

ANALYSE DE L'ENDOMMAGEMENT PAR FATIGUE / FLUAGE DES COLLECTEURS DE CENTRALE THERMIQUE À FLAMME

F. Meissonnier (EDF R&D, Département AMA)

Contexte

Les principaux enjeux auxquels est confronté le Groupe EDF dans le domaine du thermique à flamme concernent l'exploitation optimale du parc existant en vue de réduire les coûts de production et de maintenance ainsi que la maîtrise technique des critères de dimensionnement. Pour concourir à ces enjeux, une démarche originale qui consiste à se positionner en tant qu'architecte intégrateur des moyens de production est adoptée afin d'apporter des réponses technico-économiques optimisées aux besoins du producteur. Cette démarche vise en particulier à améliorer les outils d'estimation de la durée de vie des composants critiques des centrales thermiques.

Un des composants critiques étudié dans ce travail est le collecteur du surchauffeur haute température. Ce type de collecteur est soumis à de la fatigue thermomécanique en raison des cycles d'exploitation de la centrale mais aussi à des problèmes de tenue en fluage en raison des niveaux de contraintes et de températures atteints en phase d'exploitation.

L'étude

L'étude consiste à évaluer l'impact de certains paramètres de conception des collecteurs sur leur durée de vie, notamment l'influence de l'épaisseur des parois du collecteur sur son comportement thermomécanique en fatigue oligocyclique et/ou en fluage. Elle s'appuie sur l'utilisation des techniques de modélisation par éléments finis et a été effectuée avec *Code_Aster*.

Les calculs par éléments finis sont réalisés sur une conception de collecteur identique à celle du collecteur de la centrale thermique de Champagne-sur-Oise et sur une conception modifiée caractérisée par une diminution de l'épaisseur des parois de 20%.

Les conditions de fonctionnement utilisées correspondent aux transitoires les plus nocifs vus et mesurés sur le collecteur de Champagne-sur-Oise (essentiellement des cycles de désurchauffe). Il s'agit de cycles à faible nombre d'occurrences mais à forte amplitude (gradient de $-38^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ pendant 5 mn) intervenant généralement après la phase de démarrage. La désurchauffe consiste à des injections d'eau froide dans les deux conduites croisées reliant le collecteur de sortie des surchauffeurs primaires au collecteur d'entrée des surchauffeurs secondaires et a pour but de réguler la température de vapeur surchauffée autour de 565°C .

Calculs et développements

Le calcul du comportement du collecteur au cours d'un cycle de désurchauffe nécessite l'utilisation d'un modèle permettant de rendre compte les phénomènes liés à la fatigue thermomécanique et au fluage. Pour cela *Code_Aster* a été enrichi d'une nouvelle relation de comportement élastoviscoplastique de type Chaboche à deux écrouissages cinématiques et un écrouissage isotrope non-linéaires (VISC_CIN2_CHAB). L'identification de la loi de comportement sur l'acier désignation 10CD9-10 du collecteur étudié a été effectuée avec la macro-commande MACR_RECAL récemment mise en service dans *Code_Aster* et comparée avec succès à une identification effectuée via SIDOLO par le département MMC.

La modélisation prend en compte les principaux chargements et conditions aux limites que peut subir un collecteur : pression vapeur à l'intérieur des nipples et du collecteur, conditions d'échange thermique en peau interne et externe. Le maillage éléments finis comporte 14286 nœuds (42858

Recherche
& Développement



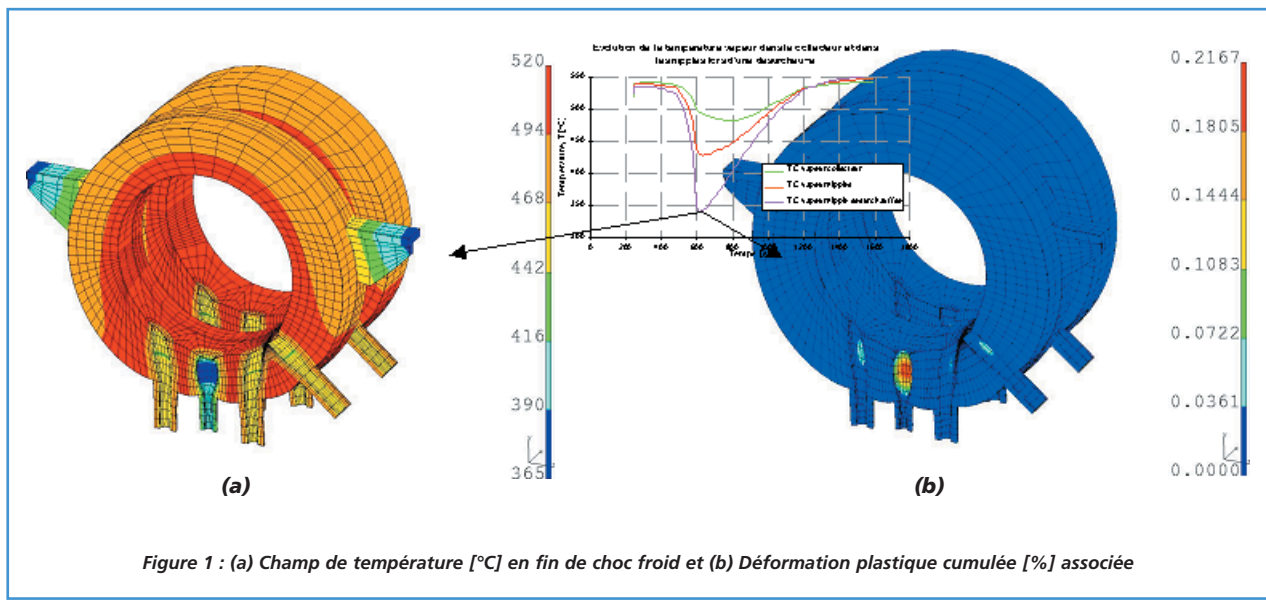


Figure 1 : (a) Champ de température [°C] en fin de choc froid et (b) Déformation plastique cumulée [%] associée

degrés de liberté) et 17364 éléments quadratiques (10930 hexaèdres et 6434 éléments peaux pour l'application des conditions aux limites).

Les prédictions montrent qu'au cours du cycle de désurchauffe, la nippes centrale est soumise à un fort gradient thermique dû à l'injection d'eau de désurchauffe (figure 1a) et que cette nippes présente des problèmes de fatigue thermique : l'endommagement par fatigue est essentiellement confiné dans la zone présentant le gradient thermique le plus sévère (figure 1b).

Des calculs identiques menés sur la conception modifiée montrent que l'endommagement par fatigue est moindre lorsque l'épaisseur de paroi collecteur est moindre (graphe 2).

Etude en cours

L'étape suivante consiste à prendre en compte l'endommagement par fluage. Pour cela les résultats des calculs élastoviscoplastiques sont exploités pour les deux types de conceptions étudiées de façon à dégager les gains ou pertes en terme de dommage par fluage. L'utilisation d'un modèle non-linéaire d'interaction fatigue-fluage permet ensuite d'évaluer avec un certain degré de confiance la durée de vie d'un collecteur sous des chargements types.

Ces calculs sont ensuite analysés afin d'établir quels sont les modes de dégradations privilégiés et les limites d'exploitation associées. Ils sont traités de manière générique et permettent de dresser les premières conclusions quant à la pertinence de la prise en compte ou non de l'interaction fatigue-fluage dans les calculs de durée de vie.

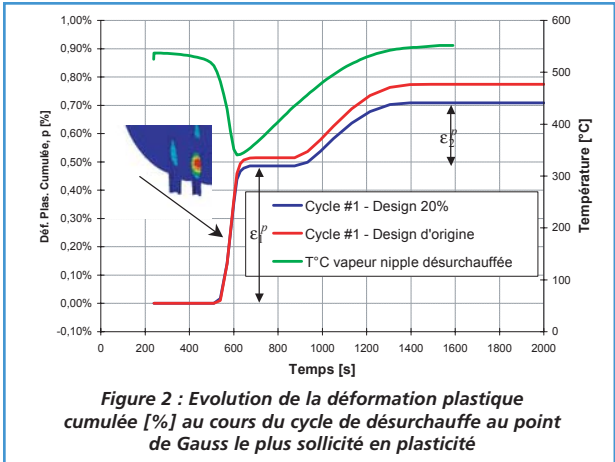


Figure 2 : Evolution de la déformation plastique cumulée [%] au cours du cycle de désurchauffe au point de Gauss le plus sollicité en plasticité