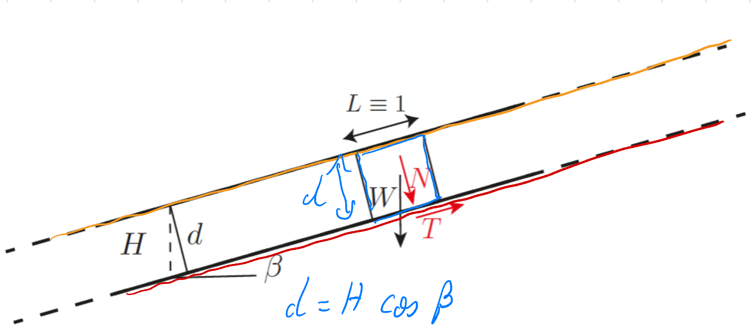
STABILITÉ GLISSEMENT Plan ∞ → SANS EAU
(AU dessus de la Nappe)



Approche EQUILIBRE LIMITE
sur 1 Tranche de longueur $L \equiv 1$

$$F_S = \frac{F_{RESISTANTE}}{F_{MOTRICE}} = \frac{T}{W_T}$$

$$W = \gamma\, d\, L = \gamma H \cos\beta \; \cancel{L}$$

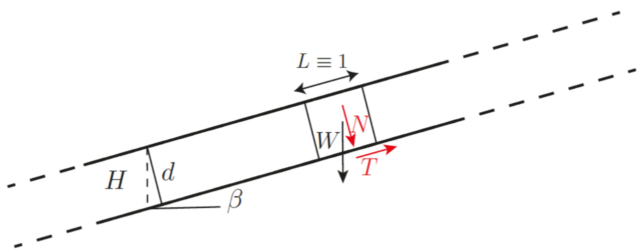
$$W_T = W \sin\beta \equiv F_{MOTRICE}$$

T effort de cisaillement ⇒ ON applique Mohr-Coulomb

$$T = cL + N \tan\phi$$

N Effort Normal sur le glissement $\quad N = W_N = W\cos\beta$

$$\left[F_S = \frac{L\,(c + \gamma H \cos^2\beta \tan\phi)}{L\,(\gamma H \cos\beta \sin\beta)} = \frac{c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \right]$$



$$\left[F_S = \frac{c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \right]$$

cas $c = 0$ sol purement frottant (Sables) $\longrightarrow$ $F_S = \dfrac{\tan\phi}{\tan\beta}$

cas Non-drainée (avec eau mais calcul en contraintes Totales)

$c = c_u$ $\phi = \phi_u = 0$

$$F_S = \frac{c_u}{\gamma H \cos\beta \sin\beta}$$

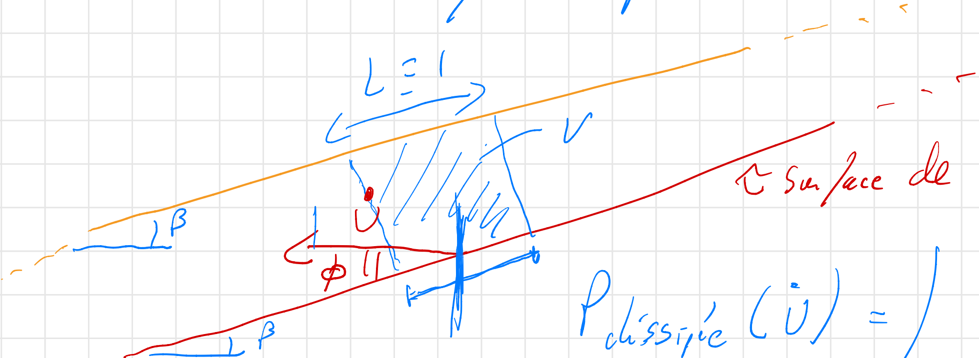
$\beta = 0$ $F_S \to \infty$

$\beta = \pi/2$ $F_S \to \infty$

pas correct intuitivement.

Formule OK seulement en condition drainées avec $\phi' \neq 0$

Glissement Plan ∞ (Sans eau) par Analyse limite cinématique (par l'extérieur) → Borne Sup



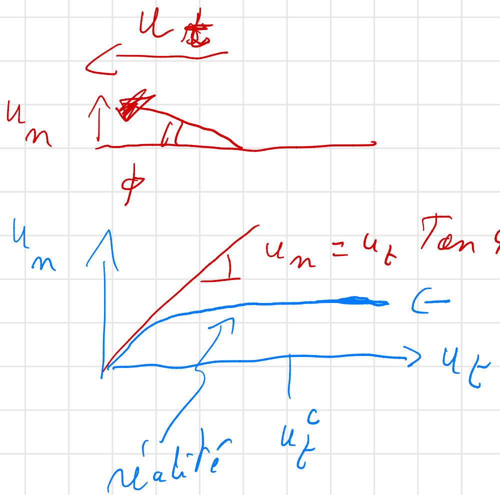
$$P_{dissipée}(\dot{u}) = \int_L \underbrace{c|\dot{u}|\cos\phi}_{P_{dissipée}\ \text{unitaire pour M-C associé}} \, ds = c|\dot{u}|\cos\phi \, L$$

$$P_{ext}(\dot{u}) = \int_V \gamma \dot{u}_z \, dV = V \times \gamma|\dot{u}|\sin(\beta-\phi)$$

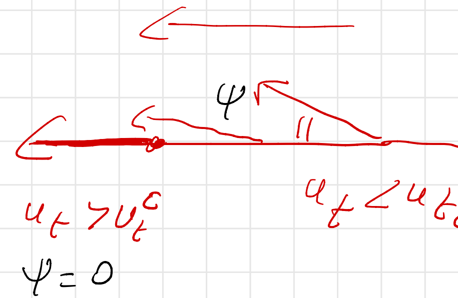
$$= LH\cos\beta \times \gamma|\dot{u}|\sin(\beta-\phi)$$

$$\boxed{F_s = \frac{P_{dissipée}(\dot{u})}{P_{ext}(\dot{u})} = \frac{c\cos\phi}{\gamma H\cos\beta\sin(\beta-\phi)}} = F_s^{UB} \quad \text{Borne Sup}$$

Rappel l'analyse limite effectuée avant repose sur un écoulement dit "associé" → Dilatance avec Mohr-Coulomb



$u_n = u_t \tan\phi \Leftarrow$ M.C associé



pour $u_t > u_t^c$

$\dot{u}_N = 0$

plus de dilatance

"état critique"

"critical state"

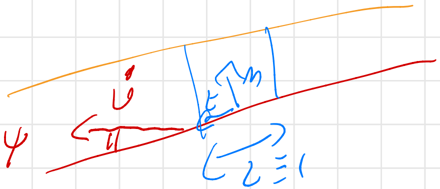
→ <u>Écoulement plastique Non-associé</u> avec $\psi < \phi$

Critère de RUPTURE $f(\Sigma, \sigma_n) = \Sigma - c - \sigma_n \tan\phi$

écoulement $g(\Sigma, \sigma_n) = \Sigma - \sigma_n \tan\underline{\psi}$

Écoulement $[[\dot{U}_i]] = d_d \frac{\partial g}{\partial t_i}$

Glissement PLAN ∞ (Sans Eau) Écoulement Non-Associé $\psi < \phi$



$$P_{dissipée}(\dot U) = \int_L \underbrace{t_i \cdot [[\dot u_i]]}_{P_{dissipée\ unitaire} = p} dS$$

$$p = t_i [[\dot u_i]] = \tau \cdot [[\dot u_t]] + \sigma_n \cdot [[\dot u_n]]$$

Écoulement Non associé $[[\dot u_t]] = \dot\lambda_d$ $[[\dot u_n]] = -\dot\lambda_d \tan\psi$

$[[\dot u_i]] = \dot\lambda_d \dfrac{\partial g}{\partial t_i}$ $\Downarrow$

$[[\dot u_t]] = |\dot U| \cos\psi$ $[[\dot u_n]] = -|\dot U| \sin\psi$

On sait aussi que $\tau = c + \sigma_n \tan\phi$ à la rupture

$$p = t_i [[\dot u_i]] = |\dot U| \left(\cos\psi \left(c + \sigma_n \tan\phi \right) - \sigma_n \sin\psi \right)$$

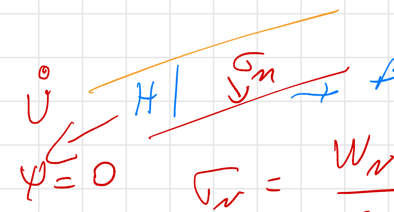
$$\boxed{p = c|\dot U| \cos\psi + |\dot U| \left(\sigma_n \left(\tan\phi \cos\psi - \sin\psi \right) \right)}$$

À l'état critique (pour des déplacements suffisants)

$\Rightarrow$ On a $\psi \longrightarrow 0$

La puissance dissipée unitaire le long de la surface de glissement

$$\boxed{P = c\,|\dot{U}| + |\dot{U}|\,\sigma_n \tan\phi}$$



$$\sigma_N = \frac{W_N}{2}$$

$$P_{dissip}(\dot{U}) = \int_L |\dot{U}|\,(c + \sigma_n \tan\phi)\, dS =$$

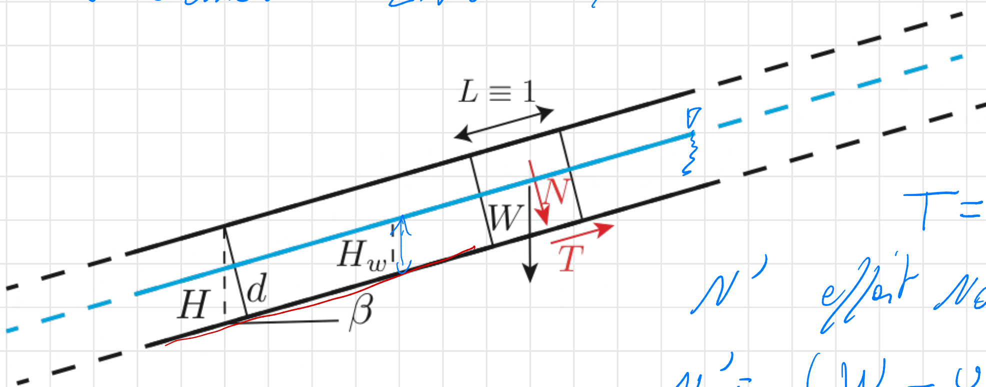
$$P_{dissip}(\dot{U}) = L\,|\dot{U}|\,(c + \gamma H \cos^2\beta \tan\phi)$$

$$P_{ext}(\dot{U}) = \int_V \underbrace{\gamma\, \dot{U}_z}_{\gamma |\dot{U}| \sin\beta}\, dV = L\, H \cos\beta\ \gamma\, |\dot{U}| \sin\beta$$

ON RETROUVE LE RÉSULTAT obtenu par ÉQ. limite

$$\boxed{F_S = \frac{P_{dissipée}}{P_{ext}} = \frac{c + \gamma H \cos^2\beta \tan\phi}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} = \frac{c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\tan\phi}{\tan\beta}}$$

Glissement PLAN ∞ AVEC de l'eau



Equilibre limite

$$T = cL + N' \tan\phi$$

N' effort Normal effectif

$$N' = (W - U)\cos\beta = (\gamma H \cos\beta L - \gamma_w H_w \cos\beta L)\cos\beta$$

$$\hookrightarrow T = F_{RÉSISTANTE} = cL + L(\gamma H - \gamma_w H_w)\cos^2\beta \tan\phi$$

<u>Force Motrice</u> $= W_T = W \sin\beta$ poids de la masse de sol.

$$W_T = L \sin\beta \left(\gamma_{dry}(H - H_w) + \gamma_{sat}(H_w) \right)\cos\beta$$

$$\gamma_{dry} \sim \gamma_{sat} \sim \gamma$$

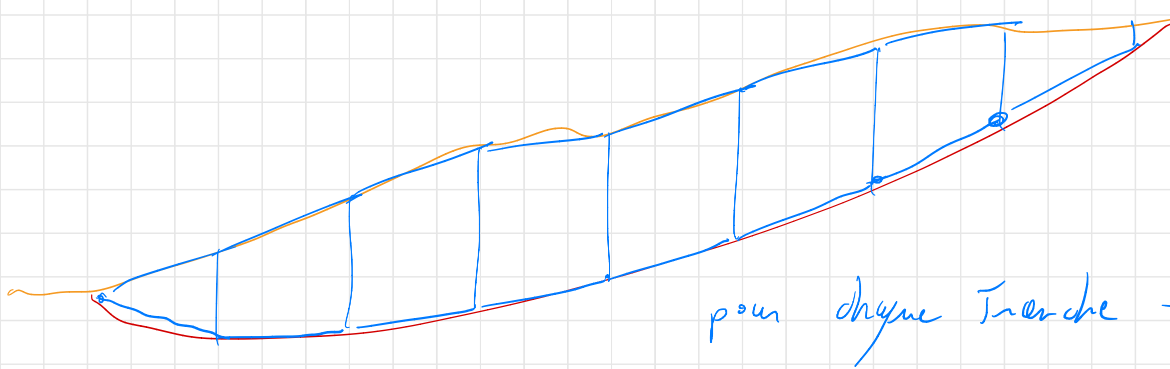
$$\Rightarrow W_T = \gamma H L \cos\beta \sin\beta$$

$$\boxed{F_S = \frac{c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\gamma H - \gamma_w H_w}{\gamma H} \frac{\tan\phi}{\tan\beta}}$$

Cas $H = H_w$ $c \sim 0$

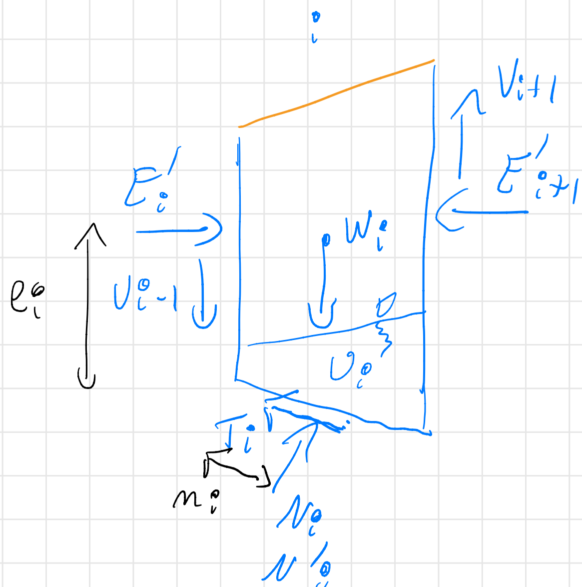
$$F_S \simeq \frac{\gamma'}{\gamma}\frac{\tan\phi}{\tan\beta} \approx \frac{1}{2}\frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

RAPPELS — MÉTHODE des TRANCHES



N Tranches

pour chaque Tranche → 3 éq. d'équilibre



N	N'_i		
$N-1$	E'_i	$N-1$	V_i
$N-1$	e_i	$N-1$	m_i

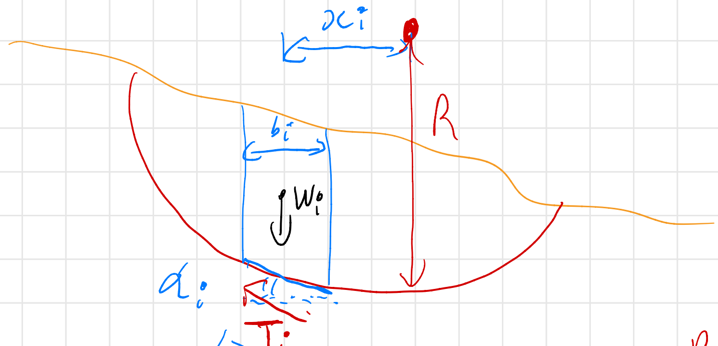
↳ $5N - 4$ inconnues pour $3N$ équations

↳ Hyp. SUPPLÉMENTAIRE

FELLENIUS = GLISSEMENT CIRCULAIRE

$E'_i = E'_{i+1}$

$V_i = V_{i+1}$



$l_i = \dfrac{b_i}{\cos\alpha_i}$

$$F_S = \frac{\sum_i M_{\text{résistance},i}}{\sum_i M_{\text{moteur},i}}$$

$$F_S = \frac{R \cdot \sum_i c' l_i + N'_i \tan\phi}{\sum_i W_i \cdot \underbrace{x_i}_{R \sin\alpha_i}}$$

$$N'_i = W_i \cos\alpha_i - u_i l_i$$

$$\boxed{F_S = \frac{\sum_i \left(c' \dfrac{b_i}{\cos\alpha_i} + \left(W_i \cos\alpha_i - u_i \dfrac{b_i}{\cos\alpha_i} \right) \tan\phi \right)}{\sum_i W_i \sin\alpha_i}}$$

Bishop Simplifié

Glissement Circulaire $V_i = V_{i+1}$

$E'_{i+1} \neq E'_i \rightarrow \Delta E_i = E'_{i+1} - E'_i$

2 eq Eq

T et N

$$N_i - W_i \cos\alpha_i + \Delta E_i \sin\alpha_i = 0$$

$$T_i - W_i \sin\alpha_i - \Delta E_i \cos\alpha_i = 0$$

$$N_i = W_i \cos\alpha_i - \Delta E_i \sin\alpha_i$$

$$N_i = W_i \cos\alpha_i + W_i \tan\alpha_i \sin\alpha_i - T_i \tan\alpha_i \quad (A)$$

On fait l'hypothèse $F = F_i = \dfrac{c' l_i + (N_i - U_i)\tan\phi}{T_i}$

$\hookrightarrow$ $T_i \Rightarrow$ dans (A)

$$F_S = \frac{\sum_i c' l_i + N_i' \tan\phi}{\sum_i W_i \sin\alpha_i}$$

$$c' l_i + N_i' \tan\phi = \left(\frac{c' b_i}{\cos\alpha_i} + \left(W_i - u_i \frac{b_i}{\cos\alpha_i} \right) \tan\phi \right) \Big/ \left(1 + \frac{\tan\alpha_i \tan\phi}{F_S} \right)$$

$\Rightarrow$ CALCUL itératif pour trouver $\boxed{F_S}$

Bishop Simplifiée