

# SERVICE DE METROLOGIE NUCLEAIRE

## NUCLEAR ENGINEERING

### MASTER THESIS

Academic year 2021-2022

*The topics listed below correspond more to **themes** in which master theses can be realized, than to a detailed description of topics. Depending on the interest of the students, more theoretical or instead industry-related topics will be developed. Some of the proposed themes are more convenient for an internship, to be made before the master thesis.*

*The themes proposed are preferably **accessible mainly to students in engineering physics and in electromechanical engineering.***

#### **19. Modélisation et optimisation du couplage d'une centrale nucléaire de type Small Modular Reactor (SMR) avec une boucle de stockage d'énergie thermique dans des réservoirs de sels fondus (en collaboration avec Tractebel Engie)**

M. Iker ([mathieu.iker@tractebel.engie.com](mailto:mathieu.iker@tractebel.engie.com)), P.E. Labeau ([pelabeau@ulb.ac.be](mailto:pelabeau@ulb.ac.be))

#### **Tractebel**

Tractebel est une société d'ingénierie employant 5000 personnes dans le monde et active dans les secteurs de l'énergie, de l'eau, du développement urbain et du nucléaire. Tractebel accompagne ses clients tout au long de leurs projets, de la définition stratégique à la mise à l'arrêt et démantèlement, en passant par la faisabilité, la mise en œuvre et le support à l'exploitation. La raison d'être de Tractebel est de concevoir un avenir zéro carbone.

#### **Contexte**

La décarbonisation de la production d'électricité passe par une augmentation de la part des énergies renouvelables intermittentes (en particulier éolienne et solaire) dans la production d'électricité. Cette intermittence de la production d'électricité rend(ra) plus difficile la mise en adéquation de l'offre et de la demande sur les réseaux de distribution électrique.

Les centrales nucléaires constituent une autre source d'électricité décarbonée. Néanmoins, elles sont peu adaptées à un suivi de charge rapide et de grande ampleur tel qu'il pourrait être requis dans des réseaux électriques où la part des énergies renouvelables est importante. Pour gérer ce déséquilibre sans mettre à l'arrêt les capacités de production et sans avoir recours à des centrales de production d'électricité permettant d'assurer ce suivi de charge (généralement au gaz, ou hydrauliques là où c'est possible), on peut essentiellement jouer sur 2 tableaux :

- Moduler la demande en fonction de la production (contrats avec les industries, pricing, smart grids) ;
- Stocker l'excédent d'énergie lors des pics de production et, éventuellement, le réutiliser pour produire de l'électricité lors des creux de production.

Le stockage d'énergie peut prendre plusieurs formes. Les plus utilisées actuellement sont le pompage/turbinage hydraulique (Pumped Hydro Storage – PHS, cfr. la centrale de Coe en Belgique) et les batteries (Li-ion, NaS, ...). D'autres formes sont toutefois possibles, citons en particulier le stockage d'énergie thermique et la production d'hydrogène par électrolyse. Ces deux dernières permettent de réutiliser l'énergie stockée soit pour la production d'électricité,

soit pour d'autres applications (e.g. chauffage urbain ou process industriel pour le stockage thermique, mobilité ou industrie chimique pour l'hydrogène), permettant par là-même la décarbonisation d'autres secteurs.

En ce qui concerne les centrales nucléaires, la tendance est actuellement aux « Small Modular Reactors » (SMR), soit des centrales à la construction modulaire et offrant une puissance électrique réduite par rapport à la majeure partie des centrales nucléaires actuellement en service. Elles présentent un coût et une sécurité optimisés. Plusieurs constructeurs proposent déjà ce type de centrale (Terrestrial Energy, Moltex, GE Hitachi, NuScale, ...). Afin de les rendre plus attractives dans le contexte décrit ci-dessus, le couplage de ce type de centrale avec des solutions de stockage d'énergie est à l'étude. En particulier, à l'instar de ce qui existe pour les centrales de type CSP (Concentrated Solar Power), il devrait être possible d'utiliser (une partie de) l'énergie thermique fournie par la centrale pour chauffer des sels fondus et les stocker dans des réservoirs. Cette réserve d'énergie thermique peut être utilisée pour produire de l'électricité (via un cycle vapeur) ou pour d'autres applications (chauffage urbain par exemple).

### **Objectif du mémoire**

Le mémoire consistera à modéliser le couplage entre un réacteur de type SMR (source de chaleur intermittente, fonction de la demande électrique instantanée) et une boucle de stockage d'énergie thermique sous forme de sels fondus. Le mémoire étudiera le fonctionnement dynamique de ce système pour différents profils de demande électrique et/ou d'applications utilisant l'énergie thermique (e.g. chauffage urbain). Le mémoire s'intéressera à l'optimisation du système et au dimensionnement du stockage, et étudiera le rendement des différentes options possibles. Une analyse technico-économique peut également être proposée (e.g. pour déterminer si l'énergie stockée devrait être utilisée pour la production d'électricité, une autre application ou les deux).

### **Outils de modélisation**

- Aspen HYSYS et/ou ;
- Aspen Plus et/ou ;
- (Open) Modelica et/ou ;
- Autres outils à proposer.

### **Résultat attendu**

- Un modèle thermo-hydraulique de la boucle de stockage d'énergie thermique et de son couplage avec la source de chaleur et avec les utilisateurs.
- Une méthodologie pour dimensionner le stockage en fonction des profils « in et out ».
- Une analyse du rendement de l'installation, optimisation du process, ...
- Optionnel : un benchmark des outils de modélisation (si différents outils sont utilisés).
- Optionnel : une analyse technico-économique.
- Optionnel : modélisation et comparaison avec d'autres méthodes de stockage d'énergie (électrolyse d'hydrogène, compression d'air, stockage cryogénique (air liquide), ...).
- Autres à définir en cours d'étude.