Simulation numérique d'un stockage de déchets nucléaires en site géologique profond*

G. Allaire, M. Briane,
R. Brizzi and Y. Capdeboscq

CMAP, UMR-CNRS 7641, Ecole Polytechnique

14 juin 2006

* *Ce travail a été soutenu par le GDR MOMAS du CNRS co-financé par l'ANDRA, le BRGM, le CEA, et l' EDF.*

Table des matières

1 Modèle étudié 3

2 Homogénéisation 4

3 Schéma numérique 7

4 Passage zone de stockage - champ lointain 8

5 Passage Module - Zone de stockage 8

1. Modèle étudié

En désignant par Ω, le domaine formé par la zone de stockage et les couches géologiques l'entourant, le transport de contaminant est modélisé par le problème de type parabolique :

$$\left\{ \begin{array}{rcll} \rho^{\varepsilon}\dfrac{\partial u^{\varepsilon}}{\partial t} - \mathrm{div}\{A^{\varepsilon}\,\mathrm{grad}\,u^{\varepsilon}\} + \vec{v}.\mathrm{grad}u^{\varepsilon} & = & f^{\varepsilon} & \text{dans}\,\Omega \\ \nu.(A^{\varepsilon}\mathrm{grad}u^{\varepsilon} - \vec{v}u^{\varepsilon}) & = & 0 & \text{sur}\,\partial\Omega \end{array} \right. \tag{1}$$

où $f^{\varepsilon} = \varepsilon^{-1} f_1(t, \frac{x}{\varepsilon})$ est un terme source à support dans les alvéoles. Le tenseur de diffusion effective

$$A^{\varepsilon} = A_0(x) \quad \text{dans les couches géologiques} \tag{2}$$

et

$$A^{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon} A_1(x) \quad \text{dans les alvéoles des modules.} \tag{3}$$

La concentration u d'un radionucléide est supposée nulle à l'instant initial :

$$u^{\varepsilon}(0,x) = u_0. \tag{4}$$

2. Homogénéisation

Le modèle asymptotique obtenu par homogénéisation est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{rcll} \rho\dfrac{\partial u}{\partial t} - \mathrm{div}\{A_0 \,\mathrm{grad}\, u\} + \vec{v}.\mathrm{grad}u & = & 0 & \text{dans } \Omega \\ \nu.(A_0 \mathrm{grad}u - \vec{v}u) & = & 0 & \text{sur } \partial\Omega \\ u & = & s^* & \text{sur } \Sigma \end{array} \right. \tag{5}$$

où $\Sigma = \Omega \cup \{Z = 0\}$.
Les données intervenants dans l'équation sont celles décrivant les couches géologiques. La solution vérifie les mêmes conditions

aux limites sur le bord de Ω mais vérifie en plus une condition de Dirichlet sur Σ la limite ($\varepsilon \to 0$) de la zone de stockage. Cette condition de Dirichlet s^*est définie à partir de la résolution d'un problème élliptique avec un second membre dépendant du temps :

$$\left\{ \begin{array}{rcll} -\mathrm{div}\{A^* \,\mathrm{grad}\, s^*\} & = & \overline{f} & \text{dans } \Sigma \\ \\ s^* & = & 0 & \text{sur } \partial\Sigma \end{array} \right. \tag{6}$$

Les coefficients effectifs sont donnés par :

$$\overline{f}(t) = \int_{[0,1]^d} f_1(t,y)$$

et

$$A^* = \int_{[0,1]^{d-1}\times\mathbb{R}} \chi(y)(A_1(y)(\mathrm{Id} + \mathbb{P}(y)))dy.$$

Les coefficients de ce nouveau problème sont eux-mêmes définis à partir de problèmes posés dans une cellule avec des conditions de périodicité et de Neumann.

On obtient ainsi un découplage du problème global en problèmes posés à l'intérieur des modules de stockage et un problème posé dans les couches géologiques.

3. Schéma numérique

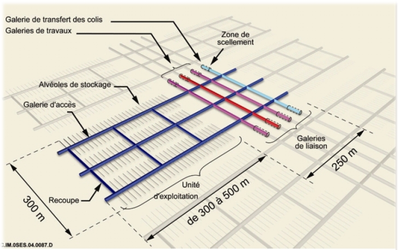
Comme on travaille à eps fixé, le modèle asymptotique nous indique le choix du type de couplage que l'on peut introduire via les conditions aux limites trouvées.

Une fois le probème parabolique discrétisé en espace (élements finis $\mathbb{P}_1$-Lagrange) en en temps (Euler implicite), pour chaque pas de temps :

- Dans chaque module, on résout le probème parabolique avec conditions de périodicité en x et de Neuman sur les bords inférieur et supérieur du module. La connaissance de la solution permet de l'introduire comme condition de Dirichlet dans
- Le problème extérieur ie dans le problème parabolique posé dans les couches géologiques. On peut alors calculer les conditions de Neumann que l'on introduit pour l'étape de temps suivante lors de la résolution du problème dans le module.

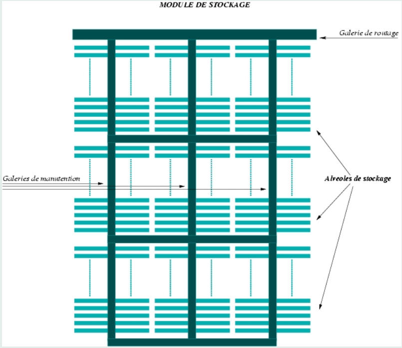
Page d'accueil
Page de Titre
Sommaire
Page 8 de 12
Retour
Plein écran
Fermer
Quitter

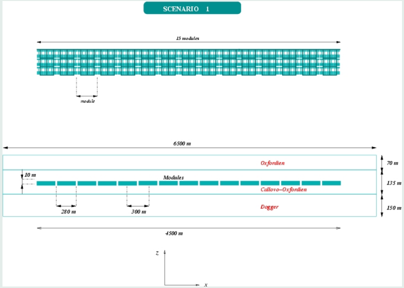
4. Passage zone de stockage - champ lointain

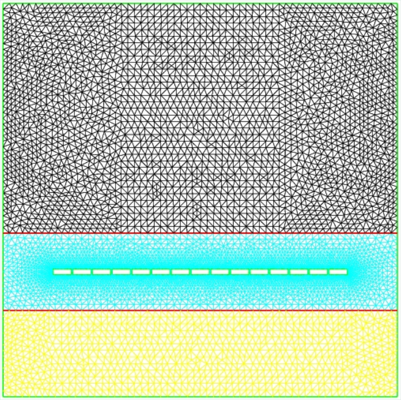


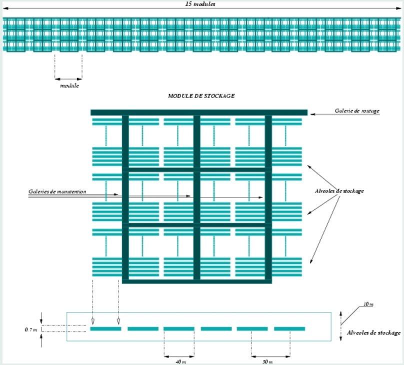
Modules de stockage de déchets C

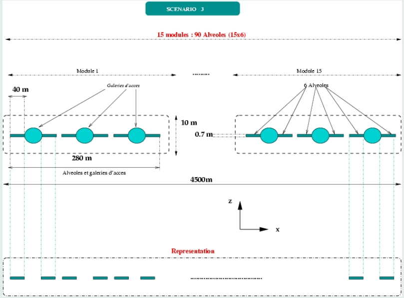
5. Passage Module - Zone de stockage

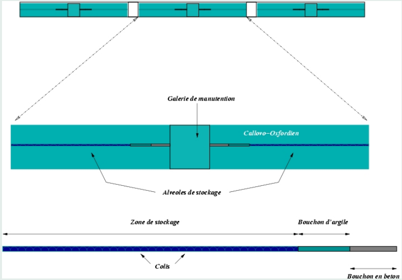

MODULE DE STOCKAGE
Galerie de routage
Galeries de manutention
Alveoles de stockage


SCENARIO 1
15 modules
module
6500 m
Oxfordien
10 m
Modules
Callovo–Oxfordien
Dogger
280 m
300 m
70 m
135 m
150 m
4500 m
z
x




15 modules
module
MODULE DE STOCKAGE
Galerie de routage
Galeries de manutention
Alveoles de stockage
10 m
0.7 m
Alveoles de stockage
40 m
50 m


SCENARIO 3
15 modules : 90 Alveoles (15x6)
Module 1
Module 15
Galeries d'acces
6 Alveoles
40 m
10 m
0.7 m
280 m
Alveoles et galeries d'acces
4500m
z
x
Representation


Galerie de manutention
Callovo–Oxfordien
Alveoles de stockage
Zone de stockage
Bouchon d'argile
Colis
Bouchon en beton