

EDF R&D DÉPARTEMENT STEP		SUJET DE STAGE 2013
-----------------------------	---	------------------------

## « Conception et expérimentation d'une méthodologie de modélisation en fonctionnement multi-modes dans une centrale nucléaire »

### 1. Contexte

---

EDF exploite en France un parc de production composé de 58 réacteurs nucléaires, assurant 85% de la fourniture d'électricité nationale.

Au sein d'EDF R&D (division Recherche et Développement d'EDF, 2000 personnes), le département STEP (130 ingénieurs chercheurs) possède une expertise sur le fonctionnement de ces installations.

STEP développe de nouvelles méthodes pour améliorer l'exploitation des centrales existantes (principalement dans les domaines nucléaire et thermique classique), et pour effectuer les études préliminaires relatives au fonctionnement des nouveaux moyens de production (centrales solaires à concentration, centrales biomasse, réacteurs nucléaires de génération IV...): l'objectif final est d'optimiser les performances énergétiques tout en respectant la réglementation de plus en plus contraignante relative à la sûreté et au respect de l'environnement.

Pour répondre à ces enjeux techniques, STEP utilise la modélisation/simulation du fonctionnement des centrales à l'échelle système (M&S dite 0D/1D). Concernant la M&S 0D/1D, différents verrous ont été identifiés, qui sont en cours de résolution dans le projet européen ITEA2 MODRIO (<http://www.itea2.org/project/index/view/?project=10114>). Ce projet, dont EDF R&D/STEP est le leader, vise à étendre les outils de modélisation/simulation à l'échelle système de la conception vers l'exploitation en s'appuyant sur des standards ouverts (le langage de modélisation Modelica et la norme FMI d'interfaçage de codes).

L'un de ces verrous concerne la capacité à explorer par la simulation tous les modes de fonctionnement possibles d'un système (« modélisation multi-modes ») à partir d'un événement initiateur donné : par exemple basculer d'un mode de fonctionnement normal à un mode de fonctionnement incidentel suite à une défaillance sur un composant du système (p. ex. : blocage d'une vanne, défaillance d'une pompe, assèchement ou bouchage d'un tuyau, etc.).

Avec les outils actuels, il n'est en effet pas possible de commuter dynamiquement d'un mode de fonctionnement à l'autre lorsque les deux modes sont décrits par des modèles faisant intervenir des vecteurs d'état différents.

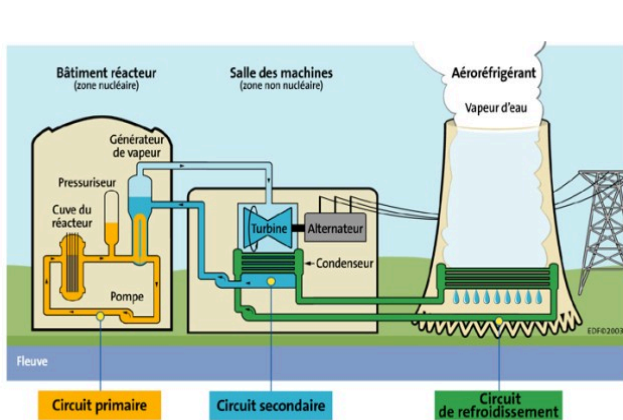
### 2. Descriptif du stage et programme de travail

---

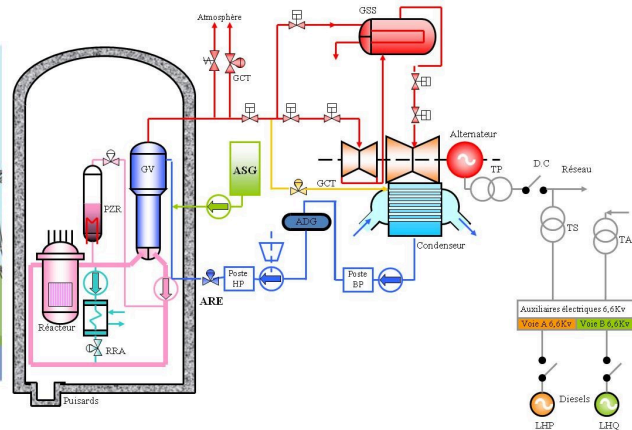
Le stage a deux objectifs :

- démarrer la construction d'un cas-test pour la résolution du verrou exposé ci-dessus,
- démarrer la réflexion sur une méthodologie pour la modélisation multi-modes en s'appuyant sur l'élaboration de ce cas-test.

Le cas-test choisi est le basculement de l'alimentation normale (ARE) vers l'alimentation de secours (ASG) des générateurs de vapeur (GV) d'une centrale à eau pressurisée (REP).



**Figure 1: vue d'ensemble d'une centrale REP**



**Figure 2: localisation du système ARE/ASG dans la centrale REP**

Le programme de travail comportera les phases suivantes :

- s'approprier le scénario de basculement ARE vers ASG,
- établir le périmètre de modélisation du cas-test,
- effectuer une modélisation préliminaire du cas-test,
- établir les prémisses d'une méthodologie pour la modélisation multi-modes.

Le scénario de basculement ARE vers ASG sera fourni et il pourra être adapté en fonction des nécessités du stage. Le périmètre du cas-test sera établi en fonction du scénario retenu.

Concernant la modélisation du cas-test, EDF R&D/STEP dispose d'une base de modèles pour les centrales REP. Cette base est développée avec l'outil ThermoSysPro, qui est une bibliothèque open source de composants Modelica (vannes, pompes, échangeurs, tubes, etc.) pour la modélisation des centrales de production d'électricité de tous types (nucléaire, thermique classique, solaire, biomasse...), développée et maintenue par le département STEP avec l'outil Dymola de Dassault-Systemes.

Le modèle du cas-test sera construit à partir de cette base. Toutefois, des composants ou circuits éventuellement manquants pourront être développés dans le cadre du stage si besoin.

Les prémisses de la méthodologie multi-modes se baseront sur les travaux effectués par Dassault-Systemes sur les machines à états hybrides (cf. <http://www.ep.liu.se/ecp/076/003/ecp12076003.pdf>), qui se poursuivent dans le cadre du WP4 (Lot 4) du projet MODRIO. Ces travaux visent à généraliser la notion d'automate à états finis aux systèmes discrets/continus.

Le stage pourra nécessiter des échanges fréquents avec l'équipe internationale du projet MODRIO.

### **3. Compétences requises/souhaitées**

---

- Physique : bonnes connaissances en thermohydraulique
- Connaissances de base sur les systèmes dynamiques (équations différentielles, automates états/transitions, systèmes à commutation...)
- Goût et aptitude à la modélisation numérique
- Rigueur, autonomie et initiative
- Esprit d'équipe (le stage nécessitera des contacts fréquents avec des experts des domaines concernés)
- Bonne pratique de l'anglais : capacité à communiquer en anglais avec l'équipe internationale du projet MODRIO, et rédiger des documents techniques en anglais

### **4. Conditions matérielles**

---

Le stage sera encadré par le groupe **P1C** (Fonctionnement et Conduite) du département STEP d'EDF R&D.

Lieu du stage : EDF R&D, 6 quai Watier, 78401 CHATOU Cedex (le site est accessible par les transports en commun : RER A, station Rueil-Malmaison, puis navette EDF).

Durée du stage : 5 à 6 mois

Type de stage : stage ingénieur de 3<sup>ème</sup> année (année de fin d'études)

Indemnité de stage : sera précisée lors des entretiens

### **5. Contacts**

---

Daniel BOUSKELA

Tél. : 01 30 87 84 64

95 99

[daniel.bouskela@edf.fr](mailto:daniel.bouskela@edf.fr)

Audrey JARDIN

Jean-Méline FAVENNEC

Tél. : 01 30 87 72 04

[audrey.jardin@edf.fr](mailto:audrey.jardin@edf.fr)

Tél : 06 80 59

[jean-melaine.favennec@edf.fr](mailto:jean-melaine.favennec@edf.fr)