

Simulation de la migration des gaz pour les alvéoles de stockage de déchets.

S. Granet, C. Chavant (EDF R&D, Dépt AMA),
J. Talandier (ANDRA), Y. Akou (CS-SI)

Contexte et description de l'étude

Un des enjeux pour le stockage sous-terrain des déchets nucléaires est l'étude de la migration des gaz à l'intérieur du site géologique. Il existe plusieurs sources de production de gaz : nous nous intéressons ici à l'hydrogène produit par la corrosion des parties métalliques au contact de la barrière géologique. Ce métal se trouve dans les alvéoles de stockage sous la forme de conteneurs, chemisages, etc ... Il est alors important de connaître les conséquences de la corrosion de ces matériaux sur le terrain environnant. Dans cet objectif, une étude a été réalisée pour l'Andra. Elle porte sur plusieurs configurations de stockage (concept pour déchets vitrifiés - dits C - ou bien pour combustibles usés dits CU). Ces calculs visent à observer et quantifier des phénomènes comme la surpression de gaz, l'influence sur la saturation ainsi que

les contraintes générées. L'objectif final est alors de pouvoir évaluer les risques d'un éventuel claquage du terrain. Etant donné la difficulté du problème traité, il s'agissait principalement ici de faire une étude paramétrique de manière à voir l'importance de telle ou telle quantité. Pour cela nous avons réalisé un certain nombre de calculs mono dimensionnels avec différents paramètres afin d'établir des comparaisons. Plusieurs vitesses de corrosions et perméabilités relatives au gaz ont été utilisées. La dépendance de certains paramètres en fonction de la température a également été testée. Des calculs bidimensionnels ont enfin été réalisés sur les déchets C. Dans tous les cas, il s'agit de configuration multi-barrières et multi-matériaux (barrière géologique, ouvragée, zone fissurée et endommagée, jeux éventuels) et donc de milieux fortement hétérogènes. La figure 1 schématise la représentation choisie pour les déchets CU.

Caractéristiques numériques de l'étude

Pour réaliser cette étude avec *Code_Aster*, nous avons utilisé la modélisation THH2MD et la loi de couplage LIQU_AD_GAZ_VAPE. Cette modélisation signifie que nous considérons un problème thermo-hydro-mécanique non saturé comportant deux phases et deux constituants. Nous sommes en effet en présence d'eau et d'hydrogène sous forme liquide et gazeuse. Au total nous considérons, l'eau liquide, la vapeur, l'hydrogène sec et l'hydrogène dissous dans l'eau. Ce dernier est relié à sa phase gazeuse par la loi de Henry et celle des gaz parfaits. La diffusion dans le mélange gazeux et dans le mélange liquide est prise en compte par des lois de Fick. On fera varier ou non les coefficients de Fick en fonction de la température et de la saturation. Les colis de déchets radioactifs sont modélisés par des termes sources : un flux thermique et des flux de production de gaz et de consommation d'eau pour la corrosion des parties métalliques. Afin de prendre en compte l'évolution de la vitesse de corrosion en fonction de la saturation, on réécrira ces flux à chaque pas de temps au moyen d'une boucle python. Concernant le problème mécanique nous utilisons une loi élastique.

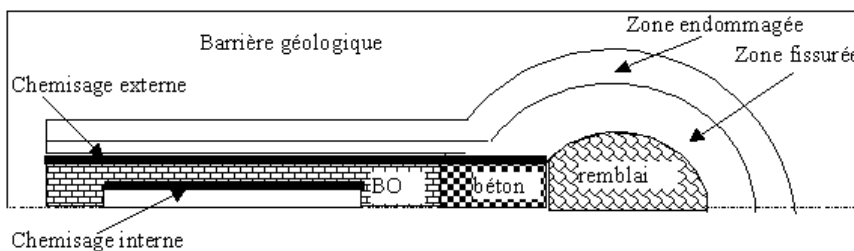


Figure 1 : Schéma de la structure de déchets CU



R & D



EDF
Electricité
de France

Quand votre monde s'éclaire

Simulation de la migration des gaz pour les alvéoles de stockage de déchets.

S. Granet, C. Chavant (EDF R&D, Dépt AMA),
J. Talandier (ANDRA), Y. Akou (CS-SI)

Une des difficultés de cette étude était le traitement numérique des fronts raides. En effet, la très forte hétérogénéité due aux multiples matériaux entraîne des conditions initiales extrêmement contrastées. En outre, les courbes de perméabilités relatives et de sorptions qui caractérisent les matériaux sont très raides pour certains ce qui implique de très fortes non-linéarités. Pour traiter cela nous avons dû utiliser un maillage suffisamment fin, la recherche linéaire de STAT_NON_LINE, ainsi qu'un critère de résidu de Newton suffisamment petit.

Principaux résultats obtenus

Les nombreux calculs réalisés sur des tranches de terrain pour les déchets C et CU ont mis en avant la nécessité d'une meilleure connaissance d'un certain nombre de données. Le choix de la vitesse de corrosion est bien sûr capital, suivant que l'on prenne une valeur constante, une valeur dépendante de la saturation avec un palier minimum, ou bien une valeur tendant vers zéro avec la saturation. Les résultats en saturation, pression de gaz et contraintes en sont très modifiés. La figure 2 représente des profils de pressions de gaz réalisés sur une tranche de terrain suivant que l'on prenne une vitesse de corrosion constante ou non. Le choix des perméabilités relatives au gaz s'est avéré également déterminant quant à l'ordre de grandeur des résultats. En effet les calculs bidimensionnels réalisés avec une perméabilité relative moins raide donne des résultats en pressions (figure 3) et contraintes beaucoup plus bas (un ordre de grandeur en moins). On le démontre aisément par

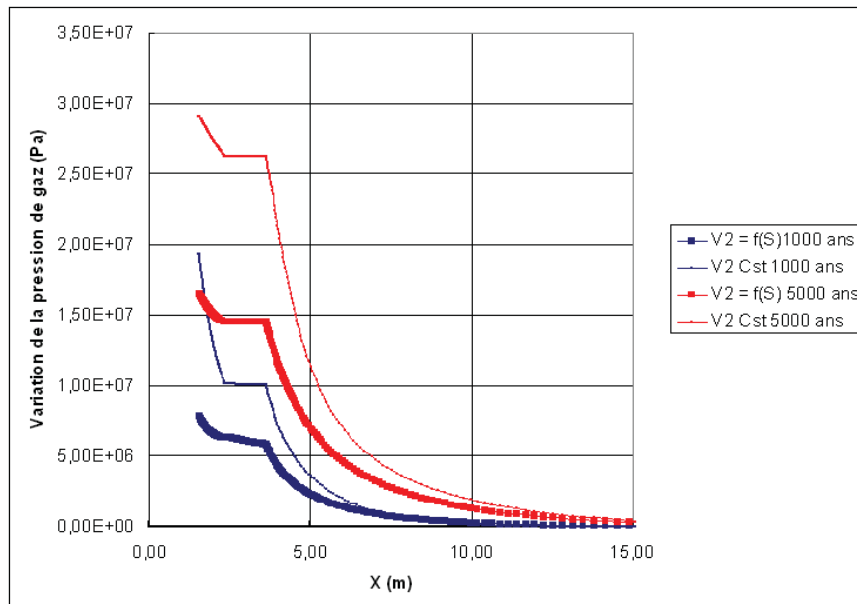


Figure 2 : Profils de pressions de gaz à différents instants, suivant la vitesse de corrosion - déchets CU

des calculs de temps caractéristiques. En conclusion de cette étude, Code_Aster nous permet désormais de réaliser des calculs complexes en modélisation THH2MD. Nous avons vu cependant la nécessité d'avoir des données d'entrée précises et fiables

(notamment pour les perméabilités relatives) pour pouvoir donner des résultats quantitatifs et évaluer les risques de surpressions et claquages. ■

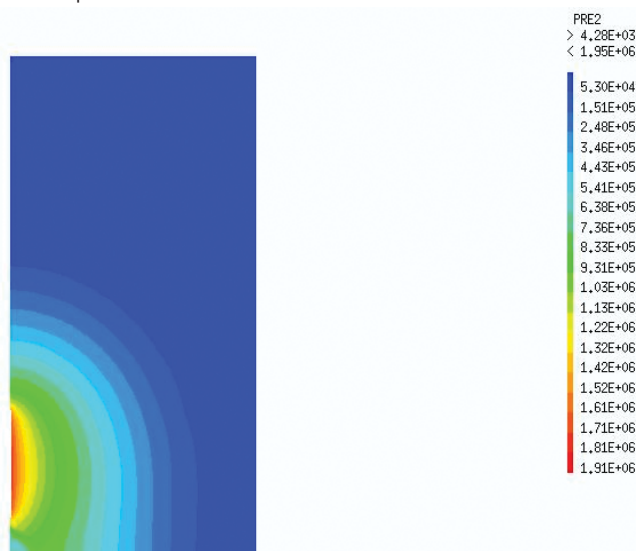


Figure 3 : isovaleurs de pression de gaz à 10000 ans - déchets C