

Faisabilité d'un calcul 3D de tour aéroréfrigérante.

N. Barnel, Th. Lassabatère, I. Petre-Lazar (EDF R&D, Dépt MMC)

Le calcul que nous proposons s'intègre dans le cadre du projet DURO-GC (DUrabilité et Réparation des Ouvrages de Génie Civil en béton). Plus précisément, il s'inscrit dans la thématique du vieillissement des coques en béton des aéroréfrigérants. L'objectif principal d'EDF R&D sur cette thématique est de proposer une méthodologie de calcul qui prenne en compte les mécanismes de vieillissement de la coque en béton armé. Comme première étape pour aboutir à cette méthodologie on propose de démontrer la faisabilité d'un calcul de tour sur une géométrie 3D déformée avec les outils existants à EDF.

Options de modélisation testées

Différents choix de modélisation sont comparés, voire testés. Ils concernent la représentation du voile de béton, des nappes d'armatures externes et internes, du supportage et de la base des étriers du linteau. Pour le voile de béton, une géométrie 3D d'éléments massifs a été préférée à une géométrie d'éléments surfaciques (type plaques et coques). Ces derniers entraînaient des convergences plus lentes. Le comportement du béton suit une loi de Mazars. Pour les armatures, on opte pour des grilles supportées par des éléments plaques excentrés des parois du voile. Ces éléments sont particulièrement adaptés pour représenter les nappes de ferrailage composées de réseaux d'armatures métalliques perpendiculaires.

Le comportement associé est élasto-plastique à écrouissage isotrope. Le supportage et la base des étriers du linteau sont modélisés à l'aide de poutres et de barres. Pour ces deux éléments, le comportement est supposé élastique.

L'originalité du calcul réside dans le choix des éléments représentant les aciers. Techniquement, les nœuds support du maillage des nappes d'armatures sont confondus avec des nœuds à la surface du voile. L'élément support de la modélisation grille dans *Code_Aster* est la plaque DKT supportée par des mailles triangulaires à trois nœuds. La surface externe (ou interne) du voile de béton est associée à des quadrilatères à quatre ou huit nœuds. Pour créer la surface d'éléments triangulaires nécessaire, on utilise l'opérateur `CREA_MALLAGE` de *Code_Aster*. Il permet d'une part de dupliquer les mailles quadrilatères à la surface du voile, afin de préserver le maillage associé au béton, sans créer de nœuds supplémentaires. Il permet

d'autre part de scinder les quadrilatères dupliqués en triangles à trois nœuds, auxquels on affectera des éléments DKT et une modélisation grille.

Calcul réalisé

Le calcul proposé se base sur une géométrie 3D déformée d'un aéroréfrigérant du parc, obtenue à partir de mesures photogrammétriques réalisées en 2003 (figure 1).

La densité des aciers dans le voile est déterminée à partir des plans d'armatures de l'aéroréfrigérant choisi. Les données concernant les matériaux sont issues de précédents calculs sur les aéroréfrigérants, ou de valeurs choisies parmi les cas tests de validation du *Code_Aster*, les plus proches possible du calcul réalisé (tableau 1). Le chargement comprend trois sollicitations : la gravité, le vent et le gradient de température entre les parois internes et externes de l'aéroréfrigérant.

paramètres élastiques du béton				Paramètres de la loi de Mazars (béton)					
E	ν	ρ	α	ϵ_{a0}	A_c	A_t	B_c	B_t	β
37,6 GPa	0,2	2500 kg.m ⁻³	1,45 10 ⁻⁵ °C ⁻¹	9,375 10 ⁻⁴	1,15	1391,3	0,8	10 ⁴	1,06
paramètres élastiques des aciers				paramètres plastiques des aciers					
E	ν	ρ	α	σ_y		E_t			
200 GPa	0,3	7850 kg.m ⁻³	10 ⁻⁵ °C ⁻¹	0,2 GPa		20 Gpa			

Tableau 1 : Données matériaux



R & D

EDF
Electricité
de France

Quand votre monde s'éclaire

Faisabilité d'un calcul 3D de tour aéroréfrigérante

N. Barnel, Th. Lassabatère, I. Petre-Lazar (EDF R&D, Dépt MMC)



Figure 1 : Maillage déformé (déformations exagérées 30 fois) d'un aéroréfrigérant du parc - 70668 nœuds

Physiquement, le gradient thermique, contrairement au vent, semble pouvoir générer un endommagement généralisé de la coque de l'aéroréfrigérant, en corrélation avec les déformations observées. L'amplitude du vent peut conduire à une fragilisation des appuis de la coque sur le supportage dans les zones endommagées. La géométrie de l'ouvrage et la zonation des aciers sont deux facteurs importants pour localiser les zones qui induisent la ruine potentielle de l'ouvrage. (Cf. figure 2).

A court terme, l'identification des mécanismes de vieillissement prioritaires doit permettre d'affiner le choix des données matériaux (en particulier le seuil d'endommagement du béton) et de proposer une combinaison de chargements pertinente pour caractériser l'évolution de l'ouvrage.

L'étude de l'impact des sollicitations thermo-hydrauliques sur le vieillissement de la coque sera ensuite envisagée ainsi qu'une discussion sur les modes de ruine éventuels de la structure. La synthèse des travaux engagés permettra de formuler une proposition concrète de méthodologie de calcul, qui aboutira à l'horizon 2005, sur la réalisation d'un calcul qui prenne en compte le vieillissement de l'aéroréfrigérant. ■

Interprétation des résultats

Numériquement, le calcul proposé, ainsi qu'un calcul annexe dont le seuil d'endommagement est plus strict, convergent jusqu'à ce que l'endommagement du béton atteigne localement 1. L'emploi de la version non locale du modèle de Mazars permet de poursuivre les calculs pour des combinaisons de chargement plus pénalisantes, mais cela reste une solution coûteuse en taille mémoire et en temps de calcul. Une plastification des nappes d'armatures, y compris sur de larges zones de la coque, ne semble pas poser de problème numérique majeur même si la convergence est un assez lente.

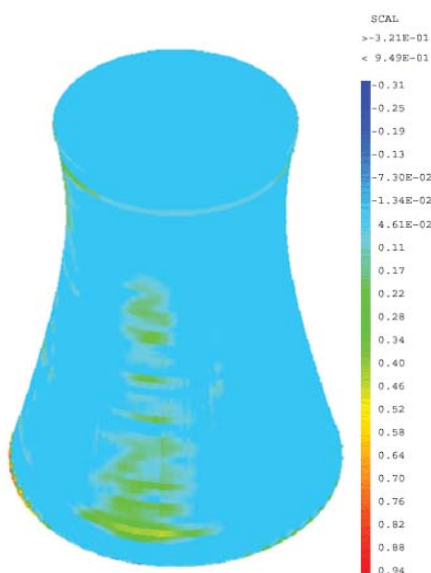


Figure 2 : Niveau d'endommagement sous (poids propre + gradient thermique +3*vent normal)