



Université Mohamed Khider De Biskra  
Faculté D'architecture, De Génie Civil Et D'hydraulique  
Département De Génie Civil Et D'hydraulique

## TP MDS2 N°02 :

# Essai de compressibilité à l'œdomètre

Préparé par :

- Messaoudi Sirine nourelhouda
- Saidane Yacine
- Saoudi Ahlem

Sous la supervision de :

Dr.Brahmi N

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>i</b>
<b>1 Essai de compressibilité à l'œdomètre</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction : . . . . .	1
1.2 But de l'essai : . . . . .	1
1.3 Appareillage : . . . . .	2
1.4 Procédure expérimentale : . . . . .	4
1.5 Interprétation des résultats : . . . . .	7
1-Paramètres obtenus à partir de la courbe de compressibilité $e = f(\log \sigma)$ . . . . .	9
2-Paramètres obtenus à partir de la courbe $\sigma(n) - E(n)$ . . . . .	10
1.6 Commentaire des résultats : . . . . .	10
1.7 Conclusion : . . . . .	11

# 1 Essai de compressibilité à l'œdomètre

## 1.1 Introduction :

L'essai de compressibilité à l'œdomètre est une méthode expérimentale utilisée en mécanique des sols pour évaluer la déformabilité et la consolidation d'un sol sous une charge verticale unidimensionnelle. Cet essai est essentiel pour caractériser les propriétés mécaniques des sols fins, comme les argiles et les limons, dans des conditions réalistes de charge, typiques des infrastructures telles que les fondations, les barrages ou les remblais.

## 1.2 But de l'essai :

L'essai oedométrique reproduit les conditions de déformation des sols dans le cas d'un massif du sol à surface horizontale chargé par une pression uniforme où le sol ne peut se déplacer que verticalement. Le principe de l'œdomètre a été inventé au début du XX<sup>e</sup> siècle et cet appareil fait partie de l'équipement de tous les laboratoires de mécanique des sols.

Cet essai a pour but de déterminer les caractéristiques de compressibilité et de consolidation d'un sol qui permettent d'estimer le tassement. Il fournit deux types de courbes :

- La courbe de compressibilité : unidimensionnelle, dite « courbe oedométrique » : indice des vides  $e$  en fonction du logarithme de la contrainte effective verticale appliquée  $\sigma'$  ;  

$$e = f(\log \sigma')$$
- La courbe de consolidation : tassement vertical  $\varepsilon_v$  en fonction du logarithme de temps ;  

$$\varepsilon_v = f(\log t)$$

L'essai consiste à exercer des cycles de chargement et de déchargement sur un échantillon de sol drainé sur deux faces, à l'intérieur d'une cellule rigide.

### **1.3 Appareillage :**

- Un bâti métallique permettant par l'intermédiaire d'un bras de levier d'appliquer au piston (couvercle) les pressions de consolidation successives désirées.
- Un comparateur pour mesurer les tassements ou les gonflements.
- Des masses en acier pour charger l'échantillon.
- Une cellule ou enceinte oedométrique de consolidation composée de :
  - Un moule cylindrique ayant une paroi lisse et rigide qui empêche toute déformation radiale lors de l'essai.
  - Deux bases de pierres poreuses permettant le drainage de l'échantillon en cours de l'essai et éviter au sein de matériau l'apparition de pression interstitielle.
  - Deux papiers filtres servant à protéger les pierres du colmatage dû aux grains fins.
  - Un couvercle ou piston pour répartir l'effort de compression sur la surface totale de l'échantillon.



FIGURE 1.1 – Appareillage.

## **1.4 Procédure expérimentale :**

1. L'exécution de l'essai oedométrique comporte les opérations suivantes :

On mesure les dimensions de l'anneau de la cellule oedométrique (Diamètre  $D$  et Hauteur  $H$ ).



FIGURE 1.2 –  
Étape 1

2. On mesure le bras de levier permettant d'appliquer l'effort revenant sur le piston.
3. On pèse la cellule oedométrique vide.



FIGURE 1.3 –  
Étape 2 et 3

4. On remplit l'anneau par l'échantillon du sol; puis on arase la surface supérieure à l'aide d'une règle ou d'un élément rigide et plan.



FIGURE 1.4 –  
Étape 4

5. On pèse l'ensemble cellule oedométrique + éprouvette pour pouvoir calculer l'indice des vides initial  $e_0$  en fin d'essai.
6. On pose le papier filtre et la pierre poreuse supérieure sur le moule puis on le fixe sur le bac par les vis de fixation.
7. On vérifie l'horizontalité de l'oedomètre par le niveau.

8. On pose la cellule sur le bâti oedométrique puis on met en place le piston et on règle le comparateur à zéro.



FIGURE 1.5 –  
Étape 6 et 7 et 8



FIGURE 1.6 –  
Étape 6 et 7 et 8

9. On sature la cellule par l'eau tout le long de l'essai afin d'éviter la présence d'air et d'annuler les tensions capillaires qui compensent (partiellement) le déchargement (gonflement de l'éprouvette).



FIGURE 1.7 –  
Étape 9

10. On pose le poids correspondant au premier chargement et on mesure le tassement  $\epsilon$  ou  $\Delta H$  au cours du temps (0, 15s, 30s, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 30min, 1h, 2h, 4h, 8h, 24h). On double la charge chaque 24h.



FIGURE 1.8 –  
Étape 10



FIGURE 1.9 –  
Étape 10

11. On procède de la même façon pour le cycle de déchargement de l'éprouvette.
12. En fin d'essai, on détermine le poids du sol sec  $P_s$  obtenu par pesée de l'éprouvette après séchage à l'étuve (24 heures à 65°C pour les sols organiques et 105°C pour les autres sols).
13. On démoule le moule et on le nettoie.

**Note :** On propose dans cette expérience d'étudier un échantillon sableux sec pour lequel le tassement est instantané et on mesure les tassements suivant la cadence (0, 15s, 30s, 45s, 1 min et 2 minutes).

## 1.5 Interprétation des résultats :

On obtient donc les résultats enregistrés dans le tableau suivant :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{S} \\ S &= \frac{\pi D^2}{4} = 3019.07 \text{ mm}^2 \\ E &= \frac{\Delta H}{H_0} \\ e &= \left( \frac{H_n}{H_p} - 1 \right) \\ H_p &= \frac{W_s}{\gamma_s \cdot S} \\ \Rightarrow H_p &= \frac{87}{2.7 \times 10^2 \times 3019.07} = 1.067 \text{ mm}\end{aligned}$$

## 1 -Changement

$F$ (N)	$\sigma = \frac{F}{S}$	$\sigma$ (kPa)	$\log(\sigma)$	$\Delta H$ (mm)	$E$	$H$	$e$
70	0.0232	23.2	1.37	0.13	0.0087	14.87	12.94
140	0.047	46.4	1.67	0.21	0.014	14.79	12.86
280	0.0927	92.74	1.97	0.33	0.022	14.67	12.74
560	0.1854	185.4	2.27	0.50	0.033	14.5	12.59
1120	0.371	370.98	2.57	0.71	0.047	14.29	12.39
2240	0.741	741.95	2.87	0.96	0.064	14.04	12.16
3360	1.1193	111.93	3.05	1.08	0.072	13.92	12.05

TABLE 1.1 – Résultats du chargement.

## 2 -Déchargement

$F$ (N)	$\sigma = \frac{F}{S}$	$\sigma$ (kPa)	$\log(\sigma)$	$\Delta H$ (mm)	$E$	$H$	$e$
2240	0.741	741.95	2.87	1.06	0.071	13.94	12.07
1120	0.371	370.98	2.57	0.96	0.064	14.04	12.16
560	0.1854	185.4	2.27	0.85	0.057	14.15	12.26

TABLE 1.2 – Résultats du déchargement.

## 3 -Rechargement

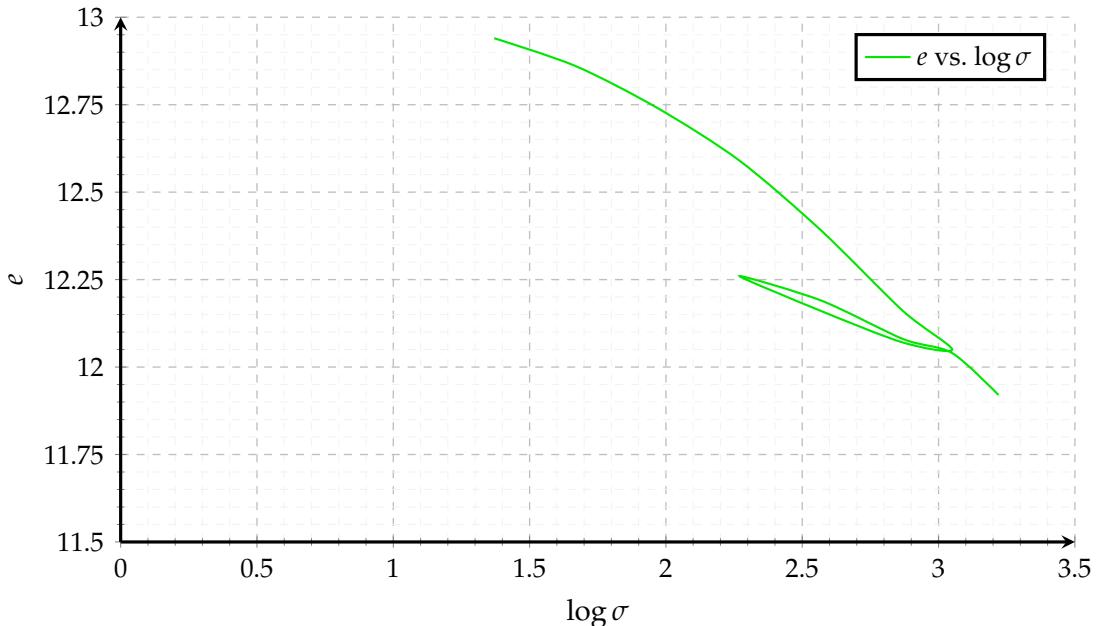
$F$ (N)	$\sigma = \frac{F}{S}$	$\sigma$ (kPa)	$\log(\sigma)$	$\Delta H$ (mm)	$E$	$H$	$e$
1120	0.371	370.98	2.57	0.93	0.071	14.07	12.19
2240	0.741	741.95	2.87	1.04	0.069	13.96	12.08
3360	1.113	1112.93	3.05	1.09	0.073	13.92	12.04
5040	1.669	1669.39	3.22	1.21	0.081	13.79	11.92

TABLE 1.3 – Résultats du rechargement.

## Calculs

**1-Paramètres obtenus à partir de la courbe de compressibilité  $e = f(\log \sigma)$**

Courbes de  $e$  vs.  $\log \sigma$



On déduit de cette courbe les paramètres suivants :

a) **La contrainte de pré-consolidation  $\sigma$  :**

$$\log(\sigma) = 3 \Rightarrow \sigma = 1000 \text{ kPa}$$

b) **L'indice de gonflement  $C_s$  :**

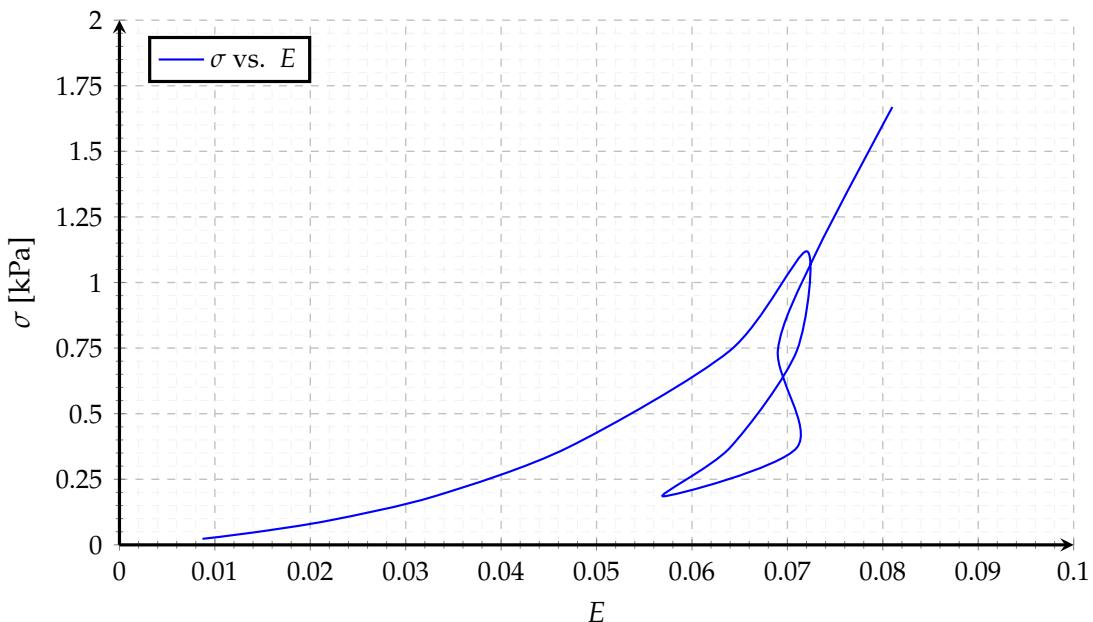
$$C_s = \left| \frac{\Delta e}{\Delta \log(\sigma'_v)} \right| = \frac{12.86 - 12.94}{1.67 - 1.37} = 0.27$$

c) **L'indice de compression  $C_c$  :**

$$C_c = \left| \frac{\Delta e}{\Delta \log(\sigma'_v)} \right| = \frac{3.22 - 3.05}{11.92 - 12.04} = 0.142$$

## 2-Paramètres obtenus à partir de la courbe $\sigma(n) - E(n)$

Courbe de Contrainte  $\sigma$  vs  $E$



- d) **Le module oedométrique  $E_{oed}$**  : Le module de déformation est déterminé pour chaque palier de chargement :

$$E_{oed} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta E} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{E_2 - E_1}$$

Pour le deuxième palier :

$$E_{oed2} = 26.57$$

## 1.6 Commentaire des résultats :

D'après les résultats de l'essai obtenus, on peut constater que :

1. **L'indice de compression  $C_c = 0.142$** , donc notre sol est un sol peu compressible,  $0.1 < C_c \leq 0.2$ .
2. **Le module oedométrique sécant,  $E_{oed} = 26.57 \text{ MPa}$** , donc ce module confirme que notre sol est un sable,  $15 < E_{oed} \leq 50$ .

Type de sol	$E_{oed}$ (MPa)
Argile molle	0.1 à 1
Argile moyenne	0.1 à 1
Argile raide	1 à 10
Limon uniforme	3 à 35
Sable	15 à 50
Gravier	30 à 120

TABLE 1.4 – Ordre de grandeur du module oedométrique en fonction du type de sol.

## **1.7 Conclusion :**

Le tassement des sols sous les ouvrages est basé sur la théorie de consolidation. Dans notre expérience, on remarque que l'augmentation et la diminution du tassement dépendent de l'augmentation de la pression de chargement et de l'indice des vides, tel qu'il existe une relation linéaire proportionnelle entre le tassement et la pression.

En général, lorsqu'on charge un sol par un ouvrage, cette charge engendre une pression (contrainte) qui va provoquer une diminution de l'indice des vides, d'où le tassement augmente.