### Transport de la chaleur et de la matière en tambour tournant

Contexte

L’essor des fours rotatifs a débuté durant la seconde moitié du 20ème siècle en grande partie due à la production intensive et la maitrise de la qualité du ciment lors du processus de clinkerisation. De nombreux mécanismes physiques assurant les transferts d’énergie entre les différentes phases en présence, peuvent opérer dans ces procédés (Bisulandru et al., 2023).

Par ailleurs, cet équipement a pu être appliqué depuis à d’autres types de matériaux d’origine minérale ou organique (Huchet et al., 2018), autre que son application historique. La conversion thermochimique des déchets (ex : biomasse) est un exemple parmi beaucoup d’autres cités dans la littérature (TiO2, Aluminium, Agrégats d’enrobés, Pyrolyse du bois et du charbon).

Objectif

La problématique scientifique de ce procédé industriel réside dans sa modélisation physique dont la complexité demeure un verrou majeur. En effet, plusieurs milliers de particules cohabitent en même temps et sont soumises à d’intenses flux de chaleur. Des réactions chimiques peuvent être à l’origine de réactions endothermiques et exothermiques responsables de changements d’états de la matière en grains. Les lois générales de transport des gaz et des grains et de transferts d’énergie gouvernent donc ces processus physiques complexes constituées :

- Des régimes d’écoulement granulaires et les paramètres de contrôle de la charge solide (Piton et al. 2015, Kozacovic et al. 2023);

- Du transport de la chaleur qu’ils soient de nature conductive, convective ou radiative (Le Guen et al. 2013, Le Guen et al. 2017, Le Guen et al. 2020);

L’objectif de la thèse est de mieux comprendre les mécanismes physiques opérant en four tournant. Le travail de thèse sera basé sur des outils expérimentaux développés à l’échelle laboratoire et numériques en collaborations avec industriel et académique.

Références bibliographiques

Huchet, F., Le Guen, L., Richard, P., Piton, M., Cazacliu, B., Semelle, P., Matheus, J., Riche, H., & Tamagny, P. (2018). Influence of asphalt composition upon the thermodynamics performance of a mixing plant. Road Materials and Pavement Design, 19(1), 104–119. <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1249018>

Le Guen, Huchet, Dumoulin, Baudru, & Tamagny. (2013). Convective heat transfer analysis in aggregates rotary drum reactor. Applied Thermal Engineering, 54(1), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.01.025>

Le Guen, L., & Huchet, F. (2020). Thermal imaging as a tool for process modelling: application to a flight rotary kiln. Quantitative InfraRed Thermography Journal, 17(2), 79–95. <https://doi.org/10.1080/17686733.2019.1611222>

Le Guen L. , Piton M., Hénault Q., Huchet F., Richard P., Heat Convection and radiation in flighted rotary kiln : a minimal model, Canadian Journal of Chemical Engineering, 95 100-110 (2017). <https://doi.org/10.1002/cjce.22659>

Kosakovic M., Havlica J., Le Guen L., Parez S., Huchet F., Recognition of the granular airborne portion in a flighted rotary drum. Powder Technology 425, 118565 (2023). <https://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118565>

Bisulandru J.R., Huchet F., Rotary kiln process: an overview about physical mechanisms, models and applications. Applied Thermal Engineering, 119637 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119637>

### Heat and material transport in a rotary drum

Background

The development of rotary kilns began in the second half of the 20th century, largely due to the intensive production and quality control of cement during the clinkerization process. Numerous physical mechanisms ensuring energy transfer between the different phases present can operate in these processes (Bisulandru et al., 2023).

Moreover, this equipment has since been applied to other types of materials of mineral or organic origin (Huchet et al., 2018), other than its historical application. The thermochemical conversion of waste (e.g. biomass) is one example among many cited in the literature (TiO2, Aluminium, Asphalt Aggregates, Wood and Coal Pyrolysis).

Objective

The scientific challenge of this industrial process lies in its physical modeling, the complexity of which remains a major stumbling block. Indeed, several thousand particles cohabit at the same time and are subjected to intense heat flows. Chemical reactions can give rise to endothermic and exothermic reactions responsible for changes in the state of the granular material. General laws of gas and grain transport and energy transfer govern these complex physical processes:

- Granular flow regimes and solid load control parameters (Piton et al. 2015, Kozacovic et al. 2023);

- Heat transport, whether conductive, convective or radiative (Le Guen et al. 2013, Le Guen et al. 2017, Le Guen et al. 2020);

The aim of the thesis is to gain a better understanding of the physical mechanisms operating in rotary furnaces. The thesis work will be based on experimental tools developed at laboratory and numerical scales in collaboration with industry and academia.

Bibliographic references

Huchet, F., Le Guen, L., Richard, P., Piton, M., Cazacliu, B., Semelle, P., Matheus, J., Riche, H., & Tamagny, P. (2018). Influence of asphalt composition upon the thermodynamics performance of a mixing plant. Road Materials and Pavement Design, 19(1), 104–119. <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1249018>

Le Guen, Huchet, Dumoulin, Baudru, & Tamagny. (2013). Convective heat transfer analysis in aggregates rotary drum reactor. Applied Thermal Engineering, 54(1), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.01.025>

Le Guen, L., & Huchet, F. (2020). Thermal imaging as a tool for process modelling: application to a flight rotary kiln. Quantitative InfraRed Thermography Journal, 17(2), 79–95. <https://doi.org/10.1080/17686733.2019.1611222>

Le Guen L. , Piton M., Hénault Q., Huchet F., Richard P., Heat Convection and radiation in flighted rotary kiln : a minimal model, Canadian Journal of Chemical Engineering, 95 100-110 (2017). <https://doi.org/10.1002/cjce.22659>

Kosakovic M., Havlica J., Le Guen L., Parez S., Huchet F., Recognition of the granular airborne portion in a flighted rotary drum. Powder Technology 425, 118565 (2023). <https://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118565>

Bisulandru J.R., Huchet F., Rotary kiln process: an overview about physical mechanisms, models and applications. Applied Thermal Engineering, 119637 (2022) https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119637