

# Impact de la formation de lits de débris sur le refroidissement d'un coeur dégradé en cas d'accident nucléaire

Nguyen D.-H., Fichot F., Topin V.

*Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire – Service Accidents Graves*

---

*Keywords* : lit de débris, refroidissabilité, méthode granulaire, réacteur nucléaire

---

Nous étudions ici la structure de milieux poreux non consolidés appelés « lits de débris » qui peuvent se former dans le coeur d'un réacteur nucléaire en cas d'accident grave. De tels lits, déjà observés dans le coeur accidenté de l'unité 2 de Three Miles Island aux Etats -Unis (1979) [1], sont issus de l'effondrement des fragments de pastilles d'UO<sub>2</sub> suite à la fragilisation et la fracturation des gaines des crayons combustibles. L'apparition de ces milieux poreux au cours du processus de dégradation du coeur pose une question essentielle pour la sûreté des centrales nucléaires : ces milieux sont-ils refroidissables facilement si on réinjecte de l'eau dans le coeur ? Pour répondre à cette question, il faut non seulement connaître les propriétés qui caractérisent la microstructure de ces lits (porosité, forme et taille des débris, surface d'échange, etc) mais également leur impact sur leurs propriétés d'écoulement (perméabilité, passabilité, etc).

Nous utilisons ici une approche granulaire de type Dynamique des Contacts [2] pour simuler la formation de tels lits de débris et en étudier les propriétés structurales. Dans une première approximation, on suppose que les lits sont constitués uniquement de fragments de pastilles d'UO<sub>2</sub> que l'on modélise par des particules polyédriques . La taille et le nombre de ces fragments sont corrélés au taux de combustion des pastilles. Nous avons réalisé des simulations de dépôt sous gravité pour différents degrés et modes de fragmentation de ces pastilles. A partir des milieux obtenus, les états les plus compacts ont ensuite été recherchés en soumettant numériquement les lits à une compression simple.

Les résultats montrent que le mode de fragmentation des pastilles influence fortement la structure des lits. En particulier la porosité finale diminue avec le nombre de fissures axiales présentes initialement sur les pastilles. Nous obtenons ainsi des porosités entre 31% (pour les configurations les moins refroidissables) et 45%. Plus étonnant, nous montrons que la porosité n'évolue pas avec le degré de fragmentation des pastilles, mais plutôt avec le réarrangement des débris dans l'espace (à la suite d'une charge supplémentaire par exemple). La surface spécifique des lits (surface d'échange avec l'eau) est également considérée. Dans les situations les plus pénalisantes, on observe ainsi que la forme angulaire des débris contribue à diminuer la surface d'échange totale du lit au niveau des contacts entre les débris [3].

Pour d'évaluer l'impact de ces variations de microstructure sur les propriétés d'écoulement de ces milieux poreux, des images de lits de débris (obtenues par simulations numériques) sont imprimées en 3D (cf fig. 1). La

perméabilité et la passabilité de ces échantillons solides a ensuite été mesurée dans le dispositif expérimental CALIDE [4]. Nous confrontons les résultats des essais d'écoulement sur ces milieux poreux reconstitués aux corrélations théoriques reliant les pertes de charge à un diamètre de Sauter [4].

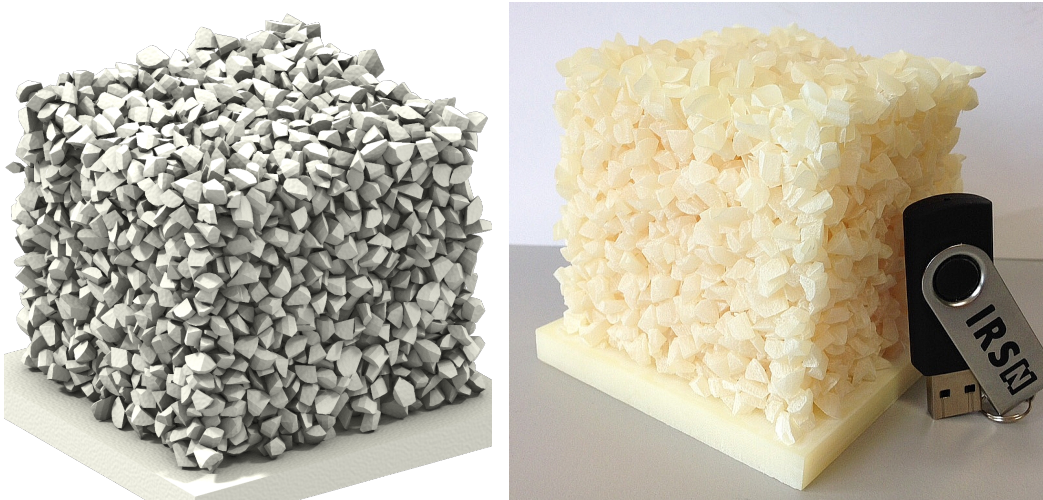


Figure 1 : exemple d'un lit de débris obtenu numériquement puis imprimé en 3D.

## References

- [1] R. K. McCardell, M. L. Russel, D. W. Akers C. S. Olsen, Summary of tmi-2 ocre sample examinations, *Nuclear Engineering and Design*, 118 (3), 441-449 (1990).
- [2] F. Radjai, V. Richefeu, Contact dynamics as a nonsmooth discrete element method, *Mechanics of Materials*, 41 (2009).
- [3] D.-H. Nguyen, F. Fichot, V. Topin, Investigation of the structure of debris bdes formed from fuel rods fragmentation, *Nuclear Engineering and Design*, submitted, (2016).Author6, *Book title*, page numbers. Publisher, place (year).
- [4] R. Clavier, N. Chikhi, F. Fichot, M. Quintard, Experimental investigation on single-phase pressure losses in nuclear debris beds: identification of flow regimes and effective diameter, *Nuclear Engineering and Design*, 292, 222-236 (2015).