



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Domaine d'application** : Etudes de sûreté des réacteurs nucléaires à eau sous pression

**Sujet** : Modélisation de la l'interaction corium-céramique

**Niveau d'études souhaité** : 3<sup>ème</sup> année école d'ingénieurs

**Durée** entre 4 et 6 mois

### **Description** :

Dans le cadre des études sur les accidents graves des réacteurs nucléaires, le CEA développe le logiciel TOLBIAC-ICB de simulation de l'interaction du corium (mélange fondu du combustible et des matériaux de structure) avec le béton du puits de cuve l'enceinte. On envisage dans certaines installations de remplacer le béton du puits de cuve par une céramique réfractaire afin de réduire la vitesse d'ablation du radier par le corium. Afin de quantifier la différence de vitesse d'ablation entre un béton classique et une céramique, il convient donc de modéliser la dissolution d'une céramique par un bain de corium.

L'objectif du stage est l'étude et l'intégration dans TOLBIAC-ICB d'un modèle de dissolution de céramique. Après une analyse et une revue critique d'un modèle existant, on définira la manière de l'adapter aux contraintes du logiciel (pas de temps, bilan de masse), avant de l'implanter et de le tester.

Le logiciel TOLBIAC-ICB est écrit en FORTRAN.

**Compétences requises** : *thermohydraulique, physico-chimie, rigueur et sens physique,*

**Contacteur**: Bertrand SPINDLER, [bertrand.spindler@cea.fr](mailto:bertrand.spindler@cea.fr)



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques  
Laboratoire de Thermohydraulique Gaz et Diphasique

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

### **Domaine d'application :**

Dans le cadre de la loi Bataille, un des axes des recherches du CEA doit permettre à terme de définir un ou plusieurs systèmes d'entreposage de combustibles irradiés à la sortie des centrales nucléaires. Les colis sont refroidis de façon passive par une circulation naturelle de l'air externe créée par son propre échauffement et la cheminée aval.

### **Sujet :**

Interprétation de la campagne d'essai VALIDA multicolis..

### **Niveau d'études souhaité :**

3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur -option hydraulique

### **Durée**

Au moins 3 mois

### **Description :**

La puissance résiduelle des colis est évacuée principalement par échange convectif mais les codes de calculs actuels représentent mal les régimes turbulents et de type convection mixte qui apparaissent. L'objectif principal des études du laboratoire sur ce sujet, est de valider ces calculs grâce à une maquette VALIDA très instrumentée et à conditions aux limites bien contrôlées. En 2005, des essais avec un seul cylindre chauffant ont été interprétés puis le cas de référence a été modélisé en utilisant les fonctionnalités du logiciel FLUENT. Cette année, on disposera d'essais réalisés en condition représentative de convection mixte et avec un réseau de 7 rangées de colis chauffants.

Le stagiaire participera à l'expérimentation et spécifiquement aux mesures de vélocimétrie laser réalisés sur la boucle dont l'objet est la qualification des modèles thermohydrauliques dans des configurations de convection mixte, caractéristiques d'un entreposage de surface, avec interaction de la convection naturelle verticale le long des colis avec l'écoulement transverse

En parallèle, le stagiaire fera une revue et une analyse des travaux antérieurs, puis il travaillera à l'interprétation des phénomènes apparus. Ensuite, en utilisant FLUENT disponible au laboratoire, une modélisation de l'expérience sera réalisée. Si besoin, on utilisera le code TRIO développé à Grenoble La géométrie sera représentée en 3D. Les modèles thermohydrauliques existants seront de nouveau évalués (komega éventuellement LES.. ).

### **Compétences requises :**

Thermique, thermohydraulique. Utilisation de logiciel mécanique des fluides souhaitée : Fluent...

### **Contacteur:**

B. DURET (CEA Grenoble/SE2T/LTGD)

[bernard.duret@cea.fr](mailto:bernard.duret@cea.fr)

Tel : 04 38 78 42 40



## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

### *Travail confié au Stagiaire*

Contexte du sujet : programme, manip, recherche ...

Travail mené à l'occasion d'un projet de développement d'un procédé industriel de production de carburants Fischer-Tropsch à partir de la biomasse sèche. Le stagiaire rejoindra une équipe d'une quinzaine de personnes réparties entre les centres de Grenoble et de Cadarache. Projet faisant l'objet d'une collaboration avec l'IFP.

Le projet repose sur trois axes principaux : évaluation de procédés, expérimentation à des fins de développement de technologies, modélisation. Le stage portera exclusivement sur le travail de modélisation physique de la gazéification à partir d'essais expérimentaux déjà réalisés.

### Sujet confié au stagiaire / objectifs du stage (à compléter si besoin est sur une feuille annexe)

Le cœur du problème est de comprendre et représenter les phénomènes physiques et chimiques de la gazéification de la biomasse sous vapeur d'eau. Pour atteindre un rendement maximal de transformation, il est nécessaire de réaliser les réactions dans les conditions les plus proches possibles de l'équilibre thermodynamique sur une plage de température allant 800°C à 1500°C, de pression allant de 1 à 10 bars et de proportion massique en eau allant de 25% à 50%. Dans la majorité des procédés, il existe un écart à l'équilibre. Il est donc nécessaire de comprendre l'origine des écarts pour tenter de les réduire au maximum dans les applications futures.

Le problème posé revient donc à comprendre et modéliser les processus cinétiques (chimiques et physiques) qui conduisent à l'équilibre recherché et déterminent les conditions optimales de la production du gaz. Cette compréhension doit permettre de proposer des réponses aux problèmes posés par les produits lourds (goudrons), aux problèmes de corrosion posés par les produits inorganiques et à la question de la gestion des cendres. In fine, elle permet de sélectionner puis de dimensionner le type de procédé le mieux adapté pour maximiser les rendements et minimiser le coût énergétique.

Le sujet proposé intervient dans la phase finale d'une thèse et d'un post-doctorat sur le sujet. Un important travail de compréhension, de formalisation et de codage a déjà été entrepris.

Il s'agit dans le sujet proposé, d'affiner une ou plusieurs parties du modèle. Il s'agira dans un premier temps pour le stagiaire de s'approprier le travail réalisé. Pour cela, il procédera en plusieurs étapes :

1. Bibliographie regroupant les principaux auteurs du domaine
2. Analyse et compréhension des hypothèses du modèle (vérification de certaines hypothèses)

Il est ensuite attendu un travail d'amélioration du modèle selon des axes à préciser après la première étape. A ce jour, les pistes d'amélioration sont

1. Propriétés du solide résiduel de gazéification en fonction des conditions opératoires (plusieurs pistes de représentations sont envisagées et entre autres, une représentation à travers les principaux éléments constitutifs de la biomasse : cellulose, hémicellulose, lignine)
2. Cinétiques de dévolatilisation du solide
3. Cinétiques des réactions en phase gaz (reformatage du CH<sub>4</sub>, réaction de shift)
4. Prise en compte des espèces C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> et C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
5. Intégration des améliorations dans le modèle numérique existant et tests.

Ce travail s'appuiera sur l'interprétation d'essais réalisés pendant la thèse et pouvant encore servir à



affiner la modélisation.

**Mettre un ordre de priorité dans la liste des spécialités jointe.**

Génie des procédés (EH)

Génie chimique (BC)

Modélisation (EG)

Thermique (EE)

Moyens informatiques mis en œuvre

Langages : macroExcel, fortran

Logiciels : Excel, Matlab

Autres moyens mis en œuvre (expériences, méthodes d'analyses, autres...)

Bibliographie, synthèse de documents

Dépouillement d'expériences

**Formation souhaitée (niveau) : DEA ou Ecole d'ingénieur en Génie Chimique, Génie des Procédés**

**Physique ou Energétique**

**Durée du stage : 6 mois**

***Niveau d'habilitation requis (voir Remarques →)***

<input checked="" type="checkbox"/> Accès Sensible	<input type="checkbox"/> Garantie de Sécurité	<input type="checkbox"/> Confidentiel Défense	<input type="checkbox"/> Secret Défense
--	---	---	---

**Accès sensible : correspond au minimum requis pour tous stagiaires**

Nom de l'ingénieur responsable :

Guillaume BOISSONNET

Tél. : 04 38 78 30 62 -

Fax : 04 38 78 52 51

E-mail : \_Guillaume.boissonnet@cea.fr



DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE

Département de technologie nucléaire

Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

### *Travail confié au Stagiaire*

Contexte du sujet : programme, manip, recherche ...

Travail mené à l'occasion d'un projet de développement d'un procédé industriel de production de carburants Fischer-Tropsch à partir de la biomasse sèche. Le stagiaire rejoindra une équipe d'une quinzaine de personnes réparties entre les centres de Grenoble et de Cadarache. Projet faisant l'objet d'une collaboration avec l'IFP.

Le projet repose sur trois axes principaux : évaluation de procédés, expérimentation à des fins de développement de technologies, modélisation. Le stage portera exclusivement sur le travail d'évaluation de procédés à l'aide d'outils numériques de simulation de procédés.

### Sujet confié au stagiaire / objectifs du stage (à compléter si besoin est sur une feuille annexe)

Le schéma général d'un procédé complet de synthèse de carburant à partir de biomasse est présenté ci-après.

- 1) Gazéification (lit fluidisé ou réacteur à flux entraîné)
- 2) Filtration et nettoyage du gaz (non représenté)
- 3) Water Gas Shift (pour ajustement du rapport H<sub>2</sub>/CO)
- 4) Réaction de synthèse
- 5) Upgrading des produits lourds (chaîne ayant un nombre de carbone supérieur à 20) et récupération des produits légers.

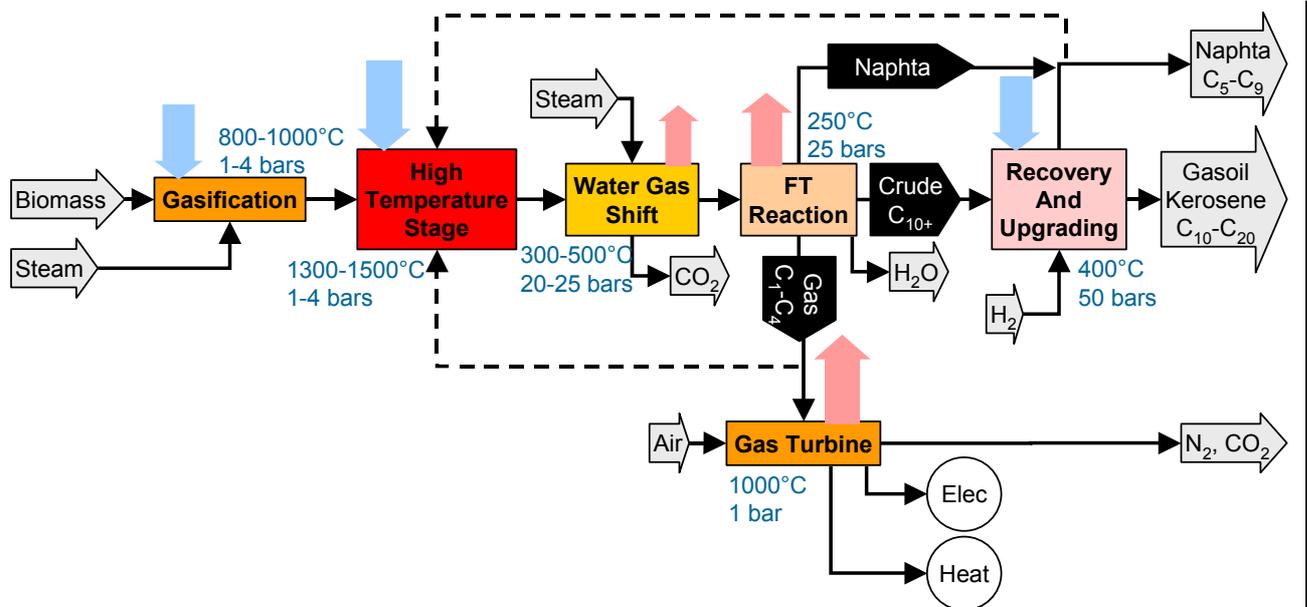
Les étapes 3 à 5 sont déjà développées et appliquées industriellement. On peut donc considérer que leurs conditions d'entrée (matière, T, P) sont fixes dans le cadre de nos études et qu'elles imposent certaines contraintes en amont (pression, température, pureté du gaz...).

Dans le cadre du projet, le CEA travaille essentiellement sur le développement des étapes 1 et 2.

La synthèse Fischer-Tropsch produit des chaînes carbonées linéaires dont la longueur suit une répartition statistique dépendant du type de catalyseur utilisé, du temps de séjour, du rapport H<sub>2</sub>/CO, de la température et de la pression. On distingue 4 familles de produits :

1. Le gaz de tête (C1 à C4)
2. Le naphta (C5 à C9)
3. Le gazole et le kérosène (C10 à C20)
4. Les lourds (C20+)

Dans le cas de la figure ci-dessous, le procédé de gazéification pris pour exemple est un procédé autothermique en lit fluidisé suivi d'un étage haute température avec apport d'énergie externe.



Le travail confié au stagiaire consistera à étudier plusieurs schémas de procédés différents, reposant sur des procédés de gazéification différents (technologies, températures et pressions différentes), ainsi que sur des options différentes en matière de :

1. préparation de la biomasse.
2. recyclage ou valorisation des sous-produits de la synthèse.
3. intégration énergétique du procédé.

Le stage se déroulera de la manière suivante:

#### A. Etude bibliographique

1. Recueil de données de procédés, à partir de la littérature
2. Reconstitution des données pour intégration dans le simulateur

#### B. Simulation

1. Comparaison des bilans à la théorie (équilibre thermodynamique)
2. Définition de schémas procédés cohérents
3. Simulation et optimisation
4. Synthèse des résultats et propositions d'amélioration du procédé

Domaines de spécialité requis :

**Mettre un ordre de priorité dans la liste des spécialités jointe.**

Génie des procédés (EH)

Génie chimique (BC)

Moyens informatiques mis en œuvre

Langages : Excel, macroExcel

Logiciels : ProsimPlus

Autres moyens mis en œuvre (expériences, méthodes d'analyses, autres...)

Bibliographie, synthèse de documents

**Formation souhaitée (niveau) : Ecole d'ingénieur en Génie Chimique ou Génie des Procédés**

**Durée du stage : 6 mois**

**Niveau d'habilitation requis (voir Remarques →)**

<input checked="" type="checkbox"/> Accès Sensible	<input type="checkbox"/> Garantie de Sécurité	<input type="checkbox"/> Confidentiel Défense	<input type="checkbox"/> Secret Défense
--	---	---	---



Nom de l'ingénieur responsable :  
Guillaume BOISSONNET  
Tél. : 04 38 78 30 62  
Fax : 4 38 78 52 51  
E-mail : [\\_Guillaume.boissonnet@cea.fr](mailto:_Guillaume.boissonnet@cea.fr)



## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

### *Travail confié au Stagiaire*

Contexte du sujet : programme, manip, recherche ...

Le sujet de stage proposé s'inscrit dans le cadre des études menées au CEA sur la valorisation énergétique de la biomasse.

Le programme BIOCARB cherche à démontrer la faisabilité de la production de carburants type diesel à partir de biomasse (essentiellement du bois) par la voie thermochimique. Ce programme s'inscrit dans le cadre des nouvelles technologies de l'énergie (NTE).

Le bois est gazéifié à la vapeur d'eau dans un réacteur type lit fluidisé et produit un gaz de synthèse contenant essentiellement CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>O. Cette gazéification s'effectue vers 900°C.

Pour des raisons de rendement et de purification, le gaz est ensuite chauffé à 1500 °C dans un étage à haute température (installation expérimentale PEGASE).

Sujet confié au stagiaire / objectifs du stage (**à compléter si besoin est sur une feuille annexe**)

Le travail confié au stagiaire consiste en l'étude de l'étanchéité d'un circuit de gaz synthèse à l'intérieur d'un four de traitement thermique à très haute température (PEGASE). Les températures d'entrée et de sortie du gaz se font à 900°C le traitement thermique à 1500°C.

Actuellement cette étanchéité (relative) est assurée par des tresses réfractaires, l'objectif étant de remplacer les différents points d'étanchéité par des liaisons plus sûres et démontables.

Dans cette étude le stagiaire sera amené à choisir les matériaux utilisés en fonction de leurs caractéristiques (tenue en température, interaction avec le gaz, conductivité thermique, coefficient de dilatation, résistance mécanique...)

L'assemblage des différentes pièces permettra d'avoir un circuit le plus étanche possible en utilisant des chemisages avec des tubes d'alumines, des collages, des emboîtements et ajustement, des liaisons métal/céramique, toute autre technique pouvant convenir.. Une estimation des fuites résiduelles pourra être calculée en fonction des conditions de fonctionnement (débit, pression, température).

En complément du sujet principal et suivant les disponibilités, le stagiaire pourra réaliser au choix:

- Une caractérisation thermique du four au niveau du circuit de gaz en régime permanent par l'évaluation des transferts de chaleur.
- Une étude comparative entre la température réelle du gaz et celle vue par les thermocouples, et confrontée aux premiers résultats de mesure.

La caractérisation thermique pourra être réalisée en s'appuyant sur l'utilisation du code de calcul ANSYS.

La présentation des différents composants de la section d'essais (calandre + parties internes) pourra être réalisée en 3D par l'utilisation du logiciel de dessin SOLIDWORKS, et importée pour les calculs ANSYS.

Domaines de spécialité requis :

**Mettre un ordre de priorité dans la liste des spécialités jointe.**

Mécanique, thermique (EE)

Matériaux (EL)

Moyens informatiques mis en œuvre

Langages : macroExcel

Logiciels : Excel, Ansys, SolidWorks

Autres moyens mis en œuvre (expériences, méthodes d'analyses, autres...)

**Formation souhaitée (niveau) : Ecole d'ingénieur en mécanique, matériaux, thermique.**

**Durée du stage : 4 à 6 mois**

**Ingénieur Responsable**

**P. Castelli**

**Tel: 04 38 78 44 89**

**Fax : 04 38 78 52 61**

**E-mail : pierre.castelli@cea.fr**



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Domaine d'application** : Etudes de sûreté des réacteurs nucléaires à eau sous pression

**Sujet** : Modélisation de l'interaction corium-béton en configuration stratifiée et validation d'un logiciel de simulation

**Niveau d'études souhaité** : 3<sup>ème</sup> année école d'ingénieurs

**Durée** entre 3 et 6 mois

### **Description** :

Dans le cadre des études des accidents graves des réacteurs nucléaires, le CEA développe le logiciel TOLBIAC-ICB de simulation de l'interaction du corium (mélange fondu du combustible et des matériaux de structure) avec le béton de l'enceinte. Le corium à haute température fait fondre le béton, dont la décomposition génère des oxydes liquides et des gaz qui traversent le bain et oxydent les métaux. L'objectif du logiciel est de prédire correctement l'évolution des compositions et de la température du bain ainsi que l'évolution des ablations radiales et axiales. On dispose des résultats d'essais d'interaction réalisés en configuration stratifiée métal-oxyde (essais BETA, essais COMET).

Dans le cadre de la validation de TOLBIAC-ICB, l'objectif du stage est la simulation des essais BETA et COMET. On s'intéressera en particulier aux modèles de coefficients d'échange de chaleur entre les couches de métal et d'oxyde et entre le bain et la paroi, à l'effet du taux de vide, aux réactions d'oxydation : analyse critique des modèles, études de sensibilité.

Le logiciel TOLBIAC-ICB est écrit en FORTRAN, mais seules des modifications simples seront à faire.

**Compétences requises** : *thermohydraulique, rigueur et sens physique, physico-chimie*

**Contacteur**: Bertrand SPINDLER, [bertrand.spindler@cea.fr](mailto:bertrand.spindler@cea.fr)

CEA DEN/DTN/SE2T/LPTM

tél: (33) 4 38 78 46 87 - secrétariat : (33) 4 38 78 39 15

fax: (33) 4 38 78 51 52

CEA Grenoble

17 rue des Martyrs

F 38054 Grenoble Cedex



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Titre: Contribution à la modélisation du relâchement gazeux du Baryum**

**Objectifs : Utiliser et améliorer les lois simples existantes. Proposer une modélisation des recondensations**

**Sujet :**

Le sujet du stage se situe dans le cadre des études de Sûreté Accidents Graves de REP (Réacteur nucléaire à Eau Pressurisée) où il est nécessaire de prédire correctement le relâchement des Produits de Fission (PF) dans les codes de calculs décrivant les situations hypothétiques d'accidents graves. La répartition entre les PFs qui passent dans le gaz et ceux qui restent en solution dans les phases condensées du corium (magma issu d'un cœur de réacteur fondu) est importante pour le gaz, en termes de conséquences radiologiques dans l'enceinte de confinement ou à l'extérieur du réacteur nucléaire. Les PFs qui ne passent pas dans le gaz peuvent, en partie, contribuer à la puissance résiduelle du bain : il est également utile d'en connaître la proportion vis à vis du refroidissement du bain de corium .

Pour évaluer cette répartition entre les PF qui passent dans le gaz et ceux qui restent en solutions dans les phases condensées, la connaissance de la pression de vapeur saturante de ces PF est nécessaire. Les nombreux éléments chimiques qui sont mis en jeu (combustible et structure : U-O-Zr-Fe ; PFs : Ba-La-Ru-Sr ; atmosphère : H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) ainsi que l'apparition de nombreuses phases solutions solides ou liquides nécessitent le recours à une base de données thermodynamiques couplée à un logiciel de calcul thermodynamique (base Nucléa et logiciel Gemini2). Les codes de calculs dits « codes scénarios », qui décrivent les situations d'Accidents Graves ne peuvent pas être couplés directement aux logiciels de calculs thermodynamiques principalement pour des raisons de temps de calculs trop longs. Il faut donc déterminer séparément les mécanismes physico-chimiques principaux qui pilotent le relâchement des PF en s'aidant des essais analytiques existants (Essais CEA Vercors) ou globaux (Essais Phébus) pour déterminer des lois de pression de vapeur saturantes simples à introduire dans les codes scénarios.

Le stage consistera à s'intéresser plus particulièrement au relâchement du baryum. Pour cela il faudra

-- Utilisation des linéarisations existantes de la pression de vapeur saturante du baryum pour recalculer les essais analytique ORNL Vercors et proposer une méthode de calcul pour reproduire partiellement certaines séquences des essais plus globaux comme Phébus FPT2.

Evaluer et proposer une modélisation des recondensations de baryum en partie froide à partir de la littérature et de la thermodynamique

- **Utiliser la base solution de Thermodata (base NUCLEA) pour reproduire les conditions de ces essais et examiner les résultats obtenus en se focalisant sur la répartition du baryum entre les phases gazeuses et condensées.**  
**Le stagiaire utilisera des outils de calculs d'équilibres thermodynamiques disponibles au laboratoire (GEMINI2, base Nucléa) ainsi que la programmation Visual Basic sous Excell.**

**CEA Grenoble**  
**17 rue des martyrs 38054 Grenoble cedex 9**  
**Defoort Françoise DTN/S2T/LPTM Tel :04 38 78 46 53 Fax : 04 38 78 52 51**  
**Francoise.defoort@cea.fr**



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Domaine d'application** : Nouvelles technologies pour l'énergie - Piles à combustible

**Sujet** : Modélisation des écoulements diphasiques gaz-eau dans les distributeurs de piles à combustible PEMFC à mousses.

**Niveau d'études souhaité** : Ingénieur (projet de fin d'études)

**Durée** : 4 à 6 mois

### **Description** :

Le fonctionnement des piles à combustible basse température est notamment influencé par les écoulements diphasiques gaz-liquide (air - eau ou hydrogène - eau) se développant dans les mousses métalliques de distribution des réactifs. Il est donc nécessaire de disposer de moyens de dimensionnement de ces distributeurs, de type milieu poreux, prenant en compte en premier lieu les aspects hydrauliques. Le caractère très appliqué des besoins conduit à privilégier, dans une première étape, la réalisation d'un outil d'aide à la conception basé sur une modélisation simplifiée des phénomènes et des milieux, mais autorisant des études paramétriques quasi-exhaustives.

Le travail demandé consistera à utiliser un outil numérique (code CEA) intégrant un modèle classique d'écoulement diphasique en milieu poreux. Il devra permettre l'analyse de sensibilité aux différentes lois régissant les écoulements diphasiques en milieu poreux. On étudiera, en particulier, les limites de la représentation granulaire.

Ce stage pourra se prolonger par un DRT visant à développer l'outil numérique permettant en particulier de modéliser plus finement l'écoulement à partir d'une représentation particulière de la structure géométrique des mousses métalliques, et à déterminer expérimentalement les lois de l'écoulement diphasique.

**Compétences requises** : hydraulique monophasique et diphasique, milieu poreux

### **Contacteur** :

Odile GERBAUX  
DEN/DTN/SE2T/LTGD  
CEA Grenoble  
17 rue des martyrs  
38054 Grenoble  
mél. : odile.gerbaux@cea.fr  
téléphone : 04 38 78 43 40



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Domaine d'application** : Etudes de sûreté des réacteurs nucléaires à eau sous pression

**Sujet** : Modélisation de la rétention du corium en cuve lors d'un accident grave de réacteur nucléaire – analyse de sensibilité à partir d'un logiciel de simulation.

**Niveau d'études souhaité** : 3<sup>ème</sup> année école d'ingénieurs

**Durée** entre 3 et 6 mois

### **Description** :

Dans le cadre des études des accidents graves des réacteurs nucléaires, le CEA développe dans le logiciel ASTEC/DIVA (développé par l'IRSN) une modélisation du comportement du corium (mélange fondu du combustible et des matériaux de structure) dans le fond de cuve d'un réacteur nucléaire. Le corium à haute température peut, suivant sa composition, se scinder en plusieurs couches du fait d'une lacune de miscibilité dans le système (U-O-Zr-Fe). L'objectif du logiciel est de prédire correctement l'évolution des compositions et de la température du bain ainsi que l'évolution de l'ablation de la cuve. Les récentes études expérimentales sur le comportement thermo-chimique des mélanges pouvant exister dans la cuve ont montré l'existence d'une configuration qui n'était généralement pas envisagée dans les scénarios d'accident grave.

Dans ce cadre, l'objectif du stage est de faire une étude bibliographique sur les transferts de chaleur dans la nouvelle configuration puis de modifier les lois d'échange de chaleur dans le logiciel si nécessaire, et d'utiliser le logiciel afin de contrôler les résultats obtenus et de faire des analyses de sensibilité.

Le logiciel ASTEC/DIVA est écrit en FORTRAN, mais seules des modifications simples seront à faire.

**Compétences requises** : thermohydraulique, rigueur et sens physique, physico-chimie

**Contacteur**: Gilles RATEL, gilles.ratel@cea.fr



**DIRECTION ENERGIE NUCLEAIRE**  
Département de technologie nucléaire  
Service d'études thermohydrauliques et technologiques

## PROPOSITION DE STAGE DE SCOLARITE

au CEA/Grenoble

**Domaine d'application** : Etudes de sûreté des réacteurs nucléaires à eau sous pression

**Sujet** : Modélisation de l'interaction corium-béton en configuration stratifiée et validation d'un logiciel de simulation

**Niveau d'études souhaité** : 3<sup>ème</sup> année école d'ingénieurs

**Durée** entre 3 et 6 mois

### **Description** :

Dans le cadre des études des accidents graves des réacteurs nucléaires, le CEA développe le logiciel TOLBIAC-ICB de simulation de l'interaction du corium (mélange fondu du combustible et des matériaux de structure) avec le béton de l'enceinte. Le corium à haute température fait fondre le béton, dont la décomposition génère des oxydes liquides et des gaz qui traversent le bain et oxydent les métaux. L'objectif du logiciel est de prédire correctement l'évolution des compositions et de la température du bain ainsi que l'évolution des ablations radiales et axiales. On dispose des résultats d'essais d'interaction réalisés en configuration stratifiée métal-oxyde (essais BETA, essais COMET).

Dans le cadre de la validation de TOLBIAC-ICB, l'objectif du stage est la simulation des essais BETA et COMET. On s'intéressera en particulier aux modèles de coefficients d'échange de chaleur entre les couches de métal et d'oxyde et entre le bain et la paroi, à l'effet du taux de vide, aux réactions d'oxydation : analyse critique des modèles, études de sensibilité.

Le logiciel TOLBIAC-ICB est écrit en FORTRAN, mais seules des modifications simples seront à faire.

**Compétences requises** : *thermohydraulique, rigueur et sens physique, physico-chimie*

**Contacteur**: Bertrand SPINDLER, [bertrand.spindler@cea.fr](mailto:bertrand.spindler@cea.fr)