

Etat des lieux et nouveaux enjeux de la modélisation du comportement des matériaux cimentaires

Arnaud Delaplace
LafargeHolcim Centre de Recherche, Saint-Quentin-Fallavier, France

L'utilisation de la modélisation numérique au service du développement de nouveaux matériaux cimentaires est relativement récente. La complexité des phénomènes physiques à prendre en compte (processus couplés d'hydratation, échelles spatiales très larges -du nanomètre au centimètre-, échelles de temps très différentes -de la seconde pour certains phénomènes de diffusion au siècle pour la durée de vie du matériau-) s'oppose à la robustesse souhaitée de la formulation et donc à la tolérance sur la variabilité des propriétés du matériau mis en place dans la structure. Ainsi, une campagne d'essais inter-laboratoires organisée périodiquement par le CEBTP donne une plage de confiance sur la résistance en compression entre 55 et 65 MPa pour une formule de béton. Cette plage peut être bien plus large pour des bétons de chantier, et beaucoup considèrent qu'il n'est pas utile de développer des modèles, par nature complexes, pour déterminer des propriétés dont on accepte au final une grande variabilité.

Pourtant, la progression des modèles et l'augmentation de la puissance de calcul permettent heureusement de représenter les principaux phénomènes physiques liés au comportement des matériaux cimentaires. S'il n'existe pas aujourd'hui de modèle prédictif permettant à partir des matières premières utilisées (ciment, granulats, eau, adjuvantation) de prédire le comportement complet du matériau durci, des hypothèses simplificatrices de découplage des phénomènes donnent des résultats satisfaisants : il est par exemple possible de représenter l'évolution de la température due à l'hydratation du ciment dans une structure (figure 1-gauche), ou de décrire le développement de la fissuration de prismes en mortier soumis à du séchage (figure 1-droite).

En parallèle de la poursuite des développements de modèles, deux enjeux majeurs orientent notre activité numérique :

1) exposition de modèles à un grand nombre d'utilisateurs : certains modèles (par exemple les modèles thermiques d'hydratation) sont suffisamment robustes pour être accessibles à des utilisateurs non experts. Cette mise à disposition des modèles n'est pourtant pas immédiate : il faut considérer l'ensemble du processus, de la partie expérimentale (caractérisation du matériau et identification des paramètres du modèle), au développement de l'interface utilisateur (interface web et/ou application smartphone).

2) la prise en compte de l'augmentation des données : la généralisation des capteurs sans fil à coût modéré permet maintenant leur utilisation massive, aussi bien en laboratoire que sur chantier. L'augmentation du nombre de données expérimentales accessibles est exponentielle, et une stratégie d'analyse doit être mise en place. Aujourd'hui, ces données permettent une meilleure compréhension des phénomènes physiques, mais sont aussi parfois mises en concurrence des modèles physiques.

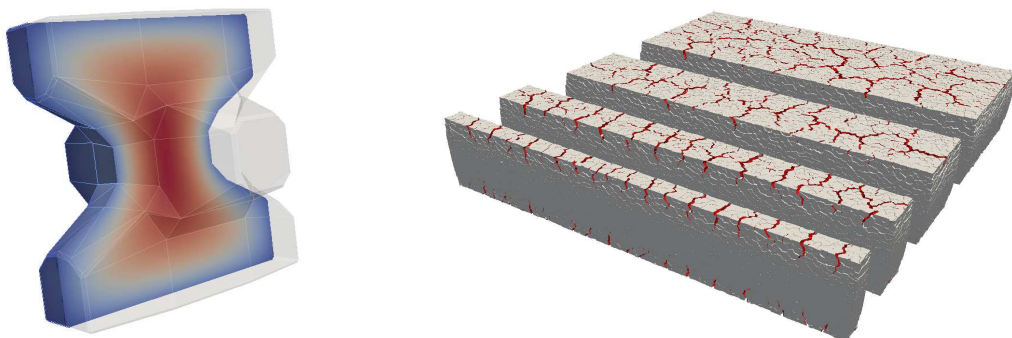


Figure 1 : gauche : carte de température d'un Coreloc® en cours d'hydratation, droite : fissuration de prismes de différentes largeurs soumis à un séchage sur les faces supérieures et inférieures.

[1] Delaplace, A., Vert, C. and Brouard, E., Discrete modeling of surface cracking of drying concretes at different ages: Application to TU1404 RRT concrete, International RILEM Conference on Materials, Systems and Structures in Civil Engineering, Denmark, Vol. 2, pp.483-492, 2016

[2] Oliver-Leblond, C., Delaplace, A., Ragueneau, F., Modelling of three-dimensional crack patterns in deep reinforced concrete structures, *Engineering Structures*, Vol. 83, pp. 176-186, 2015