# Semaines 1 & 2

**Exercice 1_1**

On a prélevé un échantillon de sol de 90 $cm^3$ à l'aide d'un échantillonneur et on a déterminé les caractéristiques suivantes:

| | |
|---|---|
| - masse de l'échantillonneur: | 120g |
| - masse de l'échantillonneur et du sol humide: | 243g |
| - masse de l'échantillonneur et du sol sec: | 207g |
| - masse de l'échantillonneur et du sol après séchage à $600^0C$: | 167g |

Calculer:
- la masse volumique humide $\rho_h$
- la masse volumique sèche $\rho_d$
- la fraction volumique de la phase liquide $\varepsilon_l$
- la fraction volumique minérale $\varepsilon_{min}$ (volume minérale/volume total du sol)
- la fraction volumique organique $\varepsilon_{org}$
- la fraction volumique solide $\varepsilon_s$
- la porosité totale n
- la fraction volumique gazeuse $\varepsilon_g$
- la masse volumique réelle de la fraction solide $\rho_s$

On admettra que la masse volumique réelle des éléments minéraux vaut 2.65 $g/cm^3$ et celle des éléments organiques 1.4 $g/cm^3$.

**Exercice 1_2**

Un sol homogène faiblement pourvu en matières organiques présente des valeurs de masse volumique apparente sèche et humide de respectivement 1.72 et 1.96 $g/cm^3$. Quelle serait la pluie nette (fraction de la pluie qui s'infiltre) nécessaire pour amener à saturation les 25 premiers centimètres de ce sol? Quelle profondeur atteindrait une pluie de 45 mm? Mentionner les hypothèses retenues.

**Exercice 1_3**

a) Déterminez la surface spécifique (rapport de la surface sur la masse) de particules ayant les formes suivantes:
   i) sphérique de diamètre d
   ii) cubique d'arête a
   iii) parallélépipédique carrée, de longueur L et de section $l^2$

   Application numérique: d = 1 mm, a = 0.2 mm, L = 1 mm
   l = 10 Å = $10^{-6}$ mm et $\rho_S$ = 2.65 $g/cm^3$.

b) Evaluer la surface spécifique d'un sol composé de 18% (en masse) de sable grossier (diam. moyen 1.0 mm), de 27% de sable fin (diam. moyen 0.1 mm), de 35% de silt (diam. moyen 0.02 mm) et de 20% d'argile, comprenant 3/5 de kaolinite (épaisseur moyenne 400 Å) et 2/5 d'illite (épaisseur moyenne 50 Å). Quelle est la part des argiles dans la surface spécifique totale ?

**Exercice 1_4**

Dans un sol, on a mesuré l'humidité massique w et la masse volumique apparente sèche $\rho_d$ à différentes profondeurs:

| Profondeur (cm) | w (g/g) | $\rho_d$ (g/cm$^3$) |
|---|---|---|
| 0-5 | 0.05 | 1.2 |
| 5-20 | 0.10 | 1.3 |
| 20-80 | 0.15 | 1.4 |
| 80-100 | 0.17 | 1.4 |

Calculer jusqu'à quelle profondeur pénétrera une pluie de 50 mm en supposant que la précipitation a pour effet d'amener le sol à la capacité de rétention $\theta_{cr}$ qui est de l'ordre de 0.3 cm$^3$/cm$^3$, avant de pénétrer plus en profondeur.

**Exercice 1_5**

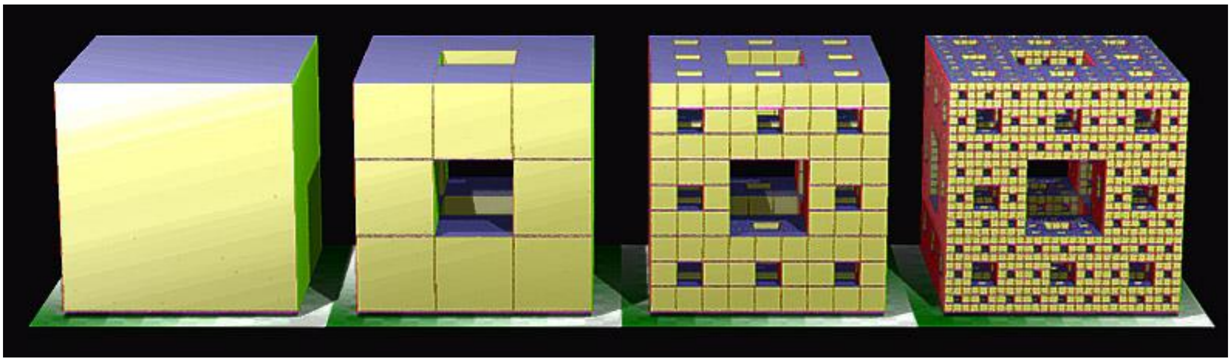
Show that the specific surface area for a soil composed of uniform spheres is:

$$S = \frac{A}{M_s} = \frac{3}{r\rho_s}$$

where $r$ is the sphere diameter and $\rho_s$ is the solid density. Show that the estimates of specific surface area given in the lecture cannot be derived from this formula.

**Exercice 1_6**

A Menger sponge is a fractal object obtained by sequentially removing cubes from a larger cube, as shown by the following sequence[1]:



Original $n = 1$ $n = 2$ $n = 3$

Above: First few iterations of the procedure to create a Menger sponge, where $n$ is the iteration counter. In each iteration, each solid cube in the structure is divided into 3 × 3 × 3 = 27 cubes, with 7 "interior" cubes removed as shown.

It can be shown that, at iteration $n$, the surface area ($A^2$) and volume ($V^3$) of the Menger sponge are, respectively (assume consistent units; the initial area is 6 and initial volume is unity):

$$A = \frac{2 \times 20^n + 4 \times 8^n}{9^n}; V = \left(\frac{20}{27}\right)^n$$

Now, suppose that the Menger sponge is taken as a model of a soil. What values of $n$ should be taken if this model is to be consistent with the specific surface areas given in the lecture for natural soils?

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Menger_sponge_(Level_1-4).jpg
[2] http://www.gamedev.net/topic/534903-surface-area-of-a-menger-sponge/
[3] http://mathworld.wolfram.com/MengerSponge.html

**Exercice 1_7**

a) Calculer la hauteur d'ascension capillaire dans des tubes de verre cylindriques de diamètre 2, 0.5 et 0.1 mm, dans les deux cas ci-dessous ($\sigma$ : tension superficielle ; $\varphi$ : angle de contact ; $\rho$ : masse volumique) :
   i) eau pure à 20°C ($\sigma = 0.0727$ N/m, $\varphi = 0°$, $\rho_w = 1\ \text{g/cm}^3$)
   ii) mercure à 20°C ($\sigma = 0.43$ N/m, $\varphi = 180°$, $\rho_{Hg} = 13.6\ \text{g/cm}^3$)

b) Calculer, dans le cas i) et pour un diamètre de 0.5 mm, la valeur de la pression capillaire sous le ménisque.

**Exercice 1_8**

Calculer la teneur en eau massique d'un sable et d'une montmorillonite (argile) contenant seulement une couche de molécules d'eau adsorbée.

| | Sable | Argile |
|---|---|---|
| Surface spécifique s : | $5 \times 10^{-2}$ m$^2$/g | 800 m$^2$/g |

Surface occupée par une molécule d'eau adsorbée : $a = 1.05 \times 10^{-15}$ cm$^2$

Nombre d'Avogadro : $N = 6.02 \times 10^{23}$

**Exercice 1_9**

On fait fréquemment appel à du matériel poreux en sciences du sol (tensiomètres, plaques poreuses, extracteurs de solutions par exemple). Il peut s'agir de matériel en céramique, en verre fritté, en acier inox poreux, etc. L'intérêt de ces matériaux est que pour des pressions ou des succions inférieures à une valeur maximale (fonction du diamètre des pores), ils restent saturés en eau. Ils laissent donc circuler l'eau à travers les pores, tout en empêchant la circulation de l'air.

Quel doit être le diamètre maximal des pores d'une plaque poreuse pour qu'à la température de 20°C, elle reste saturée en eau à une pression de 15 bars ? On supposera que l'angle de contact est nul.