

Fouilles profondes en terrain meuble

EPFL



Fouilles profondes en terrain meuble

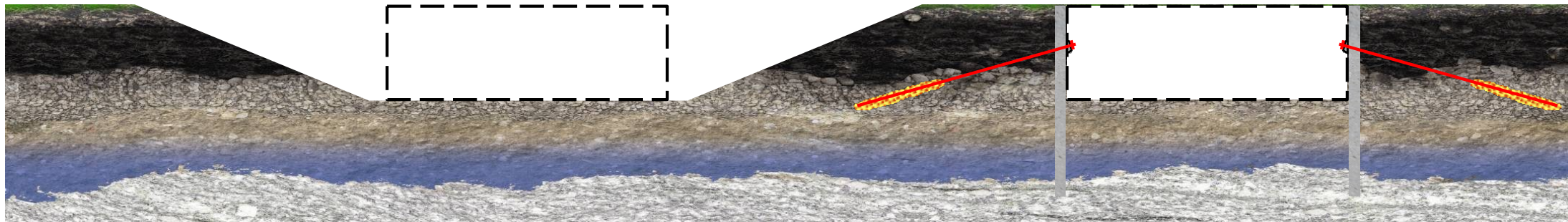
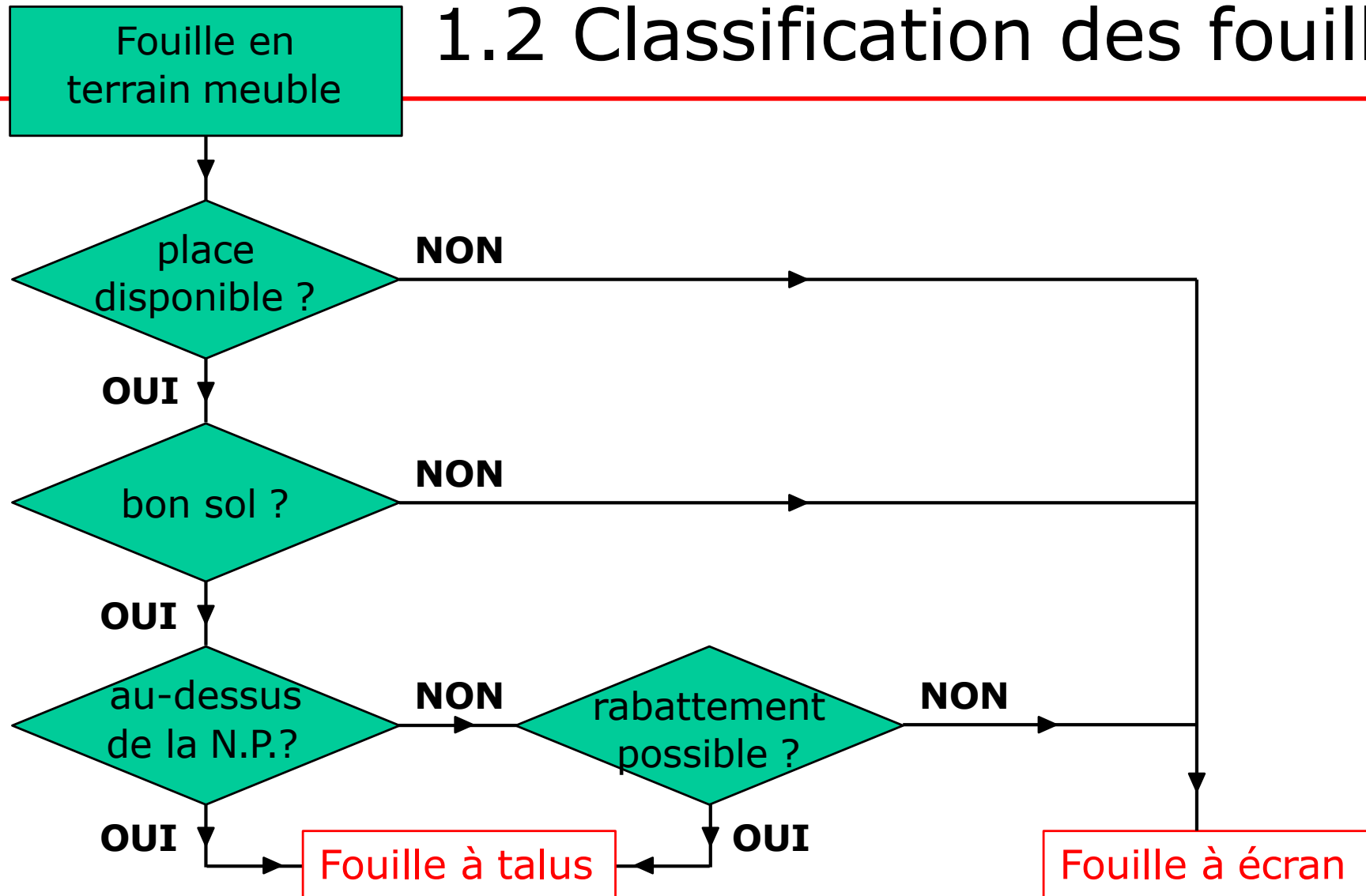
1. Généralités

1. Critères de choix des procédés
2. Classification

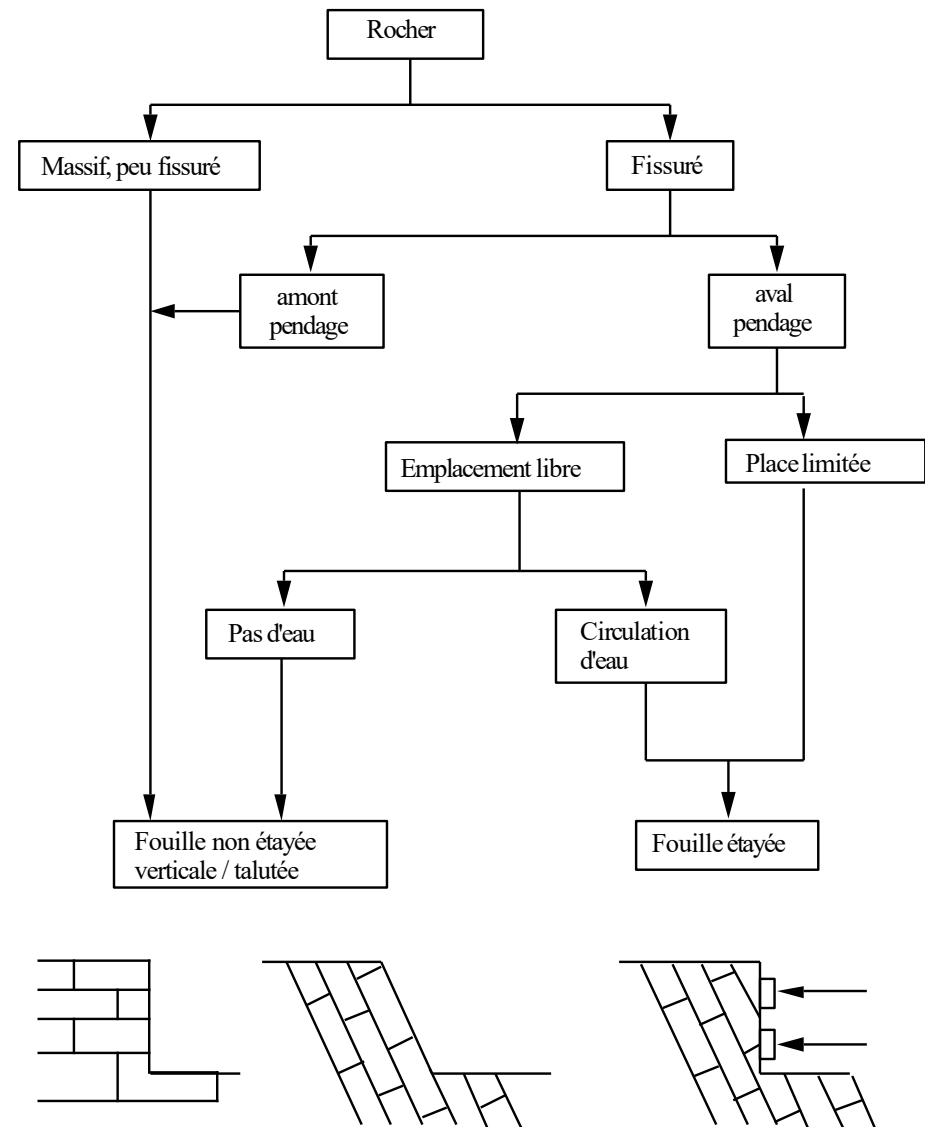
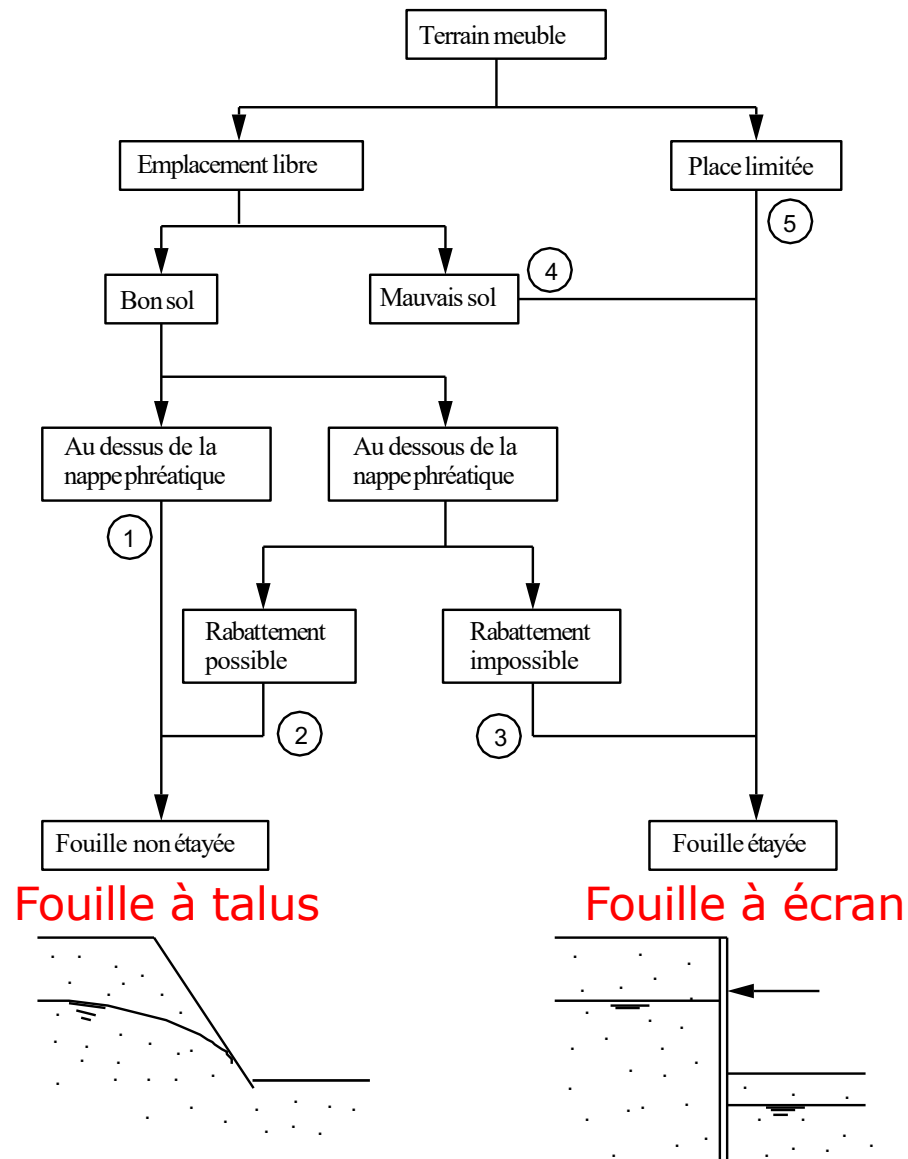
2. Fouilles à talus

1. Contrôle de la nappe phréatique (cf semaine 9)
2. Stabilité
 1. Talus
 2. Fond de fouille (cf semaine 9)

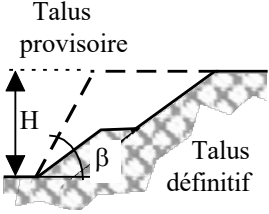
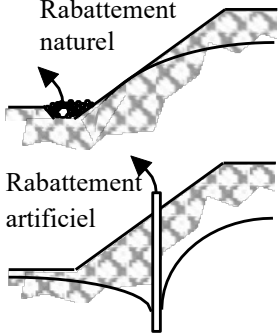
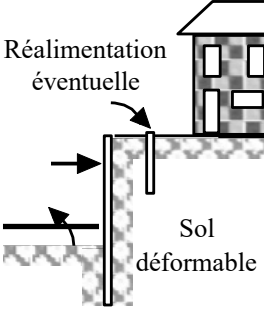
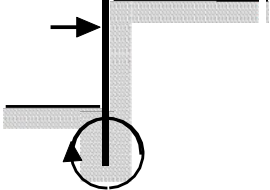
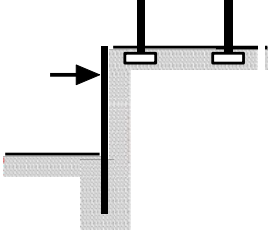
1.2 Classification des fouilles



1.2 Classification des fouilles



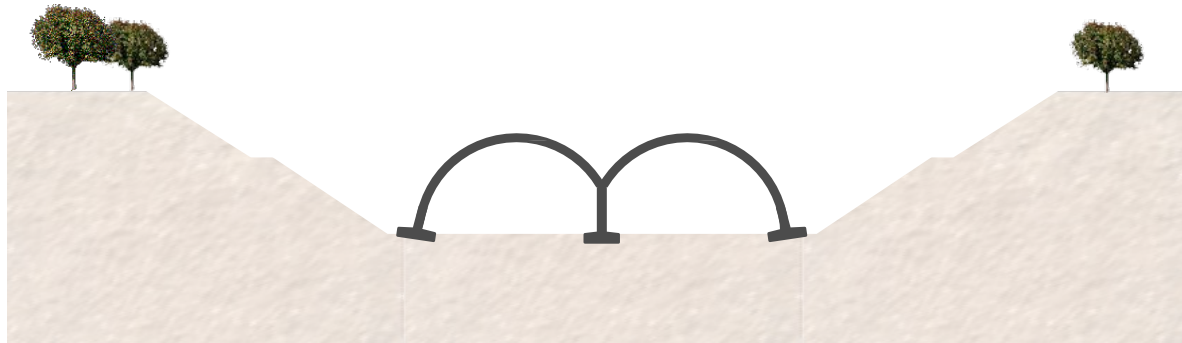
Classification des fouilles

Cas No	1	2	3	4	5
Type de fouille	à talus		à paroi / écran		
Place disponible	suffisante	suffisante	suffisante	suffisante	insuffisante
Qualité du sol	bonne	bonne	bonne	mauvaise	bonne / mauvais
Présence de la nappe	non	oui	oui	oui / non	oui / non
Rabattement possible	--	oui	non	oui / non	oui / non
Schéma					
Problèmes à résoudre	Pente du talus b fonction de H et de la résistance du sol Soulèvement du fond de fouille si nappe artésienne	Même problème + influence de l'écoulement rabattement par puits ou wellpoints	Stabilité de l'écran Tassements si rabattement de la nappe	Stabilité de l'écran Soulèvement du fond de fouille	Stabilité de l'écran Soulèvement du fond de fouille Tassements au voisinage de la fouille Reprise en sous-oeuvre

Fouille à talus



Fouille à talus pour tranchée couverte (Westside)



Fouille à talus (CCR - EPFL)



Fouille à paroi (Hôtel Alpha-Palmier, Lausanne)



Photos Bureau Alberti

Divers types de parois:

- moulée
- (micro)-berlinoise
- clouée
- de pieux



Fouilles à paroi



Fouilles profondes en terrain meuble

1. Généralités

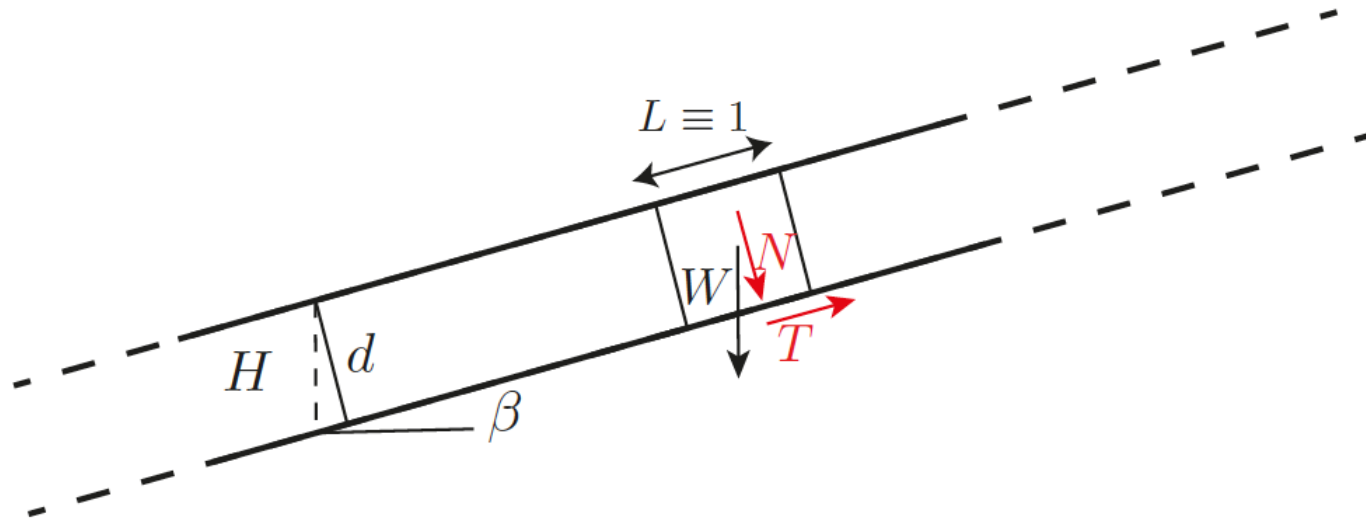
1. Critères de choix des procédés
2. Classification

2. Fouilles à talus

1. Stabilité
 1. Talus
 2. Fond de fouille
2. Contrôle de la nappe phréatique

Stabilité - Pente infinie inclinée

- Sans eau ...

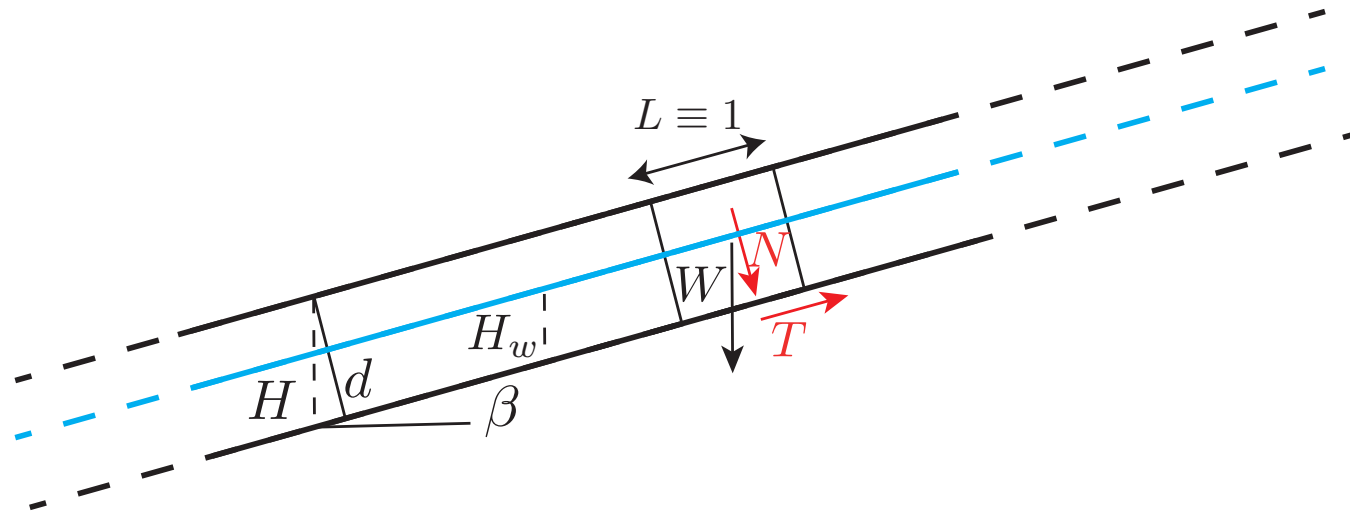


Pente infinie inclinée

- Comparaison avec l'analyse limite – importance du cas non-associé
- Notion d'état critique (critical state flow)

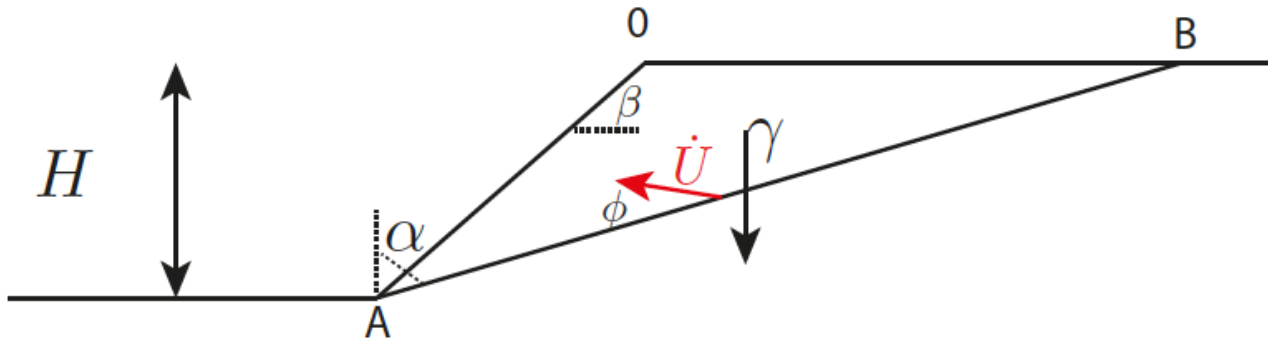
Pente infinie inclinée – présence d'eau

■



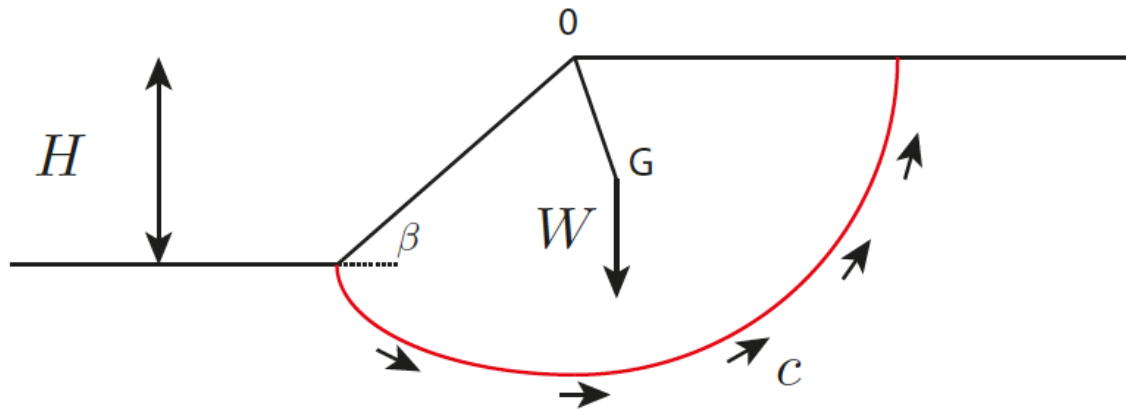
Talus fini – glissement plan / sans eau

- Approche par l'extérieur – généralisation du cas vertical (vu en semaine 3)



Talus fini – glissement circulaire sol purement cohérent (cas $\phi=0$)

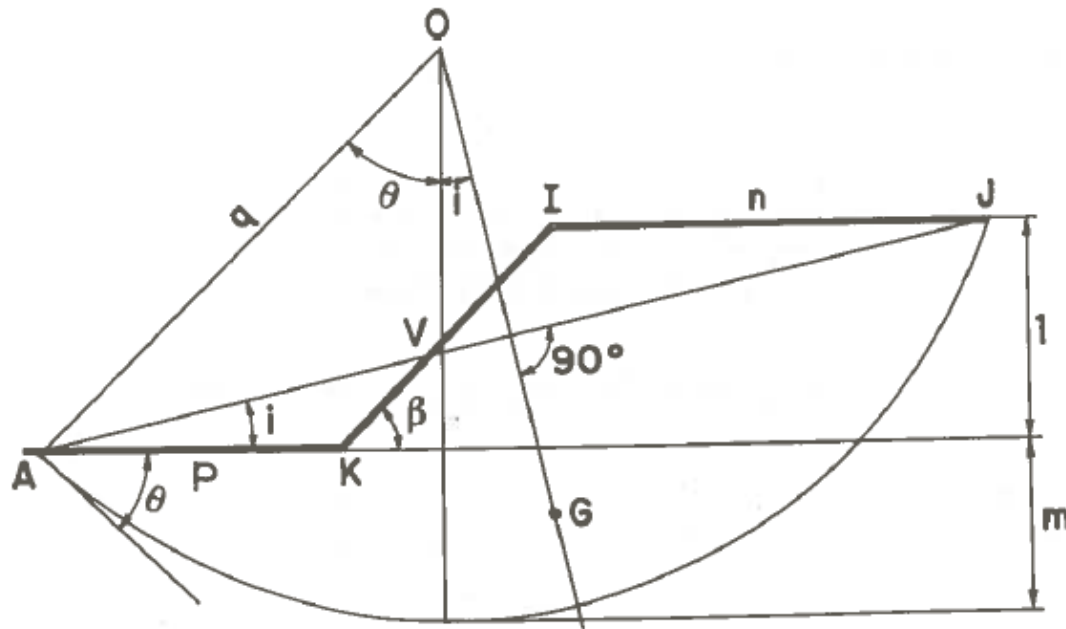
- Par une approche d'équilibre limite



Talus fini – glissement circulaire général

- Pour des sols frottants, les surfaces de ruptures tendent vers des spirales logarithmiques – néanmoins on peut généraliser l'approche d'équilibre limite avec un glissement circulaire en relaxant la connaissance du rayon et centre du cercle de rupture – i.e. on recherche le cercle avec F_s le plus petit

Talus fini – glissement circulaire general – sans eau



Résultats sous
forme d'abaques

Abaques de
Kerisel (Taylor)

$$F = q \frac{\left\{ q^2 \left[(i + \theta) - \frac{1}{2} \sin 2(i + \theta) \right] + \frac{n - p}{2} \right\} \cos i \operatorname{tg} \varphi' \left[0,4 + 0,6 \frac{i + \theta}{\sin(i + \theta)} \right] + 2 X q (i + \theta)}{\frac{2}{3} q^3 \sin^3(i + \theta) \sin i + \frac{n^2}{6} + \frac{np}{3} - \frac{p^2}{3} + \frac{1}{3} \left(n - \frac{p}{2} \right) \cotg \beta - \frac{1}{2} (n - p) q \sin \theta}$$

avec : φ' , $X = C'/\gamma_h H$, β données mécaniques et géométriques sans dimension,

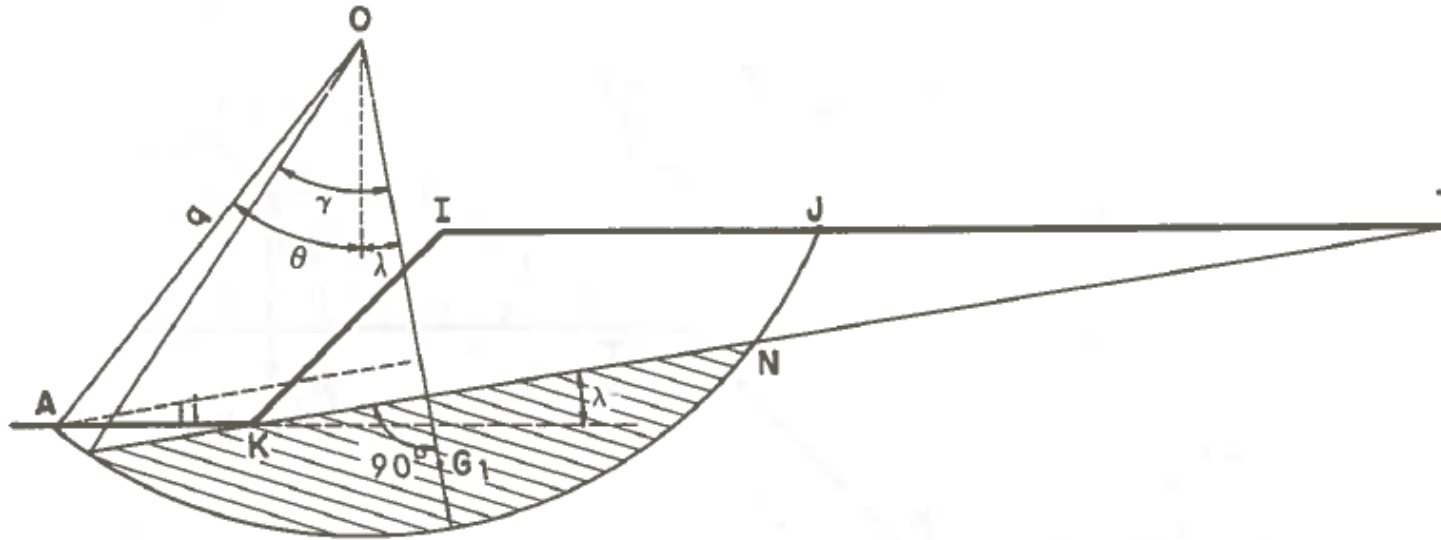
n , p , q , variables indépendantes,

i et θ , variables liées aux précédentes par :

$$\cotg i = n + p + \cotg \beta$$

$$\text{et } 2 q \sin i \sin(i + \theta) = 1.$$

Talus fini – glissement circulaire general – avec écoulement



Résultats sous forme d'abaques

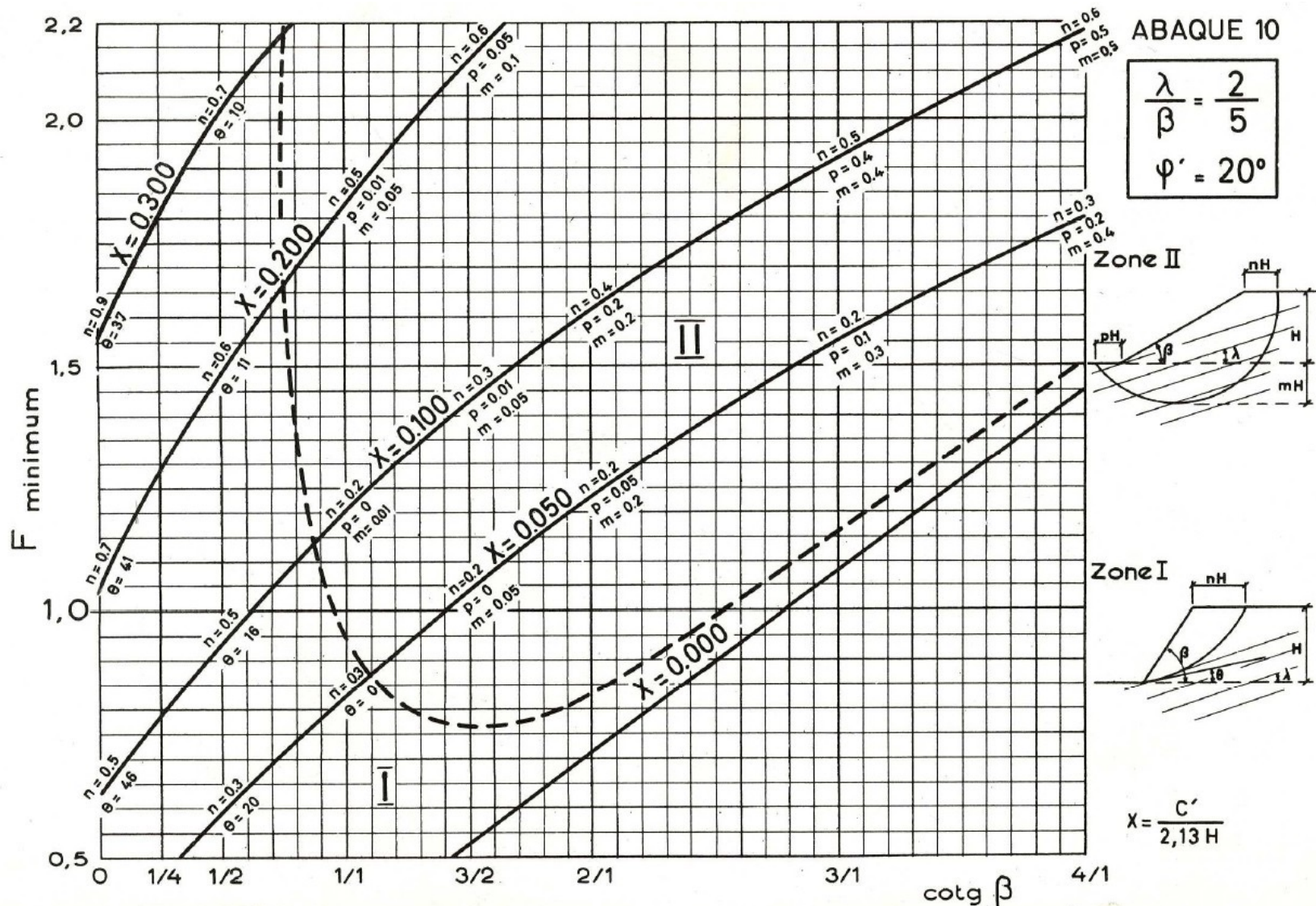
Abaques de Kerisel

Il convient de prendre en compte la contrainte effective lors du calcul du moment résistant ! (qui diminue)

On notera que le moment moteur ne change pas car la contribution du moment du à la poussée archimédienne est annulé exactement par le moment de la force de percolation.

Abaques de J. Kérisel – SIMECSOL

Glissement de Terrain. Ed. Dunod, Paris
(1967)



λ : angle de la nappe

β : angle du talus
 $\rightarrow \cotg \beta$

$\gamma = 2.13 \text{ t/m}^3$
poids volumique du sol

$X = c' / \gamma H$

F : facteur de sécurité

Méthodes des tranches – rappel

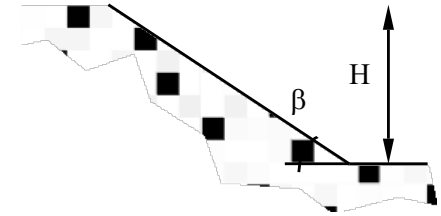
- C.f. cours de BA-4 Mécanique des sols et écoulement souterrains

Recapitulation – en absence d'eau / contraintes totales

- **Sol Granulaire (c=0)**

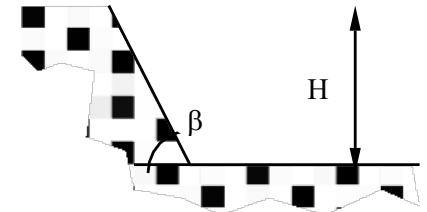
Equilibre naturel indépendant de H

$$F_s = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$



- **A court terme / sol purement cohérent ($\phi_u=0$)**

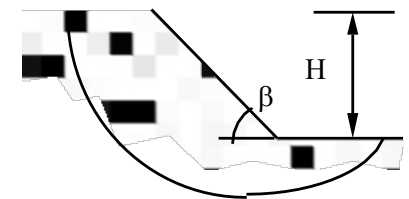
$$F_s = \frac{c_u}{\gamma H} \frac{4}{\tan \beta/2}$$



- **Cas general (c, ϕ)**

- β selon calcul de stabilité :

- abaques de Kérisel-Simecsol, de Taylor, ...
- méthodes des tranches (Bishop, Janbu, Krey, etc.)



Recapitulation – en présence d'eau

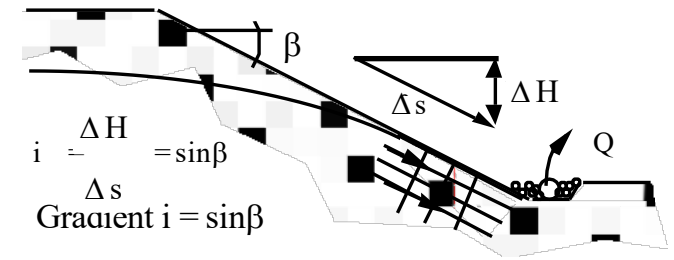
■ Sol Granulaire (c=0)

Ecoulement parallèle au talus

Facteur de sécurité divisé par 2 par rapport au cas en absence d'eau

$$F_s = \frac{(\gamma H - \gamma_w H_w) \tan \phi}{\gamma H \tan \beta} \approx \frac{1 \tan \phi}{2 \tan \beta}$$

avec $H=H_w$ $\gamma' \approx 10 \text{ kN/m}^3$ et $\gamma_{\text{sat}} \approx 20 \text{ kN/m}^3$



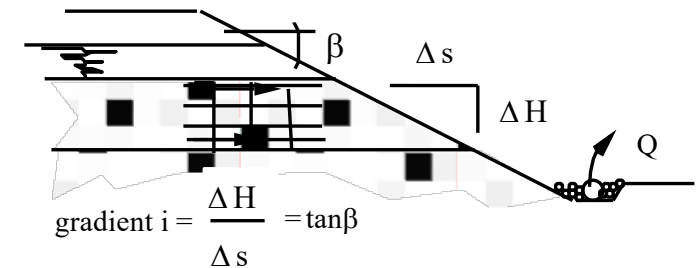
Epuisement de l'eau en fond de fouille, procédé limité : entraînement de fines, instabilité du fond de fouille, ...

■ Sol Granulaire stratifié (c=0)

Ecoulement horizontal ($k_h \gg k_v$)

$$F_s = \frac{(\gamma' - \gamma_w \tan^2 \beta) \tan \phi'}{\gamma_{\text{sat}} \tan \beta} \approx \frac{1 - \tan^2 \beta \tan \phi'}{2 \tan \beta}$$

avec $\gamma' \approx 10 \text{ kN/m}^3$ et $\gamma_{\text{sat}} \approx 20 \text{ kN/m}^3$



■ Cas general (c, phi)

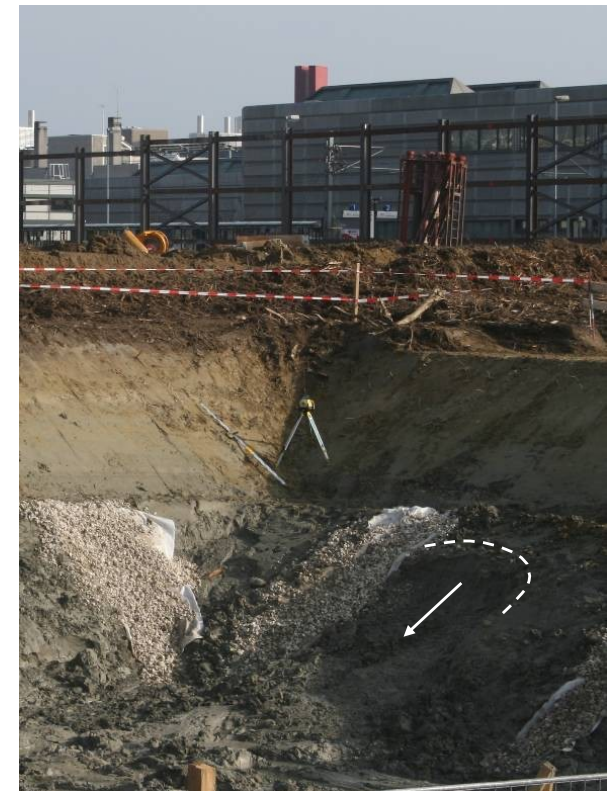
– β selon calcul de stabilité :

- abaques de Kérisel-Simecsol ...
- méthodes des tranches (Bishop, Janbu, Krey, etc.)

Stabilité précaire des talus dans des sols varvés



Stabilité précaire des talus dans des sols varvés



Stabilité précaire des talus dans des sols varvés



Stabilité assurée par éperons drainants (CCR - EPFL)



→ évite la surface de
suitement en rabattant
la nappe localement

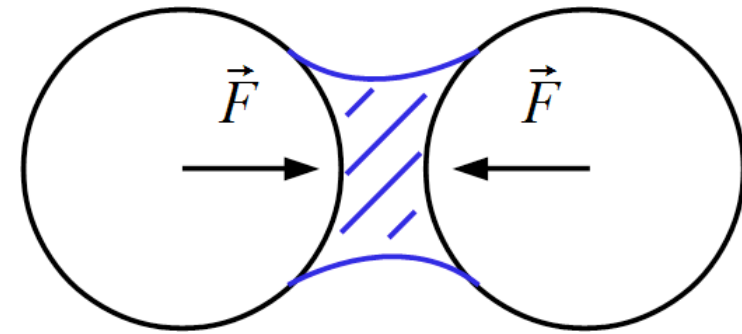
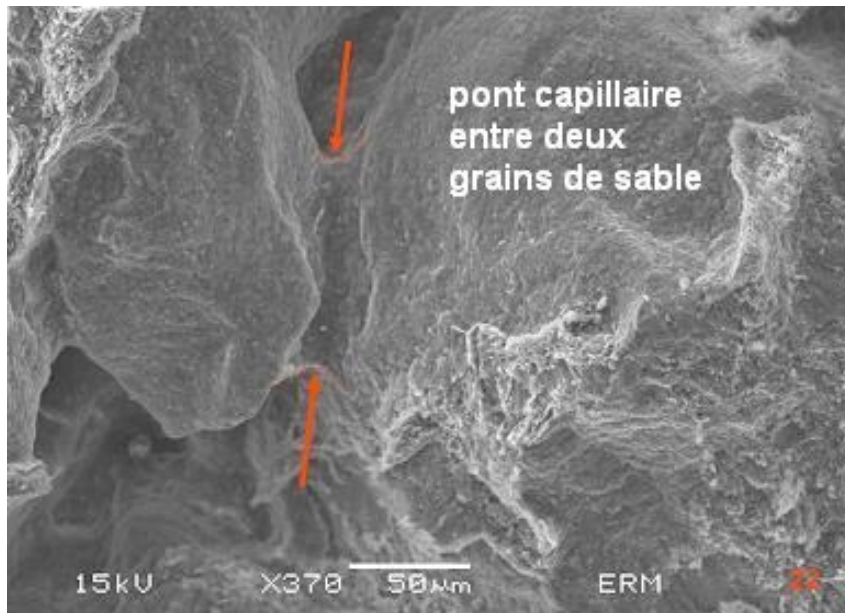
De l'importance de la cohésion capillaire...



Châteaux de sable sur la plage de Copacabana (Rio de Janeiro)

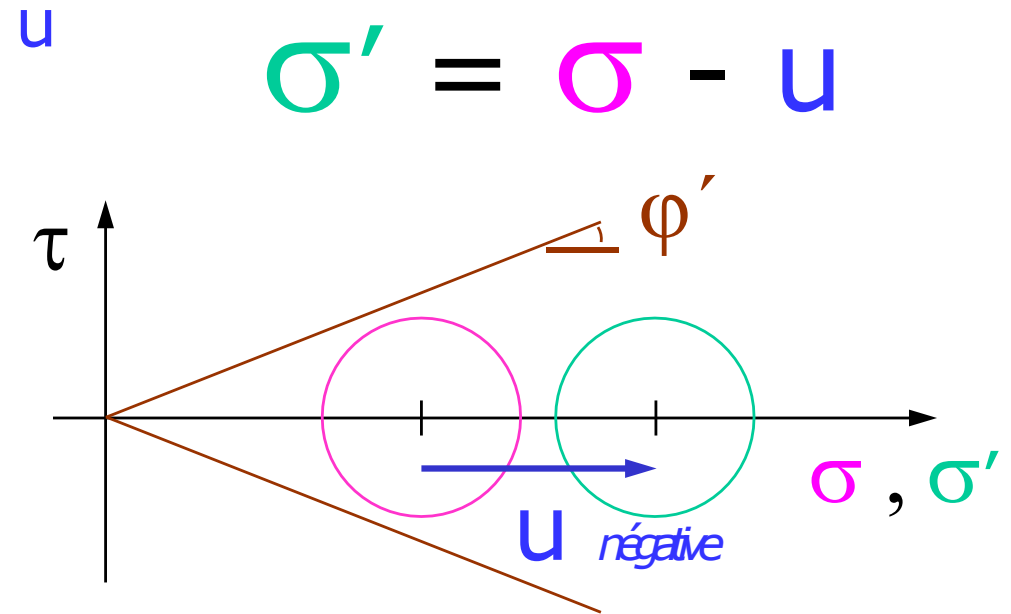
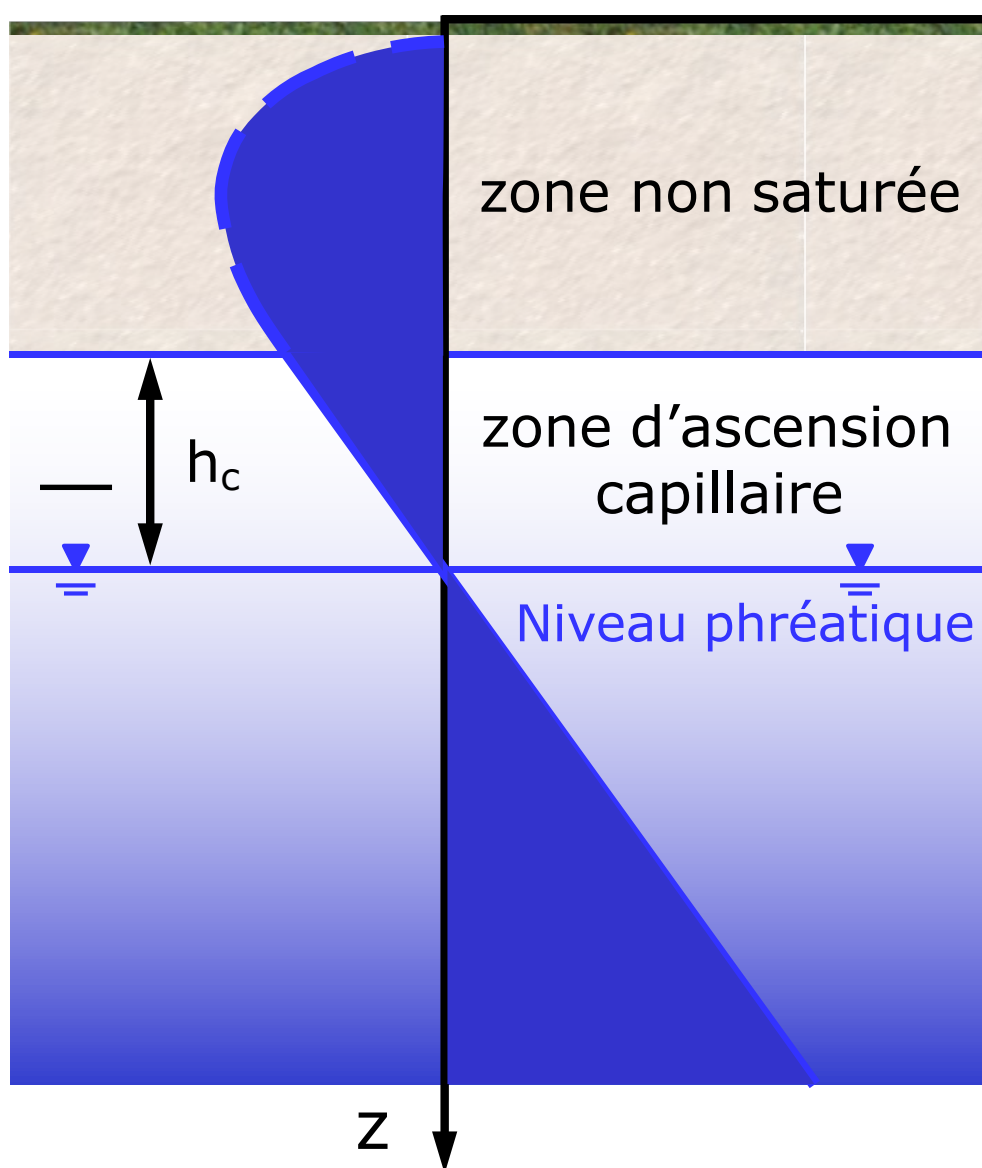


Cohesion capillaire



$$p_c = p_g - p_w = \frac{\gamma}{r} \mathcal{F}(S_w)$$

De l'importance de la cohésion capillaire...

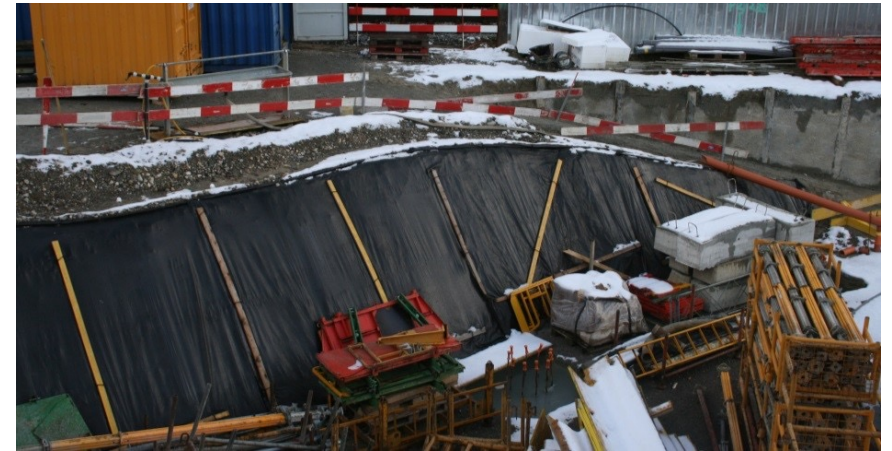


$$\sigma' = \sigma - u$$

Hauteur de la frange capillaire h_c inversement proportionnelle au diamètre des grains:

- | | |
|--------------------|----------------|
| - graviers propres | 0 |
| - sables grossiers | \approx cm |
| - sables fins | \approx dm |
| - limons | \approx m |
| - argiles | \approx 10 m |

... d'où l'intérêt de réduire les échanges hydriques



Bâches permettant de conserver l'humidité du sol, mais aussi d'éviter un entraînement de particules de sol dû au ruissellement de l'eau de pluie



Fouille à talus lors de la réalisation d'une tranchée couverte sur l'autoroute de contournement de Berne



Fouille à talus lors de la réalisation d'une tranchée couverte sur l'autoroute de contournement de Berne

Terrains trop grossiers pour pouvoir compter sur une cohésion capillaire

