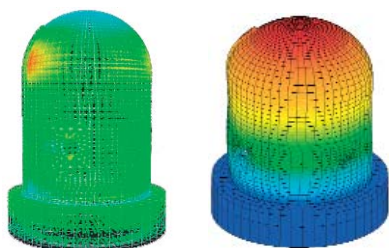


Dans la prévision et la maîtrise de la tenue mécanique des structures de génie civil de production d'électricité, comme les 58 enceintes de confinement et les 28 aéroréfrigérants des centrales nucléaires, ou bien les 213 barrages, les préoccupations EDF de sûreté des installations sont dominantes. Le positionnement résolu de *Code_Aster* sur la modélisation non linéaire du béton armé précontraint permet d'envisager sereinement un suivi numérique dans le temps de tels ouvrages.

Evaluer la durée de vie d'une structure en béton, anticiper et remédier à ses défauts requièrent la connaissance de son état au jeune âge ou à un instant donné. D'où l'intérêt de la diversité des modélisations béton, des méthodologies d'études réalisables et de leurs validations expérimentales : thermo-hydratation, séchage, retrait, fissuration, endommagement, fluage, effet des armatures actives et passives. Outre la tenue physique, les problématiques à couvrir sont vastes ; par exemple, l'étanchéité des enceintes béton de confinement des centrales nucléaires, leurs déformations dans le temps. Mais aussi les effets des chargements accidentels comme le séisme, la perte de réfrigérant primaire ou le choc de projectiles.

Comportement physico-mécanique du béton

Les évolutions des propriétés du béton sont traitées par des modèles de thermo-hydratation et de séchage associés (Granger, Bazant, Mensi...). Les opérateurs *Aster* calculent le retrait du béton au jeune âge à partir des variations de l'hydratation et le retrait de dessiccation *via* un calcul de séchage. Pour le fluage propre, deux modèles sont disponibles : Granger et UMLV biaxial. Quant au fluage de dessiccation intrinsèque, phénomène à long terme sous l'effet du chargement mécanique, *Code_Aster* propose le modèle de Bazant.



Maquette SANDIA d'enceinte : déformée sous poids propre et précontrainte et contraintes radiales aux points de Gauss.

Modèles non linéaires

Le modèle de Laborderie (uniaxial, porté par des éléments finis de poutres multifibre) couvre bien les analyses statiques ou à comportement sismique car il tient compte des dégradations dissociées en traction et en compression, ainsi que l'ouverture-refermeture des fissures. En 2D et 3D, le modèle DDP (Double Drücker Prager) isotrope élastoplastique adoucissant distingue la traction de la compression. La réponse *Code_Aster* à la simulation du couplage fluage-fissuration, cause de la rupture potentielle prématurée des structures, est l'emploi couplé des modèles de Granger et du DDP. Pour suivre l'endommagement par fissuration du béton, les modèles 3D de Badel (ENDO_ISOT_BETON), de Godard (ENDO_ORTH_BETON) et de Mazars sont utilisables en formulation locale ou non. Et en cas de convergence lente, il désormais possible de recourir à la matrice sécante de rigidité au lieu des matrices élastiques ou tangentées.

Béton armé et précontraint

Les armatures du béton sont modélisées par des éléments finis de barres ou de grilles orthotropes excentrées pour les nappes de treillis soudés. *Code_Aster* tire de ce type d'éléments simplicité de maillage et faible nombre de noeuds. La loi non linéaire de Pinto-Menegotto simule les mécanismes de plastification, d'écrouissage non linéaire et de flambement ; ce dernier étant décrit de façon phénoménologique. Dans la modélisation des ouvrages en béton précontraint, en dissociant le maillage des câbles de précontrainte de celui du béton traversé, on décrit mieux les sollicitations selon les règles du BPEL (Béton Précontraint aux Etats Limites). Pour des structures fortement "encablées" comme les enceintes de confinement, on accède ainsi aux effets de la tension des câbles sur les déformations de la structure.

Des développements récents facilitent la modélisation de cette précontrainte. *CALC_PRECONT* permet ainsi d'appliquer la tension dans les câbles et de la retrouver de manière effective en sortie du calcul. Cette tension peut s'appliquer de manière progressive et différenciée, câble par câble.

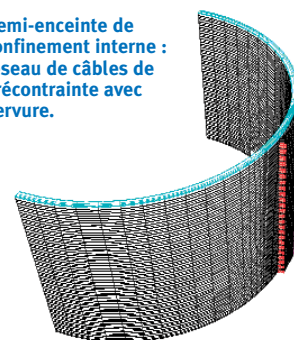
Dans les zones d'ancrages, le poinçonnement donne lieu à des niveaux de contraintes irréalistes. Avec la nouvelle option *CONE* de *DEFI_CABLE_BP*, l'utilisateur peut définir un volume de béton rigidifié, représentant le cône d'évanouissement qui n'est généralement pas présent dans le maillage. Ceci afin de répartir les efforts sur plusieurs noeuds du béton et, ainsi, de garantir une solution élément fini plus correcte.

CALC_PRECONT : phasage de câbles sur une poutre modèle.

→ Un nouveau modèle de fluage...

... 3D du béton (BETON_UMLV_FD) permet de prendre en compte les déformations dues aux différents retraits (endogène, thermique et de dessiccation) et du fluage de dessiccation.

Demi-enceinte de confinement interne : réseau de câbles de précontrainte avec nervure.



→ La modélisation des nappes d'armature...

... est facilitée par l'introduction d'un nouvel élément, dit *GRILLE_MEMBRANE*, qui vient compléter les traditionnels *BARRE* et *GRILLE*. Cet élément 2D plaque travaille en unidirectionnel (2 éléments superposés sont nécessaires pour décrire une nappe de treillis) et ne possède pas de rigidité de flexion.

→ Liaison acier béton

Le comportement d'une structure en béton armé est déterminé par ses composants, mais aussi par leurs interactions. Le catalogue des modèles décrivant le béton et l'acier est complété par celui de la liaison acier-béton, *JOINT_BA*. Disponible en 2D, il décrit le mécanisme de rupture des liaisons chimiques, l'écrasement du béton et son glissement relatif autour des armatures. Toutes choses essentielles à la prédiction des zones de fissuration.

