

# MODÉLISATION DE LA CALIBRATION DES CAPTEURS DE TENEUR EN EAU DE L'EPR FLAMANVILLE 3

F. Zegrari (EDF / DIN / CEIDRE); T. Clauzon (EDF / DPIH / DTG)

## CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MODÉLISATION

La plupart des phénomènes intéressants le vieillissement des ouvrages en béton dépendent de la quantité d'eau présente dans le matériau: retrait, fluage, réactions de gonflement internes (RSI et RAG) ou corrosion des armatures, pour ne citer que les plus connus. Une connaissance précise de la teneur en eau à un instant donné permet de mieux prédire la teneur en eau à un instant ultérieur et donc mieux prédire l'état mécanique de l'ouvrage à différents âges de la structure.

La méthode TDR (Time Domain Reflectometry) se fonde sur la dépendance de la permittivité relative d'un milieu poreux et l'eau qu'il contient. Celle-ci est calculée à partir du temps de parcours de l'onde électromagnétique dans les antennes du capteur. Actuellement il n'existe pas de moyens validés pour décrire la relation permittivité-teneur en eau, sans passer par une opération de calibration adéquate à l'aide d'éprouvettes prélevées sur la levée. L'étude a pour vocation de déterminer les facteurs qui risquent d'influencer ce procédé à l'aide d'une modélisation thermo-hydro-mécanique (THM) par éléments finis.

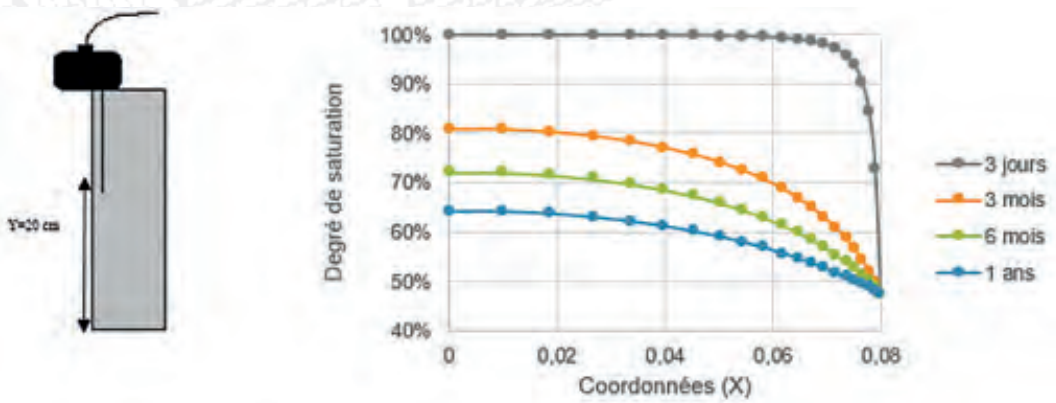


Figure 1 : Évolution de la saturation dans le temps pour la hauteur 20 cm.

Une étude expérimentale est menée en parallèle pour vérifier l'impact de quelques facteurs étudiés numériquement, comme la géométrie et la température. L'évolution de la teneur en eau dans les éprouvettes est suivie par analyse gravimétrique. Le recalage des résultats expérimentaux sur le modèle numérique permet d'accéder à une courbe de pseudo-calibration pour le béton hautes performances (BHP) C60 du bâtiment réacteur de Flamanville 3.

## PRINCIPES DE LA MODÉLISATION

L'étude repose sur la modélisation complète des phénomènes d'écoulement d'un fluide dans un milieu poreux. Dans ce sens il peut s'agir du séchage comme de la ré-humidification du béton. L'évolution de la teneur en eau est déterminée par un calcul couplé thermo-hydro-mécanique (THM) avec Code\_Aster. Ce type de calcul permet de relier les quantités hydrauliques mécaniques en considérant l'interaction entre ces deux éléments et leur couplage important avec la déformation mécanique. Dans notre cas nous considérons que les éprouvettes modélisées sont complètement rigides et ne subissent aucune déformation.

La modélisation THHM de Code\_Aster permet de modéliser les phénomènes thermique, mécanique et hydraulique en prenant en compte deux pressions inconnues (pression de gaz et pression capillaire).

Les facteurs susceptibles d'influencer le procédé de calibration des capteurs TDR sont étudiés numériquement. Ainsi, pour une géométrie d'éprouvette donnée les cinétiques de séchage et de ré-humidification sont déterminées en variant, la température, l'hygrométrie relative...

# MODÉLISATION DE LA CALIBRATION DES CAPTEURS DE TENEUR EN EAU DE L'EPR FLAMANVILLE 3

F. Zegrari (EDF / DIN / CEIDRE); T. Clauzon (EDF / DPIH / DTG)

## ETUDE EXPÉRIMENTALE

En parallèle du calcul numérique, un suivi expérimental des cinétiques de séchage et de ré-humidification est effectué sur deux éprouvettes en béton BHP issu de l'EPR de Flamanville. La cinétique de séchage est déterminée à partir de la variation massique des éprouvettes séchées dans une étuve. Lorsque le régime d'équilibre de séchage est atteint, les éprouvettes sont complètement noyées dans l'eau est le gain de masse en eau est enregistré régulièrement jusqu'à saturation complète. Conjointement aux mesures de variation de masse des éprouvettes, des mesures de permittivité sont effectuées.

## RECALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE ET OBTENTION D'UNE COURBE DE PSEUDO-CALIBRATION DU CAPTEUR TDR

Le recalage du modèle numérique se fait par l'injection de l'intégralité des paramètres expérimentaux: géométrie de l'éprouvette, propriétés matériaux du béton, température hygrométrie, ainsi que la durée de l'essai.

Le calcul THM permet d'identifier l'évolution de la teneur en eau dans la zone d'investigation du capteur en fonction de la teneur en eau globale de l'éprouvette.

L'étude expérimentale nous donne l'évolution de la teneur en eau de l'éprouvette en fonction de la permittivité relative mesurée par le capteur TDR.

En analysant conjointement les résultats expérimentaux et numériques, nous aboutissons à une courbe de « pseudo-calibration » qui nous permet de relier directement la permittivité relative mesurée par le capteur, à la teneur en eau moyenne dans sa zone d'investigation.

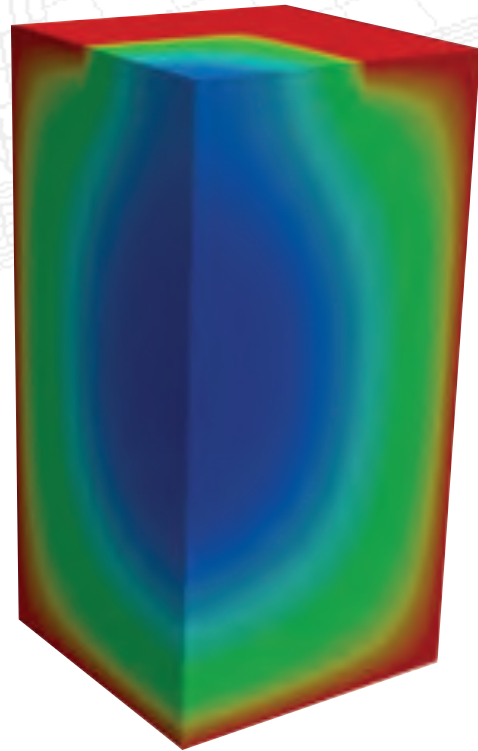


Figure 2: Effet de la géométrie sur la cinétique de séchage (éprouvette cubique 20 cm de coté).



Figure 3: Démarche de calibration.