

Projet du cours Transferts en milieux poreux

Présentation: Le but de ce TD numérique est d'utiliser un solveur numérique afin de

- 1) Visualiser l'écoulement d'un fluide dans un milieu poreux
- 2) Estimer la perméabilité de plusieurs milieux poreux et donc réaliser ce que l'on appelle un changement d'échelle depuis l'échelle du pore vers l'échelle macroscopique.
- 3) «Programmer» une équation de type Darcy effective sur un cas simple.

Dans cet applicatif, nous allons étudier le cas d'un écoulement saturé dans un sol, de dimension (100m x 100m x 100m).

Un accident (considéré en régime permanent) a amené un usager à renverser de manière continue une quantité faible d'eau dans la surface grisée en haut à gauche sur la figure jointe. Un forage récupère les eaux de ce sol en bas à droite et nous allons tenter de représenter au mieux les écoulements générés par ce problème.

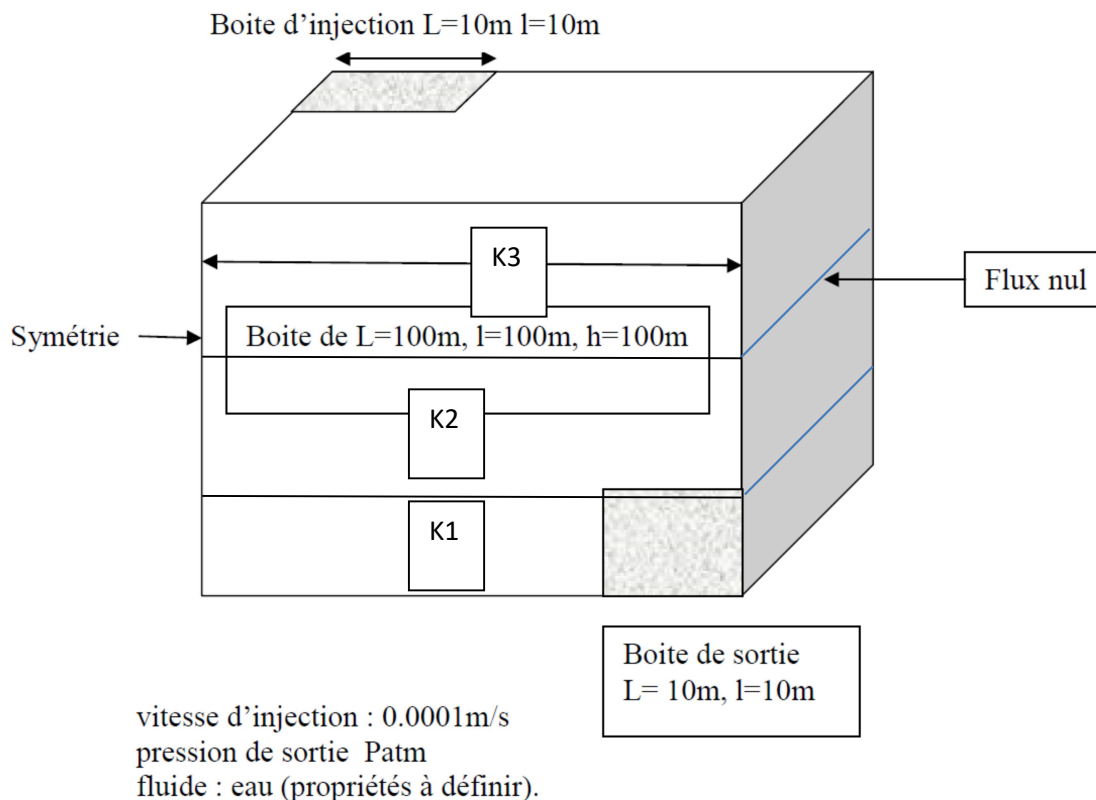


Figure 1 : milieu saturé où l'on réalise le changement d'échelle. Les 3 couches sont repérées avec leurs 3 conductivités K1, K2 et K3.

Le sol est constitué de 3 couches différentes pour lesquelles nous avons obtenu des informations géométriques suivantes :

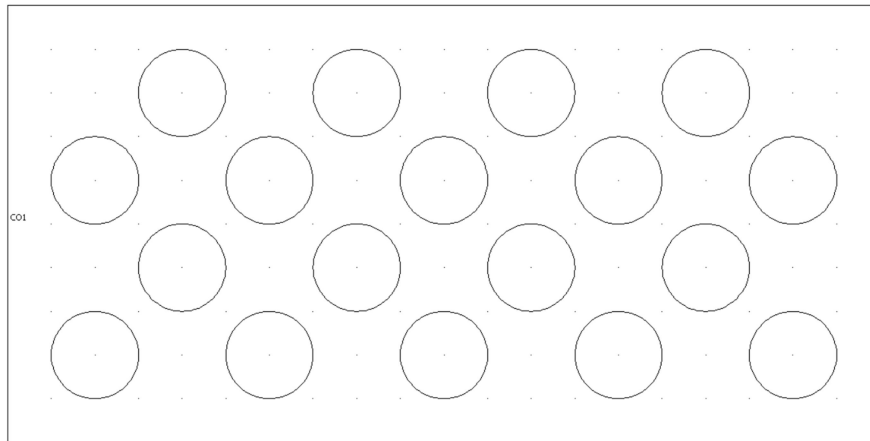


Figure 2 : géométrie locale de la couche 1. Les cylindres font 0.2m de diamètre. Le milieu fait $L_x L_y = 2\text{m} \times 1\text{ m}$.

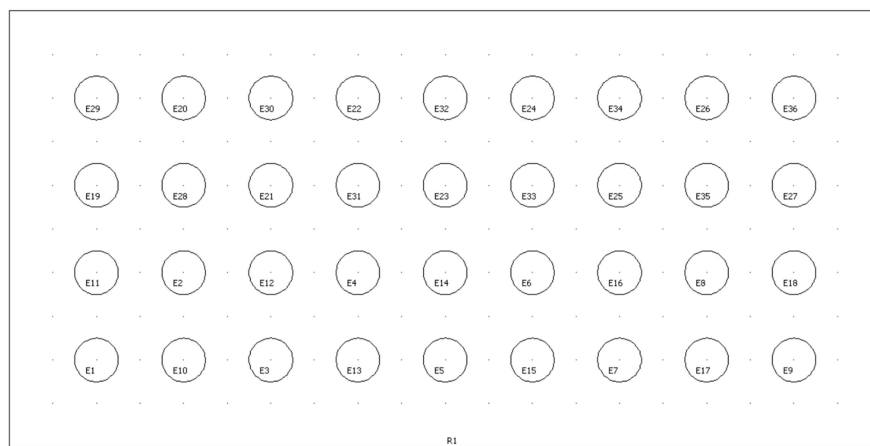


Figure 3: géométrie locale de la couche 2. Les cylindres font 0.1m de diamètre. Le milieu fait $L_x L_y = 2\text{m} \times 1\text{ m}$.

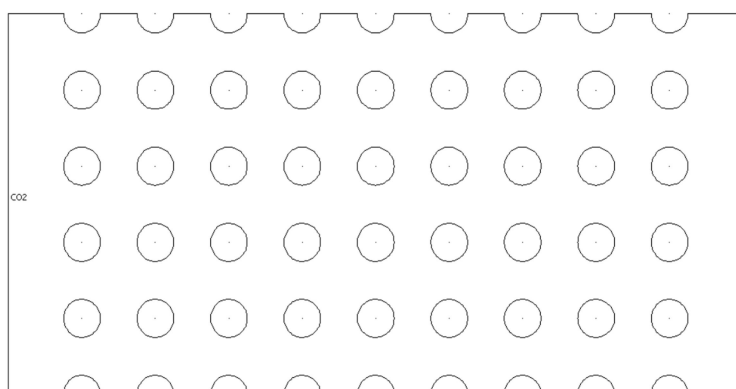


Figure 4: géométrie locale de la couche 3. Les cylindres font 0.1m de diamètre. Le milieu fait $L_x L_y = 2\text{m} \times 1\text{ m}$.

Nous allons maintenant tenter de remplacer ce problème d'écoulement local par une formulation de type Darcy en simplifiant à la fois l'effort numérique et les équations à traiter.

Partie Micro vers Darcy

- 1) Estimer les propriétés des 3 milieux : porosité et surface spécifique. Par analogie, la porosité sera définie par le ratio surface vide/surface totale et la surface spécifique sera le rapport entre le périmètre de l'interface fluide/solide et la surface solide totale.
- 2) Calculer en utilisant les corrélations données dans le cours, les perméabilités Kozeny et Kozeny-Carman. Comparez vos résultats entre les 3 milieux et justifier.
- 3) Dans un terminal linux, démarrer COMSOL, en tapant juste comsol. Sur moodle, récupérez les modèles 1 2 et 3. Ils sont fournis avec les géométries précédemment reportées.

Les propriétés des fluides se trouvent dans l'onglet « Laminar Flow → fluid properties »

Les conditions aux limites se trouvent dans l'onglet « Laminar Flow → inlet et outlet »

Pour lancer un calcul, il suffira de cliquer sur l'onglet étude (study), et sur le bouton = ou compute.

Les résultats se trouvent eux, dans l'arbre à gauche, et cliquer sur vitesse (velocity) ou pression (pressure).

Pour calculer la perte de charge, il faudra intégrer la pression à gauche, mais pour cela, nous verrons lors du TD.

Remplissez la perte de charge (Pinlet-Poutlet) pour chaque géométrie et Reynolds dans le tableau suivant :

Re	0.001	0.01	0.1	1	2	5	10	20	50	100	150	200	400
Geo1													
Geo2													
Geo3													

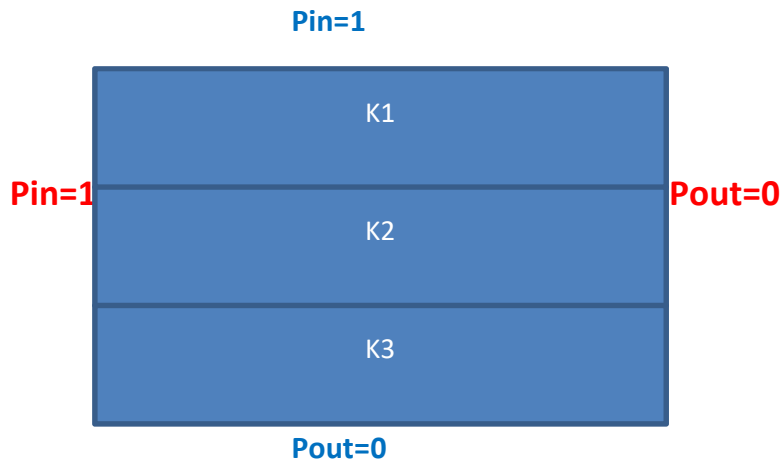
- 4) Tracer en fonction du Reynolds (Pinlet-Poutlet) = f(Re) pour Re<10 pour les 3 géométries
- 5) Tracer en fonction du Reynolds (Pinlet-Poutlet) = f(Re) pour Re>5 pour les 3 géométries
- 6) Déterminer la perméabilité des 3 milieux et comparez-la à celles déterminées auparavant par les corrélations
- 7) Calculez les facteurs de correction à la loi de Darcy pour Re>5 en fonction de Reynolds et tracer les pour les 3 géométries.

Rappel :
$$-\nabla P = \frac{\mu}{\kappa} V + \beta \rho V^2$$

De Darcy à ... ? Darcy

Dans cette partie nous allons remplacer le sandwich par un milieu équivalent.

- 8) En utilisant les valeurs de conductivité hydraulique déterminée auparavant, réaliser le changement d'échelle en condition parallèle et orthogonale.
Pour cela, vous ferez en 2D les situations suivantes (le bleu, puis le rouge=:



Vous calculerez alors les conductivités équivalentes remplaçant les 3 couches précédentes et comparerez le résultat numérique obtenu à celui du cours.

- 9) Depuis les valeurs trouvées auparavant, estimer depuis le contenu du cours, la perméabilité équivalente du milieu constitué des 3 couches dans les deux cas *i.e.* parallèle et orthogonal au sens de l'écoulement.
- 10) Mettez en place le calcul 3 D en représentant les surfaces d'injection par des petits volumes ($10 \times 10 \times 1$) ayant les mêmes propriétés de transport que le grand volume saturé de sol. Vous imposerez que la vitesse en entrée est de 0.001 m/s . La pression en sortie est celle de l'atmosphère, à savoir 0 en relatif. Vous prendrez le cas avec les 3 couches puis le cas avec une couche équivalente pour traiter le problème 3D.

Le rapport effectué doit détailler l'ensemble des parties. Il est à rendre 2 semaines après la dernière séance de TD numérique en salle.

Le TD est fréquemment renouvelé avec des milieux différents où des couches ajoutées.