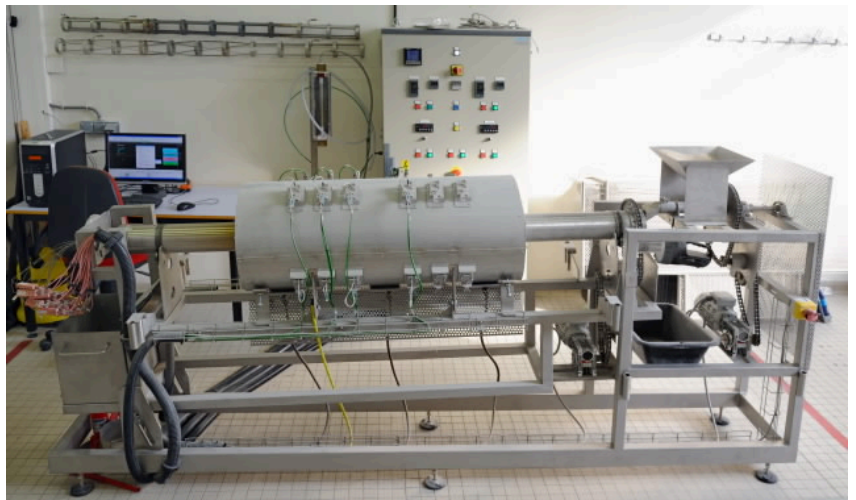


Réacteurs gaz/solide

Les **fours tournants** sont des contacteurs gaz/solide utilisés comme réacteur ou sécheur dans de nombreuses industries : de l'hydrométallurgie au traitement des déchets, en passant par l'agroalimentaire, le nucléaire, la valorisation de la biomasse et les cimenteries.

Ils sont constitués d'un cylindre long, légèrement incliné par rapport à l'horizontale, tournant à faible vitesse (quelques tours par minute) et chauffés soit par l'intérieur (flamme ou circulation d'un gaz chaud) soit par l'extérieur (double enveloppe ou résistances électriques). Ces contacteurs sont utilisés à l'échelle industrielle depuis plus d'un siècle, mais leur comportement est encore mal connu et souvent mal contrôlé ; a fortiori quand ils sont munis d'équipements internes tels que des releveurs (barres ou cornières de dimension, nombre et angle variés, garnissant la paroi interne du tube tournant et permettant le brassage de la poudre pour une meilleure mise en contact avec la phase gazeuse). Grâce à leur flexibilité d'utilisation, les fours tournants peuvent être employés dès qu'il s'agit de traiter en continu une charge sous forme de solide divisé, et ce quel que soit le niveau de température, la granulométrie de la charge et l'atmosphère sous laquelle doit se passer l'opération.

Notre équipe travaille sur cette thématique depuis 2007 (une thèse soutenue fin 2010, stages et contrats divers, une thèse démarrée en 2012), sur la base de compétences acquises lors de la thèse de l'une des membres de l'équipe (à Nancy à la fin des années 1990). Nous travaillons actuellement dans le cadre d'une thèse cofinancée avec une équipe du Centre Rapsodee à l'École des Mines d'Albi, qui dispose d'un pilote environ deux fois plus gros que le notre, moins finement instrumenté, mais qui peut travailler sous atmosphère contrôlée et sur de plus grosses granulométries.



Nos études sont centrées sur les processus de transfert thermique et de transport d'une charge granulaire dans les opérations de transformation de la matière sous action de la température en four tournant muni de releveurs, avec comme objectif l'intensification des transferts de matière et de chaleur dans le but par exemple de maîtriser la consommation énergétique, la qualité du produit final ou les émissions de CO₂.



Des études réalisées antérieurement avaient mis en évidence l'importance des processus thermiques. Il avait notamment été observé que de faibles variations du coefficient d'échange thermique solide/paroi génèrent des effets sensibles sur les profils de température calculés par un modèle de four tournant. Or les corrélations disponibles dans la littérature fournissent des valeurs très disparates de ce coefficient d'échange (variabilité d'un facteur 2000 dans les conditions de fonctionnement des fours de conversion de l'uranium par exemple). C'est pourquoi depuis 2007, nous avons conçu et mis en place un **pilote très instrumenté** (une cinquantaine de thermocouples), afin d'étudier les transferts thermiques dans le cas d'un fonctionnement par chauffage électrique externe, en présence



ou non de releveurs. Sur ce pilote, tous les paramètres de fonctionnement sont réglables indépendamment (débit d'alimentation en solide, vitesse de rotation du tube, inclinaison du four, **hauteur du lit de solide en sortie**(diaphragme), température de chauffage (deux zones indépendantes), débit gazeux à contre-courant) ; cet équipement a été financé par Areva dans le cadre d'un contrat aujourd'hui achevé. Nous avons également pu développer une méthode de mesure de distribution des temps de séjour du solide pulvérulent sur notre installation pilote.

Nous avons donc mené une étude systématique de la distribution des temps de séjour, puis une modélisation par analyse dimensionnelle, qui rend compte de l'effet du débit d'alimentation en solide, de la vitesse de rotation du tube, de l'inclinaison du four, de la hauteur du lit de solide en sortie et des propriétés du solide pulvérulent sur le temps de séjour

moyen, la dispersion axiale et le chargement du four tournant, en l'absence ou en présence de releveurs (deux formes ont été étudiées).

Nous travaillons désormais sur le très délicat problème de la détermination expérimentale du coefficient de transfert thermique paroi/poudre.

Autant d'éléments indispensables pour construire un modèle dynamique global en vue du dimensionnement ou du contrôle-commande d'un four tournant munis de releveurs et de diaphragme.

[Retour](#)

<http://cmgpce.cnam.fr/reacteurs-gaz-solide-722625.kjsp?RH=1416999485388>