

**Sujet de thèse CIFRE** : Méthodes avancées pour l'identification et la commande des procédés industriels

**Encadrant Schneider Electric**

- Stefan Capitaneanu ([stefan.capitaneanu@se.com](mailto:stefan.capitaneanu@se.com)) Schneider Electric.

**Directeur de thèse académique**

- Tarek Raïssi ([tarek.raïssi@cnam.fr](mailto:tarek.raïssi@cnam.fr)), Conservatoire National des Arts et Métiers

**Démarrage de la thèse** : Octobre 2023

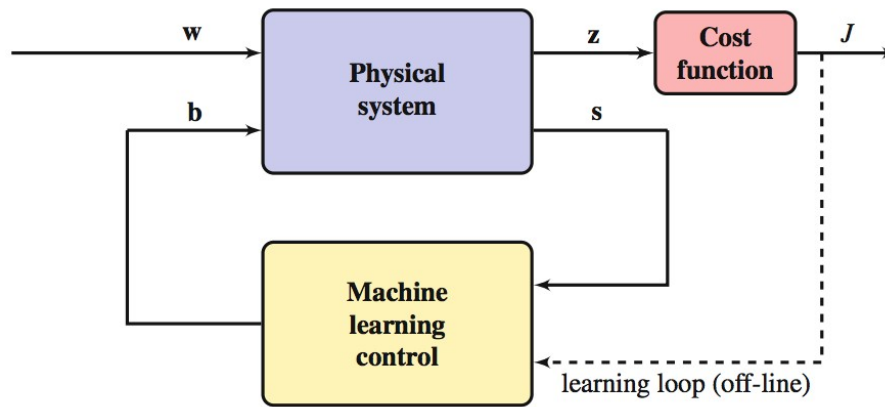
**Profil étudiant souhaité** : Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 avec des compétences solides en automatique et des connaissances en intelligence artificielle et en traitement de données.

Le (la) futur(e) doctorant(e) passera une partie de son temps au laboratoire Cedric du Cnam afin de travailler sur l'aspect théorique et lever les verrous scientifiques et l'autre partie en entreprise pour la mise en œuvre des méthodes développées sur des systèmes réels dans le cadre des projets industriels de Schneider Electric.

Deux approches seront abordées dans le cadre de cette thèse. La première, basée sur des modèles de connaissances physiques, permettra d'utiliser des techniques de **commande multivariable** bien connues dans la communauté scientifique. Néanmoins, la mise en œuvre de telles techniques sur des calculateurs nécessite l'identification des paramètres physiques et des simplifications des modèles complexes. La prise en compte des incertitudes dues à ces simplifications et à la méconnaissance des paramètres physiques lors de la synthèse des lois de commande demeure un défi dans un contexte industriel. Dans le cadre de ces travaux, la mise en œuvre d'une régulation multivariable dans un automate industriel sera étudiée pour la commande des CTA (Centrales de Traitement de l'Air), des séchoirs de lait ou d'autres procédés industriels.

Une deuxième approche à base **d'apprentissage profond** (ou autres techniques IA) est envisagée afin d'identifier des modèles précis sans faire appel à des connaissances physiques complexes. Malgré la complexité des phénomènes physiques, les outils de l'intelligence artificielle peuvent bien se prêter à cette problématique lorsqu'on dispose de données riches.

Contrairement aux méthodes de contrôle-commande classiques, les techniques de type « *machine learning control* » se basent sur une phase d'apprentissage pendant laquelle le contrôleur apprend à interagir en boucle fermée avec le processus en améliorant de manière incrémentale le comportement du contrôleur. Le Schéma type d'une architecture de type *machine learning* pour le contrôle/commande d'un système complexe est donné par la figure ci-dessous. L'objectif est de minimiser une fonction de coût bien définie dans l'espace des lois de contrôle possibles avec une boucle d'apprentissage hors ligne.



La littérature scientifique de ces dernières années est riche dans le domaine du « *machine learning* ». Néanmoins, peu de travaux sont consacrés à la modélisation des systèmes industriels complexes dans une optique de construire des lois de commande performantes.

Il sera donc intéressant de se pencher sur les objectifs suivantes :

- Construire une **commande en boucle fermée basée sur des techniques de l'IA** (assez rare dans l'industrie)
- **Identifier des paramètres des régulateurs à modèle interne (par ex.) à l'aide de l'IA**
- Développer et tester une **commande adaptative à base de IA**
- Construire un **système d'efficacité énergétique pour les CTA** (Centrales de traitement de l'air) en construisant des consignes dynamiques de Température et d'humidité à **l'aide de l'IA**

L'objectif final de cette thèse est donc de combiner des algorithmes d'intelligence artificielle avec des méthodes de commande des systèmes dynamiques. Cette association permettra de générer des techniques pouvant s'adapter à des modes de fonctionnement variables. Le transfert de ces approches vers l'industrie rend ce projet de thèse ambitieux.

Les résultats obtenus seront testés en simulation et sur des maquettes et validés sur des cas réels dans le cadre de projets industriels de Schneider Electric.

#### **Lieux de la thèse et contacts :**

Schneider Electric  
 35 rue Joseph Monier  
 92500 Rueil Malmaison  
 Stefan Capitaneanu ([stefan.capitaneanu@se.com](mailto:stefan.capitaneanu@se.com))

Conservatoire National des Arts et Métiers  
 292 rue Saint-Martin  
 57003 Paris  
[tarek.raissi@cnam.fr](mailto:tarek.raissi@cnam.fr)