

Pieux - Tassement

EPFL



-
1. Description des fondations profondes
 - Types, mise en oeuvre, differences
 2. Capacité portante d'un pieu isolé
 - Formules issues de l'analyse limite (DTU, L&H)
 - A partir d'essai geotechniques in-situ
 - Pressiomètre,
 - (CPT, SPT)
 - Essai de chargement statique
 - Formules de battages (pieu battus)
 3. Groupe de pieux
 - Effet de groupe – rupture en bloc ou isolé
 4. Frottement négatif
 5. Charge inclinées
 6. Tassement des pieux

Vérifications de la sécurité structurale (ELU) et de l'aptitude au service (ELS) d'un pieu isolé

Type 2 externe

Capacité portante du sol

Type 2 interne

Résistance du matériau constitutif
(sollicitations axiale et/ou latérale)

Stabilité au flambement

Type 3

Glissement généralisé

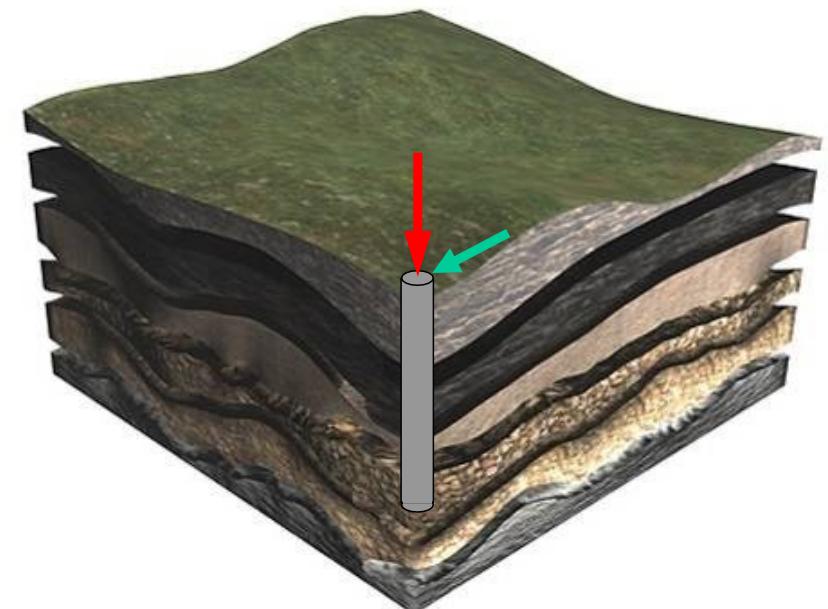
Externe

Tassements instantanés et différés, totaux et différentiels
(sollicitation latérale)

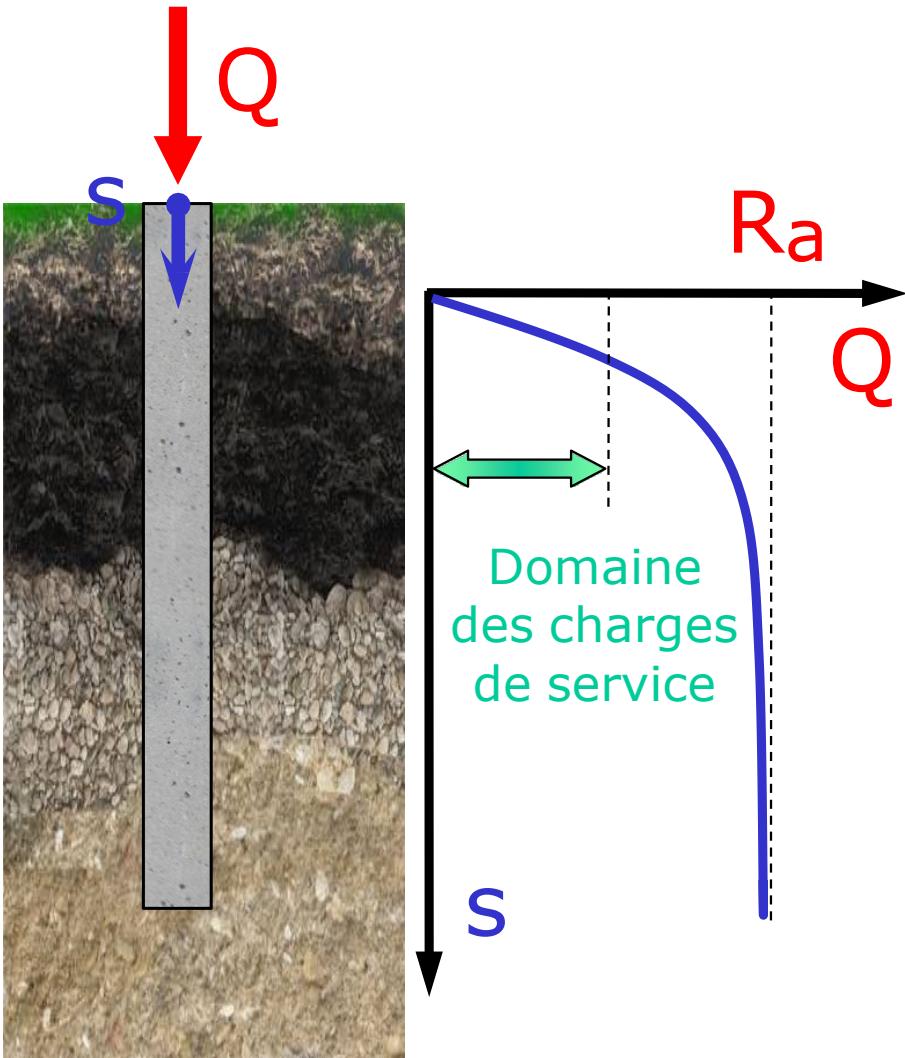
Interne

Durabilité du matériau constitutif du pieu

- Pourriture des pieux en bois
- Corrosion des pieux en acier
- Attaque du béton dans des milieux agressifs (sulfates)



Sollicitation axiale d'un pieu



ELU type 2 externe

Résistance ultime axiale externe :

$$R_a \equiv Q_I \equiv Q_u$$

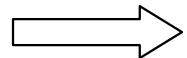
- L'enfoncement ne se stabilise plus sous la charge et la vitesse d'enfoncement est relativement grande
- $R_a \equiv Q$ telle que $s = D/10$
- $R_a \equiv Q$ telle que $k = k_{crit} = 2 \text{ mm}$

ELS externe (mobilisation du sol)

Aptitude au service si $s \leq s_{adm}$

Tassement des pieux

- Méthodes semi-empiriques
fondées sur l'observation de pieux au cours d'essais de charge

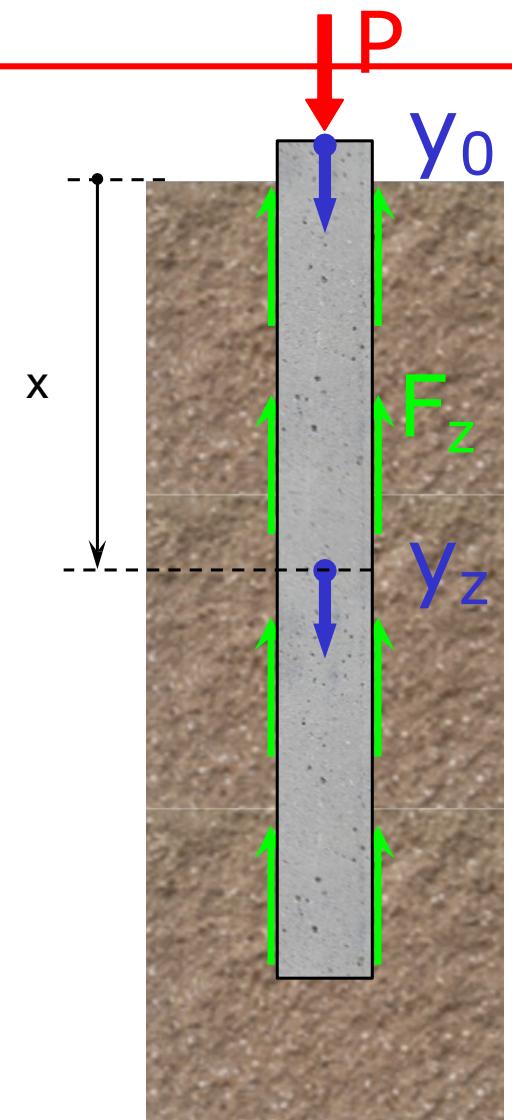
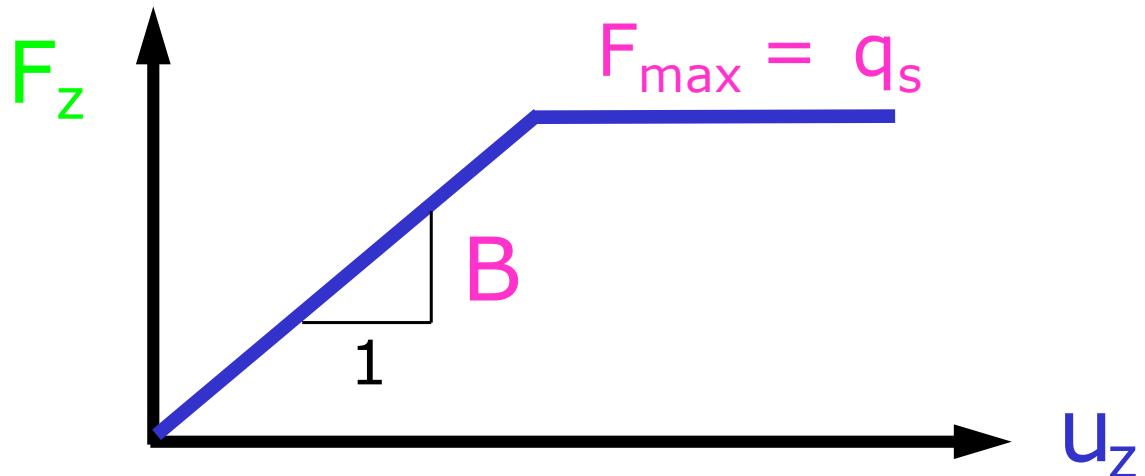


- méthode de Cambefort - Cassan

- Méthodes analytiques
basées sur la théorie de l'élasticité et les formules de Mindlin
- méthode de Poulos

Observations de Cambefort

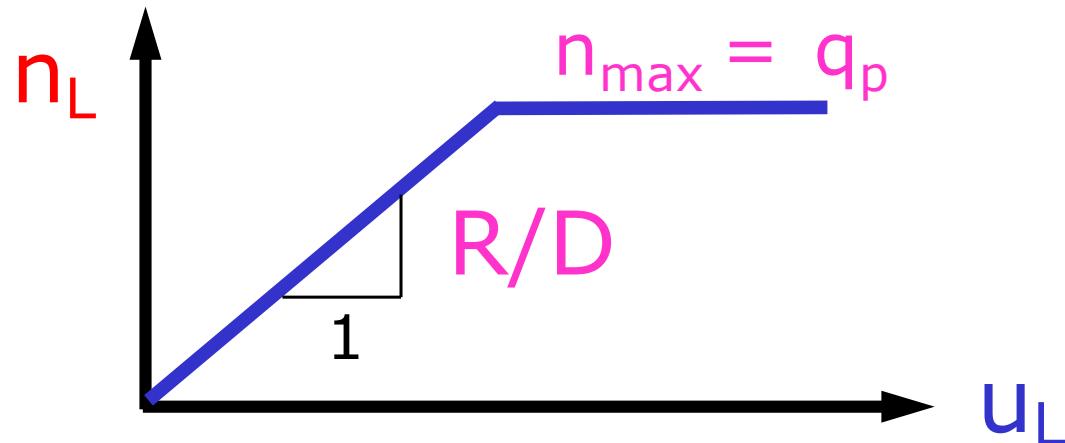
Frottement latéral F_z



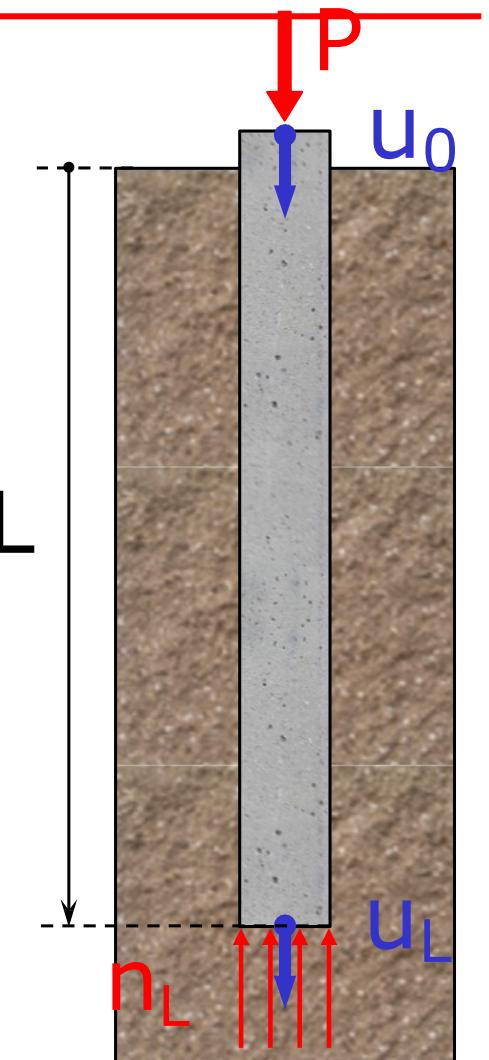
- **proportionnel à l'enfoncement u_z**
pas de déplacement relatif sol - pieu
- **constant**
 $F_{max} = q_s \equiv$ résistance au frottement latéral
avec déplacement relatif sol - pieu

Observations de Cambefort

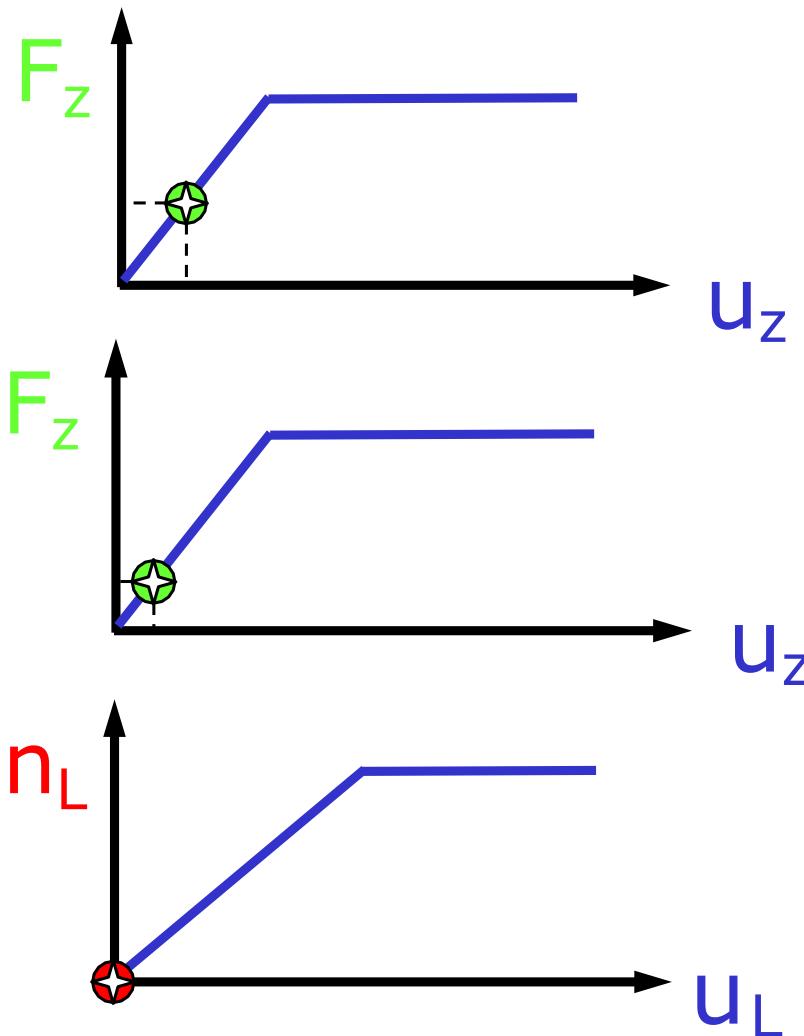
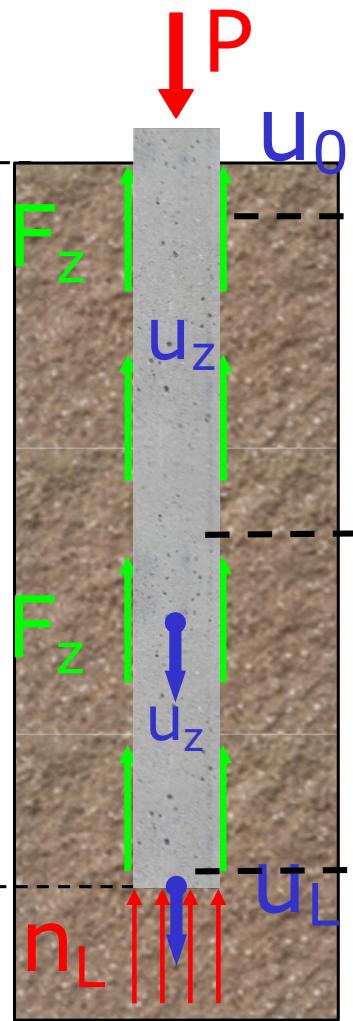
Réaction en pointe n_L



- **proportionnel à l'enfoncement u_L**
réponse élastique
- **constant**
 $n_{\max} = q_p \equiv$ résistance de pointe
enfoncement plastique



Mode de travail d'un pieu : Phase 0-0'

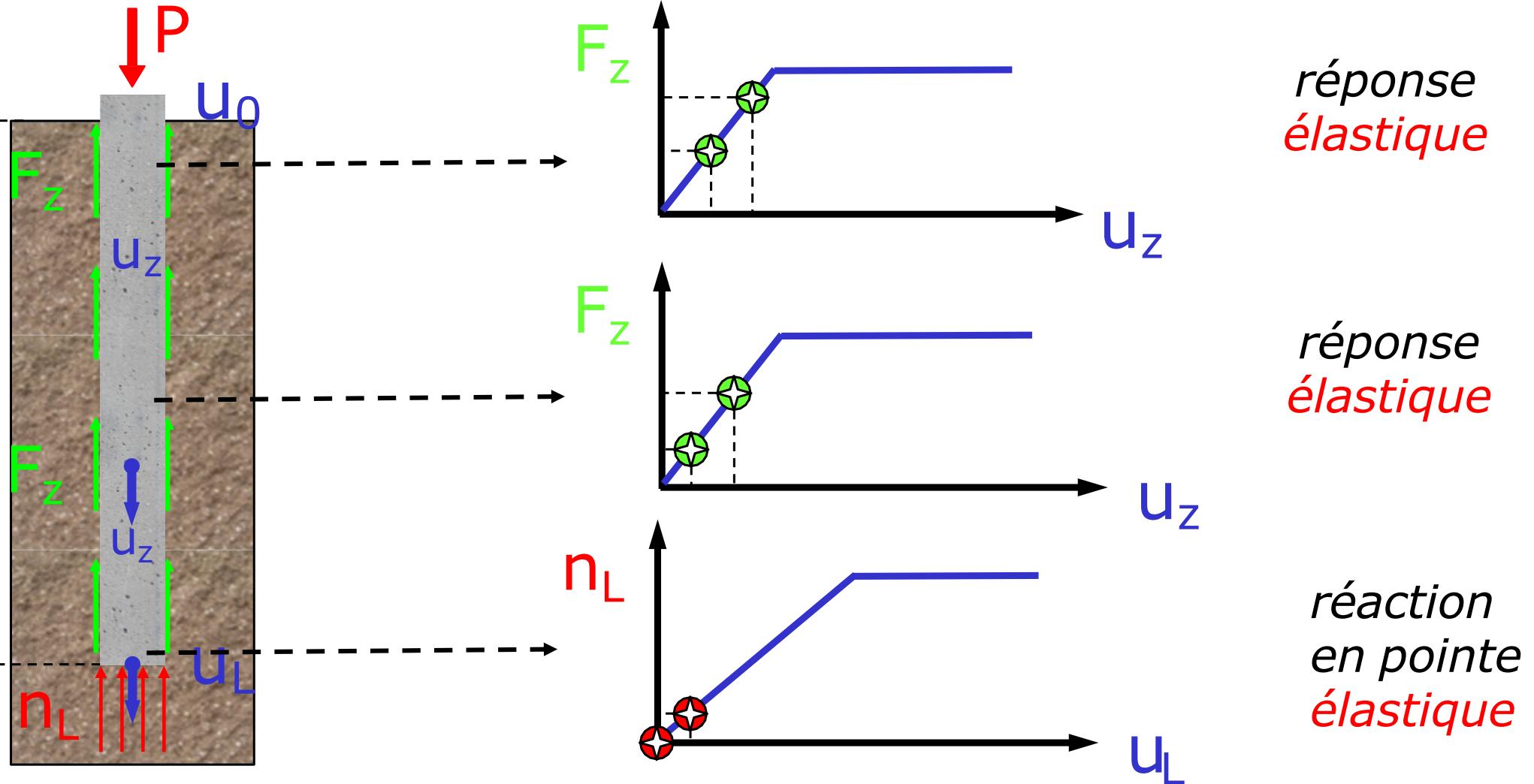


réponse
élastique

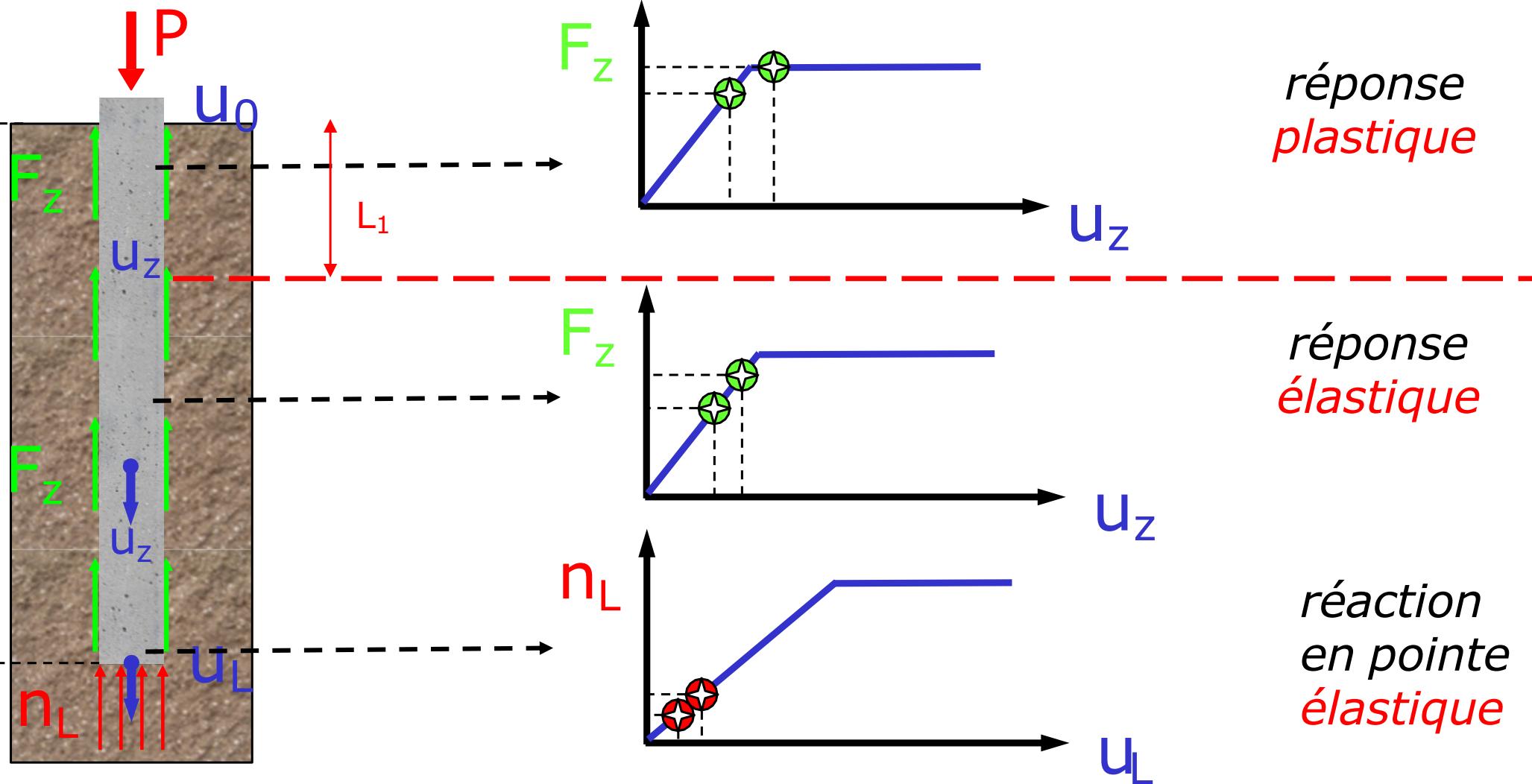
réponse
élastique

*Pas de
réaction
en pointe*

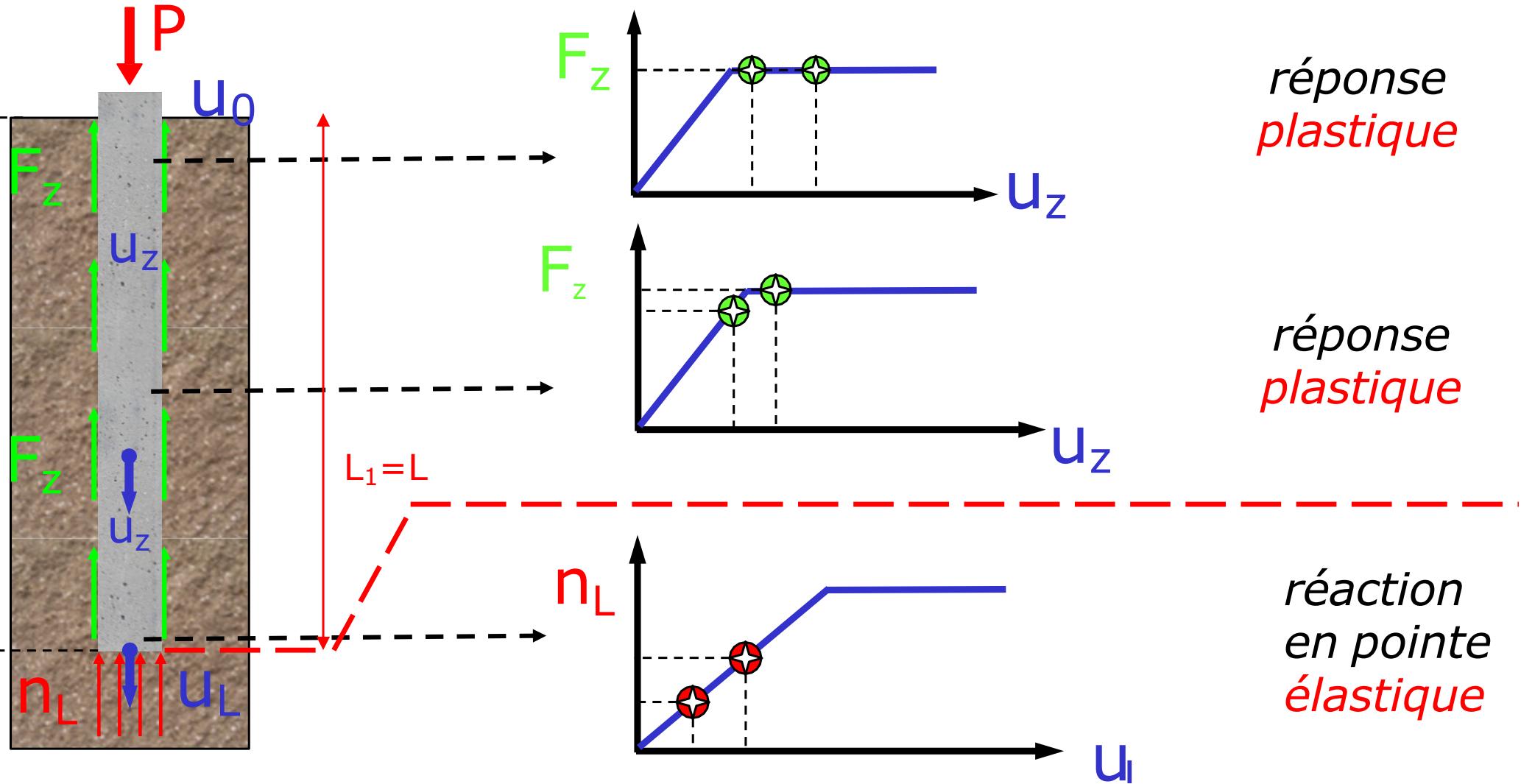
Mode de travail d'un pieu : Phase 0'-1



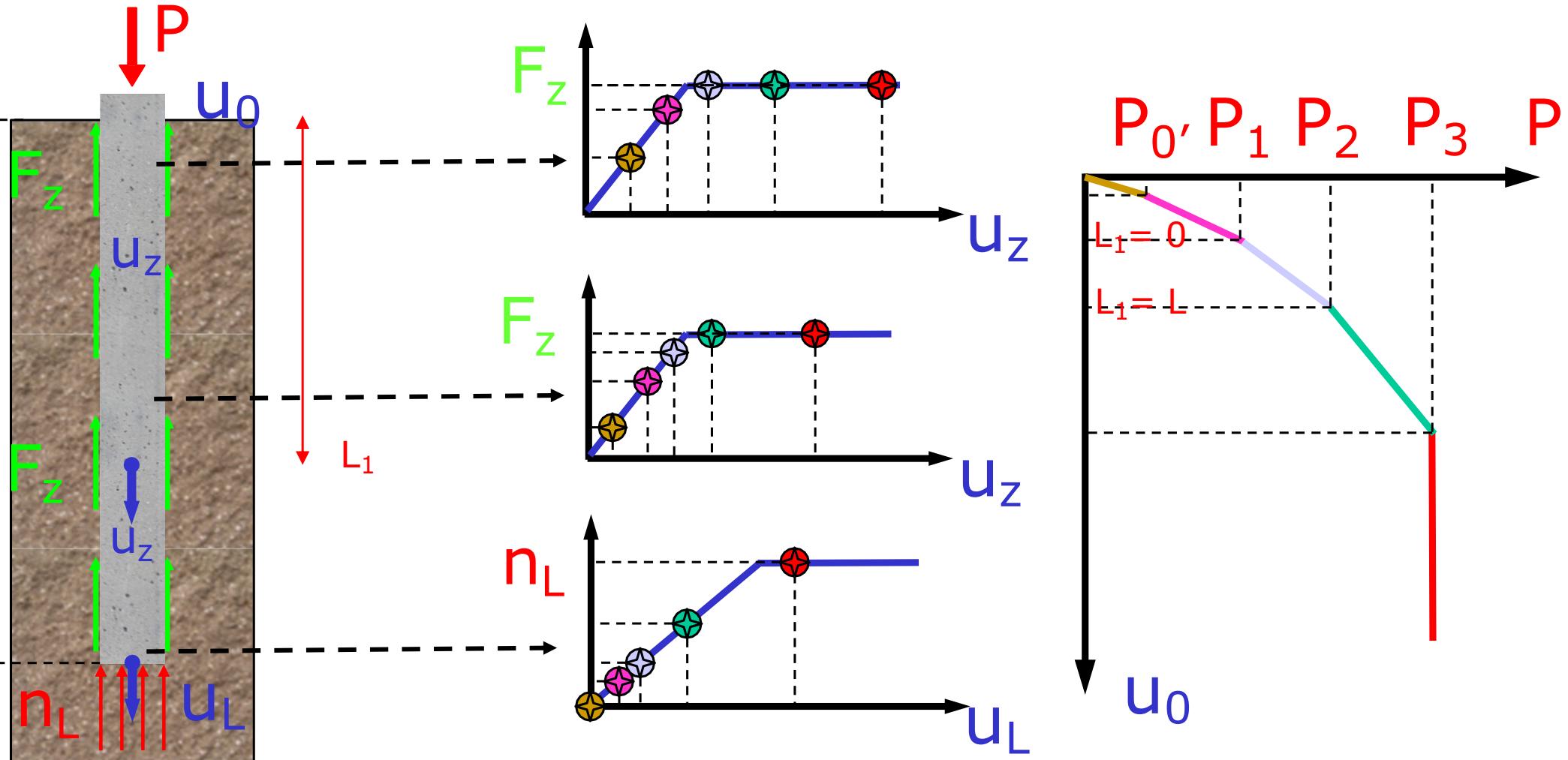
Mode de travail d'un pieu : Phase 1-2



Mode de travail d'un pieu : Phase 2-3

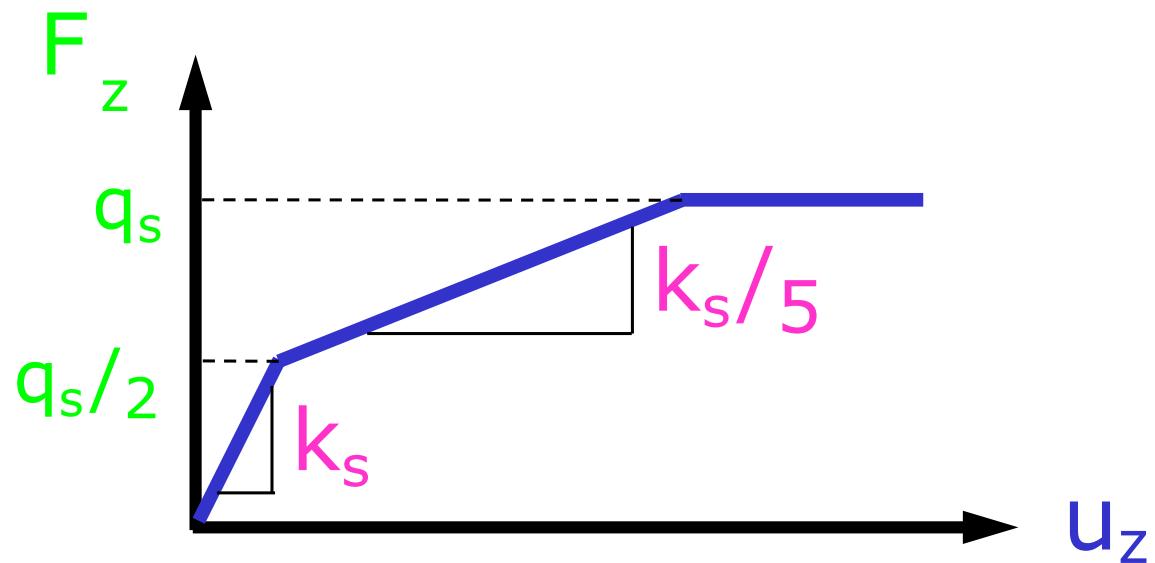


Mode de travail d'un pieu

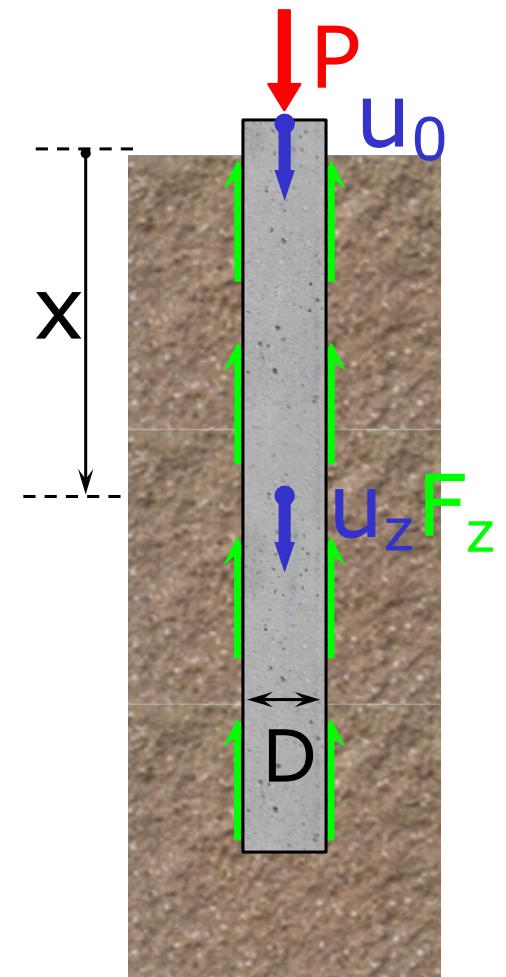


Loi de mobilisation du frottement latéral selon Frank & Zhao

Frottement latéral F_z

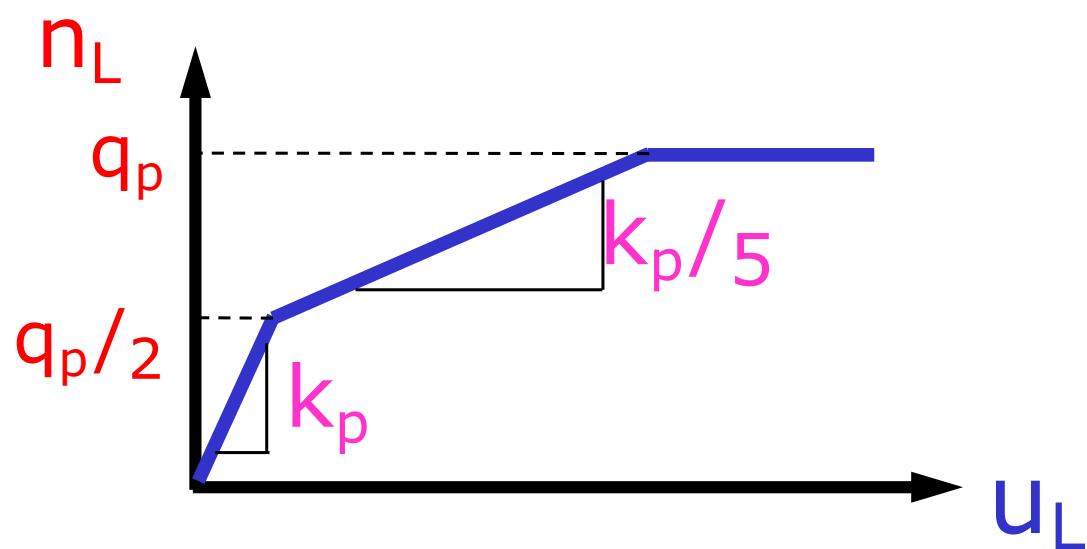


Type de sol	Granulaire	Fin
k_s	$k_s = 0.8 E_m / D$	$k_s = 2 E_m / D$

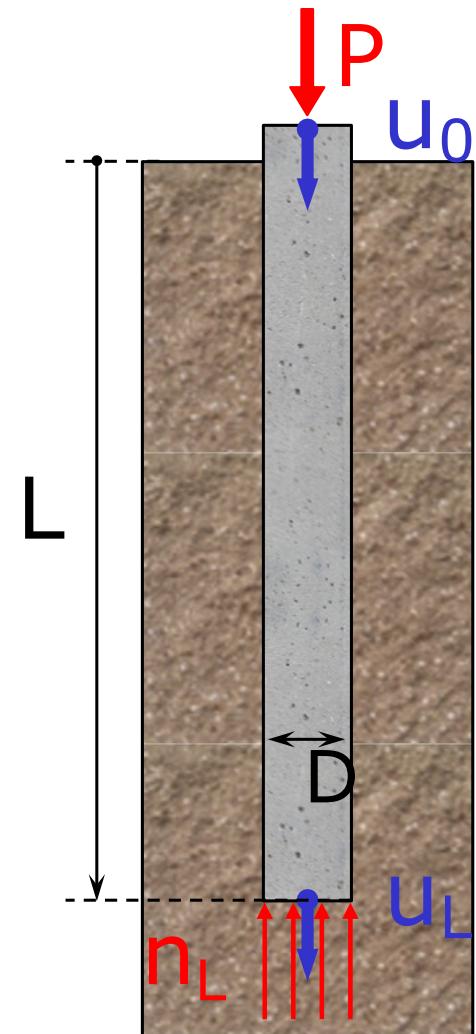


Loi de mobilisation de la réaction en pointe selon Frank & Zhao

Réaction en pointe n_L



Type de sol	Granulaire	Fin
k_p	$k_p = \frac{4.8 E_M}{D}$	$k = \frac{11 E_M}{D}$



Méthode de Cassan

C.F derivation au tableau !

Pieu foré

$$R \approx 4.5E_m \quad B \approx 0.42E_m$$

Pieu battu

$$R \approx 13.5E_m \quad B \approx 1.25E_m$$

Méthode de Cassan

$$s = \frac{4}{\pi} \frac{P}{D} \times \frac{1 + \frac{R}{aDE_p} \tanh(aL)}{R + aDE_p \tanh(aL)} \quad a^2 = \frac{4B}{DE_p}$$

Pieu foré

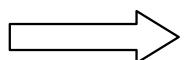
$$R \approx 4.5E_m \quad B \approx 0.42E_m$$

Pieu battu

$$R \approx 13.5E_m \quad B \approx 1.25E_m$$

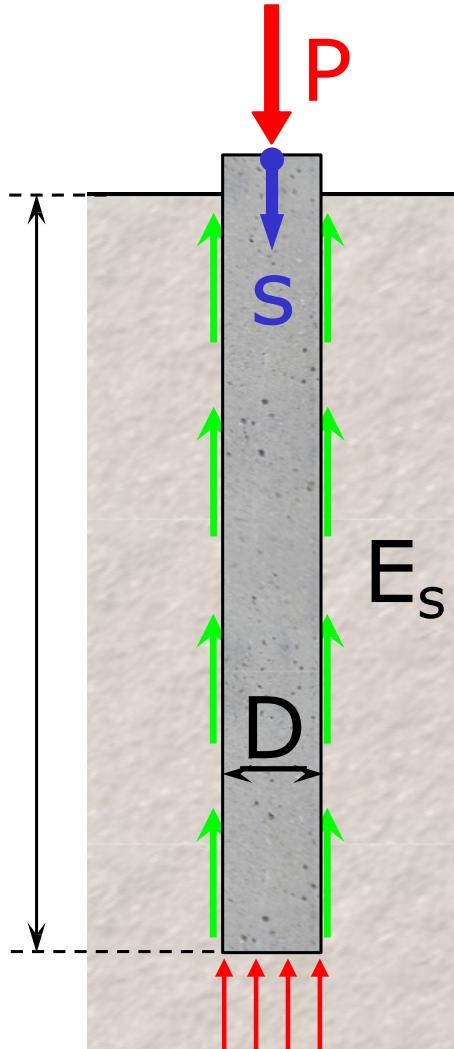
Tassement des pieux

- Méthodes semi-empiriques
fondées sur l'observation de pieux au cours d'essais de charge
 - méthode de Cambefort - Cassan
- Méthodes analytiques
basées sur la théorie de l'élasticité et les formules de Mindlin
 - méthode de Poulos



C.F derivation au tableau !

Méthode de Poulos



- Intégration des formules de Mindlin (théorie de l'élasticité)
- Expression initialement valable pour un pieu incompressible dans un milieu homogène infini :

$$S = \frac{P}{E_s D} I \quad I : \text{coefficient d'influence}$$

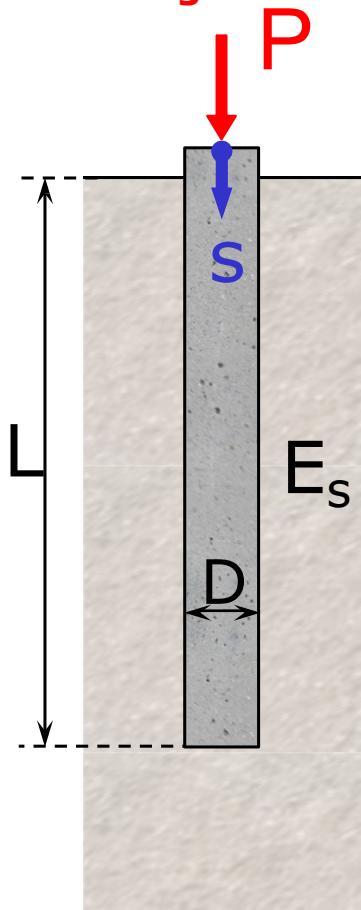
$$E_s = E_M / \alpha \text{ avec } \alpha \text{ un coefficient rhéologique}$$

α	Argile	Limon	Sable	Gravier
Surconsolidé ou très serré	1	2/3	1/2	1/3
Normalement consolidé ou serré	2/3	1/2	1/3	1/4
Sous-consolidé altéré, remanié ou lâche	1/2	1/2	1/3	-

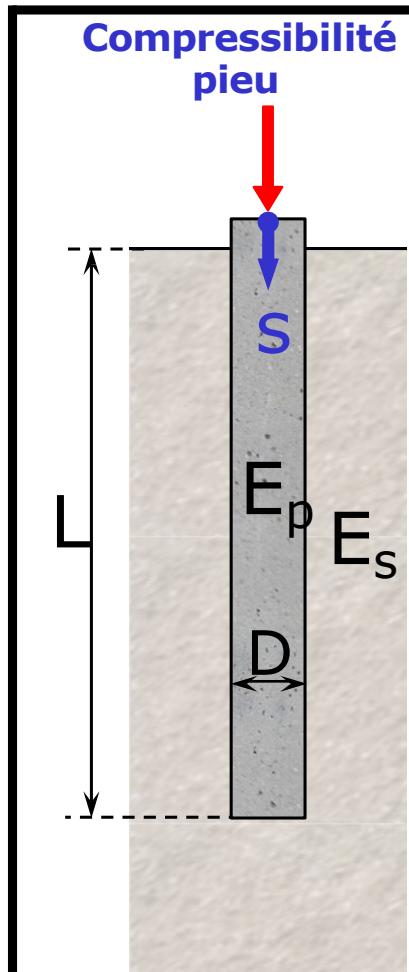
- Extension de la méthode à des pieux compressibles fondés dans des couches d'épaisseur finie.

$$I = I_1 \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_b$$

Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini

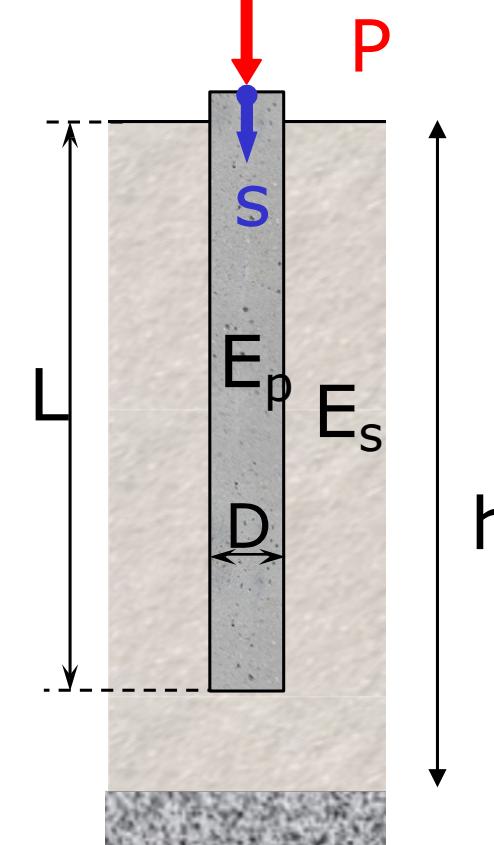


Compressibilité du
pieu

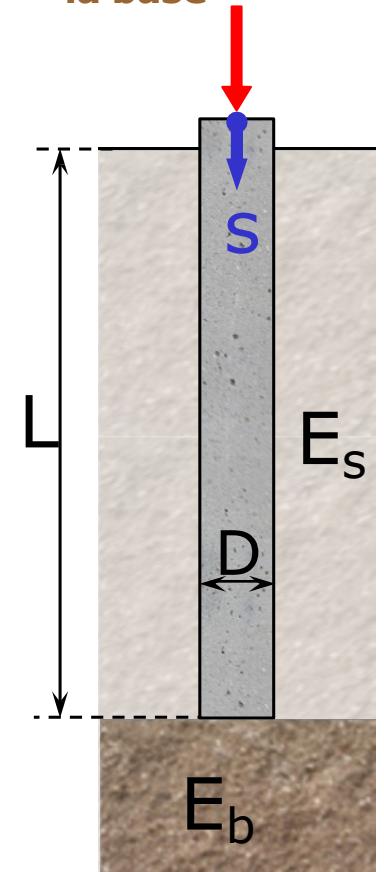


Corrections

Couche compressible
d'épaisseur finie

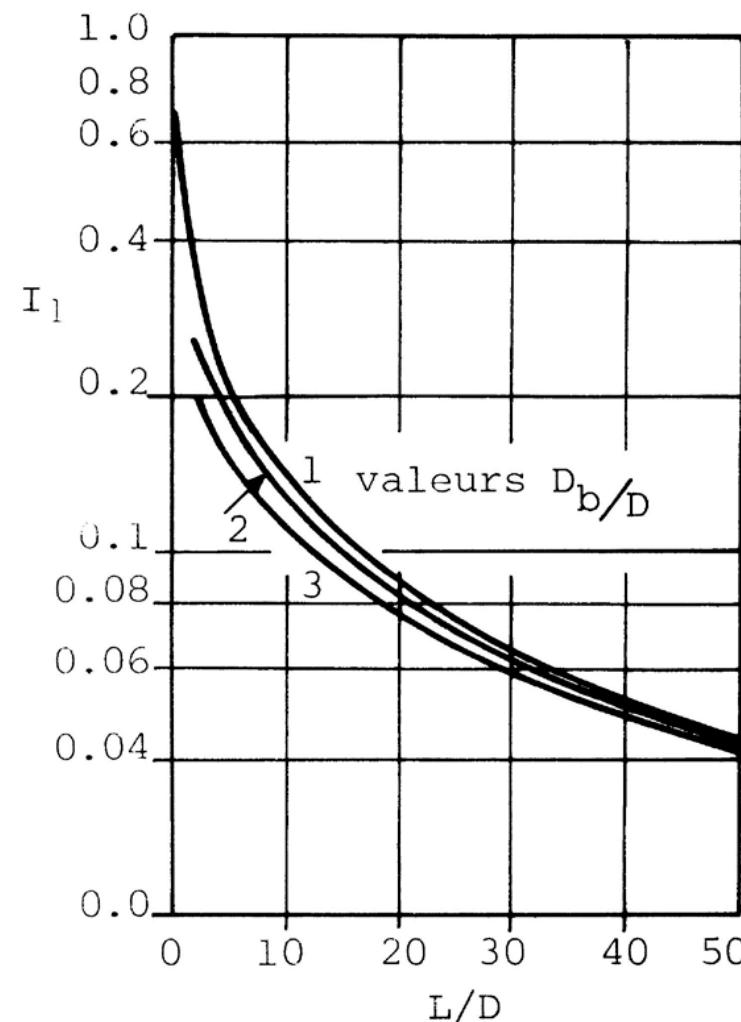
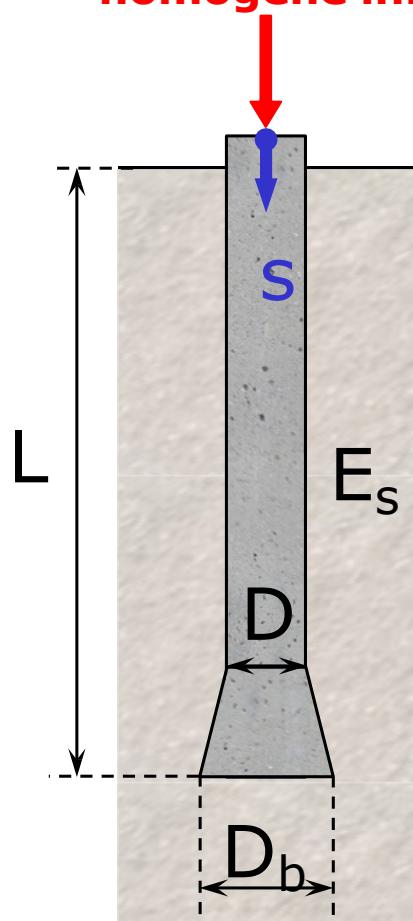


Couche différente sous
la base



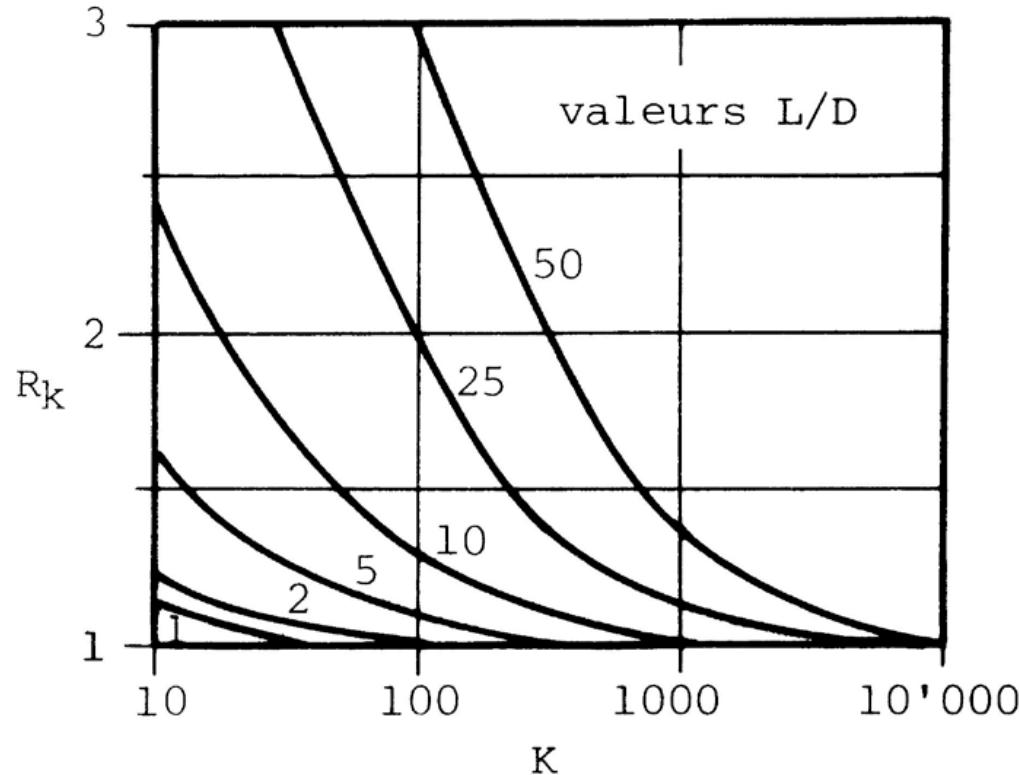
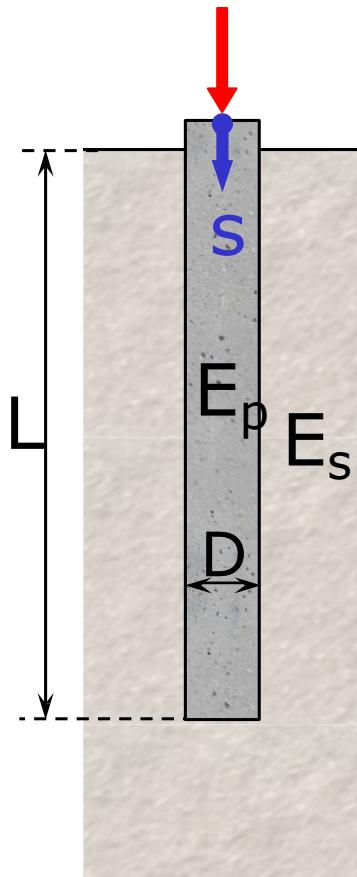
$$I_1 = f(L/D, D_b/D) < 1$$

Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini



$$R_k = f(L/D, K) > 1$$

Compressibilité du pieu



E_p module d'élasticité du pieu

E_s module d'élasticité du sol,

R_A rapport entre la section effective du pieu et sa section totale.

$R_A = 1$ pour les pieux à section pleine.

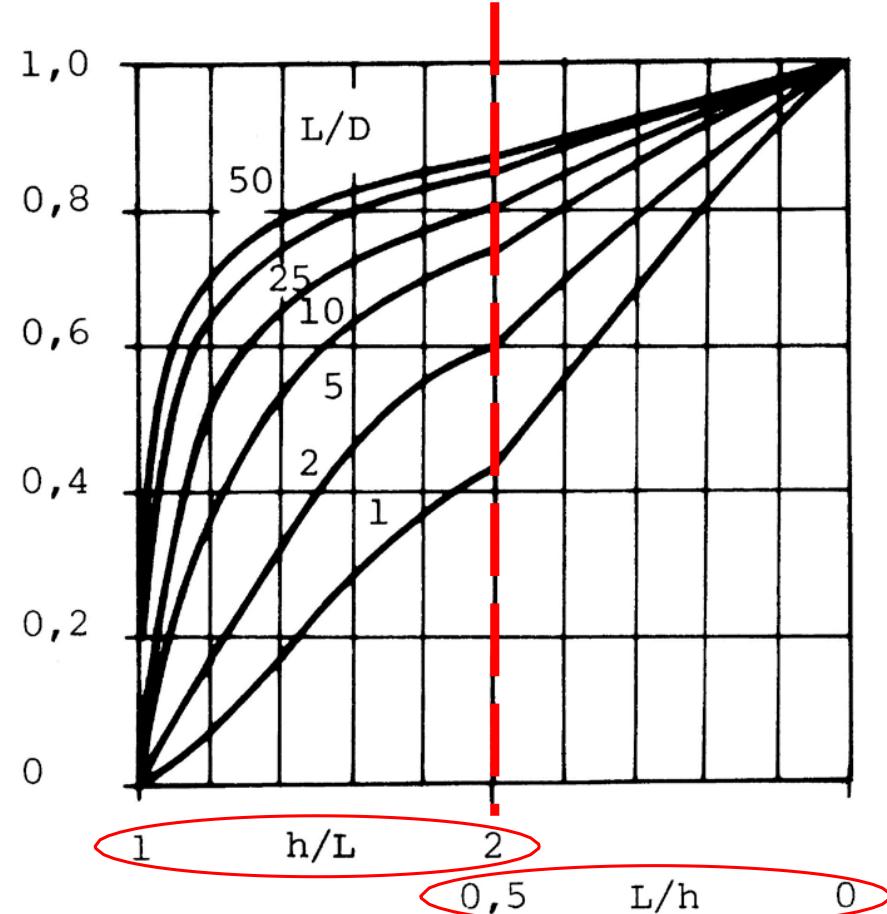
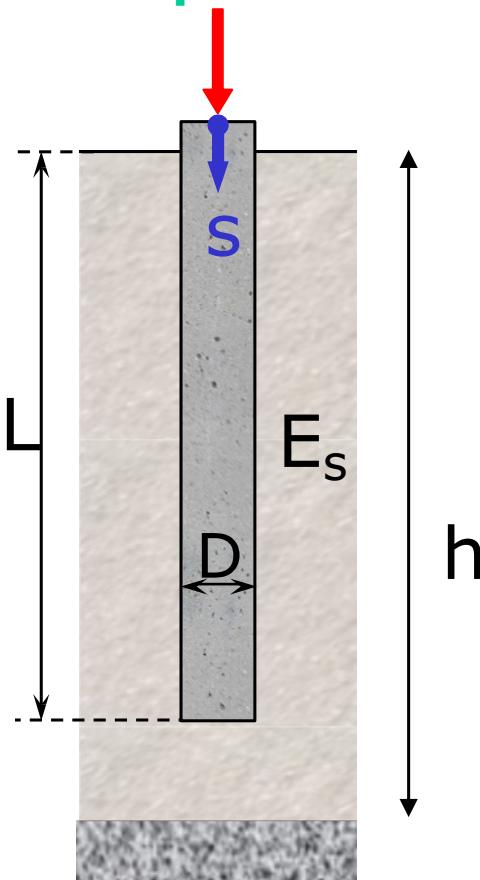
$R_A < 1$ pour les pieux à section creuse (tubulaire) ou ouverte (profilés métalliques).

K facteur de rigidité relative entre le pieu et le sol :

$$K = \frac{E_p}{E_s} R_A$$

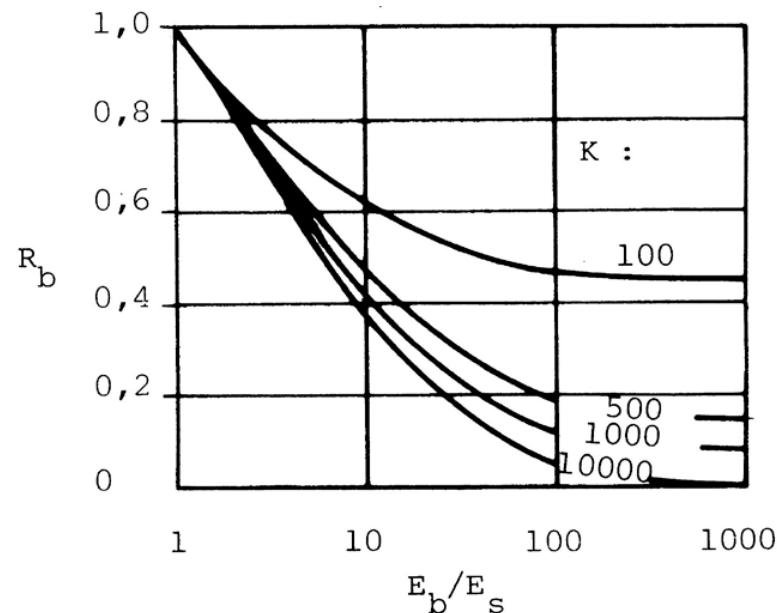
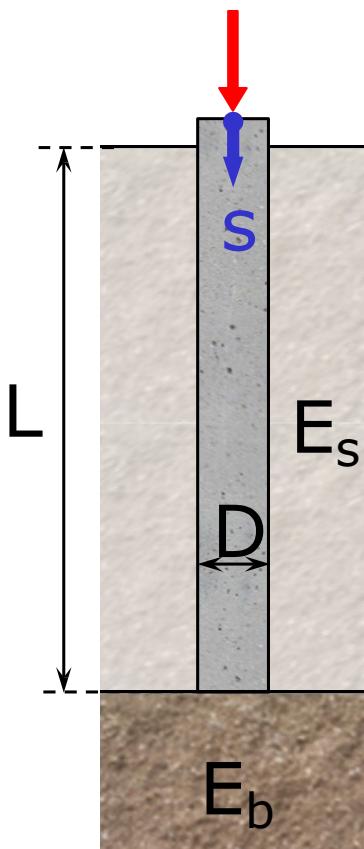
$$R_h = f(L/D, L/h) < 1$$

**Couche compressible
d'épaisseur finie**



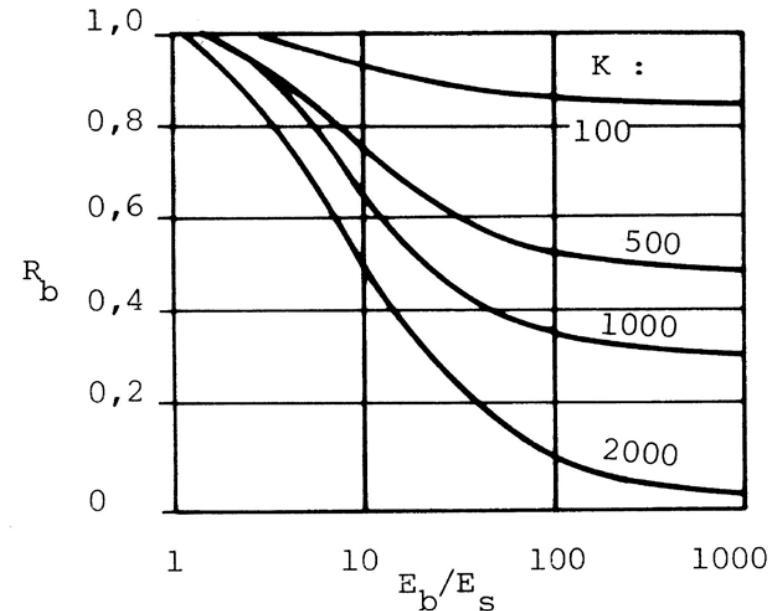
$$R_b = f(L/D, E_b/E_s, K) < 1$$

Couche différente sous la base



$$L/D = 10$$

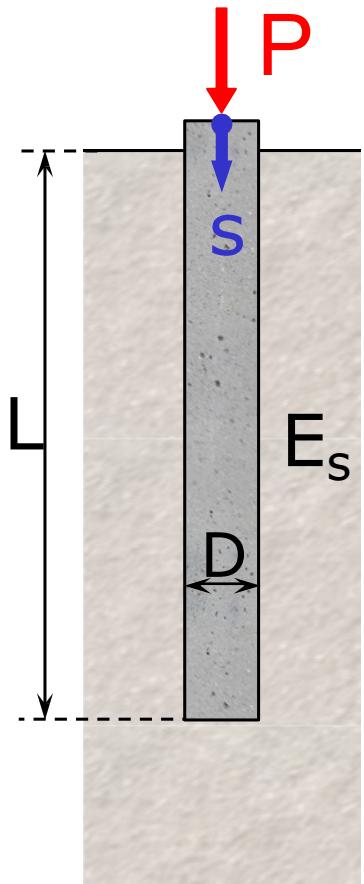
K facteur de rigidité relative entre le pieu et le sol : $K = \frac{E_p}{E_s} R_A$



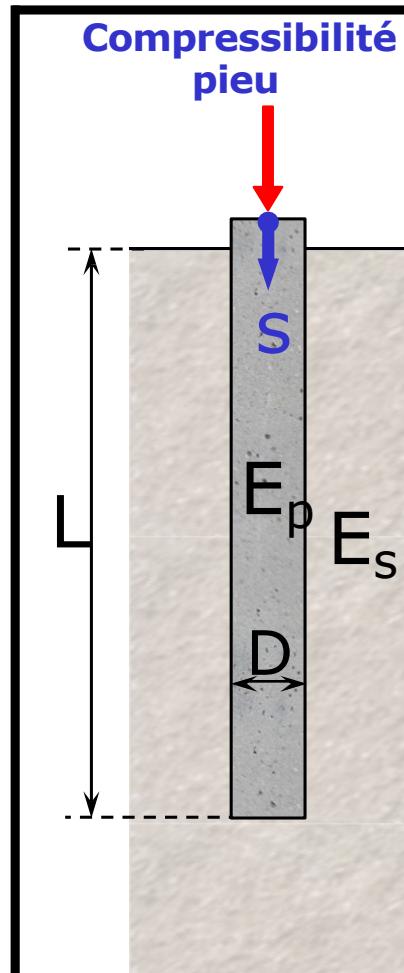
$$L/D = 25$$

Part d'effort reprise en pointe selon Poulos $\beta = \beta_1 \cdot C_k \cdot C_h \cdot C_b$

Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini

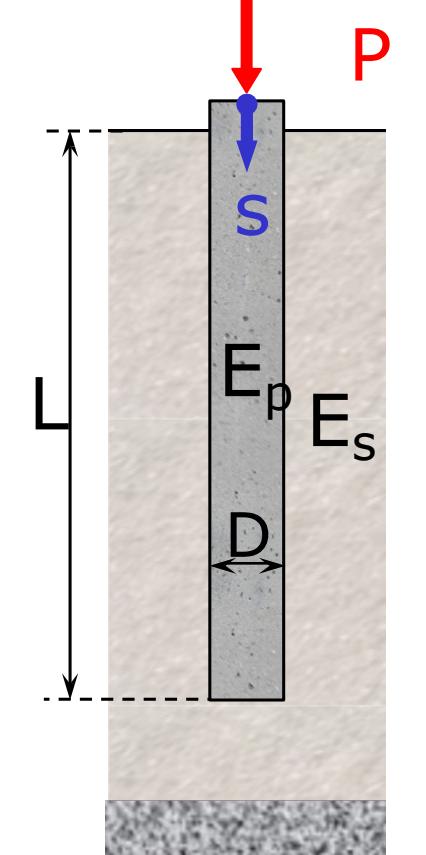


Compressibilité du
pieu

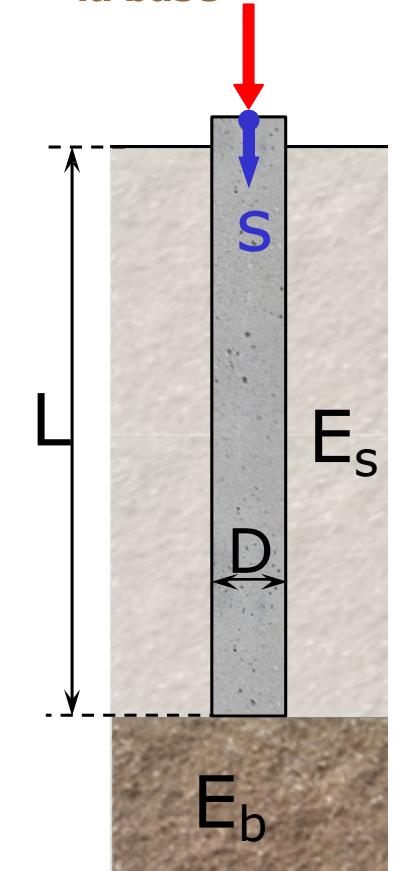


Corrections

Couche compressible
d'épaisseur finie

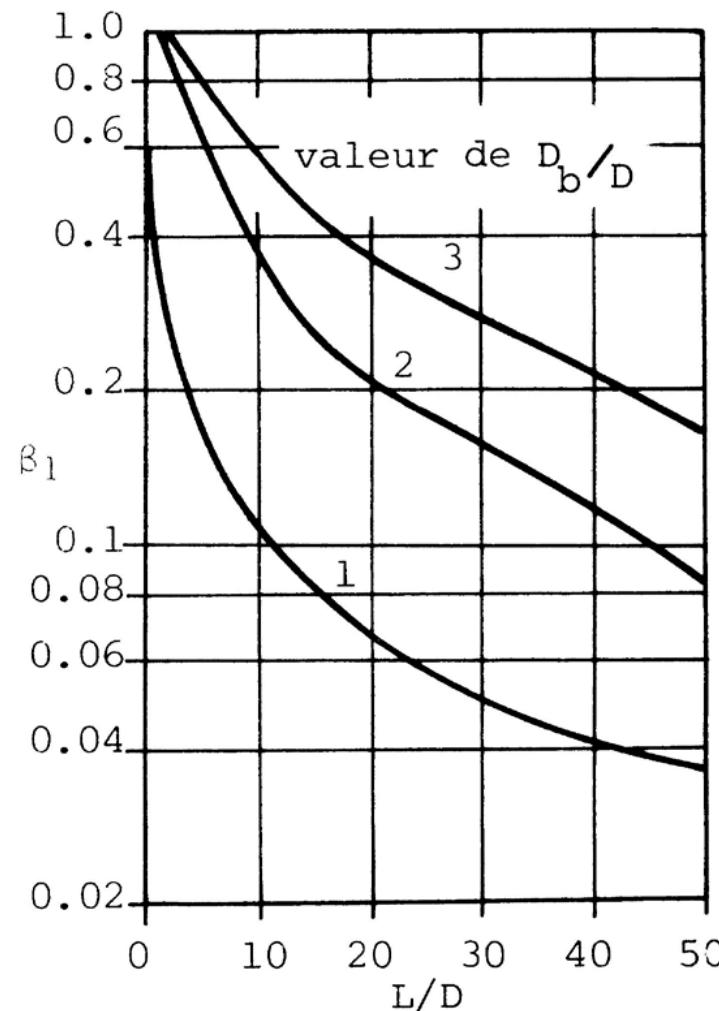
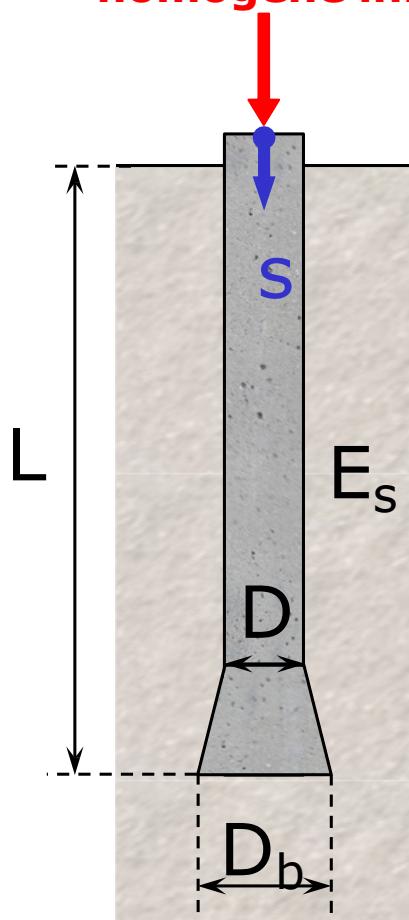


Couche différente sous
la base



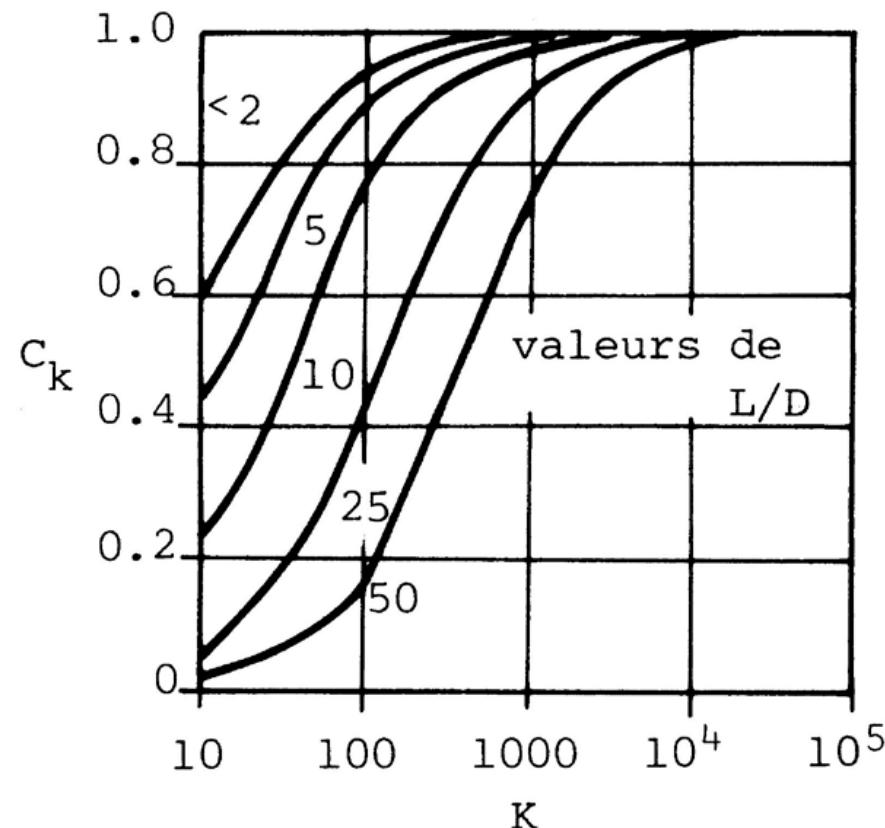
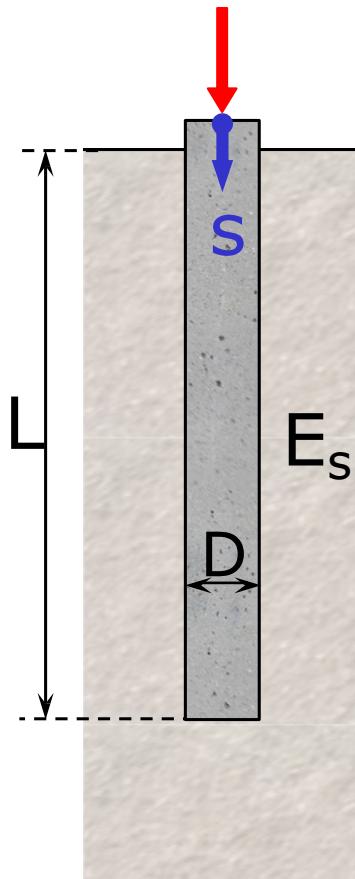
$$\beta_1 = f(L/D, D_b/D) < 1$$

Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini



$$C_k = f(L/D, K) < 1$$

Compressibilité du pieu



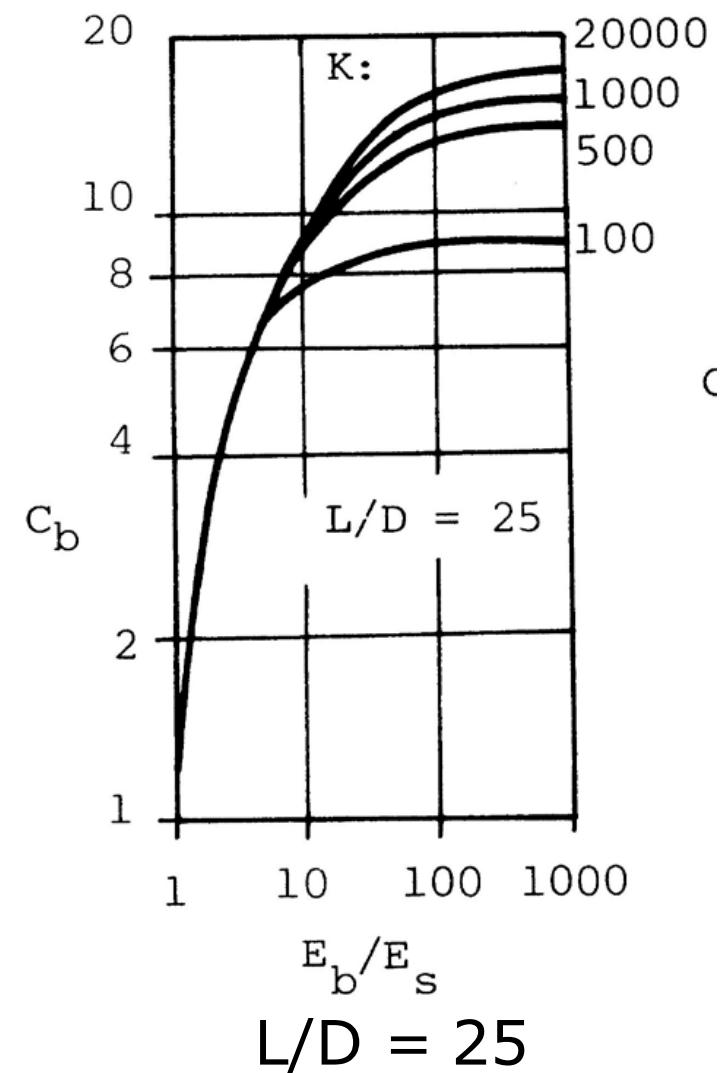
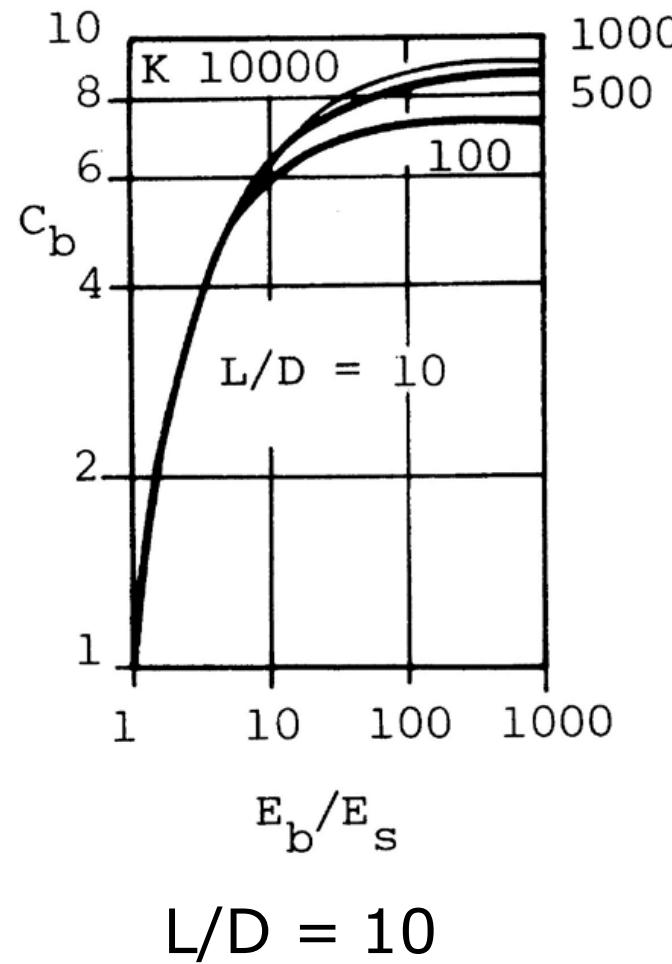
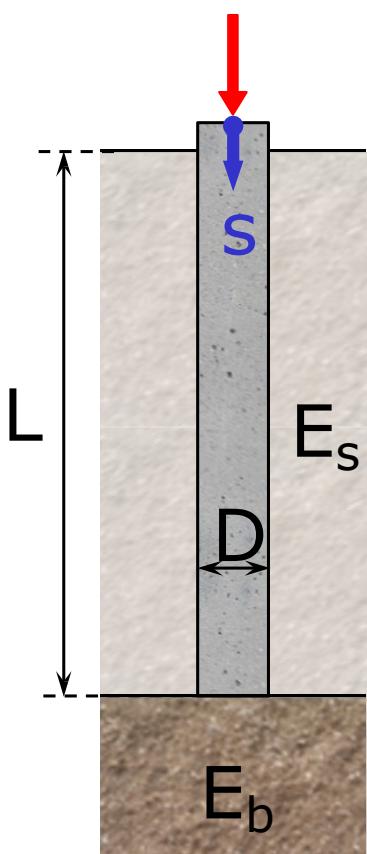
K facteur de rigidité relative entre le pieu et le sol :

$$K = \frac{E_p}{E_s} R_A$$

$$C_b = f(L/D, E_b/E_s, K) > 1$$

Couche différente sous

la base



Tassement d'un groupe de pieux (*prudence!*)

Formules empiriques (*selon Skempton*)

$$\text{Pieux forés: } \frac{s_g}{s_i} = \frac{(4B + 2.75)^2}{(B + 3.65)^2}$$

$$\text{Pieux battus: } \frac{s_g}{s_i} = \frac{(2B)^2}{(B + 0.3)^2}$$

B:largeur du groupe [m]

Méthode de la consolidation unidimensionnelle

Groupe de pieux assimilé à une fondation monolithique équivalente

→ Estimation du tassement selon les méthodes pour les fondations superficielles profondeur fictive à laquelle agit la charge :

- $x = 0$ si $\lambda = 1$ (tout en pointe)
- $x = L/2$ si $\lambda = 0$ (frottement latéral seul)
- $x = L/3$ si $\lambda = 0.2 \div 0.3$ (normal)

avec λ estimé p.ex. par Cassan :

$$\text{Pieux forés: } \lambda = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot \frac{L}{D}} \quad \text{Pieux battus: } \lambda = \frac{1}{1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D}}$$

Méthodes élastiques (*selon Poulos*)

