

## Proposition de thèse 2017-2020

# Etude analytique et numérique des efforts s'exerçant sur des particules allongées

**Directeur de thèse IMFT:** Jacques MAGNAUDET

**Encadrant IFPEN :** Jean-Lou PIERSON

**Email :** jean-lou.pierson@ifp.fr

**Affiliation :** IFP Energies Nouvelles (IFPEN) et Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT)

**Lieu du stage :** IFP Energies Nouvelles - établissement de Lyon Rond-point de l'échangeur de Solaize

**Date :** Octobre 2017 (possibilité d'effectuer un stage de master 2 sur la même thématique dès février 2017)

**Rémunération :**  $\simeq$  2200 euros brut par mois la première année + augmentation les années suivantes

## 1 Position du problème

La situation générique où un grand nombre de particules solides interagissent avec une phase fluide se rencontre dans de nombreuses applications industrielles allant du transport du mélange sable / pétrole en conduite au stockage d'énergie par des particules dans les centrales photo-thermiques (figure 1a). Cette thématique intervient tout particulièrement dans les lits fluidisés (figure 1b), où un ensemble de particules est mis en mouvement par le déplacement du fluide environnant. Ces lits sont utilisés aussi bien dans les applications historiques d'IFPEN (raffinage des hydrocarbures) que dans le développement de procédés pour les énergies nouvelles (gazéification de la biomasse). Leur modélisation constitue donc un enjeu majeur dans l'optimisation des procédés et donc dans la transition énergétique.

Dans les lits, les particules mises en jeu sont généralement non-sphériques de manière à optimiser la surface d'échange entre le fluide et le solide et favoriser les transferts thermiques et réactifs. Ainsi, dans les processus de catalyse, les particules sont souvent allongées et de forme cylindrique (figure 1c). Elles peuvent même prendre une forme courbe, car le processus de fabrication (extrusion) est généralement influencé par la gravité.

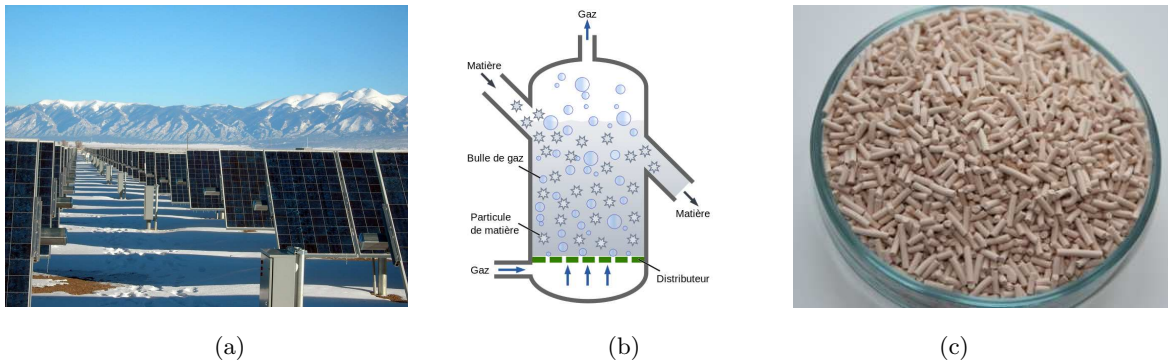


Figure 1: (a) Centrale photovoltaïque. (b) Schéma illustrant le fonctionnement d'un lit fluidisé. (c) Catalyseurs de type zéolite.

## 2 Stratégie de recherche

Il existe donc un réel besoin de développer un outil de simulation multi-échelle robuste permettant la simulation numérique de particules allongées interagissant avec le fluide environnant. Pour cela il est nécessaire de connaître au préalable les forces et moments s'exerçant sur les particules qui constituent le lit. La démarche

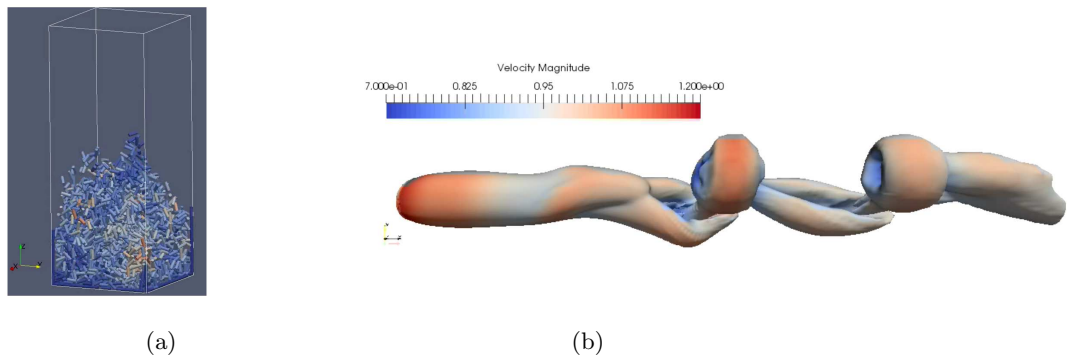


Figure 2: (a) Simulation numérique d'un lit fluidisé de particules cylindrique avec le logiciel PeliGRIFF. (b) Visualisation du sillage à l'aide du critère  $Q$ , en aval d'un cylindre de rapport d'aspect 1 pour un nombre de Reynolds de 360.

proposée est d'utiliser intensivement la simulation numérique directe afin de cartographier les forces et moments hydrodynamiques s'exerçant sur une particule allongée sur une large gamme de paramètres (angle d'incidence par rapport à l'écoulement incident, courbure de l'objet, nombre de Reynolds) et de situations physiques (objets isolés, lits fluidisés). En parallèle il s'agira de développer des modèles théoriques aussi généraux que possible pour prédire ces efforts en utilisant des techniques asymptotiques (le rapport de forme étant le petit paramètre), d'une part dans la limite des écoulements d'Oseen (nombre de Reynolds négligeable devant l'unité) et d'autre part dans l'approximation de couche limite (nombre de Reynolds très grand devant l'unité).

Les difficultés techniques du problème sont de deux ordres. Théorique tout d'abord, les écoulements inertiels étant intrinsèquement non-linéaires. La présence même faible de cette non-linéarité (régime d'Oseen) nécessite l'utilisation de techniques asymptotiques et plus particulièrement de la méthode des développements asymptotiques raccordés (MDAR). Sur le plan numérique, la difficulté provient de la description précise de l'écoulement autour de l'objet. Une méthode de frontières immergées permettant la modélisation de ce type de problème est actuellement disponible dans PeliGRIFF. Ce code parallèle développé depuis une dizaine d'années à IFPEN, qui résout les équations de Navier-Stokes tridimensionnelles incompressibles, est aujourd'hui employé dans un grand nombre d'actions de recherche et en interne à l'IFPEN. Il est de plus exécuté de façon routinière sur les machines des grands centres nationaux de calcul (CINES, TGCC) ainsi que sur le supercalculateur d'IFPEN ENER110. Ce code a par ailleurs montré sa versatilité pour la simulation de d'écoulements autour de cylindres aussi bien dans des configurations isolées (figure 2b) que de lits fluidisés (figure 2a).

### 3 Périmètre d'interaction du doctorant

Le doctorant sera intégré au sein de l'équipe PeliGRIFF. Il interagira avec les différents membres de l'équipe et plus particulièrement avec Jean-Lou Pierson. Quelques séjours dans le laboratoire d'accueil (IMFT) lui permettront de créer des liens de collaboration forte avec le directeur de thèse et ses collaborateurs. Cette thèse se faisant en collaboration avec Rim Brahem du département Conception Modélisation Procédés d'IFPEN, le doctorant pourra interagir avec cette direction. Cette dernière co-encadrante de la thèse propose également une thèse sur la modélisation de particules non-sphériques avec PeliGRIFF. Cette synergie autour de la modélisation de particules de géométries complexes profitera à l'étudiant de par son aspect collaboratif et multidisciplinaire.

### 4 Profil recherché

De formation ingénieur ou universitaire le candidat devra disposer de solides compétences en mécanique des fluides et mathématiques appliquées. Des compétences en simulation numérique et en développement informatique (C++) seraient également un plus.