

Le projet CATSIUS CLAY

CATSIUS CLAY est l'acronyme d'un projet intitulé *Calculation and Testing of Behaviour of Unsaturated Clay*, soutenu de 1996 à 1998 par la CE dans le cadre du programme de recherche relatif à la Sécurité de la Fission Nucléaire. Le coordinateur est le Pr. E. Alonso, du CIMNE et de l'Université Polytechnique de Catalogne. Les partenaires sont l'ANDRA, Clay Technology Lund AB, l'ISMES, le CEN – SCK, l'Université Polytechnique de Catalogne, l'University of Wales, le College of Cardif, et l'Université de Liège.

Objectifs du projet : Dans les concepts d'enfouissement géologique de déchets, des argiles expansives compactées sont adoptées comme barrière ouvragée installée autour des canisters. Une fois installées dans les roches hôtes, saturées en eau, les barrières sont progressivement ré-humidifiées, et subissent des phénomènes de gonflement et / ou d'effondrement. Ces processus sont notamment gouvernés par la migration d'eau dans la barrière et par la diffusion thermique due à la production de chaleur dans les conteneurs de déchets radioactifs.

Plusieurs équipes de chercheurs ont mis au point au cours des dernières années des modèles du comportement thermo-hydro-mécanique des argiles expansives. D'autre part, des expériences ont été réalisées à petite et moyenne échelle, au laboratoire et in situ. Le projet CATSIUS CLAY comporte plusieurs exercices de Benchmark qui doivent permettre d'évaluer :

- la précision et la fiabilité des prédictions numériques,
- les capacités des codes de calcul à modéliser le comportement thermo-hydro-mécanique des barrières argileuses non saturées,
- les outils expérimentaux et les méthodologies des laboratoires, en perspective de la détermination des paramètres nécessaires dans les modèles thermo-hydro-mécaniques.

Dans ce cadre, 6 exercices de modélisation ont été réalisés :

- BM 1.1 : infiltration unidimensionnelle non saturée dans une colonne rigide de matériau poreux ;
- BM 1.2 : convection thermique dans un milieu poreux saturé en eau ;
- BM 2.1 : essai oedométrique à succion contrôlée sur un échantillon d'argile de Boom compactée ;
- BM 2.2 : essai de chauffage et de mouillage à petite échelle sur une bentonite compactée ;
- BM 3.1 : essai in situ d'hydratation de granulés d'argile de Boom (essai BACCHUS 2 réalisé au CEN-SCK) ;
- BM 3.2 : essai de chauffage et de mouillage à moyenne échelle sur une bentonite compactée (expérience FEBEX)

L'Université de Liège a réalisé la modélisation des 6 exercices à l'aide du code aux éléments finis LAGAMINE. Ce code permet de prendre en compte les aspects suivants :

- Écoulement biphasique liquide (eau) / gaz
- Couplage entre diffusion thermique (conduction et convection) et écoulement de fluides
- Présence de vapeur d'eau dans le gaz
- Grandes déformations
- Interfaces entre le bouchon d'argile et la roche hôte
- Loi de comportement des argiles non saturées prenant en compte le chemin de succion, et basée sur le modèle BBM (Barcelona Basic Model).

Dans l'ensemble, les résultats des modélisations sont en bon accord avec les résultats expérimentaux. Il apparaît toutefois que la détermination des paramètres n'est pas chose aisée : elle demande une analyse très approfondie des résultats expérimentaux disponibles, dont l'interprétation est souvent complexe. De plus, il est généralement indispensable d'effectuer des analyses de sensibilité, afin de mettre en évidence la fiabilité et la précision des résultats numériques obtenus : une analyse approfondie des hypothèses et des résultats est tout à fait nécessaire.

A titre d'illustration, nous donnons ci-après quelques résultats obtenus pour le BM 2.2. Il s'agit de modéliser une expérience réalisée par le CIEMAT. Un petit échantillon cylindrique de bentonite compactée, placé dans une cellule d'essai représentée à la figure 1, subit un chauffage et une hydratation durant 2400 h. L'évolution du volume d'eau injecté est comparée aux résultats expérimentaux à la figure 2. Les isovaleurs des champs de température T et de teneur en eau w calculés à la fin de l'expérience sont données aux figures 3 et 4. Les valeurs expérimentales sont données en quelques points (nombres en grisé).

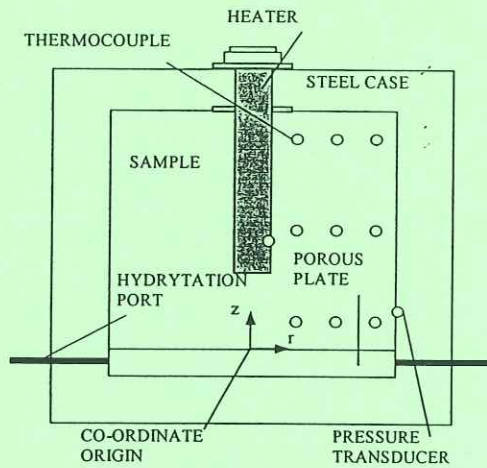


Fig. 1 : Cellule d'essai – schéma de l'expérience

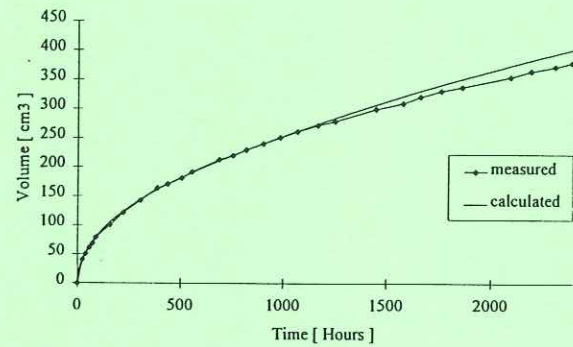


Fig. 2 : Courbe d'entrée d'eau

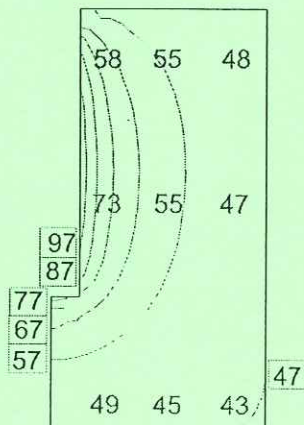


Fig.3 : Champ de température à la fin de l'essai

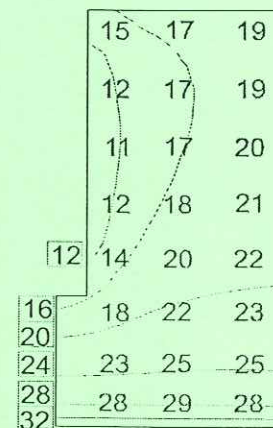


Fig. 4 : Teneur en eau à la fin de l'essai