

Comportement des ouvrages en service : simulation numérique et aide à la décision

Bruno Capra, Mehdi Asali
Oxand S.A., 49 av. F. Roosevelt, 77210 Avon

bruno.capra@oxand.com

La simulation numérique est aujourd'hui un outil incontournable à disposition des ingénieurs dans l'objectif de représenter le comportement des structures. Si ces techniques sont largement utilisées dans le cadre du dimensionnement des ouvrages ou composants neufs, il est aussi nécessaire d'être capable de représenter l'état de ces structures après plusieurs années ou décennies de service en tenant compte de l'impact du vieillissement. De même, il y a également un intérêt grandissant à pouvoir prédire le comportement futur de ces structures pour estimer leur durée de vie résiduelle ou les actions de maintenance nécessaires pour atteindre une durée de vie fixée. Ces éléments quantitatifs sont aujourd'hui intégrés dans le processus d'aide à la décision des maîtres d'ouvrages pour la gestion de leur patrimoine vieillissant en tenant compte des objectifs de performance visés, des contraintes techniques et économiques.

Dans un contexte industriel contraint en termes budgétaires et temporels mais également avec beaucoup d'incertitudes concernant l'état initial de l'ouvrage (le tel que construit), qui peut être différent du dimensionnement initial (le tel que conçu), et l'impact de la durée de service (le tel que vieilli), il est nécessaire de mettre en œuvre des stratégies de modélisations adaptées aux enjeux du maître d'ouvrage. Ces stratégies se doivent d'être les plus pertinentes possibles vis-à-vis des contraintes précédentes en représentant les phénomènes multi-physiques mis-en-jeu de manière simple mais pas simpliste et en intégrant au mieux les données réelles !

Nous allons illustrer cet apport de la modélisation numérique dans un contexte industriel au travers de deux exemples particuliers : le comportement de puits pétroliers non conventionnels (sables bitumineux) et le comportement d'une enceinte nucléaire en béton précontraint vis-à-vis du confinement.

La technologie de puits SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage) consiste à injecter de la vapeur à haute température (> 200 °C) dans des sables bitumineux afin de diminuer la viscosité du bitume et de pouvoir ainsi le récupérer. Le système se trouve soumis à des cycles thermomécaniques à forts gradients selon les cycles d'exploitation. Sur site, des fuites de gaz à la surface ont été observées. L'objectif des simulations est alors d'expliquer l'origine de ces fuites et de faire des recommandations sur le processus d'exploitation afin de limiter ces risques [1] (Fig. 1).

Certaines centrales nucléaires françaises ont un bâtiment réacteur à technologie double paroi béton sans liner métallique. L'enceinte primaire précontrainte a une fonction de barrière aux radionucléides en cas d'accident interne. Le comportement au jeune âge de l'ouvrage, lors de l'hydratation du ciment, a pu générer des contraintes telles que la fissuration du matériau a pu se produire localement. Les déformations différées du béton (fluage, retrait) jouent alors un rôle important dans le comportement de la structure et son évolution à long terme. L'étanchéité de l'enceinte est donc testée périodiquement, tous les 10 ans, au cours d'essais de mise sous pression interne. L'approche présentée ici illustre la nécessité de coupler de nombreux phénomènes physiques afin de développer un modèle représentatif du comportement à long terme des enceintes [2] (Fig. 2).

La présentation mettra l'accent sur les choix de modélisation effectués afin de répondre aux objectifs visés et aux différentes contraintes de projet.

[1] Well integrity assessment for CO₂ injection - thermo-mechanical behavior in downhole CO₂ environment, S. Asamoto, O. Poupard, B. Capra, Int. Conf. on Recent Advances in Nonlinear Models – Structural Concrete Applications, CoRAN 2011, 24-25 November 2011, Coimbra, Portugal.

[2] Numerical strategy for forecasting the leakage rate of inner containments in double-wall nuclear reactor buildings, M. Asali, B. Capra, J. Mazars, J.B. Colliat, J. of Advanced Concrete Technology, vol. 14 (2016), pp. 408-420.

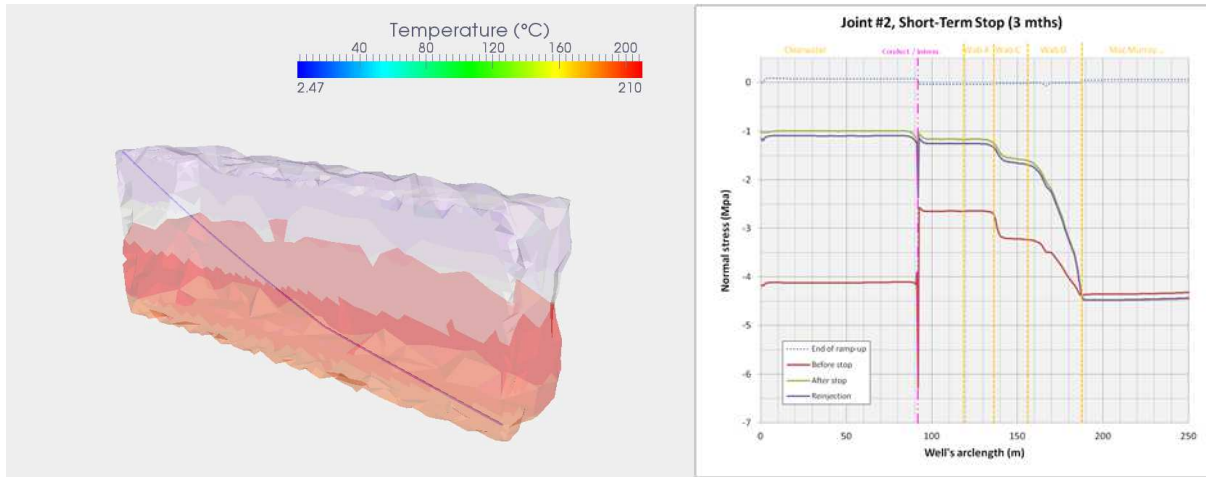


Figure 1. Champ de température dans la géologie autour d'un puit SAGD et évolution du risque de création de micro-annulaire le long du puits.

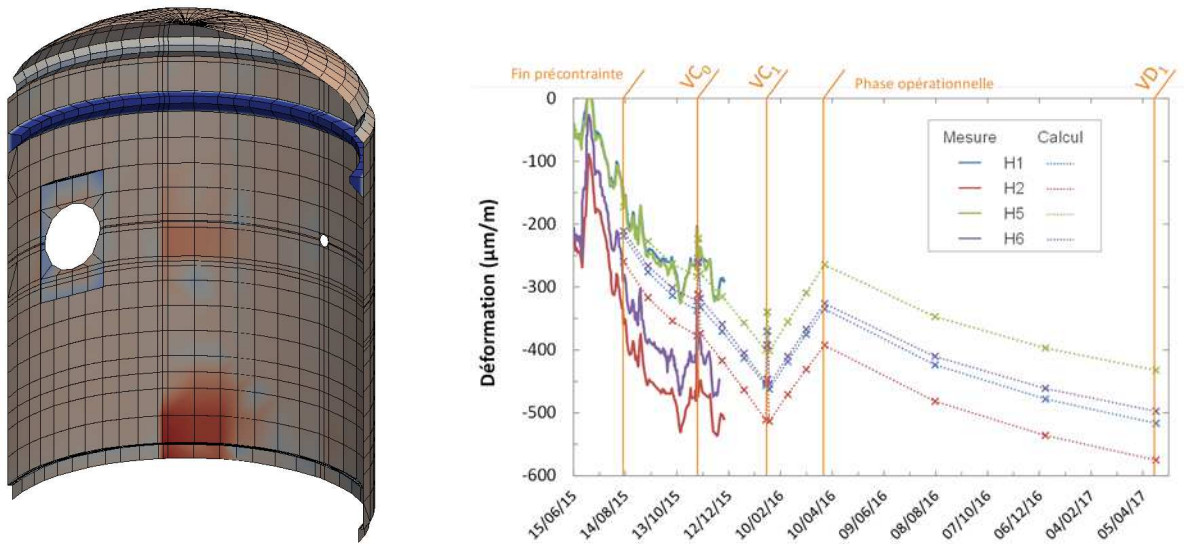


Figure 2. Champ de flux d'air à l'intrados d'une enceinte et comparaison des déformations expérimentales et simulées au cours du temps.