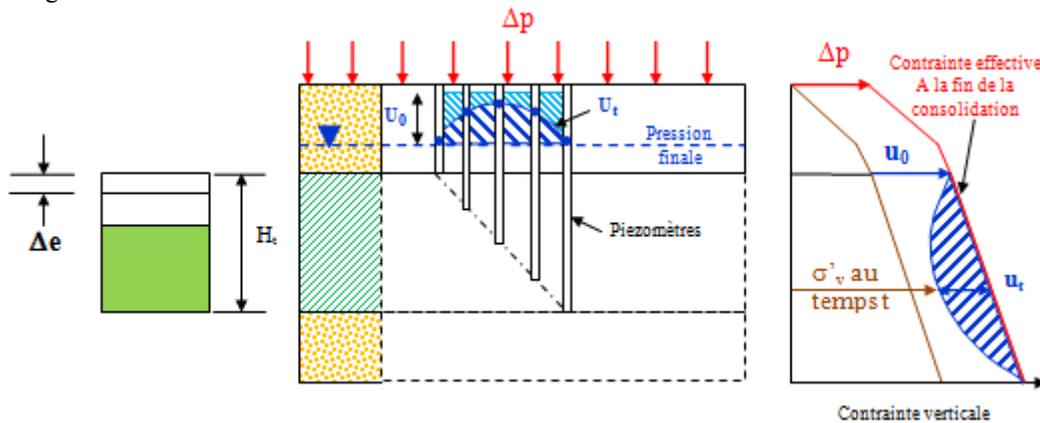


1. Le phénomène de consolidation primaire



Si l'on applique au temps  $t = 0$  sur un *sol fin saturé*, une distribution de charge constante, le sol a tendance à subir des variations de volume. Mais le sol étant saturé et l'eau ne pouvant s'évacuer du fait de la faible perméabilité des terrains, les variations de volume n'ont pas lieu et elles se traduisent par des surpressions  $\Delta u$  de l'eau interstitielle au voisinage des points d'applications de charges.

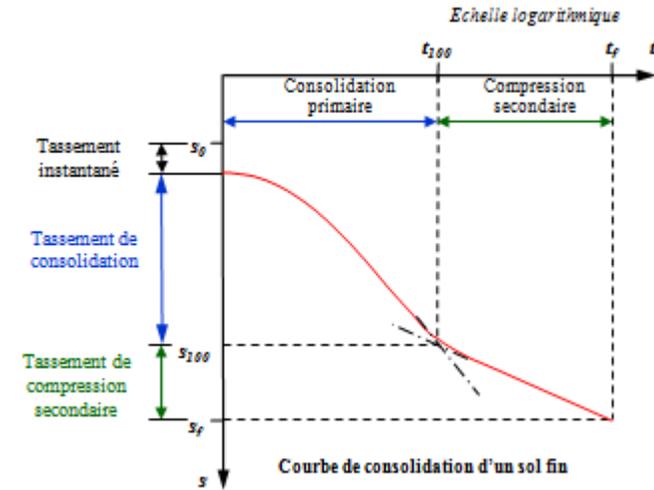


Il se développe ainsi au temps  $t = 0$  des gradients hydrauliques sous l'action desquels l'eau s'écoule des zones de fortes surpressions vers les zones de surpression nulle. Au cours du temps sous l'effet de l'écoulement appelé drainage, les surpressions  $\Delta u$  diminuent, donc les contraintes effectives sur le sol augmentent puisque la distribution des charges reste constante. Le sol subit des déformations et des tassements.

**Les conditions de drainage**, longueur du chemin de drainage, de la couche compressible peu perméable (couche drainée par le haut sur substratum imperméable ou drainée par les deux faces) influent directement sur la vitesse de consolidation des sols  
Par ailleurs, plus le sol est imperméable, plus le phénomène de consolidation est lent.

2. L'essai oedométrique

L'essai oedométrique reproduit les conditions de déformation des sols dans le cas d'un massif à surface horizontale chargé par une pression uniforme et où le sol ne peut se déplacer que verticalement. L'échantillon est drainé sur ses deux faces.



On distingue trois parties dans cette courbe :

- la **compression initiale ou instantanée**, lors de l'application de la charge
- la **consolidation primaire**, qui correspond à la dissipation de la pression interstitielle
- la **compression secondaire**, qui se poursuit dans le temps après la dissipation de la surpression interstitielle

3. Estimation du temps de consolidation primaire

L'exploitation des résultats de l'essai permet de déterminer par la méthode graphique de Taylor ou de Casagrande, la valeur du coefficient de consolidation du sol  $c_v$  ( $m^2/s$ ),

fonction de la perméabilité et de la compressibilité du sol :  $C_v = \frac{k \cdot E_{oed}}{\gamma_w}$

On définit ensuite :

- le degré de consolidation verticale  $U_v(t) = \frac{\Delta h(t)}{\Delta h_{final}} = \frac{\text{Tassement à l'instant } t}{\text{Tassement final}}$

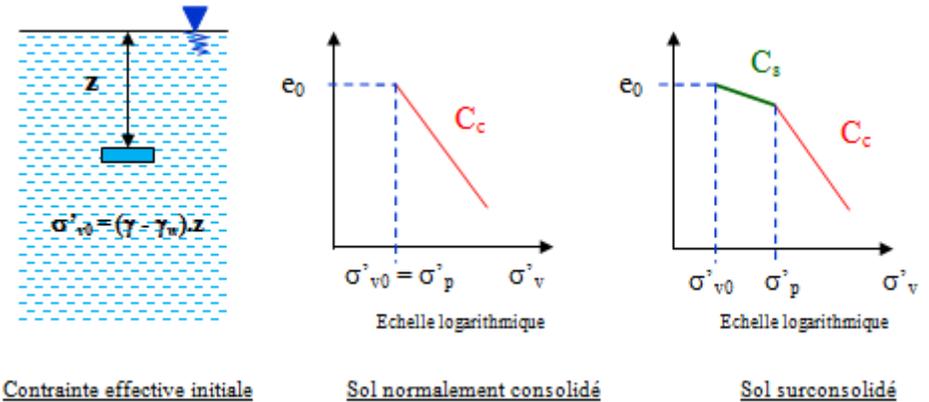
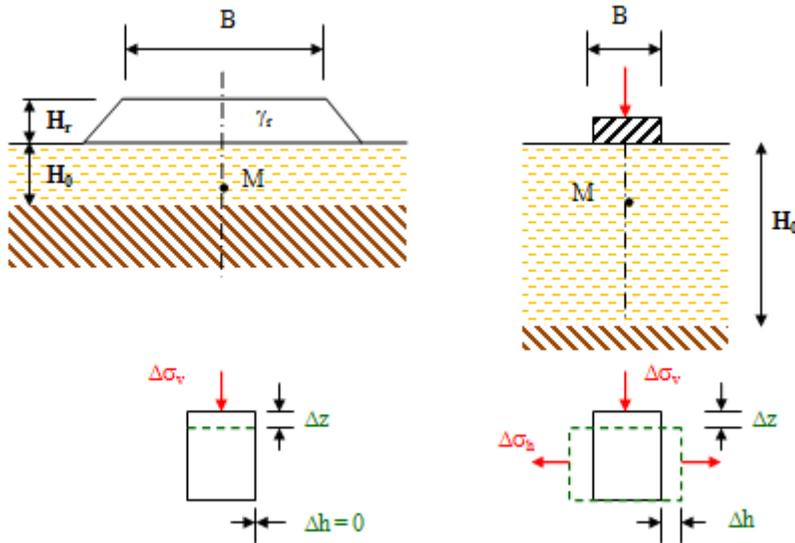
- le facteur temps vertical :  $T_v = \frac{c_v}{H^2} \cdot t$  ou  $T_v = \frac{4 \cdot c_v}{H^2} \cdot t$  (drainage par les 2 faces)

avec  $t$  : temps de tassement primaire et  $H$  : épaisseur de la couche compressible.

La résolution pratique des problèmes de consolidation nécessite alors de connaître la fonction  $U_v = f(T_v)$ , donnée sous la forme d'abaque ou de formules analytiques.

### 1. Domaine d'application

La méthode oedométrique pour le calcul des tassements ne sera valable que lorsque la surface d'application de la charge aura une largeur  $B$  plus grande que l'épaisseur  $H_0$  de la couche compressible. Dans le cas contraire les phénomènes de distorsion du sol avec possibilités de déformations latérales conduiront à préférer la méthode pressiométrique.



- *sols normalement consolidés* ( $\sigma'_p = \sigma'_{v0}$ ) :  $\Delta H = -H \cdot \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}$

- *sols surconsolidés* ( $\sigma'_p > \sigma'_{v0}$ ) :  $\Delta H = -H \cdot \left[ \frac{C_s}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_1} + \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_2}{\sigma'_p} \right]$

- *sols sous-consolidés* ( $\sigma'_p < \sigma'_{v0}$ ) : Ces sols sont en cours de consolidation sous leur propre poids : remblais récents mal ou non compactés, vases, tourbes, etc.. La méthode oedométrique n'est pas applicable.

### 2. Caractéristiques de la courbe de compressibilité

Dans un essai oedométrique, comme les déformations horizontales du sol sont nulles, les variations de volume du sol se réduisent à celles qui résultent de la composante verticale du déplacement :  $\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1 + e_0}$  avec  $H_0$  épaisseur initiale de l'échantillon et  $e_0$  indice des

vides initial.

L'allure des courbes de compressibilité donnent des indications sur le remaniement éventuel de l'éprouvette d'essai, l'histoire du sol et son comportement sous charge. Il est défini plusieurs paramètres :

- *la contrainte effective de préconsolidation  $\sigma'_p$*  qui correspond à la contrainte effective maximale sous laquelle le sol s'est déjà consolidé au cours de son histoire,

- *l'indice de compression  $C_c$*  qui par définition est la pente de la tangente à la *courbe vierge* telle que :  $e_2 - e_1 = - C_c \cdot (\log \sigma'_2 - \log \sigma'_1) = - C_c \cdot \log \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}$

- *l'indice de décompression ou recompression  $C_s$*  qui traduit la déformabilité d'un échantillon non gonflant en deçà de la contrainte de consolidation à laquelle il a été soumis.

Le module oedométrique sécant  $E_{oed}$  n'a pas une valeur constante. Il dépend du choix de l'intervalle de contrainte de position N1 ( $\sigma'_{v1}$ ,  $e_1$ ) et N2 ( $\sigma'_{v2}$ ,  $e_2$ ) pris sur la courbe et n'est valable pour les calculs de tassement que dans cet intervalle des contraintes.

Il est défini par :  $E_{oed} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta e} \cdot (1 + e_1)$  ou par  $E_{oed} = \frac{\sigma'_{v2} - \sigma'_{v1}}{(H_1 - H_2)} \cdot H_1$

### 3. Calculs des tassements de consolidation primaire d'une couche de terrain

Si à la profondeur  $z_i$ , milieu de la couche d'épaisseur  $H_i$ , la contrainte initiale moyenne  $\sigma'_{vz0}$  passe à la valeur  $\sigma'_{vz1}$ , la valeur du tassement  $\Delta s_i$  s'exprime par :

$\Delta s_i = H_i \cdot \left[ \frac{C_s}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{vz0}} + \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vz1}}{\sigma'_p} \right]$  ou par  $\Delta s_i = H_i \cdot \frac{\sigma'_{vz1} - \sigma'_{vz0}}{E_{oed}}$

La diffusion en profondeur d'une surcharge en tête  $q$  peut être déterminée à partir de coefficients d'influence (méthode de Boussinesq) :  $\sigma_v = \int_s \frac{3 \cdot q}{2 \pi \cdot z^2} \cdot \cos^5 \theta \cdot ds$

Le tassement total des terrains correspond à la somme des tassements des couches élémentaires.