



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 12103

To cite this version : Clavier, Rémi and Chikki, Nourdine and Quintard, Michel and Fichot, Florian *Etude expérimentale et modélisation des pertes de pression lors du renoyage d'un coeur de réacteur dégradé en configuration « lit de débris »*. In: 12èmes Journées d'Études des Milieux Poreux, 9 October 2014 - 10 October 2014 (Toulouse, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Etude expérimentale et modélisation des pertes de pression lors du renoyage d'un cœur de réacteur dégradé en configuration « lit de débris »

Rémi Clavier^{*1}, Nourdine Chikhi¹, Michel Quintard^{2,3}, Florian Fichot³

¹ IRSN, PSN-RES/SEREX/LE2M, Cadarache bât. 327, 13115 Saint Paul-lez-Durance, France

² Université de Toulouse ; INPT, UPS ; IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) ; Allée Camille Soula, F-31400 Toulouse, France

³ CNRS ; IMFT ; F-31400 Toulouse, France

⁴ IRSN, PSN-RES/SAG/LESAM, Cadarache bât. 700, 13115 Saint Paul-lez-Durance, France

* remi.clavier@irsn.fr

MOTS-CLÉS : Perte de charge, Régime Inertiel fort, Ergun, Diamètre équivalent

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La prédiction de l'efficacité du renoyage d'un cœur de réacteur nucléaire dégradé en configuration « lit de débris » a été identifiée comme un enjeu majeur de sûreté et est étudiée par de nombreux programmes expérimentaux. La perte de charge pilote la quantité d'eau qui parvient à pénétrer le lit, et par conséquent sa refroidissabilité. Il est donc nécessaire d'établir des corrélations de pertes de charge, monophasiques et diphasiques, pour ce type de milieu. Nous nous concentrons ici sur les écoulements monophasiques.

Un lit de débris est composé de particules de formes complexes et de tailles multiples [1]. Leurs caractéristiques (formes anguleuses mais globalement convexes, dispersion de taille sur un ordre de grandeur) laissent toutefois espérer qu'ils puissent être représentés par un nombre restreint de paramètres simples. Nous cherchons à identifier ces paramètres. L'approche adoptée consiste à rechercher un milieu monodisperse équivalent, c'est-à-dire un lit de billes à taille unique qui génère la même perte de charge que le lit original, avec un minimum de termes correctifs. Le diamètre des billes qui composent ce lit équivalent est appelé « diamètre équivalent ».

Ce travail doit permettre, d'une part, d'extrapoler au cas réacteur les résultats des programmes expérimentaux, qui n'utilisent que des milieux monodisperses, et d'autre part de recommander l'utilisation d'un diamètre tel que cela est implémenté dans les codes de calcul « accidents graves ».

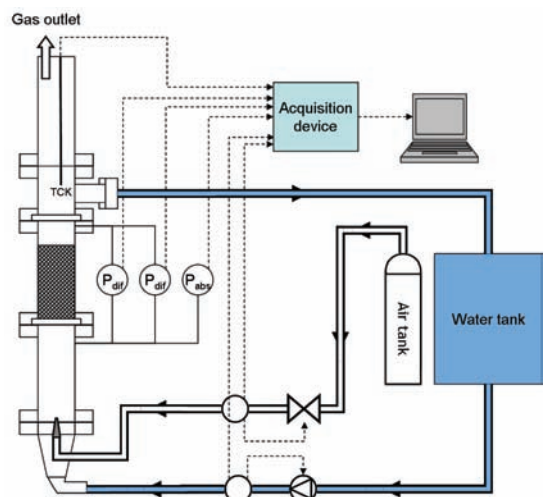


Figure 1 : Vue schématique de l'installation CALIDE

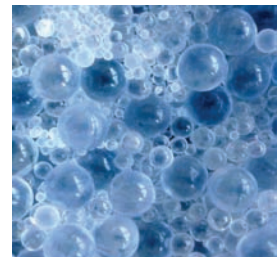
L'installation CALIDE est une boucle diphasique eau/air à température ambiante et pression atmosphérique (Figure 1). Elle génère un écoulement monophasique ou diphasique représentatif d'un renouage à travers un lit de débris et permet de mesurer la perte de charge en fonction du débit injecté. Le milieu monodisperse équivalent est identifié en comparant ces mesures à la loi d'Ergun [2], qui prédit la perte de charge générée par un lit monodisperse désordonné en régime de Darcy à Inertiel fort.

$$\frac{\Delta P}{H} = h_k \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{\mu}{d^2} U + h_\eta \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{\rho}{d} U^2$$

Le diamètre d qui permet de reproduire au mieux la perte de charge mesurée est identifié comme étant le diamètre équivalent.

2. PRINCIPAUX RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

L'étude a d'abord porté sur des mélanges de billes de différentes tailles. Trois mélanges 3 tailles et un mélange 5 tailles allant de 1.5 à 8 mm ont été étudiés (Figure 2). Le diamètre moyen en surface de ces mélanges de billes, ou diamètre de Sauter, correspond à leur diamètre équivalent.



Dans un second temps, les diamètres équivalents pour des lits de particules non sphériques (cylindres et prismes, Figure 2) ont été identifiés. Trois types de cylindres de rapports d'élanements différents et deux types de prismes ont été étudiés. Les essais réalisés ont montré que la forme de l'équation d'Ergun ne permet pas de reproduire le comportement des pertes de charge à la fois en régime de Darcy et en régime Inertiel fort, et doit être modifiée. Ainsi, le diamètre qui apparait dans le terme linéaire, égal au diamètre de Sauter du lit de particules, n'est pas le même que celui du terme quadratique, qui doit contenir un coefficient de sphéricité ψ :



$$d_{St} = \frac{6V_{part}}{S_{part}} \quad \psi = \frac{\pi^{1/3} (6V_{part})^{2/3}}{S_{part}}$$

$$\frac{\Delta P}{H} = h_k \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \frac{\mu}{d_{St}^2} U + h_\eta \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{\rho}{\psi d_{St}} U^2$$

Figure 2 : Particules utilisées dans CALIDE

Ces résultats sont cohérents entre eux, car le coefficient ψ est égal à 1 pour une sphère. L'équation précédente est donc générale pour tous les lits étudiés.

Références

1. Chikhi N., Coindreau O., Li L., Ma W., Taivassalo V., Takasuo E., Leininger S., Kulenovic R., Laurien E., *Evaluation of an effective diameter to study quenching and dry-out of complex debris bed*, ERMSAR-2013 (2013)
2. Ergun S., *Fluid flow through packed columns*, Chemical Engineering Progress, 48, 89-94 (1952)