

Date : 9 avril 2010

Note de (*Note from*) : J. PERISSE

Pour (*to*) : J.-P. JEANNOT (CEA Cadarache)

Copie (*Copy*) : A. GERBER, J.-R. MACE, M. MOUSSAVI, E. BREUIL

N° NEEL-F.NT.10.0061

Objet (*Subject*) : Sujet de thèse

Détection acoustique de fuite : apports de la modélisation physique et des méthodes de détection ; application au générateur de vapeur d'un réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium

Ce sujet de recherche se situe dans le cadre des travaux de R&D en cours pour les concepts de réacteurs dits de quatrième génération, en particulier les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium (*Sodium Fast Reactor : SFR*). Cette technologie de réacteur présente de très bonnes propriétés d'utilisation des ressources naturelles, régénération du plutonium et transmutation des déchets radioactifs à vie longue, et a déjà démontré sa faisabilité à l'échelle industrielle, mais il demeure des enjeux de recherches importants en particulier sur la démonstration de l'amélioration de la sûreté. Un des sujets d'intérêt à prendre en considération dans la conception du réacteur, concerne le cas d'une fuite d'eau (eau sous pression à l'intérieur de tubes) dans le sodium du générateur de vapeur. Le danger induit par cet accident est lié au caractère exothermique de la réaction sodium/eau et à ses conséquences, en particulier l'érosion qui peut se produire sur les tubes adjacents par effet de jet (effet dit « *wastage* »). Ce scénario peut conduire à la rupture subite de plusieurs tubes et à une augmentation très importante de la pression induite dans la boucle secondaire en sodium. Tout contact entre du sodium et de l'eau doit donc être détecté rapidement.

L'objectif des systèmes de détection de fuite est de détecter dans un temps très court toute fuite d'eau dans le générateur de vapeur afin de prévenir tout dommage de la boucle secondaire et en particulier de l'échangeur intermédiaire sodium/sodium immergé dans la cuve principale du réacteur. Les capacités de tenue de cet échangeur intermédiaire (barrière primaire/secondaire) et de la boucle secondaire dans son ensemble (vis-à-vis du risque de réaction sodium/eau/air, y compris les grands feux sodium) participent à la démonstration de sûreté du réacteur.

Un autre objectif important pour l'exploitant est de disposer d'une bonne disponibilité de la centrale. Le scénario type considéré est la détection de l'évolution d'une micro-fuite (taille inférieure à 0,1 mm) vers une fuite dite « primaire » (taille entre 0,1 et 1 mm et débit supérieur à 1 g/s) en une dizaine de secondes. Néanmoins, la détection anticipée d'une micro-fuite est préférable mais nécessite de mettre en œuvre de nouvelles méthodes de détection. Parmi les différentes méthodes de détection de fuite, la

Ref. NEEL-F.NT.10.0061	Sujet de thèse CEA-AREVA	Page : 1/2
Auteur (<i>Author</i>) : J. PERISSE		

détection acoustique est une des méthodes classiquement déployée mais cependant rarement exploitée malgré des propriétés intéressantes en termes de temps de réponse. Ce type de méthode a été testée sur des réacteurs au sodium mais son utilisation n'est pas encore arrivée à maturité industrielle (non maîtrise du taux de fausse-alarmes). La méthode peut être passive (écoute du bruit de la fuite et détection) ou active (émission d'un signal et analyse du signal reçu sur plusieurs capteurs).

Le sujet de thèse proposé concerne l'étude des phénomènes acoustiques liés d'une part aux mécanismes de propagation des défauts dans la paroi du tube ainsi qu'aux phénomènes liés à la réaction sodium-eau (« self-wastage », émission des ondes acoustiques, propagation) et d'autre part aux méthodes de mesure et de traitement associées pour la détection de la fuite. L'approche proposée est double. D'une part, théorique pour la modélisation du bruit de la fuite (terme « source »), incluant les mécanismes liés à la fissuration, les phénomènes physico-chimiques et la propagation dans le milieu fluide (dépendant du niveau de fuite) et solide (couplage fluide-structure). D'autre part, expérimental par la mise en œuvre d'essais sur maquettes de laboratoire et sur boucles en sodium pour d'une part confirmer les études théoriques (analyse de sensibilité paramétrique) et d'autre part tester le bien-fondé des méthodes de détection et les choix d'instrumentation.

Ce travail s'appuiera d'une part sur les essais réalisés sur les réacteurs Phénix et Superphénix, pour ces deux réacteurs équipés soit d'une détection passive (cas de Phénix) soit d'une détection passive et active (cas de Superphénix) et d'autre part sur les études faites pour le projet de réacteur rapide européen (EFR). Ces précédents travaux ont permis de vérifier que la détection acoustique passive ou active pouvait avoir une sensibilité suffisante pour détecter une fuite de 1 g/s en un temps inférieur à 10 secondes dans le cas d'utilisation de capteurs munis de guides d'ondes, de réaliser une étude théorique de la transmission du son à travers la virole du GV et d'étudier les algorithmes de traitement pour distinguer un signal caractéristique d'une fuite (l'objectif étant la limitation de l'occurrence d'apparition de fausses alarmes). En revanche, la forme du signal acoustique source à détecter n'est pas correctement connue et constitue un verrou pour l'amélioration de l'instrumentation.

Ce travail de thèse a pour enjeux majeur d'une part de réaliser la description théorique des phénomènes acoustiques provoqués par une fuite d'un tube vapeur dont la conséquence est une réaction sodium-eau, dans le but d'identifier le moyen de détection le mieux adapté à mettre en œuvre pour obtenir au minimum les contraintes fixées par les études EFR en terme de sensibilité, de fausses alarmes et de temps de réponse.

Ce travail de recherche s'articulera autour de trois acteurs complémentaires : Areva en tant que spécificateur du besoin et concepteur des générateurs de vapeurs, CEA en tant qu'expert de la physico-chimie du sodium et de la mise en œuvre d'essais représentatifs sur boucle et porteur d'études pour l'innovation de l'instrumentation nécessaire aux SFR, le laboratoire en tant que spécialiste de la modélisation des ondes acoustiques et de leur propagation en milieu complexe.

Partenaires de la thèse :

- CEA Cadarache DTN/STPA/LIET : moyens expérimentaux en sodium (boucles d'essais), expertise physico-chimie réaction sodium eau.
- Laboratoire universitaire : LVA (laboratoire vibrations-acoustique), INSA de Lyon (modélisation acoustique, propagation d'onde en milieu complexe, traitement du signal).
- Areva NP, Equipment Engineering Division : expertise en conception des générateurs de vapeur, expertise en mesure et détection (base de données et retour d'expérience), mise en œuvre d'essais sur maquette.

Contact :

Jocelyn PÉRISSE Tel : +33 (0) 472 747 309 Cell : +33 (0) 687 417 425

E-mail : jocelyn.perisse@areva.com

Ref. NEEL-F.NT.10.0061	Sujet de thèse CEA-AREVA	Page : 2/2
Auteur (Author) : J. PERISSE		