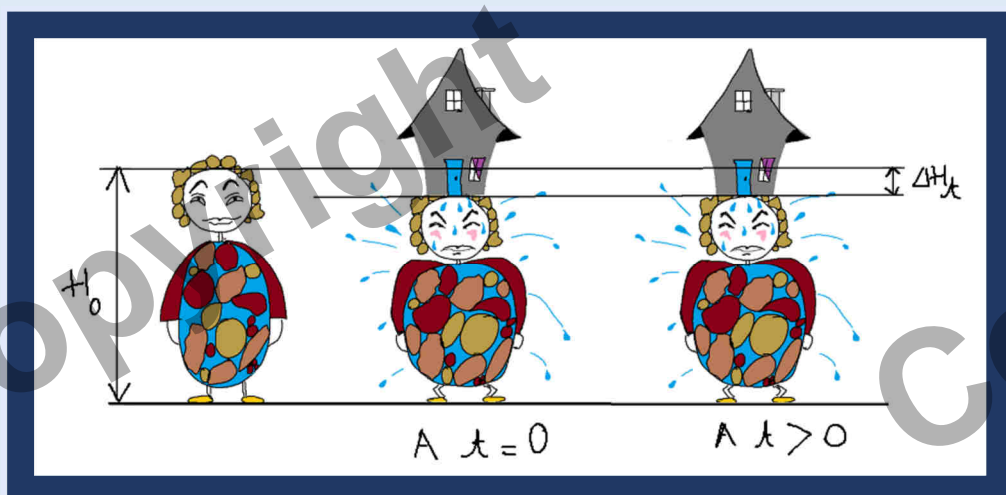
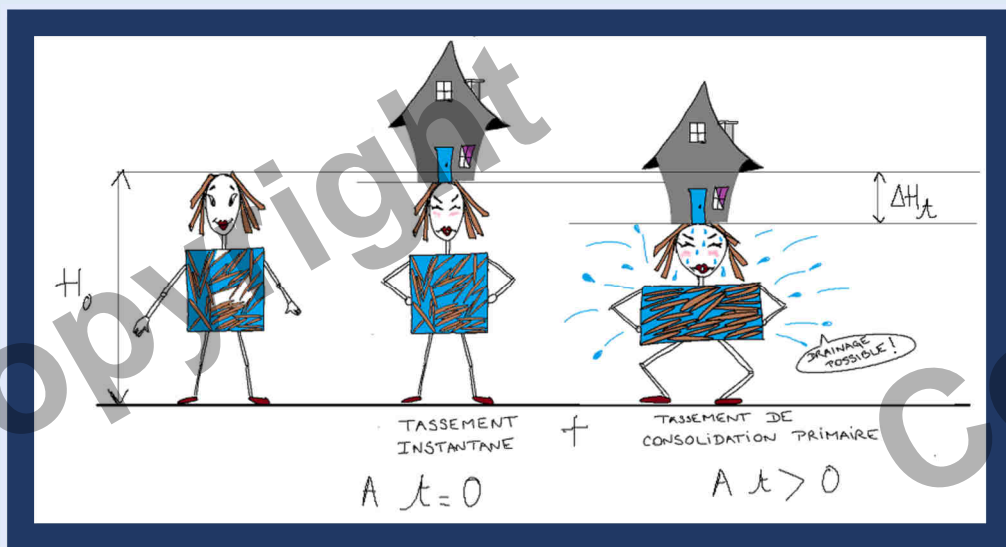


CONSOLIDATION

Phase **transitoire** durant laquelle les tassements dus à un chargement se produisent.

On s'intéresse donc à l'évolution du tassement au cours du **temps** sous un chargement donné.

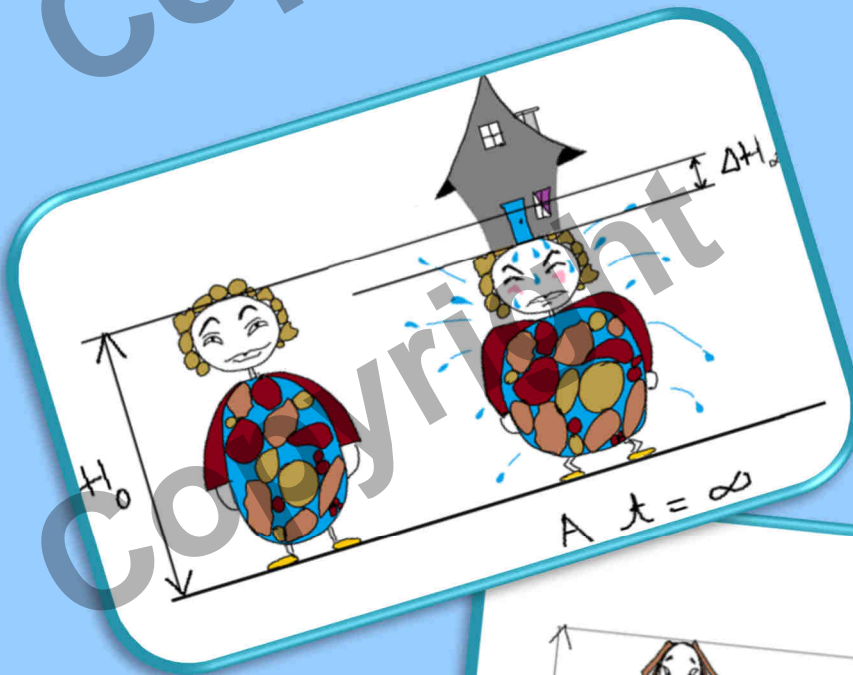




COMPRESSIBILITE

Diminution de volume

On s'intéresse ici à l'**amplitude du tassement** en fonction du chargement imposé.



Courbe de compressibilité
 e en fonction de σ' en échelle logarithmique

[N. Reboul, 2021]

CONTRAINTES (SOLS)

Vecteur contrainte, composantes normale et tangentielle

Contraintes \leftrightarrow **Coupure** (fictive) en deux parties

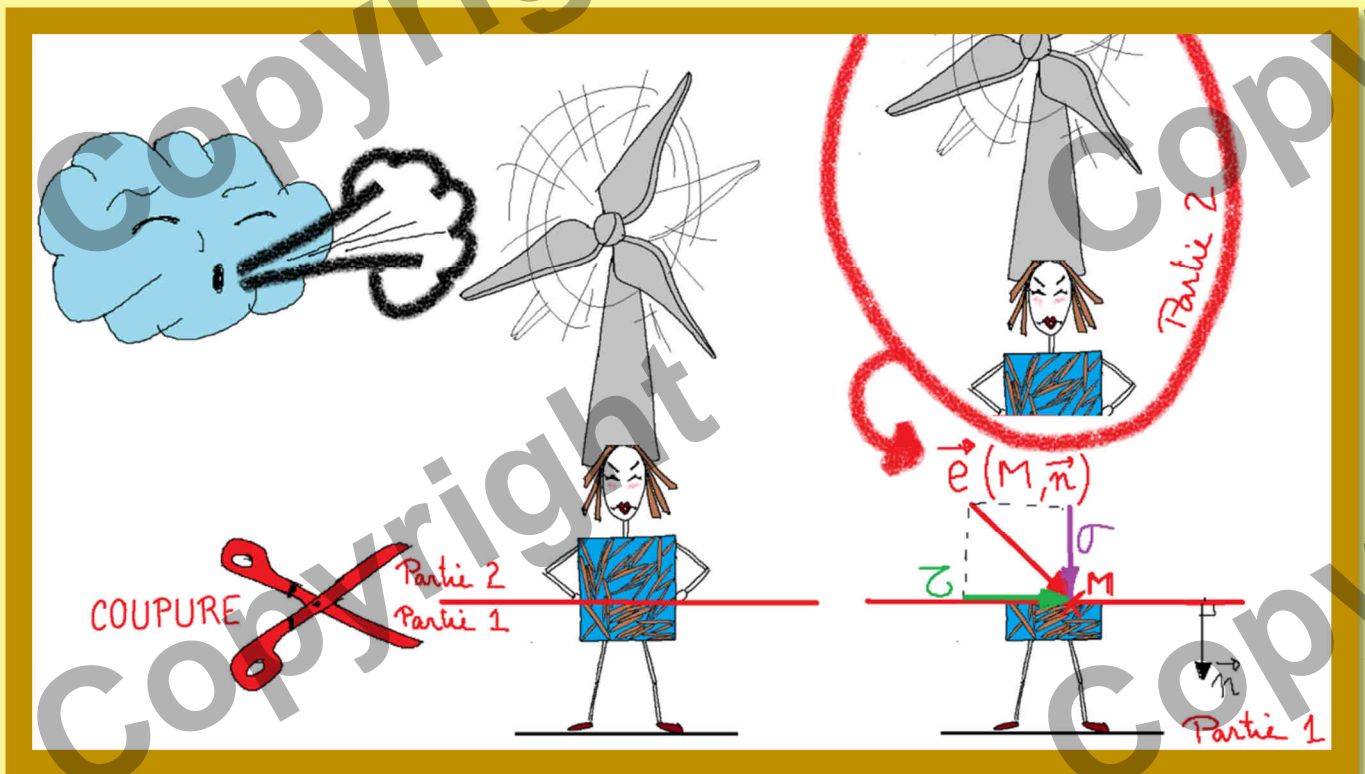
\leftrightarrow Efforts internes, d'une partie sur l'autre

\leftrightarrow Répartition surfacique des efforts

$\vec{e}(M, \vec{n})$: vecteur contrainte en M dans la direction \vec{n}

σ : composante normale (> 0 en compression)

τ : composante tangentielle (de cisaillement)



POSTULAT de TERZAGHI



Contraintes totales : le sol est vu de **manière globale**.

σ : contrainte normale totale

τ : contrainte tangentielle (de cisaillement) totale

Contraintes effectives : reprises par le **squelette solide**.

σ' : contrainte normale effective

τ' : contrainte tangentielle (de cisaillement) effective

Pression interstitielle : pression de l'**eau**

Postulat de Terzaghi :
$$\begin{cases} \sigma = \sigma' + u \\ \tau = \tau' \end{cases}$$

[N. Reboul, 2021]

PERMÉABILITÉ

Unité : [m/s]

Notation : k

Aptitude du sol à permettre l'écoulement de l'eau

$$\text{Loi de Darcy : } v = k \times i$$

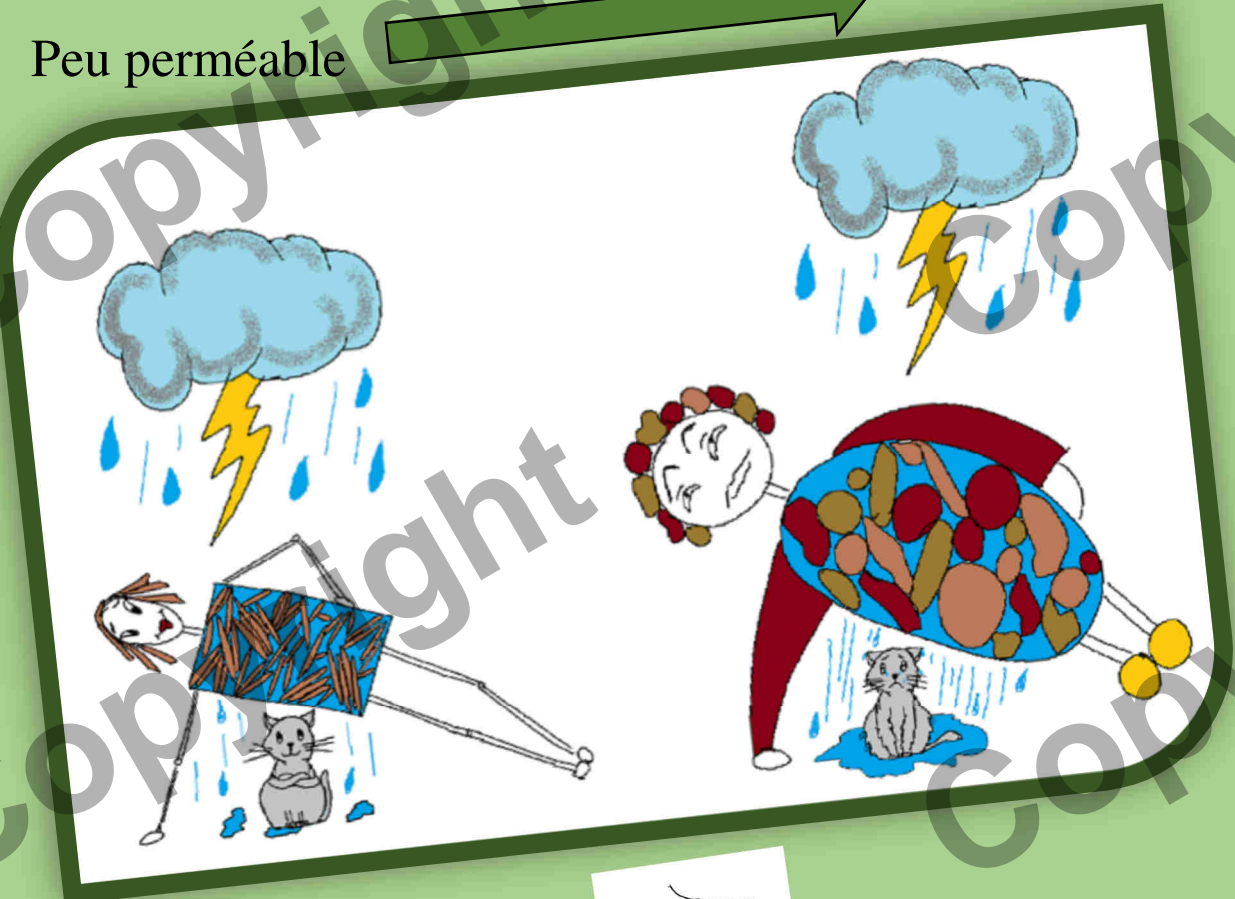
v , vitesse fictive [m/s]

$$v = \frac{\text{Débit de l'eau s'écoulant dans un tube de sol [m}^3\text{/s]}}{\text{Aire totale de la section du tube (vides + squelette solide) [m}^2\text{]}}$$

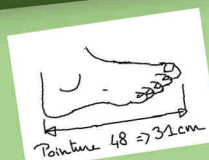
i , gradient hydraulique [sans unité] = perte de charge par unité de longueur

	Argile	Limon	Sables	Gravier
k (m/s)	$10^{-13} \leq k \leq 10^{-9}$	$10^{-9} \leq k \leq 10^{-5}$	$10^{-5} \leq k \leq 10^{-3}$	$10^{-3} \leq k \leq 10^{-1}$

Peu perméable  Très perméable



10^{-8} m/s \approx 31,5 cm/an



[N. Reboul, 2021]

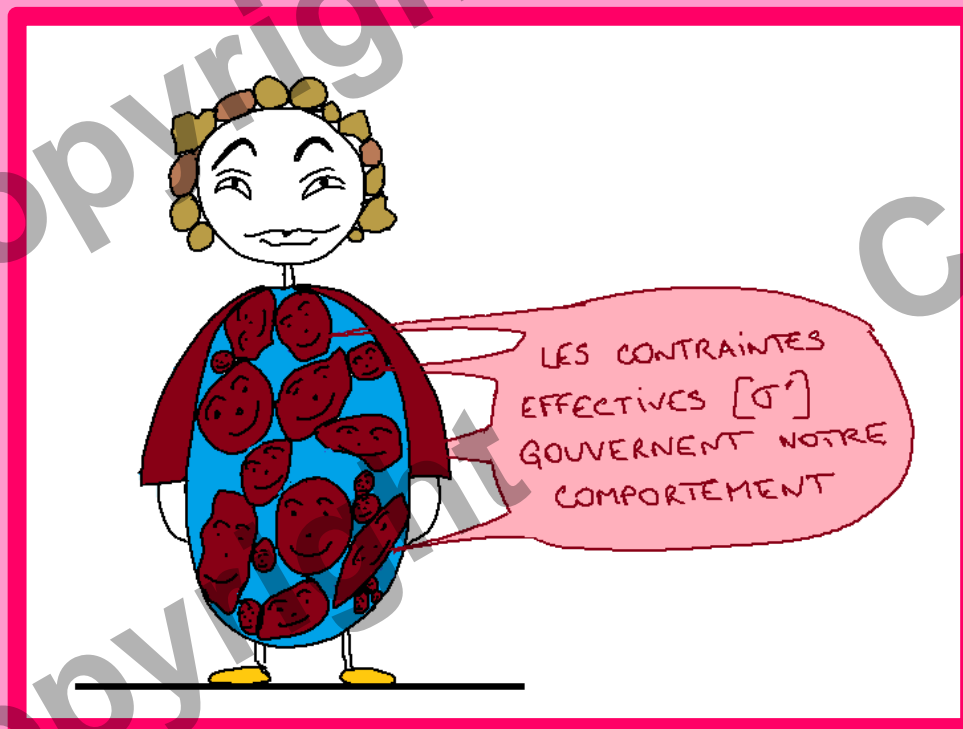
CONTRAINTES EFFECTIVES

Contraintes effectives : reprises par le **squelette solide**.

Notation : utilisation des symboles **primés** (')

σ' : contrainte normale effective

τ' : contrainte tangentielle (de cisaillement) effective



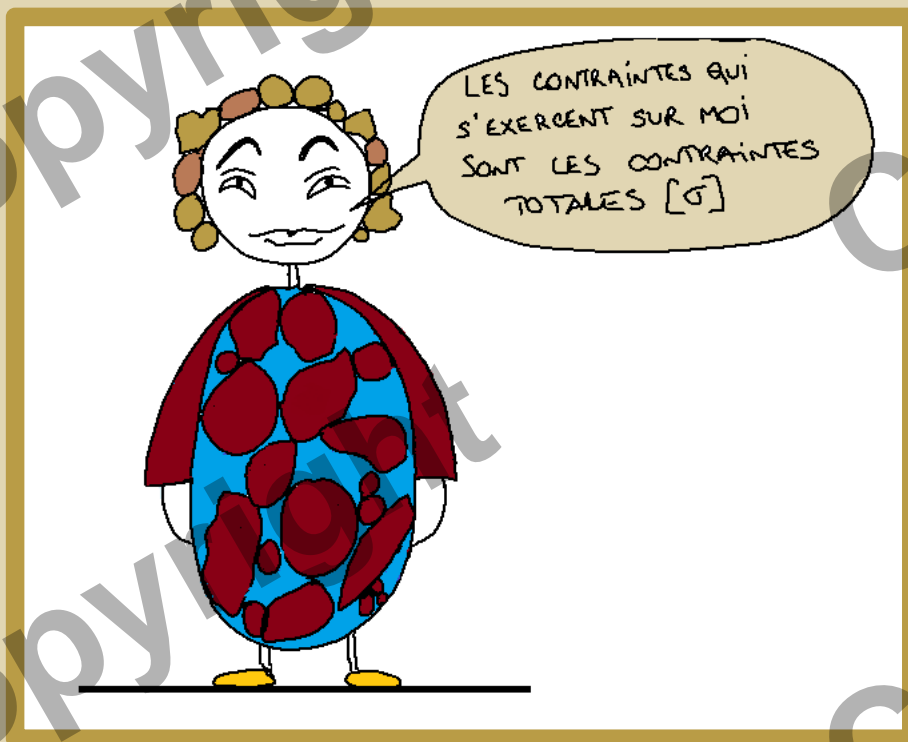
[N. Reboul, 2021]

CONTRAINTES TOTALES

Contraintes totales : pas de distinction entre les phases fluide et solide ; le sol est vu de **manière globale**.

σ : contrainte normale totale

τ : contrainte tangentielle (de cisaillement) totale



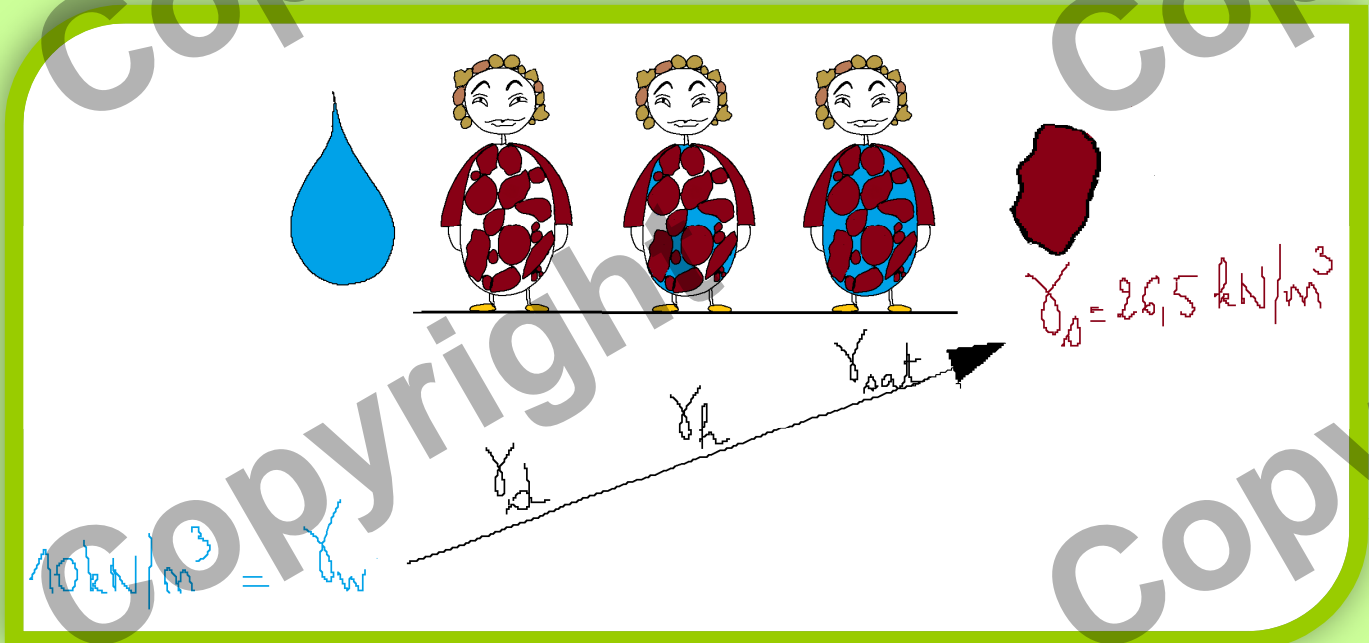
[N. Reboul, 2021]

POIDS VOLUMIQUE, γ

Unité : [kN/m³]

$$\gamma = \frac{\text{Poids}}{\text{Volume}} = \frac{\text{Masse} \times g}{\text{Volume}} = \rho \times g$$

ρ : masse volumique ; g : accélération de la pesanteur



γ_w : poids volumique de l'eau (Water) = 10 kN/m³

γ_d : poids volumique du sol sec (Dry)

γ_h : poids volumique du sol Humide

γ_{sat} : poids volumique du sol SATuré

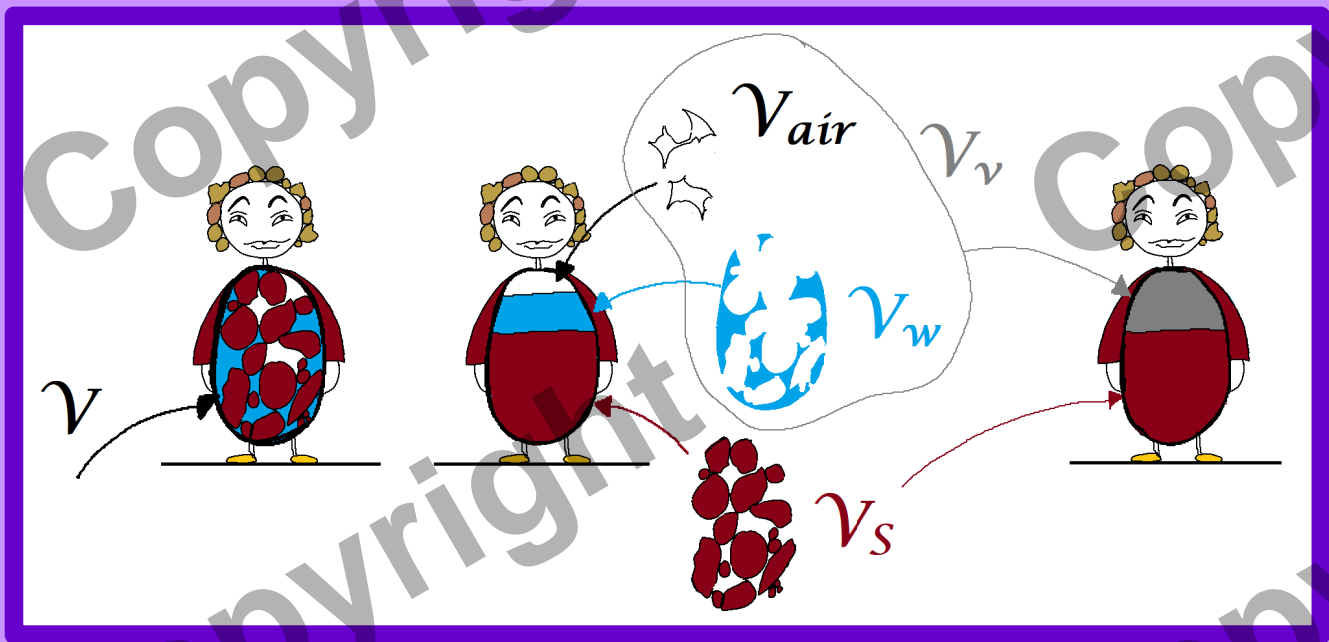
γ_s : poids volumique du squelette Solide = 26,5 kN/m³

Sert au calcul des contraintes !

Indice des vides

$$e = \frac{\text{Volume des vides}}{\text{Volume du squelette solide}} = \frac{V_v}{V_s}$$

Sans unité



Les vides = eau + air : $V_v = V_w + V_{air}$

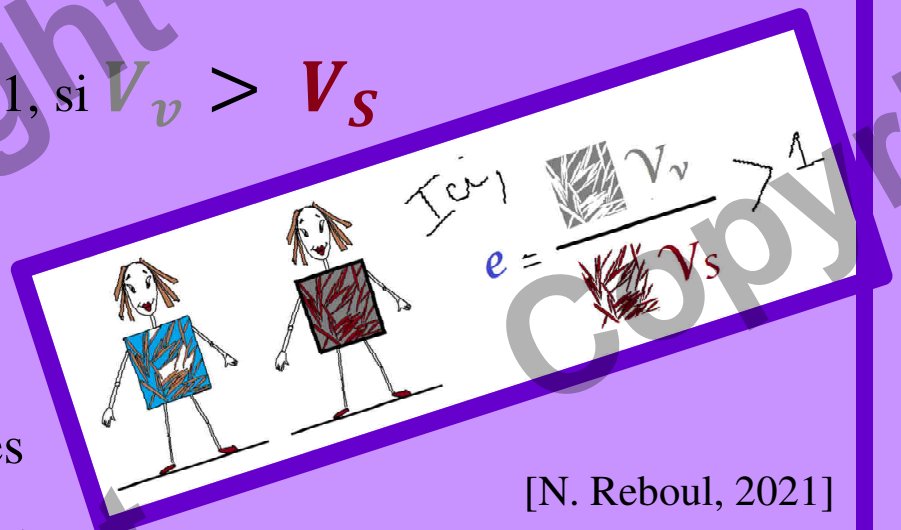
Les vides = tout ce qui n'est pas solide : $V_v = V - V_s$

e peut être supérieur à 1, si $V_v > V_s$

e varie de

0,4 pour les sables

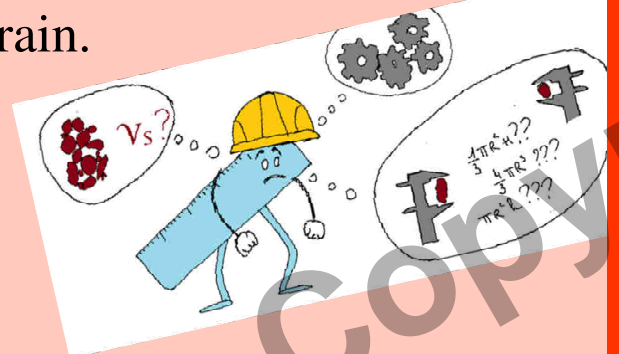
à 13 pour les argiles



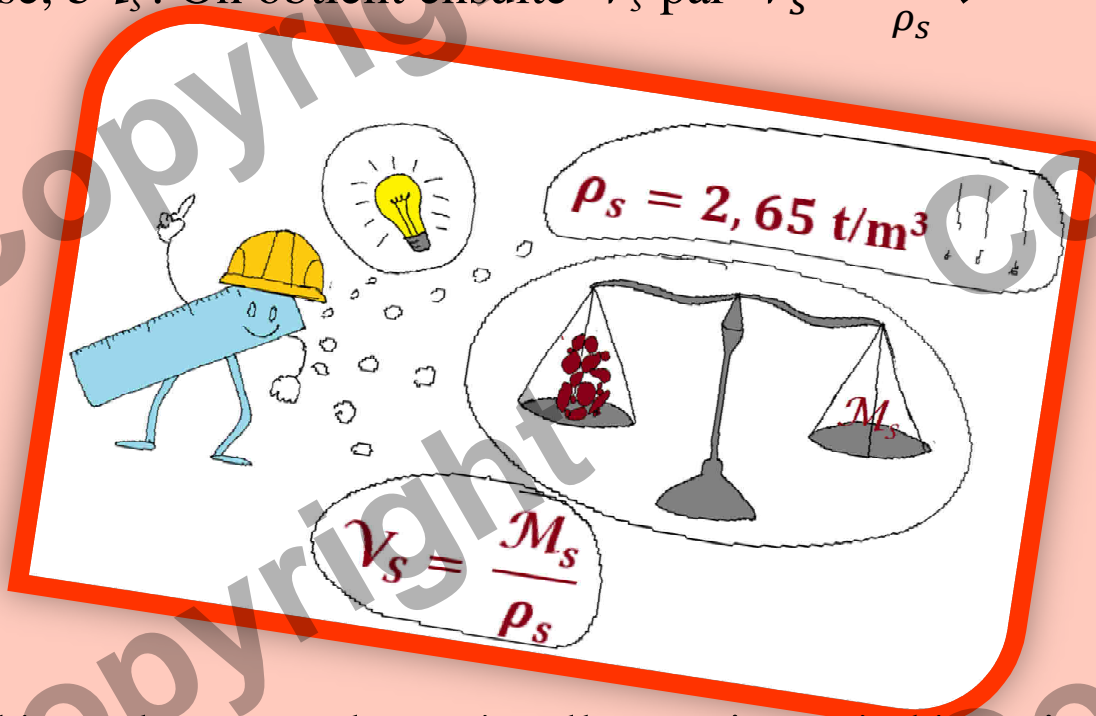
[N. Reboul, 2021]

Mesurer V_s

V_s est le **volume du squelette solide**, la somme des volumes de tous les grains présents dans l'échantillon de sol. Un échantillon peut contenir plusieurs milliers de grains, de formes quelconques : il est inenvisageable de déterminer précisément le volume de chaque grain.



Mais la masse volumique du squelette solide est connue ($\rho_s \approx 2,65 \text{ t/m}^3$). Il suffit donc de **peser l'échantillon de sol sec** pour lequel on souhaite déterminer V_s . On note cette masse, M_s . On obtient ensuite V_s par $V_s = \frac{M_s}{\rho_s}$.



La démarche est analogue à celle consistant à déterminer un volume d'eau V_w , connaissant sa masse M_w et sa masse volumique $\rho_w \approx 1 \text{ t/m}^3$.

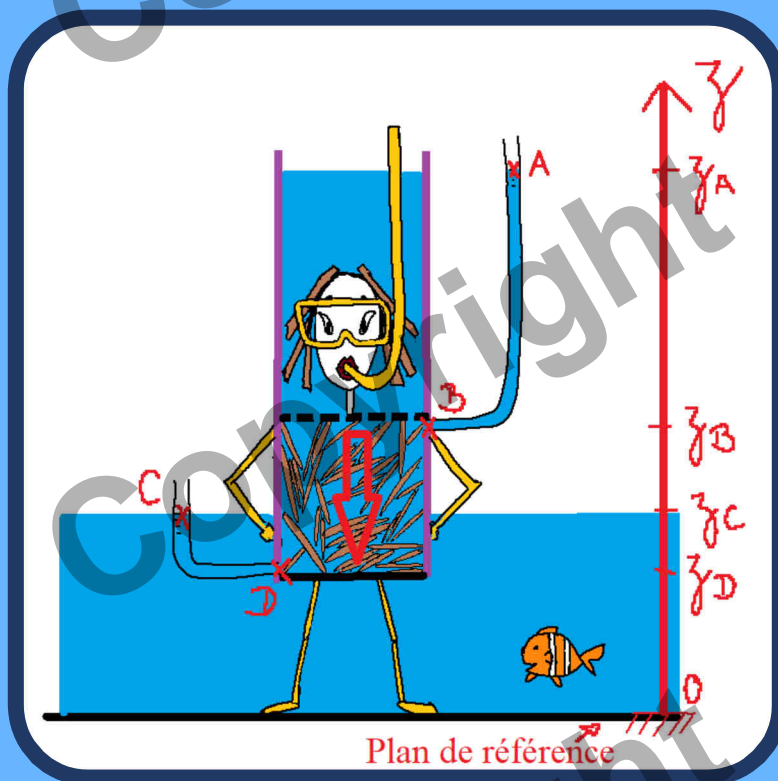
Gradient hydraulique

Unité : aucune

Notation : i

Perte de charge par unité de longueur

Dans un sol, la charge décroît dans le sens de l'écoulement = déperdition par frottements. Soient 2 points sur une ligne de courant, 1 et 2, distants de L_{12} , alors $i = \frac{\Delta h_{12}}{L_{12}}$ avec Δh_{12} , la différence de charge hydraulique entre 1 et 2.



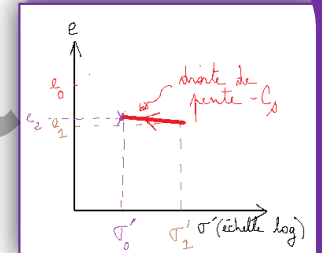
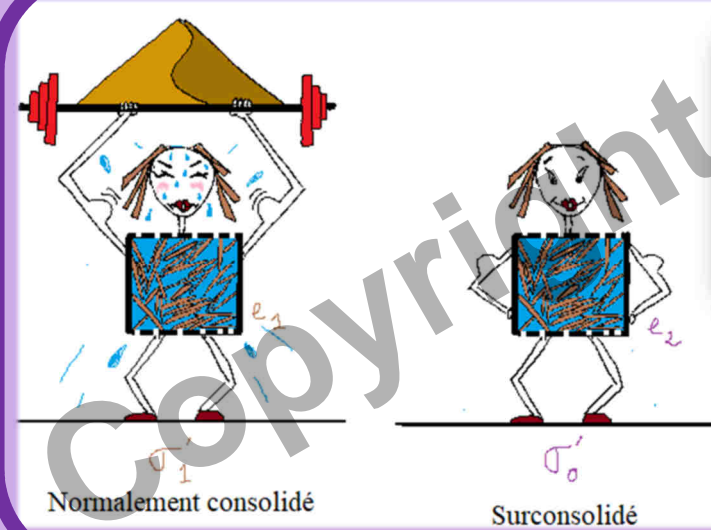
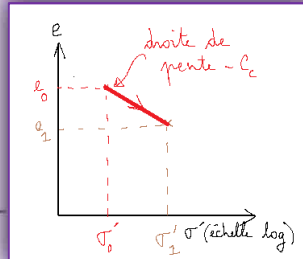
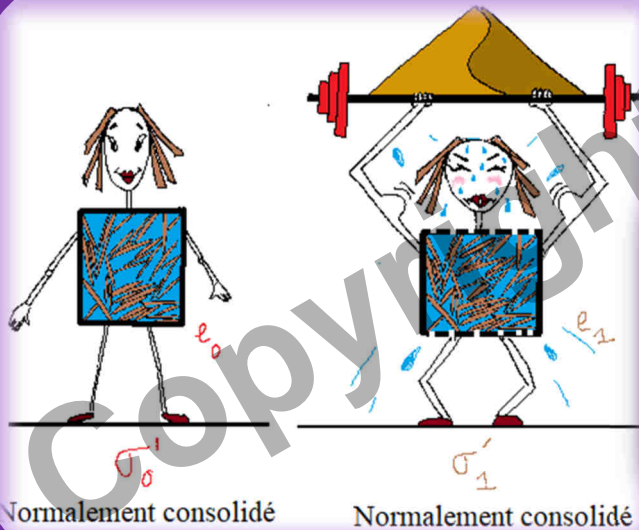
Pressions interstitielles u	Charges hydrauliques $h = \frac{u}{\gamma_w} + z$
$u_A = 0$ kPa car A sur la surface libre	$h_A = z_A$
$u_B = \gamma_w(z_A - z_B)$ car eau statique dans le piézomètre	$h_B = z_A$
$u_C = 0$ kPa car C sur la surface libre	$h_C = z_C$
$u_D = \gamma_w(z_C - z_D)$ car eau statique dans le piézomètre	$h_D = z_C$

$h_B > h_D$: **écoulement** de B vers D
 Perte de charge sur le trajet BD (de longueur $z_B - z_D$) : $h_B - h_D$
 En tout point du sol, i uniforme et $i = \frac{h_B - h_D}{z_B - z_D}$

Contrainte de préconsolidation

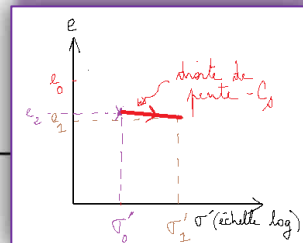
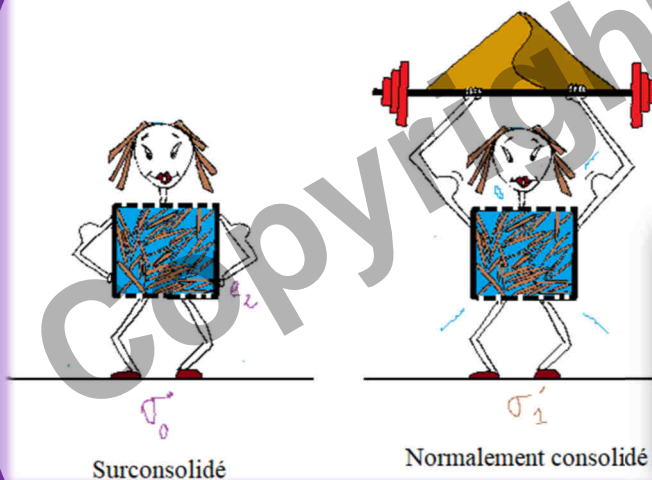
Contrainte maximale que le sol a connue au cours de son histoire

1



2

3



4

