

الحمد لله وحده نحمده ونشكره ونستعين به ونستغفره ونعوذ بالله
من شرور أنفسنا
ومن سيئات أعمالنا
من يهده الله فلا مضل له ومن يضلل فلا هادي له
أشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له
وأشهد أن محمدا عبده ورسوله
صلى الله عليه وسلم وعلى آله وصحبه أجمعين
ومن تبعهم بالإحسان إلى يوم الدين
ربنا لا علم لنا إلا ما علمتنا، إنك أنت العليم الخبير
ربنا لا فهم لنا إلا ما أفهمتنا، إنك أنت الجواد الكريم
ربي اشرح لي صدري ويسر لي أمري واحلل لي
... عقدة لساني يفقهوا قولي

أما بعد.

فإن أصدق الحديث كتاب الله تعالى وخير الهدي، هدي سيدنا
محمد صلى الله عليه وسلم تسليما
وشر الأمور محدثاتها وكل محدثة بدعة وكل بدعة ضلالة وكل
ضلالة في النار

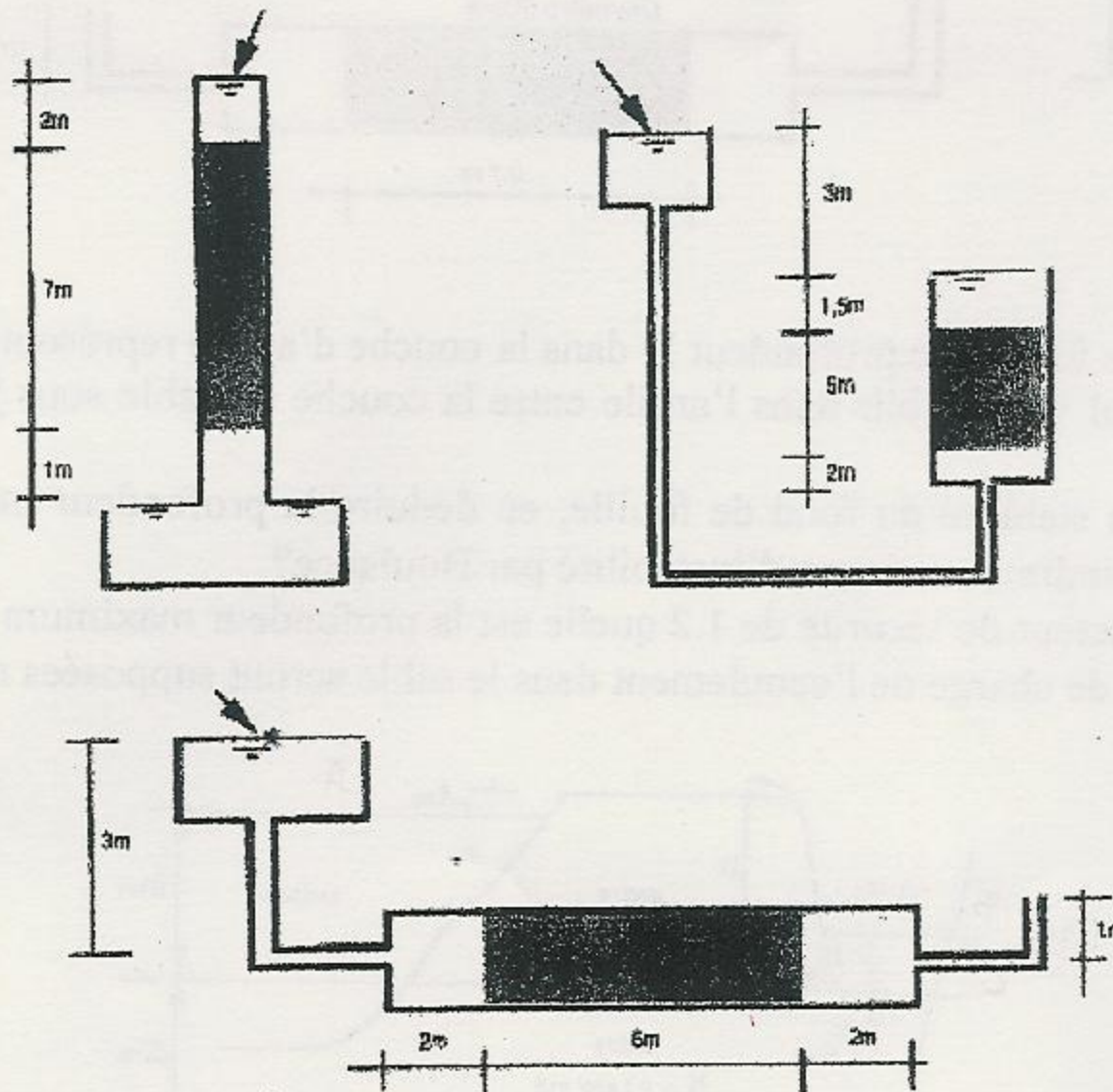
فاللهم أجرنا وقنا عذابها برحمتك يا أرحم الراحمين

Série n°5 :

LES PROPRIETES HYDRAULIQUES DES SOLS

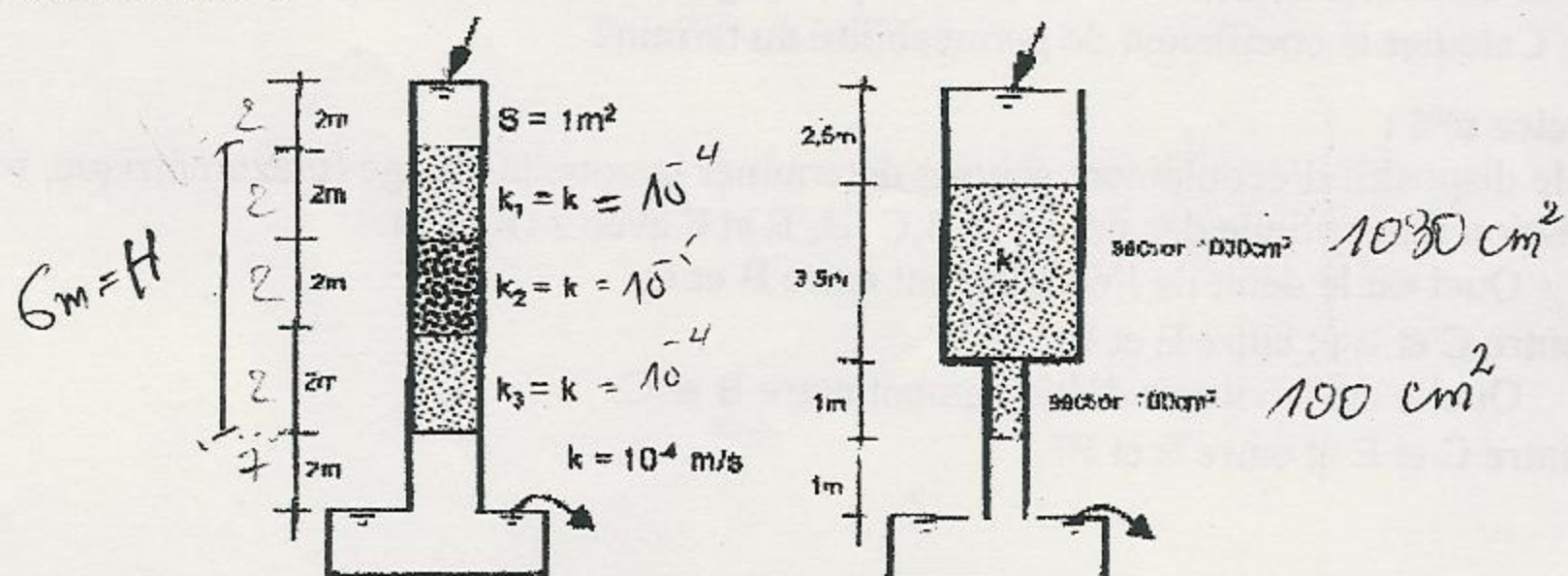
✓ Exercice n°1 :

Tracer les lignes de position (de cote h_e), de charge (piézométrique h_p , totale h) et de pression des écoulements suivants :



✓ Exercice n°2 :

Tracer les lignes de cote, de charge (piézométrique, totale) et pression ainsi que les débits des écoulements suivants :

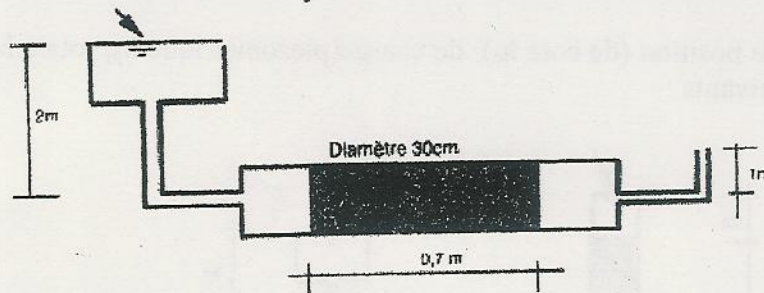


$$V = K \cdot i$$

$$Q = V \cdot S$$

✓ **Exercice n°3 :**

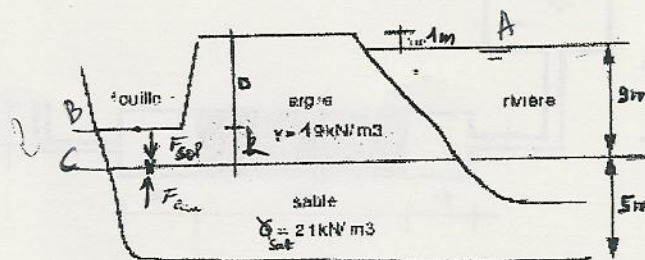
Soit un perméamètre à charge constante figuré ci-dessous. On a mesuré un débit de 300 g/mn. Calculer le coefficient de perméabilité?



Exercice n°4 :

On veut ouvrir une fouille de profondeur D dans la couche d'argile représentée ci-dessous. Un écoulement vertical va s'établir dans l'argile entre la couche de sable sous jacente et le fond de fouille.

- Calculer la stabilité du fond de fouille, en déduire la profondeur maximum que l'on pourra atteindre sans risque d'instabilité par Boulance?
- Avec un facteur de sécurité de 1.2 quelle est la profondeur maximum de la fouille?
- Les pertes de charge de l'écoulement dans le sable seront supposées nulles?



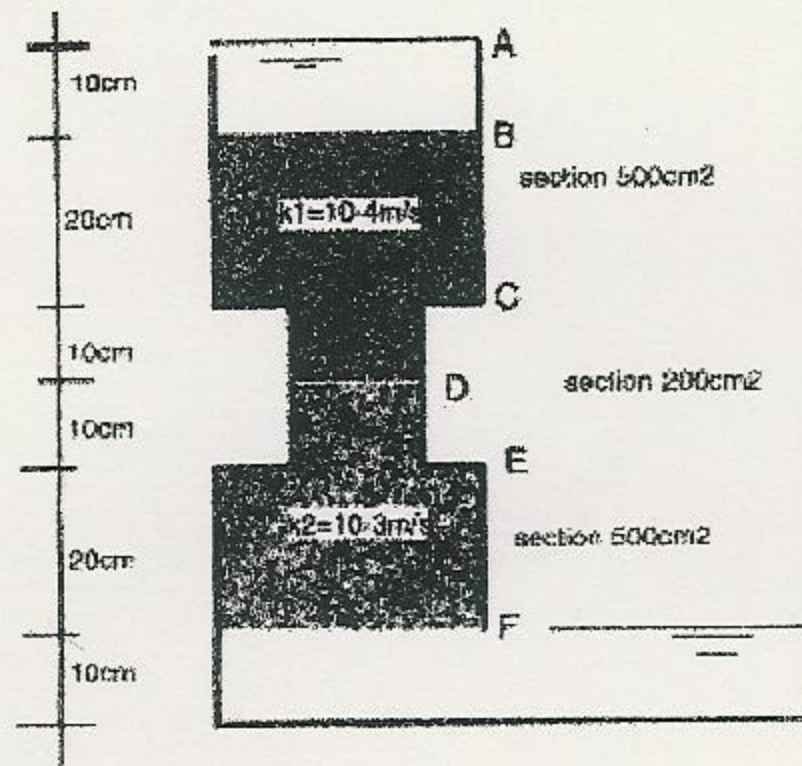
Exercice n°5 :

On effectue un essai de pompage dans une nappe libre horizontale, le toit imperméable est situé à 15 m sous la nappe. Le puit est descendu jusqu'à ce toit. En régime permanent $Q=240 \text{ l/mn}$. A une distance de 10m du puit de pompage le rabattement est de 0.3m, à 3m il est de 1.5m. Calculer le coefficient de perméabilité du terrain?

Exercice n°6 :

Pour le dispositif d'écoulement suivant déterminer la cote, la charge (piézométrique, totale) et la pression interstitielle des points A, B, C, D, E et F avec $z(F)=0\text{m}$.

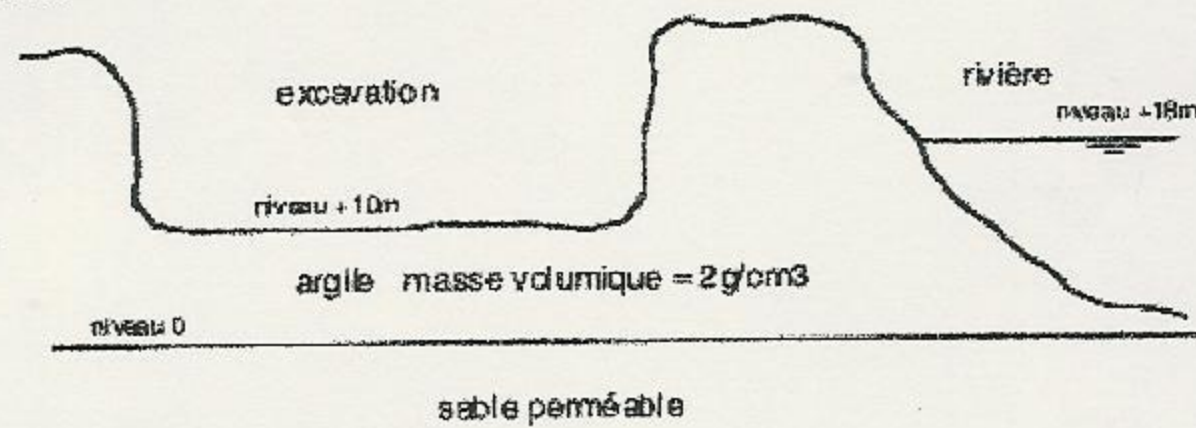
- Quel est le débit de l'écoulement entre B et C, entre C et E et entre E et F?
- Quelle est la vitesse d'écoulement entre B et C, entre C et E et entre E et F?



Exercice n°7 :

Un entrepreneur projette d'effectuer l'excavation figurée ci-dessous. Si la rivière est au niveau +18m, quel est le coefficient de sécurité vis à vis du phénomène de Boulance. (ne pas tenir compte de la résistance au cisaillement de l'argile).

- Jusqu'à quel niveau l'eau pourra-t-elle monter avant que les conditions critiques ne se développent?



Exercice n°8 :

Calculer le gradient hydraulique critique d'un sable lâche, sachant que :

$$\rho_s = 1552 \text{ Kg/m}^3$$

$$W = 10\%$$

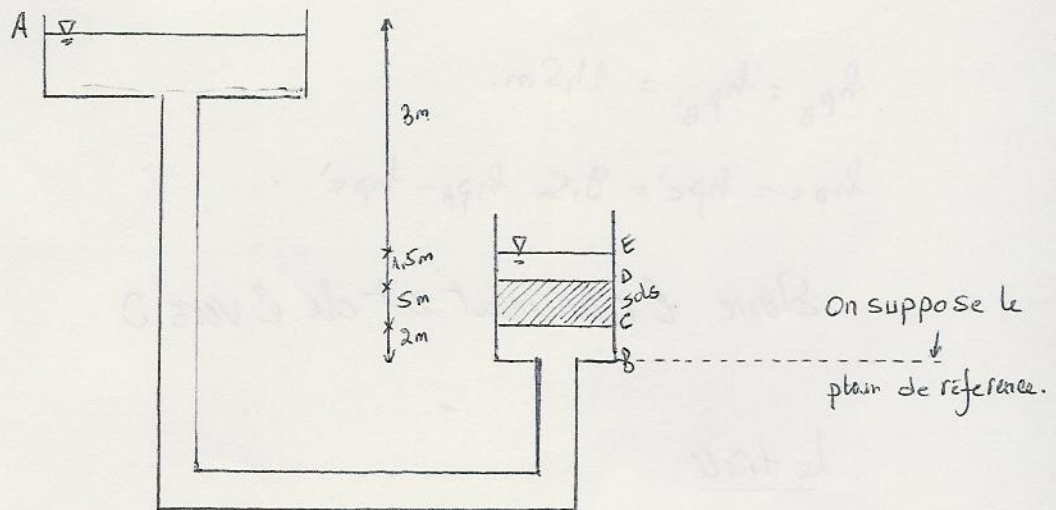
$$S = 36\%$$

$$k_1 = \frac{\sum h_i}{\sum \left(\frac{h_i}{k_i} \right)}$$

les Propriétés hydroliques des sols

Ex 1:

1. Tracer les lignes des charges piezométrique (h_p), charges des positions (h_e)
charges totale (h)

Remarque:

Pour savoir le sens de l'écoulement, on calcule les charges supplémentaires.

$$h_A = h_{\text{élévation A}} + \bar{h}_{\text{pezo A}} \quad \text{Pression atm} = 0.$$

$$h_A = 1,5 + 0 = 1,5 \text{ m.}$$

$$h_E = h_{EE} + h_{\text{pezo E}} = (2 + 5 + 1,5) + 0 = 8,5 \text{ m.}$$

$h_A < h_E \Rightarrow$ Écoulement de A à E sous:

1. Une charge totale de A à E = 3m
2. Une perte de charge de 3m.

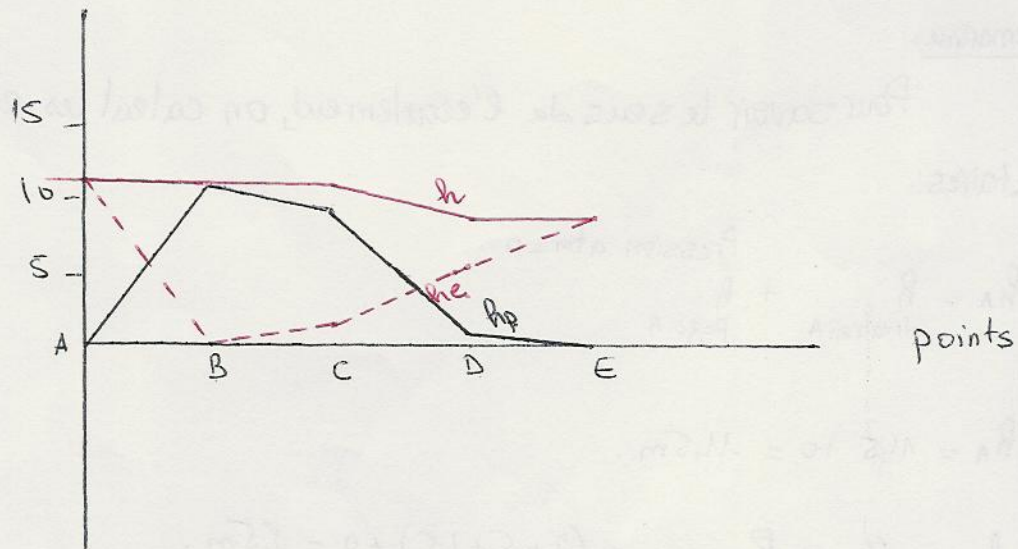
charges Points	h_e	h_p	h	u
A	11,5	0	11,5	0
B	0	11,5	11,5	15
C	2	9,5	11,5	95
D	7	1,5	8,5	15
E	8,5	0	8,5	0

$$h_{pB} = h_{pB'} = 11,5 \text{ m.}$$

$$h_{pC} = h_{pC'} = 9,5 \quad h_{pA} - h_{pC'}$$

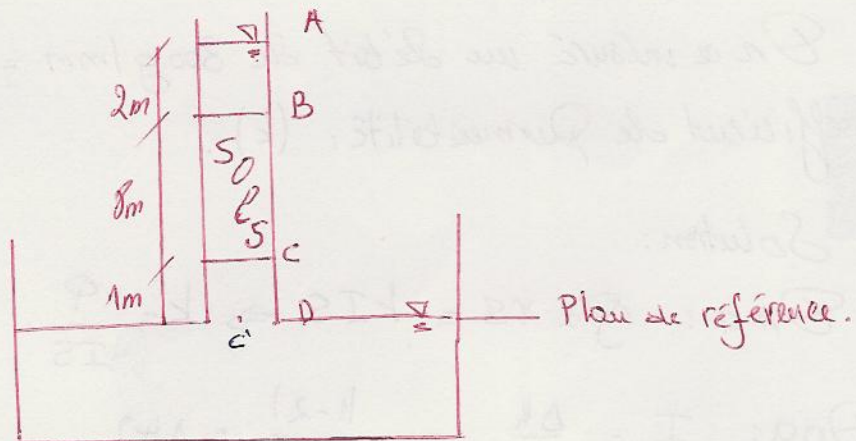
Donc l'écoulement est de E vers D.

: Le tracé:



Ex2:

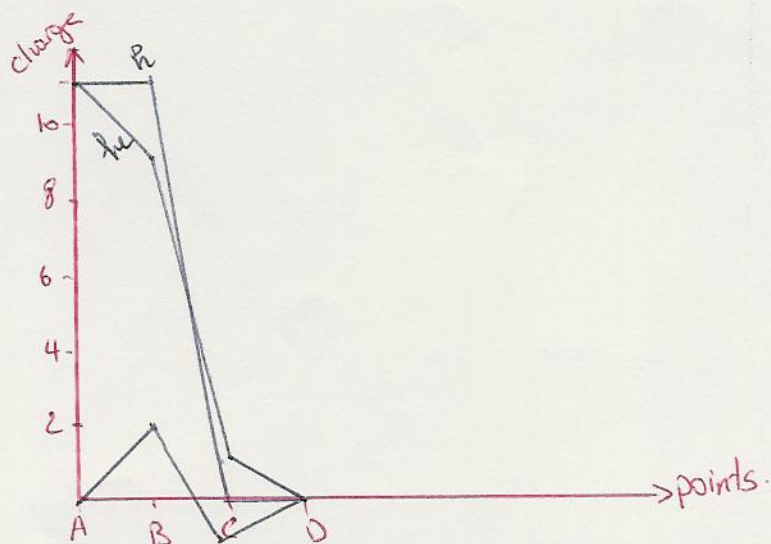
Determiner: h_c , h_p , h , et U , en indiquant gradient hydrolyque.



Charges: Points	h_c	h_p	h	$U = h_p(10)$
A	11	0	11	0
B	9	2	11	20
C	1	-1	0	-10
D	0	0	0	0

On a: $h_c = h_{c'} = h_D = 0 \Rightarrow h = h_c + h_p \Rightarrow h_p = h - h_c = 0 - 1 = -1$

le gradient hydrolyque: $F = \frac{h_B - h_C}{8} = \frac{11 - 0}{8} = 1.3$.



Suite Ex2:

1^{er} écoulement:

$$\Delta h_{\text{total}} = \Delta h_{BC} + \Delta h_{CD} + \Delta h_{DE} = 15 \text{ m.}$$

On a: la conservation du débit alors:

$$\Delta h_{BC} = \Delta h_{CD} = \Delta h_{DE}.$$

$$Q_{BC} = Q_{CD} \Leftrightarrow k_{BC} \frac{\Delta h_{BC}}{L_{BC}} S_{BC} = k_{CD} \frac{\Delta h_{CD}}{L_{CD}} S_{CD}.$$

$$\Leftrightarrow \Delta h_{CD} = \frac{L_{CD}}{L_{BC}} \cdot \frac{k_{BC}}{k_{CD}} \cdot \Delta h_{BC} \dots \textcircled{1}$$

$$Q_{BC} = Q_{DE} \Leftrightarrow k_{BC} \frac{\Delta h_{BC}}{L_{BC}} S_{BC} = k_{DE} \frac{\Delta h_{DE}}{L_{DE}} S_{DE}.$$

$$\Leftrightarrow \Delta h_{DE} = \frac{L_{DE}}{L_{BC}} \Delta h_{BC} \dots \textcircled{2}$$

alors:

$$\Delta h_{BC} \left[1 + \frac{L_{CD}}{L_{BC}} \cdot \frac{k_{BC}}{k_{CD}} + \frac{L_{DE}}{L_{BC}} \right] = 15 \text{ m.}$$

$$\Delta h_{BC} = 1,25 \text{ m.}$$

de $\textcircled{1}$: $\Delta h_{CD} = 12,5 \text{ m.}$

de $\textcircled{2}$: $\Delta h_{DE} = 1,25 \text{ m.}$

Points	h_e	h_p	h	U
A	15	0	15	0
B	13	2	15	20
C	11	2,75	13,75	27,5
D	9	-7,75	1,25	77,5
E	7	7	14	70
F	0	0	0	0

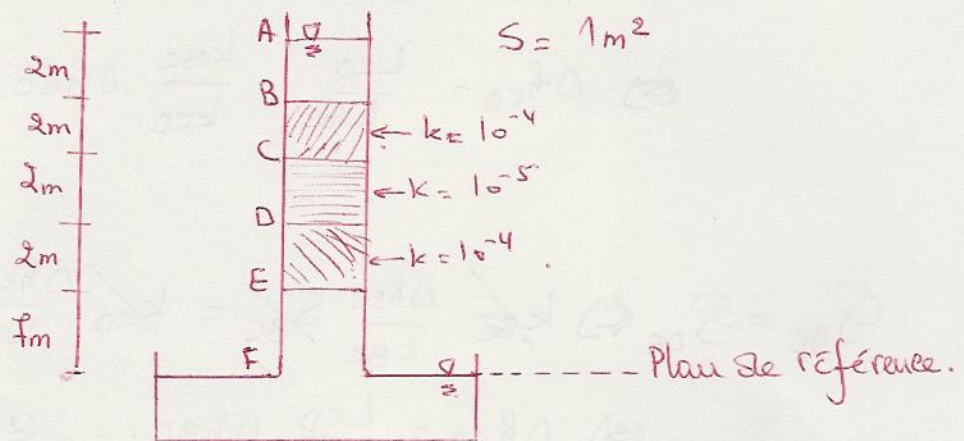
avec : $U = h_p (10) = \gamma_w$

$\Delta h_{BC} = 1,25 \Rightarrow h_B - h_C = 1,25$
 $\Rightarrow h_C = h_B - 1,25 = 13,75m$

$\Delta h_{CD} = 12,5m \Rightarrow h_D = h_C - 12,5$
 $h_D = 1,25m$

et aussi :

$h = h_e + h_p \Rightarrow h_p = h - h_e$



2^{ème} itération :

Conservation du débit :

$Q_{BC} = Q_{CD} \Rightarrow k \frac{\Delta h_{BC}}{L_{BC}} S_{BC} = k \frac{\Delta h_{CD}}{L_{CD}} S_{CD}$

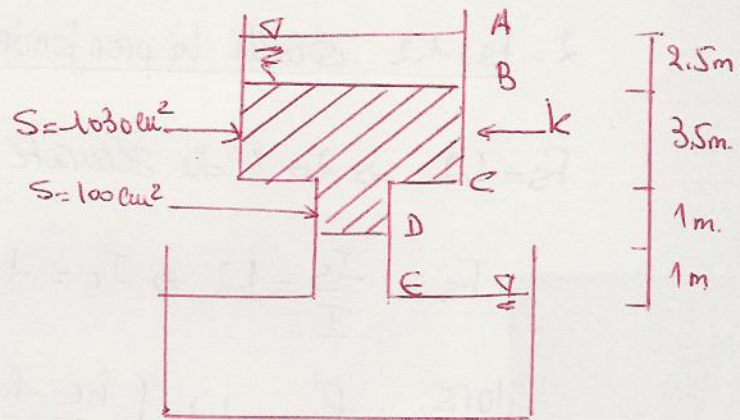
$\Rightarrow \Delta h_{CD} = \frac{L_{CD}}{L_{BC}} \frac{S_{BC}}{S_{CD}} \Delta h_{BC}$

Donc :

$\Delta h_T = \Delta h_{BC} + \Delta h_{CD} = \delta = \Delta h_{BC} \left(1 + \frac{L_{CD}}{L_{BC}} \frac{S_{BC}}{S_{CD}} \right)$

$\Delta h_{BC} = 2,02m = h_B - h_C \Rightarrow h_C = 5,97m$

charges Pts	h_c	h_p	h
A	8	0	8
B	5.5	2.5	8
C	2	3.97	5.97
D	1	1	2
E	0	0	0



Ex4:

1. la stabilité au fond de la fouille:

$$\sum F_v = 0 \Rightarrow \gamma_w h_w S = \gamma_s L S$$

par unite de surface:

$$\Leftrightarrow \gamma_w h_w = \gamma_s L$$

$$\Rightarrow 10(9) = 19L$$

$$\Rightarrow L = 4.73 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow D = 10 - 4.73 = 5.26 \text{ m.}$$

A. la profondeur D, on note le début d'instabilité par boulnce.

A cet instant On a:

$\left\{ \begin{array}{l} \sigma' \text{ à la base de la couche d'argile} = 0, \sigma_v' = 0. \end{array} \right.$

$$I_c = \frac{p'}{p_w}$$

$$f_s = 1. \Rightarrow \text{Sécurité} = 0\%$$

la couche ne présente aucune résistance.

Présence de fissuration et entraînement de sable qui vont apparaître au fond de la fouille.

2. $F_s = 1,2$ - Quelle la profondeur max :

$F_s = 1,2 \Rightarrow 20\%$ de sécurité

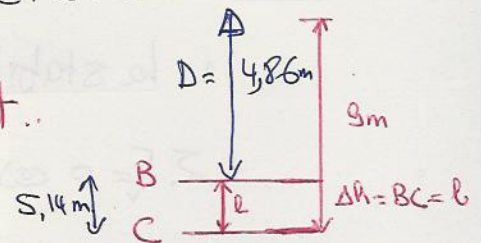
$$F_s = \frac{I_c}{I} = 1,2 \Rightarrow I_c = 1,2 I. \quad , \text{On a: } I_c = \frac{p'}{p_w} \cdot , I = \frac{\Delta h_{BC}}{BC}.$$

alors: $\frac{p'}{p_w} = 1,2 \left(\frac{h_c - h_b}{BC} \right)$

$$p' = p_{\text{argile}} - p_{\text{eau}} \Rightarrow p' = 19 - 10 = 9 \text{ kN/m}^3 \quad p_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$h_c = 9, h_b = l. \quad , BC = \text{longueur en B et C} = l.$$

On compte du haut au bas, exactement.



$$0,9 + 1,2l = 10,8 \Rightarrow l = 5,14 \text{ m}.$$

alors: la profondeur max $D = 10 - 5,14 \text{ m} = 4,86 \text{ m}.$

avec \therefore la profondeur de Boulance = $5,26 \text{ m}.$

a cette profondeur débute l'instabilité.

la profondeur avec $F_s = 1,2 \Rightarrow 4,86 \text{ m}.$

alors: 20% Sécurité = $0,4 \text{ m}.$

$0,4 \text{ m}$ est la profondeur, qui on continue le creuser, on va voir le phénomène de Boulance.