

Justification de la peau métallique des enceintes des paliers REP 900 MWe.

Y. Mézière, B. Masson (EDF-DIN-SEPTEN).

Introduction

Cette étude industrielle mettant en oeuvre le *Code_Aster* est relative à la peau métallique (zone courante & traversées) qui assure la fonction confinement des enceintes simple paroi du palier 900 MWe. La peau métallique proprement dite est constituée de tôles soudées bout à bout et ancrées dans la paroi en béton par des cornières continues et des goujons uniformément répartis.

Les traversées étudiées sont constituées d'un fourreau, de la peau avoisinante et éventuellement d'un renfort assurant la liaison avec la peau. Pour les traversées sans renfort, la peau est directement soudée au fourreau.

La peau est soumise en fonctionnement normal à une précontrainte biaxiale de compression qui peut la faire cloquer. En situation d'épreuve, la pression tend à la plaquer sur la paroi en béton tandis qu'en situation accidentelle (APRP), de la compétition entre la thermique et la pression résulte son comportement (plaqué ou non sur la paroi en béton).

Les traversées sont soumises en plus aux efforts qui proviennent de la tuyauterie.

Les calculs réalisés ont porté sur :

- la détermination du domaine de non flambage de la peau métallique,
- l'analyse spécifique du comportement de la peau métallique prenant en compte le cloquage initié par un défaut de forme,
- l'analyse du comportement de traversées représentatives prenant éventuellement en compte le cloquage de la peau avoisinante.

Domaine de non-flambage d'une maille élémentaire

Le flambage de la peau métallique peut se produire selon une bande verticale, une bande horizontale ou une zone carrée située entre deux lignes de goujons ou quatre goujons. En dehors de ces zones la peau reste plane (plaquée à la paroi en béton dont la courbure est négligée). Un calcul direct de la charge critique ne conduit pas au bon mode de flambage car celui-ci ne peut se produire que dans une seule direction du fait de la présence de la paroi en béton sur laquelle la peau peut se mettre en appui. Pour résoudre ce problème, des conditions aux limites adaptées sont introduites. La peau métallique est modélisée par des éléments de coques minces à 9 nœuds, éléments bien adaptés au calcul des charges critiques. Sur les bords du modèle le déplacement hors plan U_z est imposé nul ainsi que les rotations. Pour induire un flambement dans la seule direction $U_z > 0$, les rotations sont imposées nulles sur certaines lignes situées entre un goujon (modélisé par un point avec $U_z = 0$) et le bord du modèle (figures 1 et 2).

En fonction de la valeur respective des déformations de compression imposées dans les direction x et y, on obtient tous les modes de flambement possibles (bande verticale, bande horizontale, zone carrée). Les charges critiques associées permettent de définir le domaine de non flambage de la maille élémentaire.

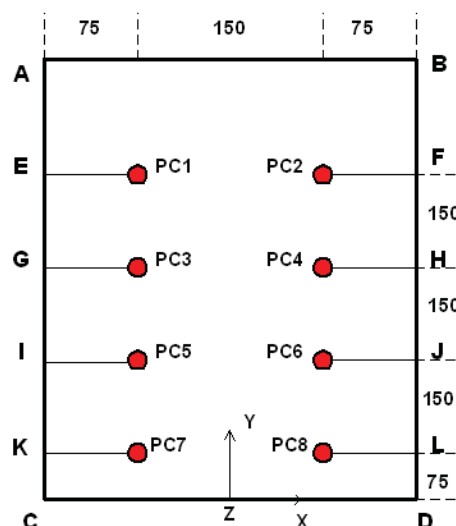


Figure 1 : Conditions aux limites

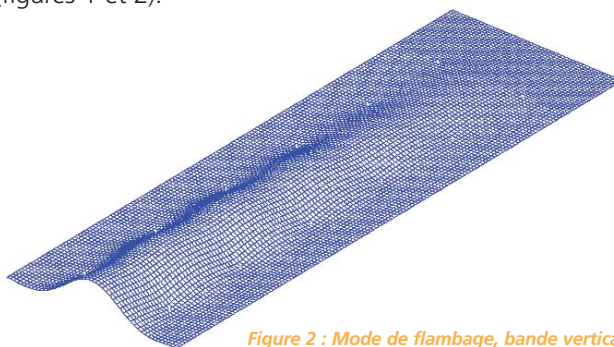


Figure 2 : Mode de flambage, bande verticale



R & D

EDF
Electricité de France

Quand votre monde s'éclaire

Justification de la peau métallique des enceintes des paliers REP 900 MWe.

Y. Mézière, B. Masson (EDF-DIN-SEPTEN).

Cloquage de la peau

Pour un point de fonctionnement donné (ϵ_{xx} , ϵ_{yy}), le cloquage de la peau est initié par un défaut de forme proportionnel au mode de flambage. La zone étudiée comporte la peau métallique et le béton sur lequel elle s'appuie. Elle est modélisée par des éléments volumiques (hexaèdres à 8 nœuds) et des éléments de surface à 4 nœuds ; seuls éléments permettant de prendre en compte le contact entre la peau et le béton. Les différents modèles comprennent entre 15000 à 20000 nœuds et 13000 à 16000 éléments. Le comportement de la peau métallique est élasto-plastique isotrope non-linéaire défini par une courbe de traction. Les déformations sont celles de Green-Lagrange ce qui permet de modéliser le cloquage (grands déplacements, grandes rotations). Le béton est supposé rester élastique. Des conditions de contact sont introduites entre la peau et le béton. Le problème est ainsi fortement non-linéaire. La convergence est assurée avec des temps calculs élevés du fait du contact à prendre en compte (figure 3). L'analyse des déformations et des efforts dans les goujons permet de conclure au maintien de l'intégrité de la peau métallique en zone courante en toutes situations à minima jusqu'à 40 ans.

Traversées

Le modèle volumique mis en œuvre pour l'analyse du comportement des

traversées est identique à celui du cloquage de la peau. Il comprend la paroi béton, la peau, le renfort d'ouverture lorsqu'il existe, le fourreau de la traversée (dépassement dans l'enceinte et partie noyée dans le béton), les goujons qui lient ponctuellement la peau au béton.

Le fourreau et le béton sont adhérents (nœuds communs sur toute l'interface fourreau-béton). La peau n'est pas adhérente au béton (sauf ponctuellement au niveau des goujons). Des conditions de contact sont prises en compte entre la peau et le béton. Un torseur d'effort enveloppe est imposé au fourreau (figure 4).

Le dépouillement des résultats est réalisé à partir des déformations totales des éléments aux nœuds. Les calculs confirment le dimensionnement d'origine. L'intégrité de la peau dans la zone des traversées est garantie, en particulier :

- la tenue mécanique du fourreau,
- la tenue mécanique du renfort d'ouverture et de la peau,
- la tenue de la liaison peau/fourreau ou renfort/fourreau.

L'étude met en évidence la contribution majeure des efforts transmis par la tuyauterie sur les déformations du fourreau et du renfort. A contrario, les efforts dus au retrait et au fluage ne sont pas prépondérants dans ces zones.

L'analyse en situation dégradée (un goujon rompu) a permis de montrer que le champ de déformations au niveau de la liaison avec le fourreau n'est pas modifié de façon notable (figure 5). ■

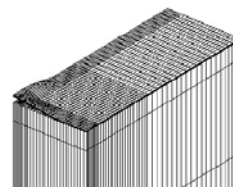


Figure 3 : Cloquage d'une zone carrée

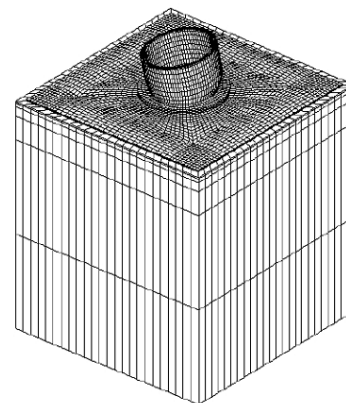


Figure 4 : Déformation globale de la traversée

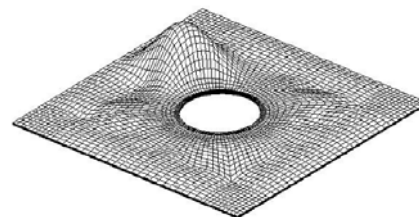


Figure 5 : Déformation de la peau avec un goujon rompu