

Rédigé le 27 mai 2020



5 minutes de lecture



Actualités

Recherche fondamentale

Analyse et caractérisation

Essais mécaniques et thermiques

Sciences de l'ingénieur

Mécanique des fluides

Modélisation et simulation des systèmes

Dans le cadre de travaux de thèse menés avec l'université de Leeds et Total, IFPEN a développé un outil permettant de prédire l'attrition des particules dans les lits fluidisés circulants. Ce dernier devrait à terme permettre de choisir l'oxyde métallique solide le plus à même de transporter l'oxygène pour un procédé prometteur en cours de développement : la combustion en boucle chimique.

## Des particules fines à l'origine de problèmes opérationnels et économiques

La combustion en boucle chimique (CLC) est une technique prometteuse de combustion en l'absence d'azote, qui permet de réduire la pénalité énergétique associée au captage du CO<sub>2</sub>. Ce procédé, en cours de développement par IFPEN et TOTAL, est mis en œuvre dans un lit fluidisé circulant (CFB<sup>1</sup>), les particules solides (oxydes métalliques) - appelées « porteurs d'oxygène » - circulant d'un réacteur d'oxydation à un réacteur de combustion.

Le phénomène d'attrition y joue un rôle important, car il génère des particules fines responsables de nombreux problèmes opérationnels (potentiels dysfonctionnements, modification de la distribution granulométrique des particules [PSD<sup>2</sup>] [1]), causés par la modification de l'hydrodynamique des écoulements, mais aussi économiques (diminution de l'inventaire solide, nécessitant un appoint<sup>3</sup> régulier).

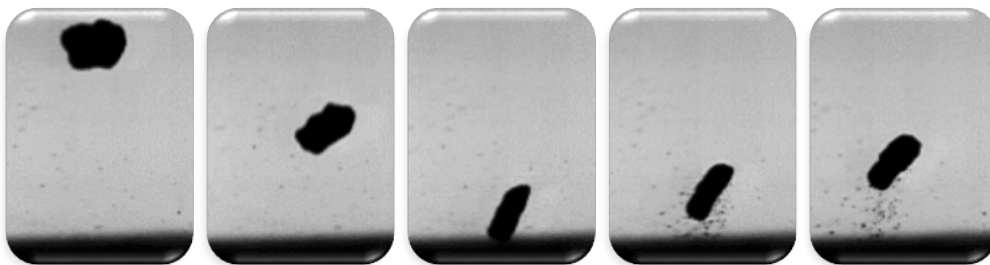
## Prédire l'attrition en vue de déterminer le meilleur porteur d'oxygène pour le CLC

Générée dans différentes zones du CFB, l'attrition met en œuvre plusieurs mécanismes, gouvernés d'une part par les propriétés physiques et mécaniques des particules, et d'autre part par la sévérité des conditions opératoires. **Aussi, son impact sur les performances du procédé en conditions industrielles est difficile à prédire.** C'est pourquoi il a fait l'objet de travaux de thèse à IFPEN [2], en collaboration avec l'Université de Leeds et Total.

Ces travaux de thèse ont abouti au développement d'un **outil prédictif de l'attrition des particules dans les lits fluidisés circulants**. Pour cela, les équipes de recherche ont établi un lien entre la propension à la rupture d'une particule unitaire et l'attrition générée dans le procédé par les principales sources de ce phénomène, à savoir les jets et les cyclones. Le but de cet outil prédictif est de **permettre le choix crucial de l'oxyde métallique solide à employer comme transporteur d'oxygène dans le cas spécifique du procédé de combustion en boucle chimique (CLC).**

## Estimer l'attrition dans les différentes zones d'un CFB

La propension à la rupture des particules a tout d'abord été évaluée grâce à des essais d'impacts contrôlés, pour différentes tailles de particule, différentes vitesses et angles d'impact [3].

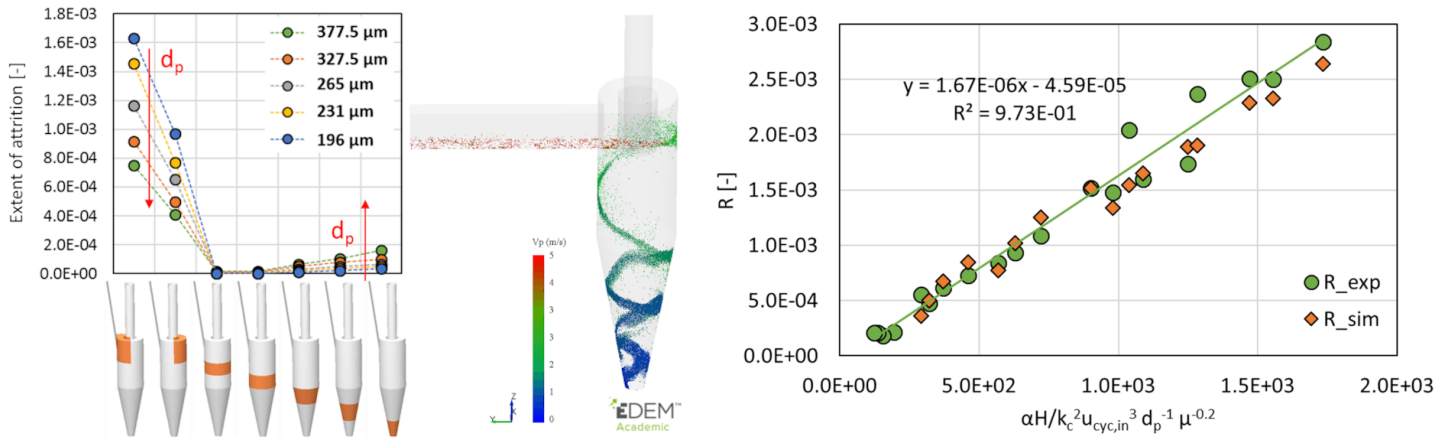


Afin de décrire l'attrition dans la région des jets de gaz et dans les cyclones, ces résultats ont été corrélés avec ceux mesurés sur des outils à l'échelle du laboratoire et du pilote, pour différentes propriétés de particule (diamètre, densité, dureté, tenue à la rupture) et conditions opératoires. Ces corrélations ont été ensuite utilisées **pour estimer l'attrition dans les différentes zones d'un CFB.**

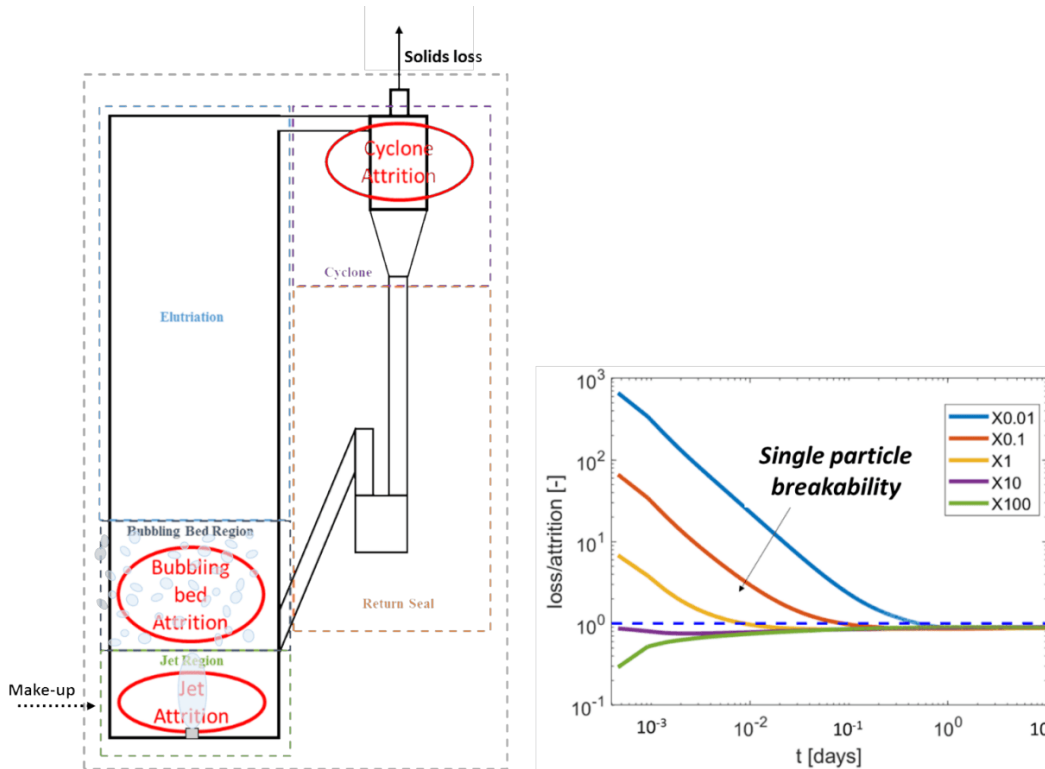
## Simulations numériques et PBM : pour une prédiction à l'échelle du procédé complet

Des simulations numériques ont également été menées par CFD-DEM<sup>4</sup> [3,4], telles qu'illustrées sur la figure ci-dessous :

- à gauche, le niveau d'attrition prédit dans différentes zones d'un cyclone (zones orangées), en fonction du diamètre des particules simulées (entre 196 et 377,5  $\mu\text{m}$ ) ;
- à droite, la bonne correspondance entre les valeurs simulées et les valeurs expérimentales, toutes regroupées dans une même corrélation.



Les corrélations établies dans les différentes zones d'attrition (figure ci-dessus à gauche) ont ensuite été mises en œuvre dans un **modèle de bilan de population (PBM<sup>5</sup>)** afin de simuler le comportement dynamique d'un lit fluidisé circulant, avec appoint de solide.



**Le PBM est alors utilisé pour prédire, à l'échelle du procédé complet, l'évolution de la distribution granulométrique des particules et la perte de solide par attrition.** C'est ce que montre la figure ci-dessus (à droite), sur laquelle est présentée la prédiction de la perte de solide par attrition dans tout le système en fonction du temps, pour différents niveaux de fragilité des particules (« particle breakability »).

<sup>1</sup> Circulating Fluidized Bed  
<sup>2</sup> Particles Size Distribution

<sup>3</sup> Make-up

<sup>4</sup> Circulating Fluidized Bed Particles Size Distribution

<sup>5</sup> Make-up

## Références :

- [1] J. Werther, J. Reppenhagen, Catalyst Attrition in Fluidized-Bed Systems, React. Kinet. Catal. 45 (1999) 2001–2010.
- [2] Thèse de F. Fulchini, Particle attrition in Circulating Fluidized bed systems, University of Leeds, Janvier 2020
- [3] F. Fulchini, M. Ghadiri, A. Borissova, B. Amblard, S. Bertholin, A. Cloupet, M. Yazdanpanah, Development of a methodology for predicting particle attrition in a cyclone by CFD-DEM, Powder Technol. (2019).
- [4] F. Fulchini, W. Nan, M. Ghadiri, M. Yazdan Panah, S. Bertholin, B. Amblard, A. Cloupet, T. Gauthier, CFD-DEM Analysis of Particle Attrition in a Jet in a Fluidised Bed, in: EPJ Web Conf., 2017

**Contact scientifique :** [benjamin.amblard@ifpen.fr](mailto:benjamin.amblard@ifpen.fr) ; [ann.forret@ifpen.fr](mailto:ann.forret@ifpen.fr)

> **Pour en savoir plus sur l'expertise IFPEN :** [lit fluidisé](#) et [CLC](#)

Pour les lits fluidisés circulants, le temps est venu de régler l'attrition  
27 mai 2020

Lien vers la page web :