO développée au laboratoire TIMR. Elle consiste à identifier les paramètres DEM qui permettent de reproduire les résultats expérimentaux de différents tests de référence (expérience de l'angle de talus, angle de glissement). Cette étape permet de mieux représenter numériquement l'écoulement du milieu granulaire à l'échelle macroscopique. Suite à cette étape de calibration, la simulation DEM du mélangeur a été effectuée (figure 2). Afin de quantifier la qualité de mélange, un indice de mélange (indice de Kramer) a été calculé à toutes les itérations. Cette approche permet de suivre l'évolution de l'indice de mélange et donc de suivre l'évolution de l'homogénéité du mélange au cours du temps ou en fonction du nombre de tours du mélangeur (figure 3).

Ce travail a permis de simuler le mélange d'un lot d'éponge de Zr et de suivre l'évolution de son état d'homogénéisation. L'une des perspectives de cette étude est de faire varier les conditions opératoires du mélangeur afin de comparer les différents états de mélange du milieu. Enfin, des solutions

techniques seront proposées dans le but d'améliorer la qualité d'échantillonnage de ce milieu granulaire.

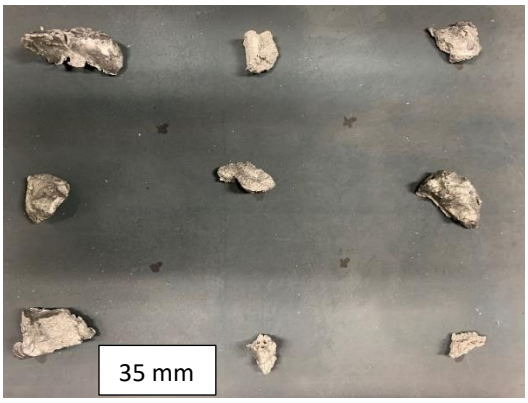
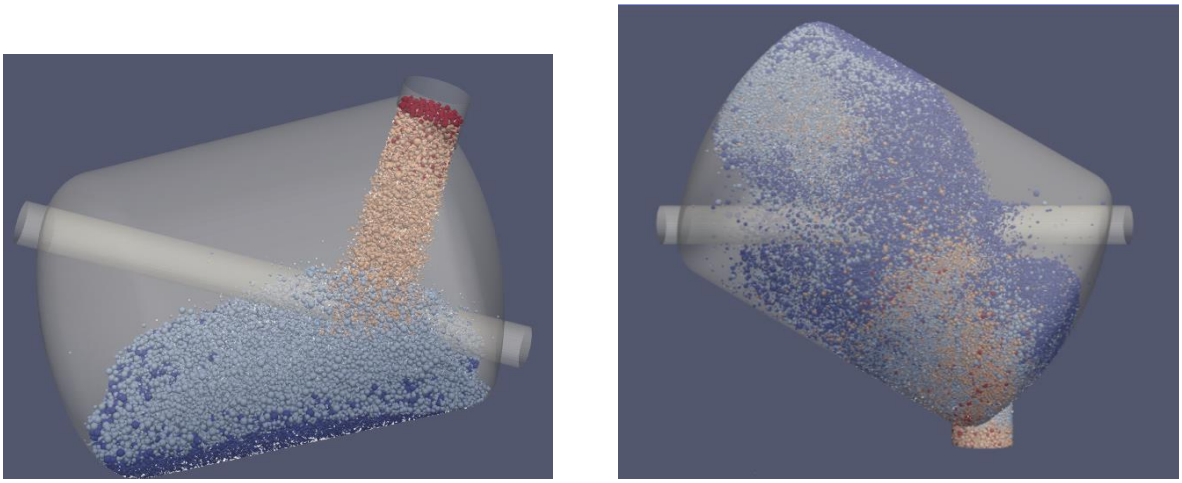


Figure 1- Grains d'éponge de Zr



(a) (b)

Figure 2 - Simulation DEM du mélangeur rotatif : (a) alimentation du mélangeur avec un état initial de particules ségrégées, (b) après 8 tours du mélangeur

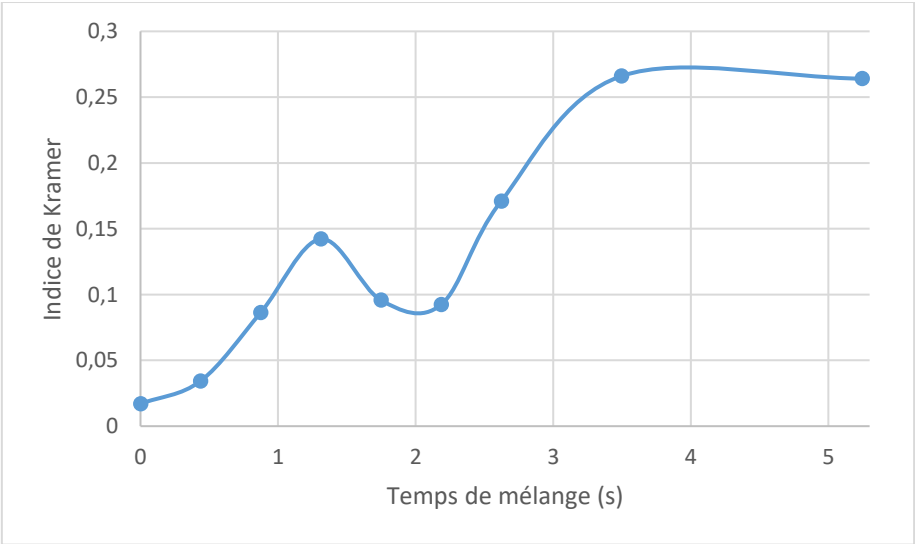


Figure 3- Indice de Kramer en fonction du temps de mélange