

Leçon n°5 – Consolidation des sols – Correction de l'exercice

1. Calcul de c_v

L'énoncé de l'exercice fournit une courbe de tassement tracée dans le repère logarithmique : c'est donc la méthode de Casagrande que nous allons appliquer. Elle s'organise en quatre étapes

1. Détermination du tassement initial

Casagrande propose d'approximer la courbe de tassements dans les premiers instants à une courbe en \sqrt{t} , soit en notant s le tassement : $s(t) = A\sqrt{t}$ avec A constante. Il en résulte que, étant donné un instant t_1 proche du début de l'expérience :

- les tassements entre $t=0$ et t_1 sont égaux à $s(t_1) - s(t=0) = A\sqrt{t_1} - A\sqrt{0} = A\sqrt{t_1}$
- les tassements entre t_1 et $4t_1$ sont égaux à $s(4t_1) - s(t_1) = A\sqrt{4t_1} - A\sqrt{t_1} = A\sqrt{t_1}$

Il y a donc égalité entre ces deux quantités, ce qui se traduit graphiquement comme représenté sur la Figure 1. Plus t_1 est petit, plus l'approximation est précise, on prendra donc ici $t_1 = 1s$.

On en déduit approximativement $s(0) = 0,113 \text{ mm}$

2. Détermination du tassement final

La valeur du tassement final considérée ici correspond au tassement à la fin de la phase de consolidation primaire, c'est à dire avant le commencement de la phase de fluage pur. On cherche donc sur la Figure 1 le point d'intersection entre :

- la courbe de consolidation primaire linéarisée (à gauche) d'une part
- la courbe de fluage pur linéarisée (à droite) d'autre part.

On en déduit approximativement $s_{final} = 0,21 \text{ mm}$ comme représenté sur la Figure 1.

3. Détermination du temps t_{50} pour atteindre la moitié des tassements

On peut alors déterminer graphiquement le temps nécessaire à l'obtention de la moitié des tassements.

Le tracé de la Figure 1 nous donne approximativement $t_{50} = 115 \text{ secondes}$.

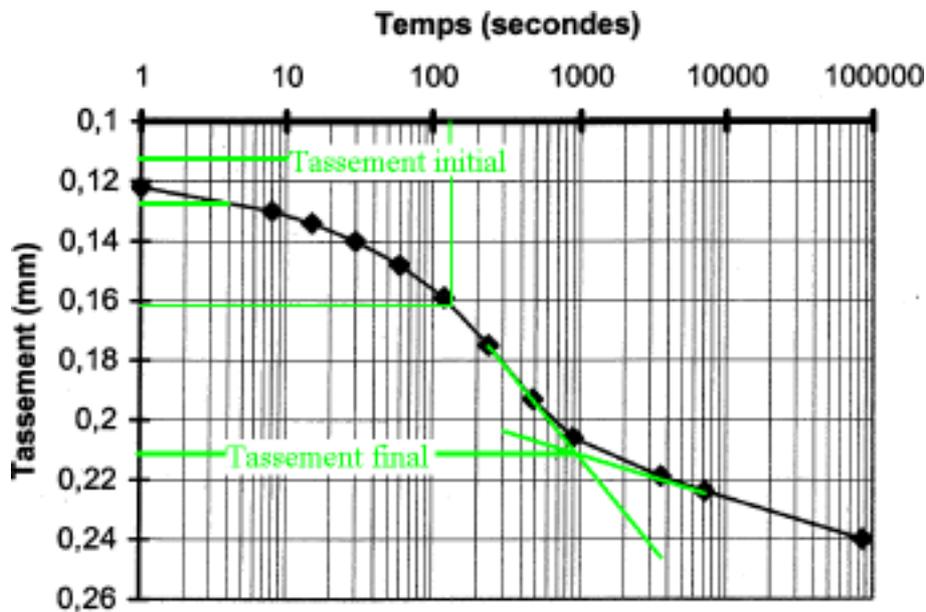


Figure 1: Résolution graphique par la méthode de Casagrande

4. Calcul de c_v

Lors de l'adimensionnalisation de l'équation de la consolidation, nous avons posé $T_v = \frac{c_v t}{H^2}$. La résolution de l'équation adimensionnelle nous a alors fourni les valeurs de T_v associées à des degrés de consolidation U_v fournies dans le Tableau 1 (qui seront accessibles pendant le test puisque tous les documents y sont autorisés) :

T_v	U_v (%)	U_v (%)	T_v
0	0	0	0
0,004	7,1	5	0,002
0,008	10,1	10	0,008
0,012	12,4	15	0,018
0,020	16,0	20	0,031
0,028	18,9	25	0,049
0,048	24,7	30	0,071
0,072	30,3	35	0,096
0,100	35,7	40	0,126
0,150	43,7	45	0,159
0,200	50,4	50	0,197
0,250	56,2	55	0,239
0,300	61,3	60	0,286
0,350	65,8	65	0,342
0,400	69,8	70	0,403
0,500	76,4	75	0,477
0,600	81,6	80	0,567
0,700	85,6	85	0,684
0,800	88,7	90	0,848
0,900	91,2	95	1,129
1,000	93,2	100	∞
1,500	98,0		

Tableau 1: Relation entre degré de consolidation U_v et facteur temps T_v , d'après Magnan (aide mémoire)

On en déduit que pour $U_v = 50\%$ on a $T_v = 0,197$. Il en découle que

$$c_v = \frac{T_{v50} H^2}{t_{50}} = \frac{0,197 (10^{-2})^2}{115} = 1,71 \cdot 10^{-7} \quad \text{avec } H = 1 \text{ cm car l'échantillon est doublement drainé.}$$

2. Tracé des tassements au cours du temps

1. Calcul du tassement à l'infini

En remarquant que l'application d'une surcharge de 50 kPa conduit le matériau dans le domaine de consolidation normale, on peut appliquer la formule oedométrique :

$$s_{\infty} = \frac{H_0}{1+e_0} \left[C_s \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + C_c \log \frac{\sigma'_{vf}}{\sigma'_{vp}} \right]$$

En considérant les contraintes à mi hauteur de la couche, il vient en notant que le toit de la nappe est à la surface : $\sigma'_{v0} = 3(17-10) = 21 \text{ kPa}$ et $\sigma'_{vp} = 21 + 20 = 41 \text{ kPa}$

Finalement, $s_{\infty} = \frac{6}{1+1,2} \left[0,05 \log \frac{41}{21} + 0,6 \log \frac{71}{41} \right] = 43 \text{ cm}$

2. Tracé des tassements

Les valeurs du degré de consolidation s'appliquent également aux tassements. On en déduit, en remarquant que la couche d'argile considérée est doublement drainée, les formules suivantes :

$$T_v = \frac{c_v t}{h^2} = \frac{1,71 \cdot 10^{-7} t}{3^2} \quad \text{et} \quad s(T_v) = U_v(T_v) s_{\infty}$$

Le présente les résultats obtenus

Tv	0,000	0,002	0,008	0,018	0,031	0,071	0,126	0,197	0,286	0,403	0,567	0,848	Infini
Uv	0%	5%	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
T (jours)	0	1,22	4,87	10,96	18,88	43,25	76,75	120	174,22	245,49	345,39	516,57	
s(t) (m)	0	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,3	0,34	0,39	0,43

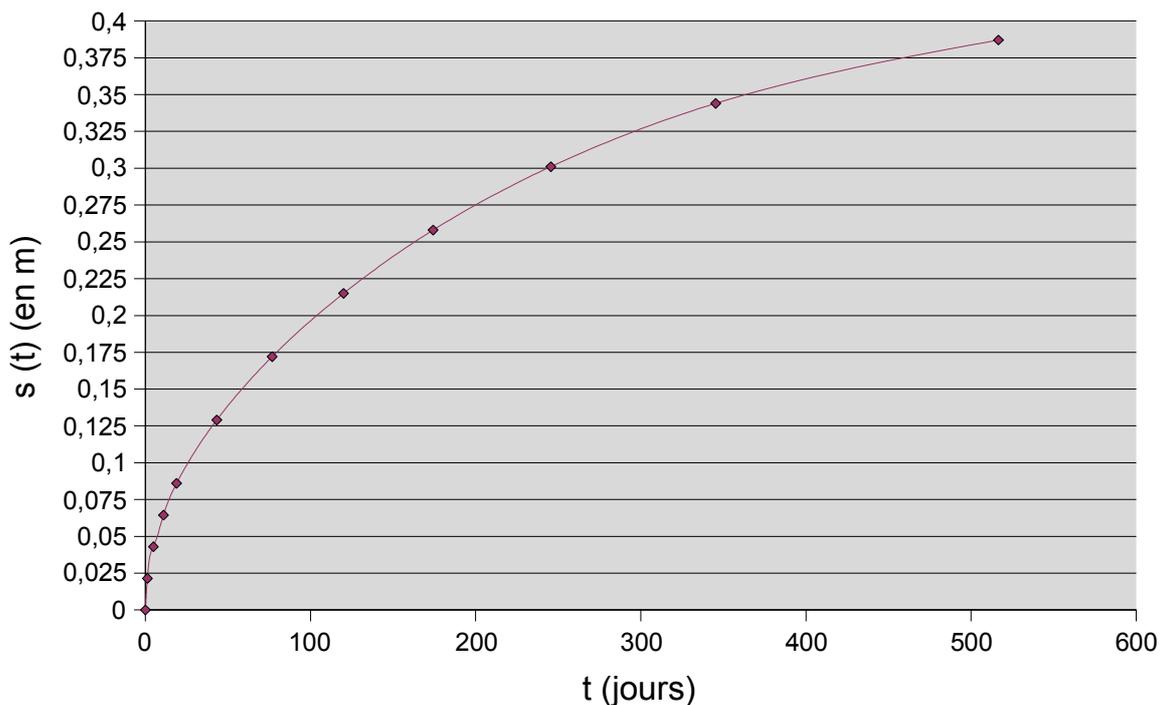


Figure 2: Courbe de tassements au cours du temps