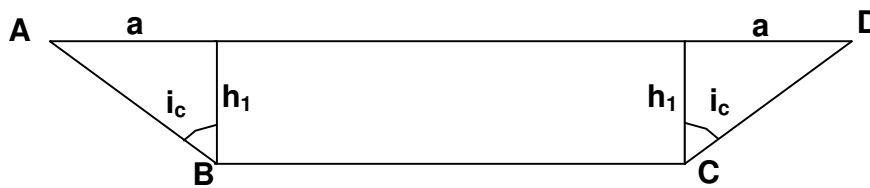


Cours d'analyse géotechnique des sites urbains et naturels

Examen  
9 décembre 2013  
**CORRIGÉ**

**Question 1. Sismique réfraction**

Notations : Les vitesses des ondes dans les couches 1, 2 et 3 valent :  $V_1 = 500$  m/s,  $V_2 = 1500$  m/s et  $V_3 = 3000$  m/s. Les couches ont pour épaisseur  $h_1 = 5$  m et  $h_2 = 10$  m.



Calculs pour la couche 1.

$$\sin i_c = V_1/V_2 = 0,333 \quad i_c = 19,47 \text{ degrés} \quad \cos i_c = 0,943$$

$$a = h_1 \tan i_c = 0,3536 h_1 \quad AB = h_1/\cos i_c = 1,061 h_1$$

$$AD = X = 2a + x = 0,7072 h_1 + x$$

$$AB+BC+CD = 1,061 h_1 + x + 1,061 h_1 = 2,122 h_1 + x = X + (2,122 - 0,7072)h_1 = X + 1,415h_1$$

1. Les ondes directes parcourent une distance  $X$  en un temps  $t_1 = X / V_1$ . Les ondes réfractées sur l'interface des couches 1 et 2 parcourent la distance  $ABCD$  en un temps  $t$  égal à

$$t_{12} = \frac{1,061h_1}{V_1} + \frac{x}{V_2} + \frac{1,061h_1}{V_1} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{x}{V_2} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{X - 2a}{V_2} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{X - 0,7072h_1}{V_2}$$

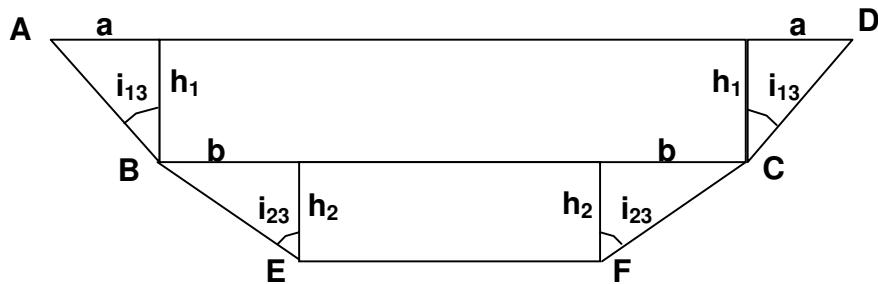
L'onde réfractée rattrape l'onde directe à la distance  $X$  telle que  $t_1 = t_{12}$ . On obtient

$$\frac{X}{V_1} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{X - 0,7072h_1}{V_2} \quad \text{d'où} \quad X = 2,122h_1 + X \frac{V_1}{V_2} - 0,7072h_1 \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{2}{3}X = \left(2,122 - \frac{0,7072}{3}\right)h_1 \quad \text{d'où} \quad X = 14,15 \text{ m.}$$

Le temps correspondant vaut :

$$t_{12} = \frac{14,15}{500} = 0,0283 \text{ s.}$$



Calculs pour les couches 1 et 2.

$$\begin{aligned} \sin i_{13} &= V_1/V_3 = 1/6 & i_{13} &= 9,6 \text{ degrés} & \cos i_{13} &= 0,986 & \tan i_{13} &= 0,169 \\ a &= h_1 \tan i_{13} = 0,169h_1 = 0,845 \text{ m} & AB &= h_1/\cos i_{13} = 1,014h_1 = 5,07 \text{ m} & CD &= AB \\ \sin i_{23} &= V_2/V_3 = 0,5 & i_{23} &= 30 \text{ degrés} & \cos i_{23} &= 0,866 & \tan i_{23} &= 0,577 \\ b &= h_2 \tan i_{23} = 0,577h_2 = 5,77 \text{ m} & BE &= h_1/\cos i_{23} = 1,155h_1 = 11,55 \text{ m} & FC &= BE \\ AD = X &= 2a + 2b + x = 1,69 + 11,54 + x = x + 13,23 \text{ m} \\ AB+BE+EF+FC+FD &= 5,07 + 11,55 + x + 11,55 + 5,07 = x + 32 \text{ m} = X + 18,77 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Les ondes réfractées sur l'interface des couches 2 et 3 arrivent au bout d'un temps  $t_{23}$

tel que  $t_{23} = \frac{EF}{V_3} + \frac{2AB}{V_1} + \frac{2BE}{V_2}$ . L'onde réfractée sur l'interface 12 arrive en D au bout

d'un temps  $t_{12} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{x}{V_2} = \frac{2,122h_1}{V_1} + \frac{X - 0,7072h_1}{V_2} = \frac{10,61}{V_1} + \frac{x}{V_2} = \frac{10,61}{V_1} + \frac{X - 3,536}{V_2}$ .

L'arrivée simultanée des deux ondes au point D conduit à l'équation :

$$\frac{X - 13,23}{V_3} + \frac{10,14}{V_1} + \frac{23,1}{V_2} = \frac{10,61}{V_1} + \frac{X - 3,536}{V_2}$$

En multipliant le tout par  $V_3 = 3000 \text{ m/s}$ , on obtient

$$X - 13,23 + 6 \cdot 10,14 + 2 \cdot 23,1 = 6 \cdot 10,61 + 2X - 2 \cdot 3,536$$

$$-13,23 + 60,84 + 46,2 - 63,66 + 7,072 = X$$

$$X = 37,22 \text{ m},$$

ce qui correspond à  $EF = 37,22 - 2a - 2b = 37,22 - 1,69 - 11,54 = 23,99 \text{ m}$ .

Le temps correspondant vaut

$$t_{23} = \frac{23,99}{3000} + \frac{2 \cdot 5,07}{500} + \frac{2 \cdot 10,61}{1500} = 0,04242 \text{ s}$$

3. La courbe dromochronique du massif représente le temps  $t$  d'arrivée de la première onde en fonction de la distance  $X$ . Elle est représentée sur la figure 1.

Le premier segment a pour équation :  $t = X/500$ .

Le deuxième segment a pour équation :

$$t_{12} = \frac{10,61}{V_1} + \frac{X - 3,536}{V_2} = \frac{X}{1500} + \frac{10,61}{500} - \frac{3,536}{1500} = \frac{X}{1500} + 0,0189 \text{ s}.$$

Le troisième segment a pour équation :

$$t_{23} = \frac{X - 13,23}{V_3} + \frac{10,14}{V_1} + \frac{23,1}{V_2} = \frac{X}{3000} - \frac{13,23}{3000} + \frac{10,14}{500} + \frac{23,1}{1500} = \frac{X}{3000} + 0,03127 \text{ s}.$$

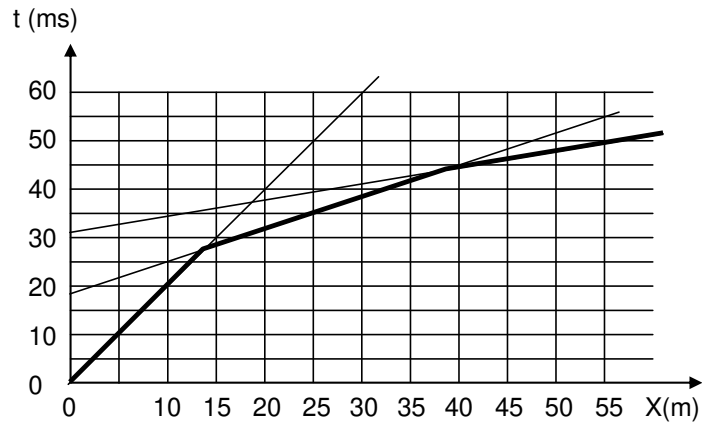


Figure 1. Courbe dromochronique

### Question 2. Dépouiller un essai pressiométrique

Le tableau 1 donne les valeurs corrigées de la pression appliquée au sol par la sonde, en tenant compte de la correction d'altitude et de la correction de membrane. La courbe est représentée sur la figure 2.

Tableau 1. Mesures pressiométriques

$\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	90	109	156	210	247	266	310	336	374	409	455	550	700
$p_r$ (MPa)	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Étalonnage (MPa)	-0,12	-0,15	-0,22	-0,24	-0,32	-0,34	-0,38	-0,4	-0,45	-0,49	-0,52	-0,54	-0,56
Pression eff. (MPa)	0,003	0,023	0,053	0,133	0,153	0,233	0,393	0,573	0,823	1,083	1,353	1,56	1,84

Le volume initial de la sonde est égal à 650 cm<sup>3</sup>.

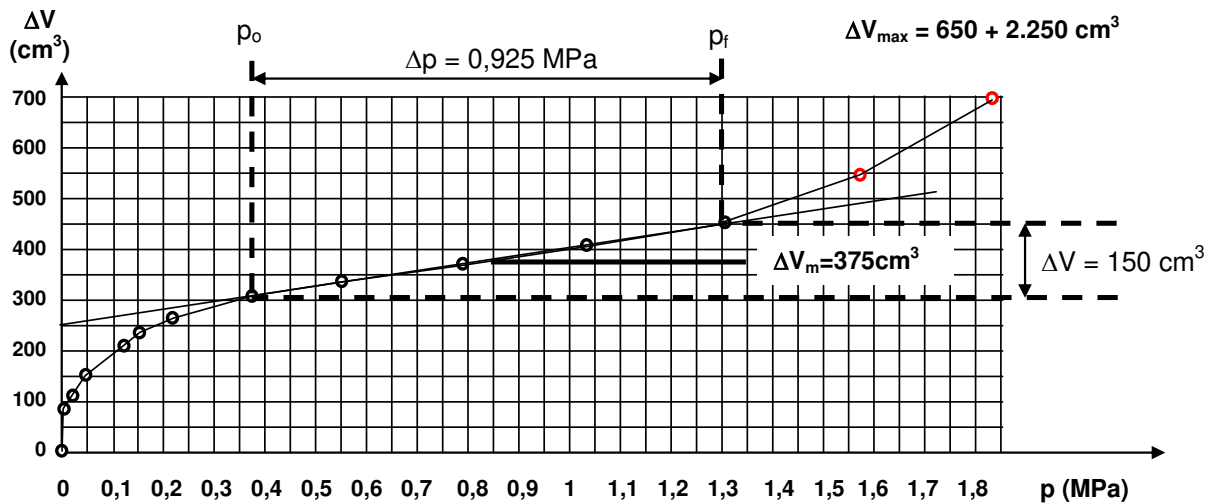


Figure 2

Le module pressiométrique est égal à

$$E_M = 2(1+\nu)(V_s + \Delta V_m) \Delta p / \Delta V = 2.1,3(655 + 375)0,925 / 150 = 16,5 \text{ MPa.}$$

La pression limite n'a pas été atteinte. Elle est supérieure à la plus grande pression 1,85 MPa.

### Question 3. Hydrogéologie

La figure 3 montre l'épaisseur de la nappe selon la ligne AB. Les lignes de courant associées aux isopièzes sont représentées sur la figure 4.

Valeurs représentées sur la figure 3.

Point	A	1	2	3	4	5	6	B
Toit (m)	90	80	60	50	40	40	40	30
Base (m)	60	40	25	15	10	-1	-5	-10
Distance (km)	0	2	4,4	7,5	9,2	12	14	18,7

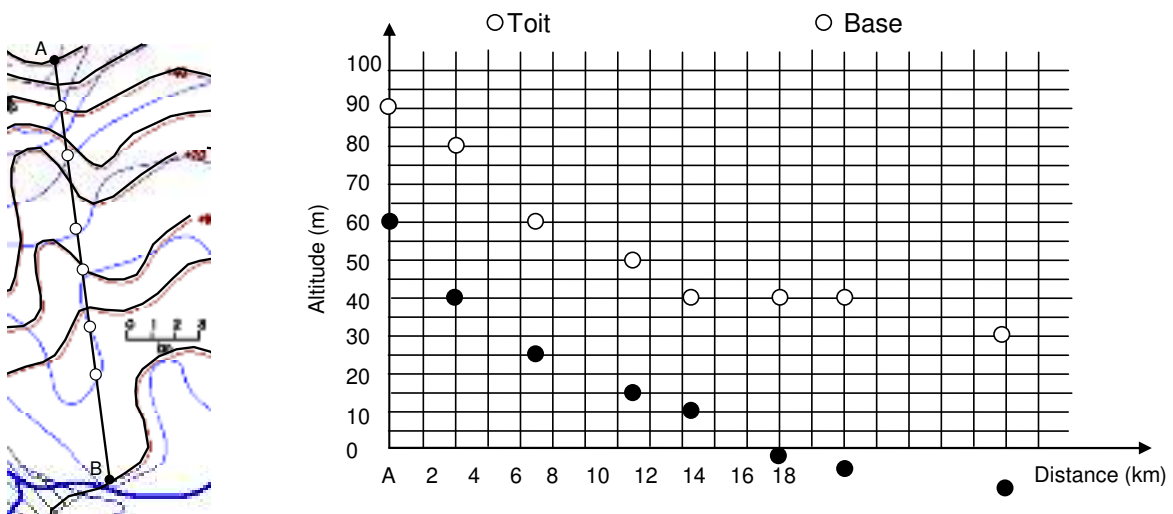


Figure 3. Représentation de la base et du toit de la nappe selon AB

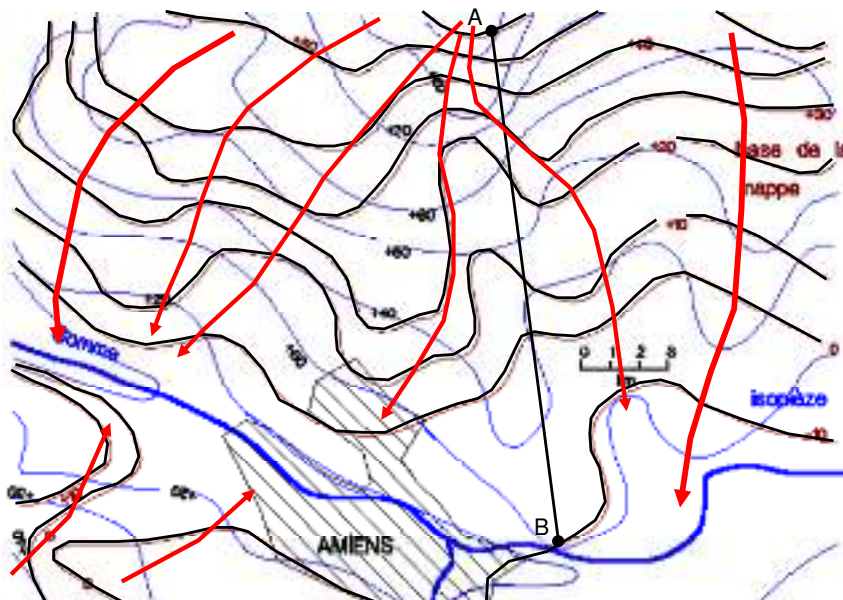


Figure 4. Lignes de courant

#### Question 4. Explication de désordres dans un bâtiment

L'immeuble a subi un déversement se traduisant par un décalage de 20 cm entre le haut (point A) et le bas (point B). La hauteur de l'immeuble est de l'ordre de 35 m. La rotation de l'immeuble correspond à un angle de  $\alpha = \arctan(0,2/35) = 0,38$  degrés. Le point B a tassé de  $\Delta s = 20 \tan 0,38 = 20 \cdot 0,2/35 = 0,11$  m de plus que l'autre face de l'immeuble.

a. Le tassement différentiel du bâtiment peut provenir de la différence des sols de fondations entre les deux faces du bâtiment et en particulier du fluage des dépôts argileux.

b. Pour pouvoir progresser dans l'analyse, il faut connaître le détail des calculs effectués lors de l'étude du bâtiment. Il faut aussi connaître précisément la nature et l'épaisseur des sols sous le bâtiment, de façon à pouvoir faire un nouveau calcul.

c. Pour obtenir ces observations, un prélèvement continu des sols et des essais d'identification et de compressibilité en laboratoire sont une bonne méthode pour obtenir cette information, de chaque côté du bâtiment.