

Pieux - Tassement

EPFL



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

• Type 2 externe

Capacité portante du sol

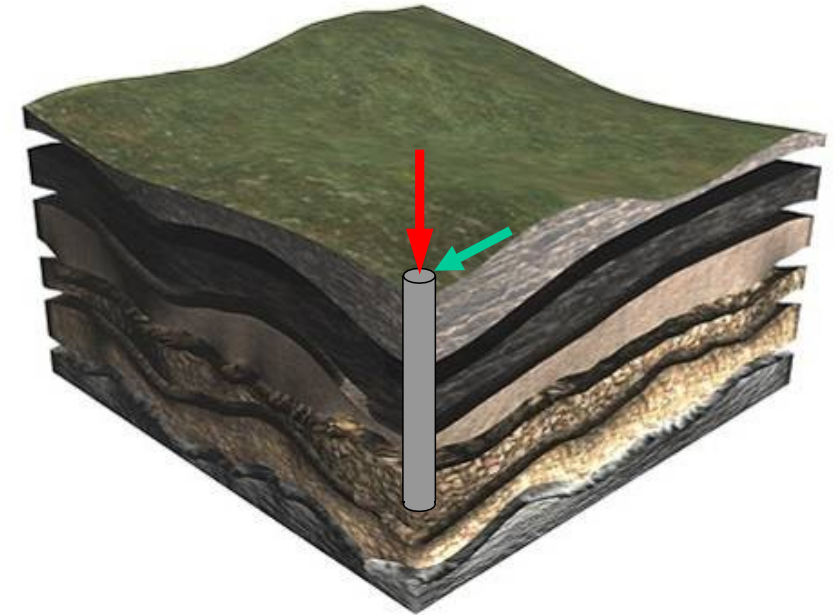
• Type 2 interne

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

Stabilité au flambement

• Type 3

Glissement généralisé



• Externe

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

• Interne

Durabilité du matériau constitutif du pieu

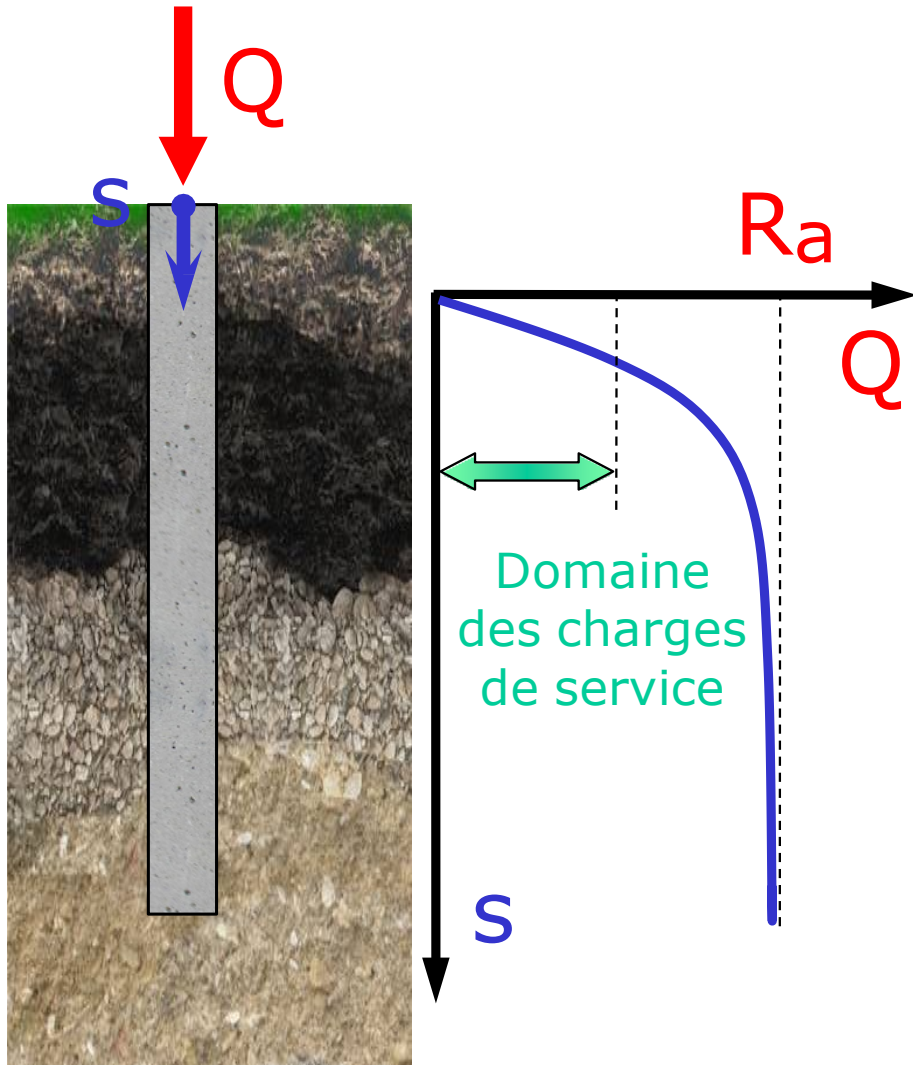
- Pourriture des pieux en bois
- Corrosion des pieux en acier
- Attaque du béton dans des milieux agressifs (sulfates)



ELU

ELS

Sollicitation axiale d'un pieu



ELU type 2 externe

Résistance ultime axiale externe :

$$R_a \equiv Q_l \equiv Q_u$$

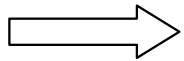
- L'enfoncement ne se stabilise plus sous la charge et la vitesse d'enfoncement est relativement grande
- $R_a \equiv Q$ telle que $s = D/10$
- $R_a \equiv Q$ telle que $k = k_{crit} = 2 \text{ mm}$

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



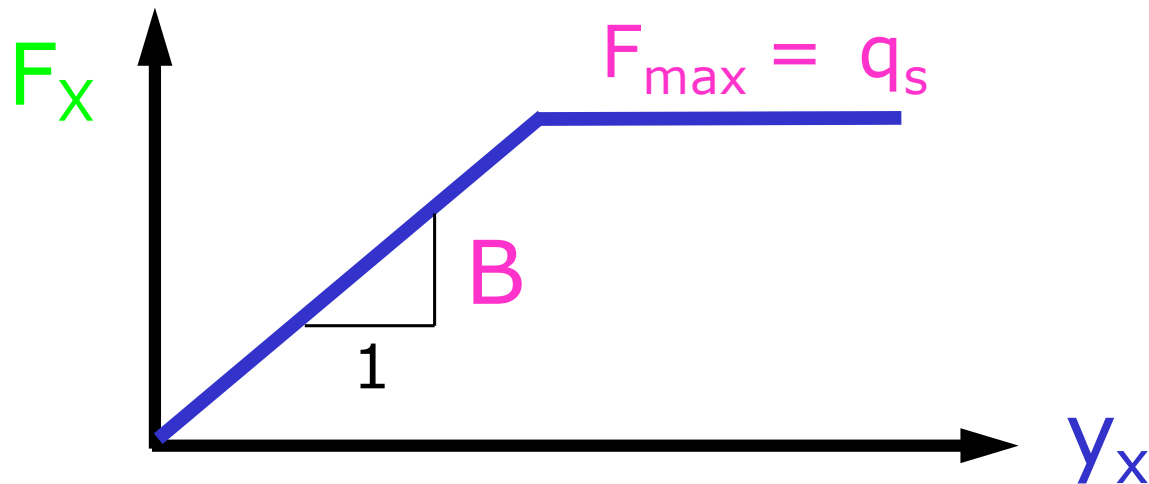
- méthode de Cambefort - Cassan

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

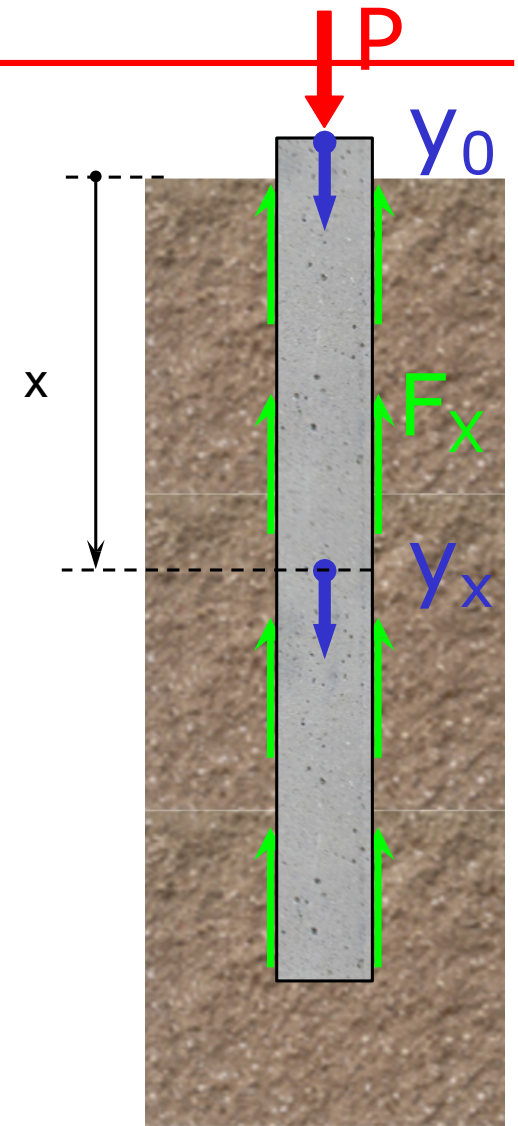
- méthode de Poulos

Observations de Cambefort

Frottement latéral F_x

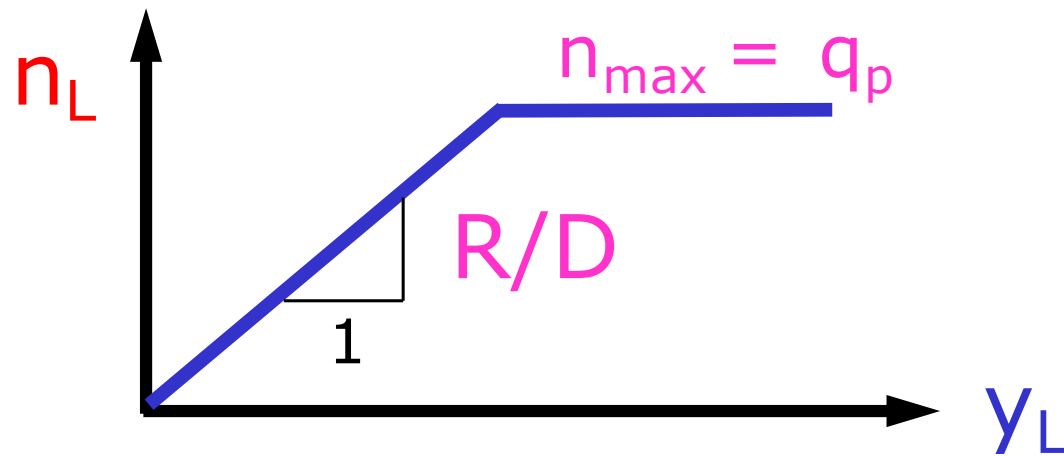


- **proportionnel à l'enfoncement y_x**
pas de déplacement relatif sol - pieu
- **constant**
 $F_{\max} = q_s \equiv$ résistance au frottement latéral
avec déplacement relatif sol - pieu



Observations de Cambefort

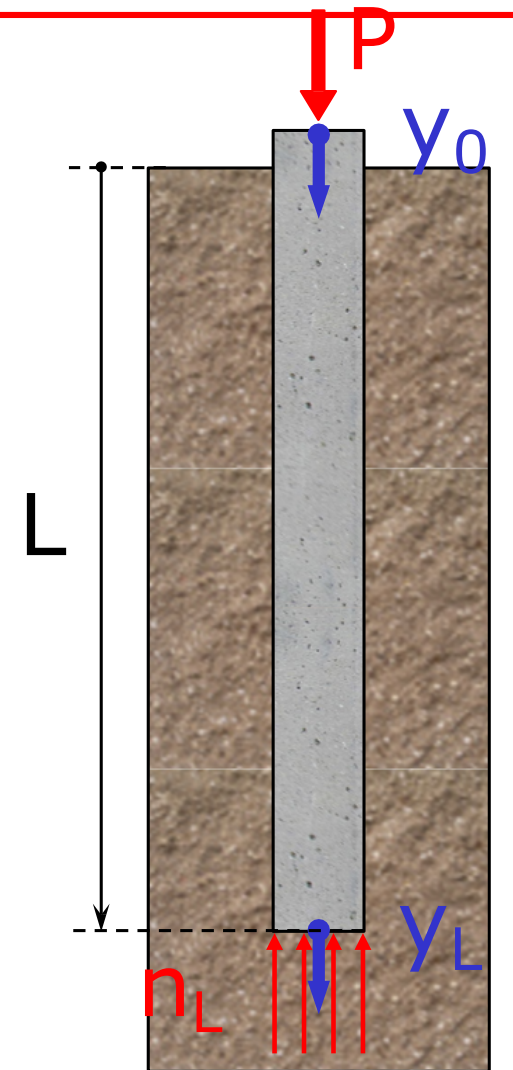
Réaction en pointe n_L



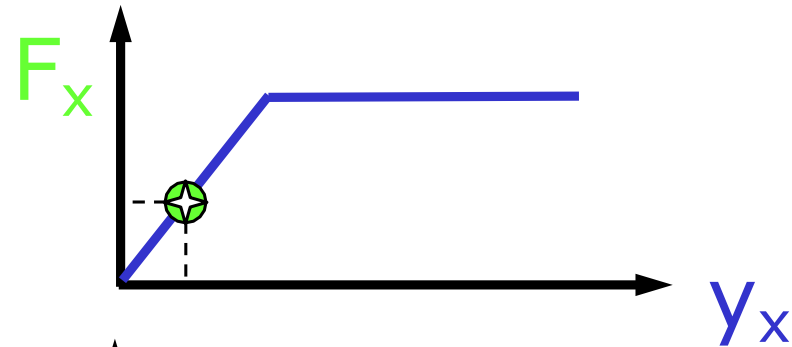
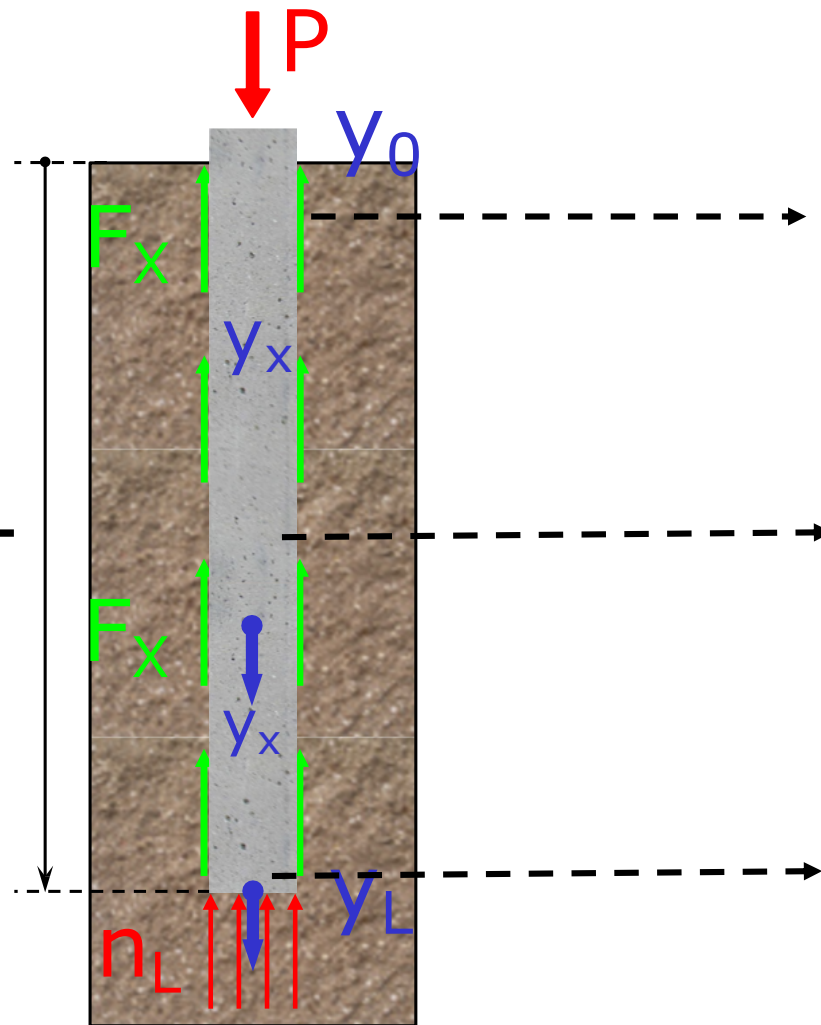
- **proportionnel à l'enfoncement y_L**
réponse élastique

- **constant**

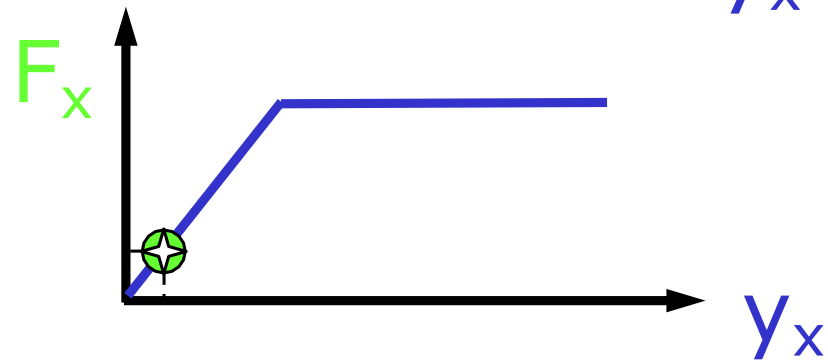
$n_{\max} = q_p \equiv$ résistance de pointe
enfoncement plastique



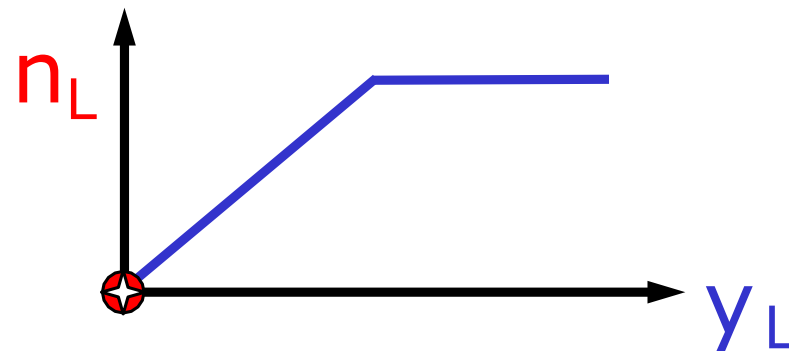
Mode de travail d'un pieu : Phase 0-0'



*réponse
élastique*

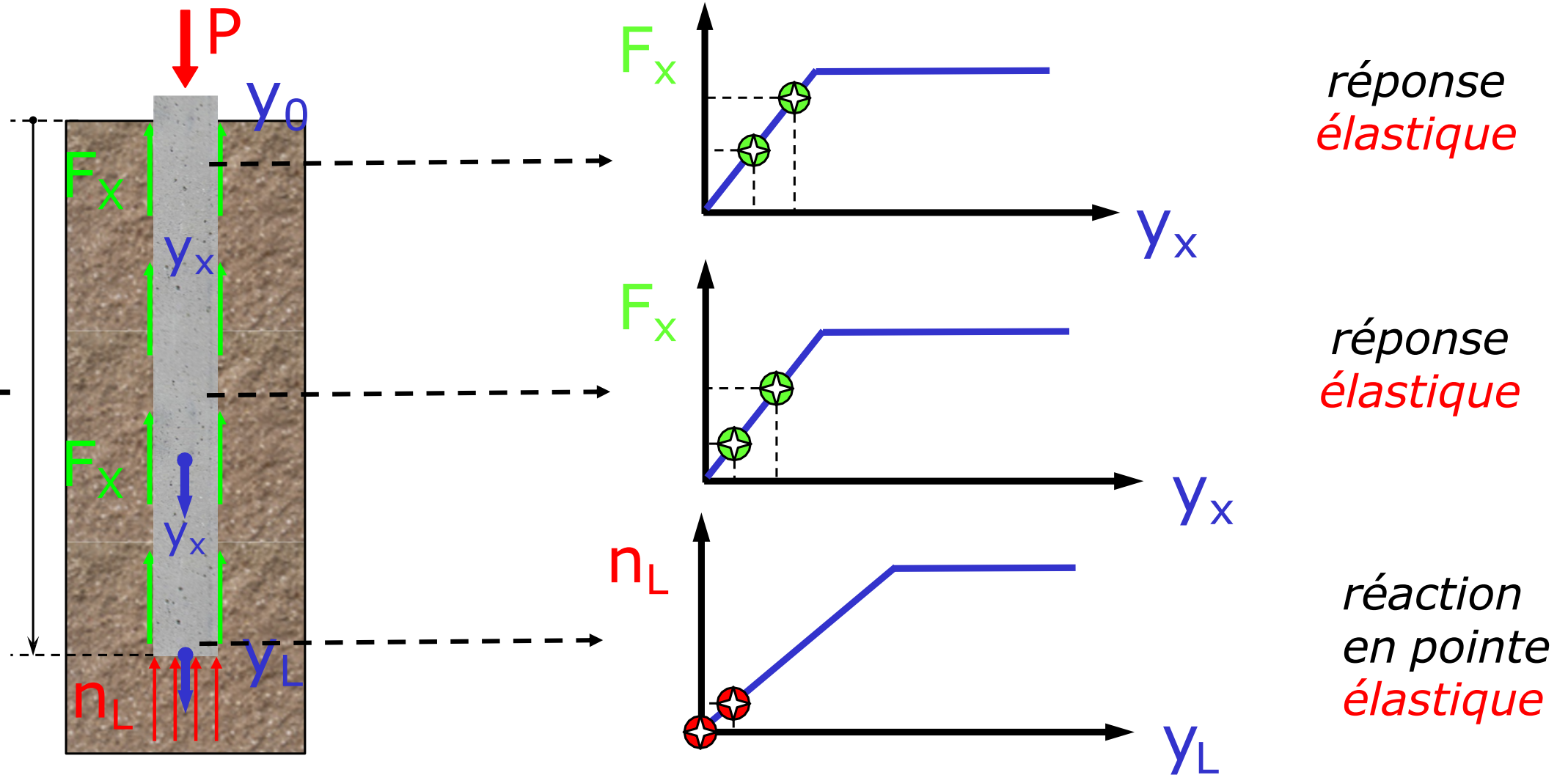


*réponse
élastique*

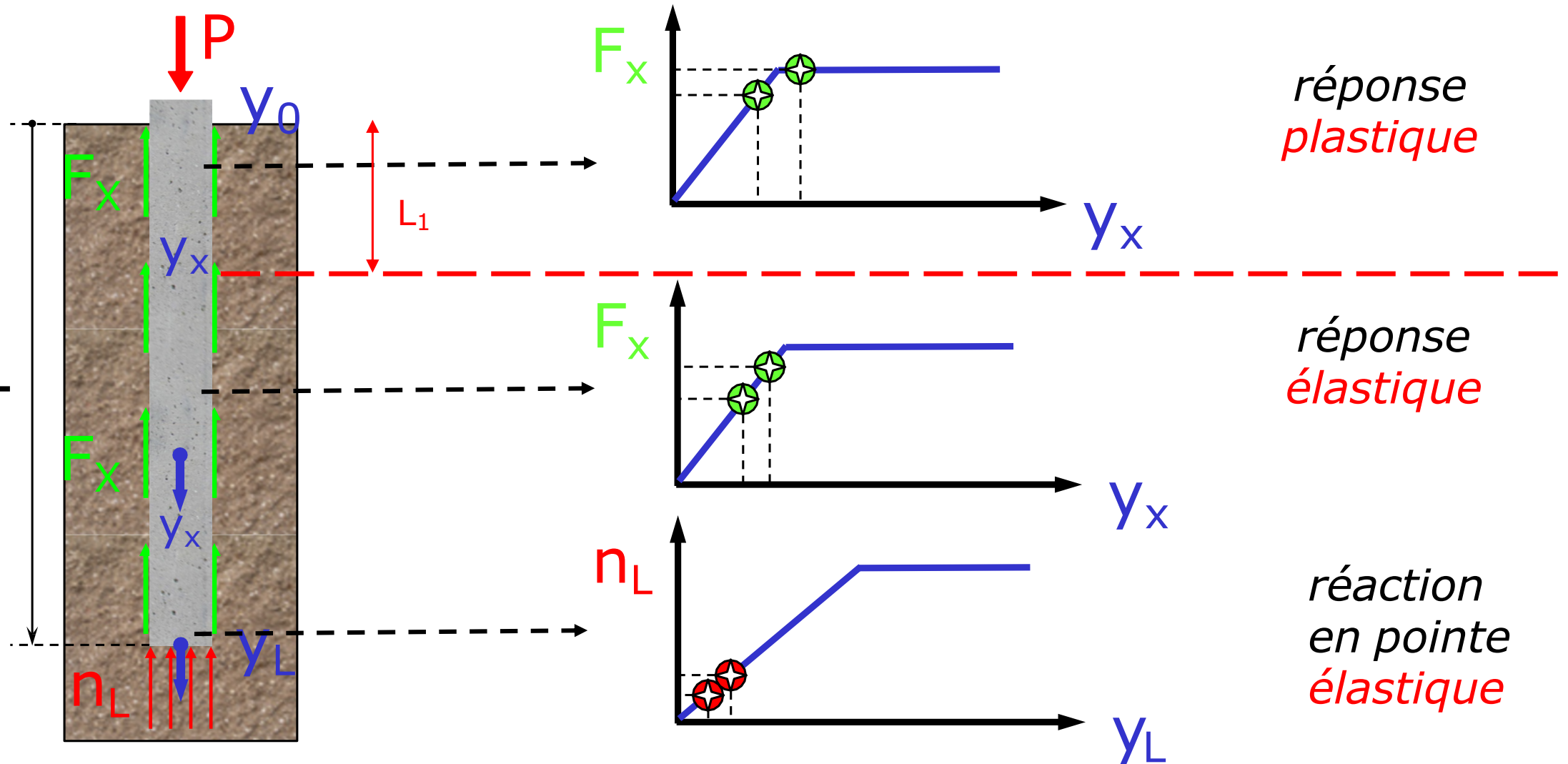


*Pas de
réaction
en pointe*

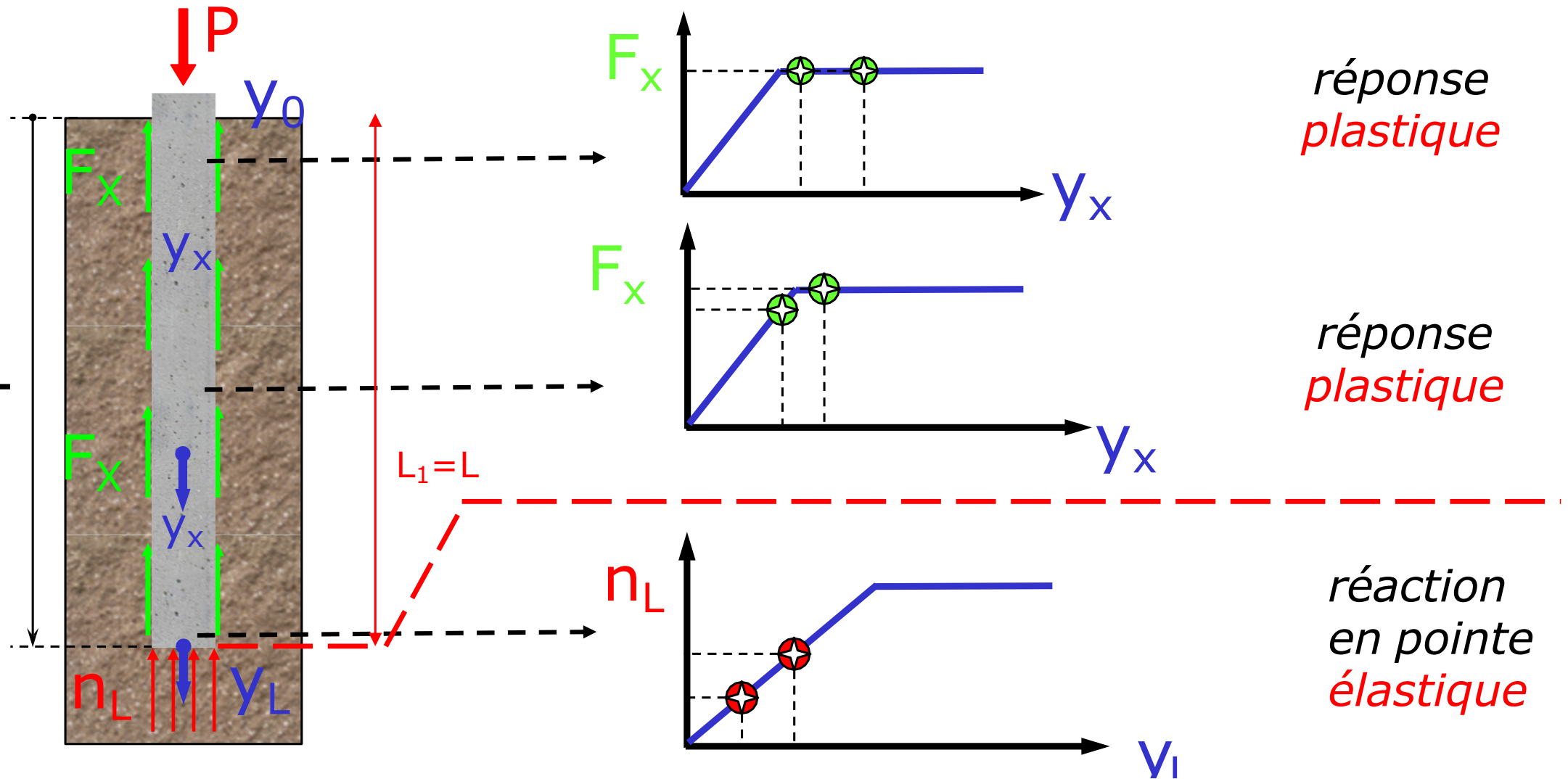
Mode de travail d'un pieu : Phase 0'-1



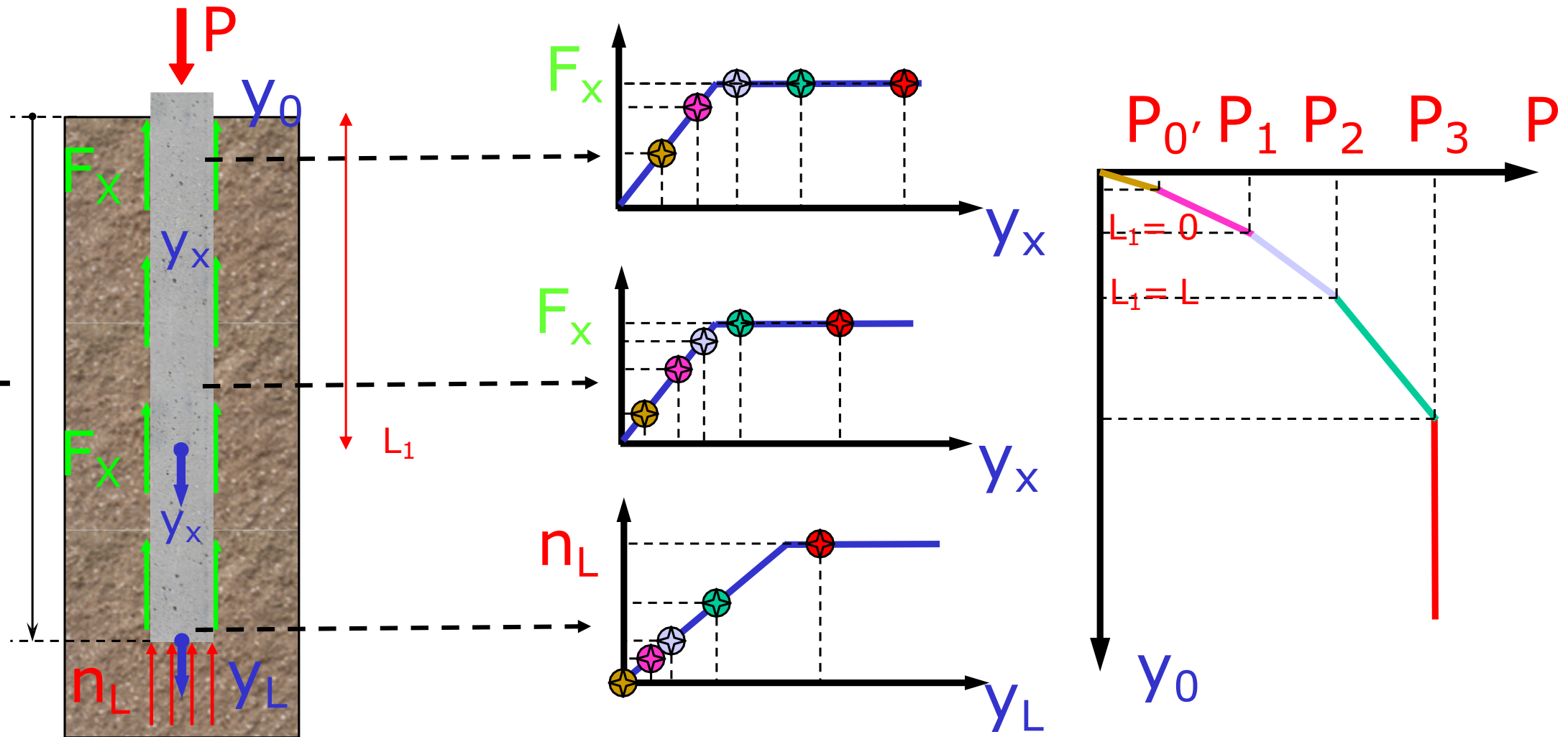
Mode de travail d'un pieu : Phase 1-2



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



Mode de travail d'un pieu



Méthode de Cassan

Pieu foré

$$R \approx 4.5E_m$$

$$B \approx 0.42E_m$$

Pieu battu

$$R \approx 13.5E_m$$

$$B \approx 1.25E_m$$

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

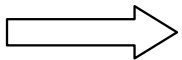
$$R \approx 4.5E_m \quad B \approx 0.42E_m$$

Pieu battu

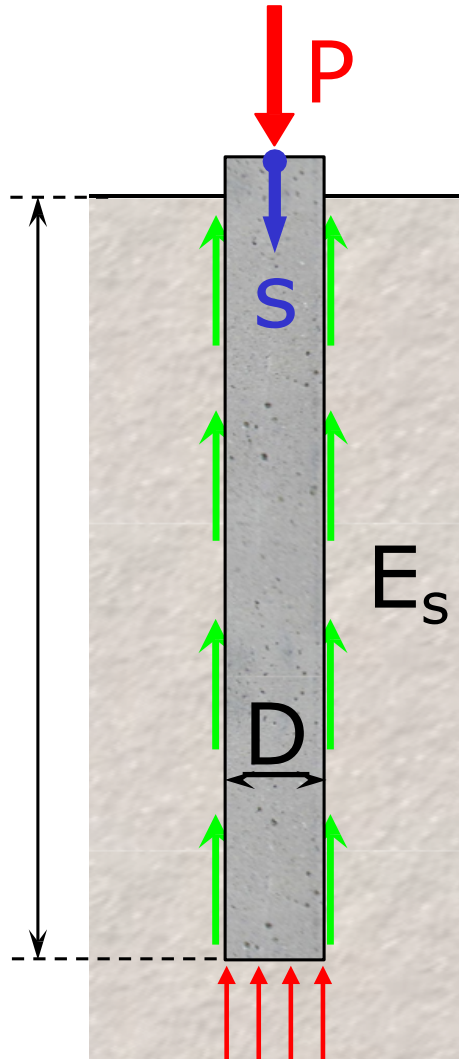
$$R \approx 13.5E_m \quad B \approx 1.25E_m$$

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



Méthode de Poulos



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

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

$E_s = E_M / \alpha$ avec α un coefficient rhéologique

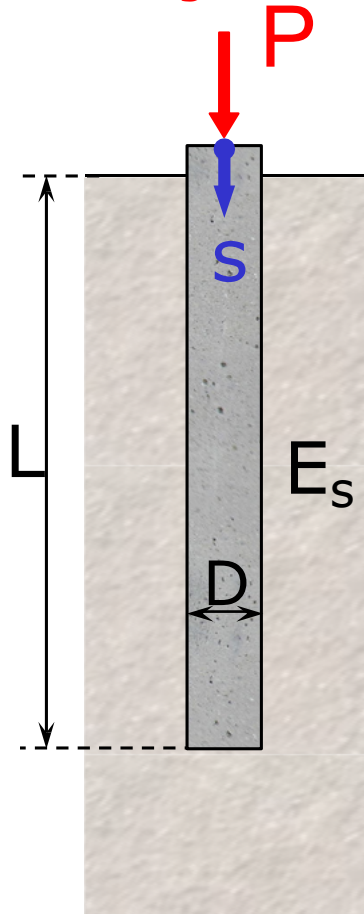
α	Argile	Limon	Sable	Gravier
Surconsolidé ou très serré	1	2/3	1/2	1/3
Normalement consolidé ou serré	2/3	1/2	1/3	1/4
Sous-consolidé altéré, remanié ou lâche	1/2	1/2	1/3	-

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

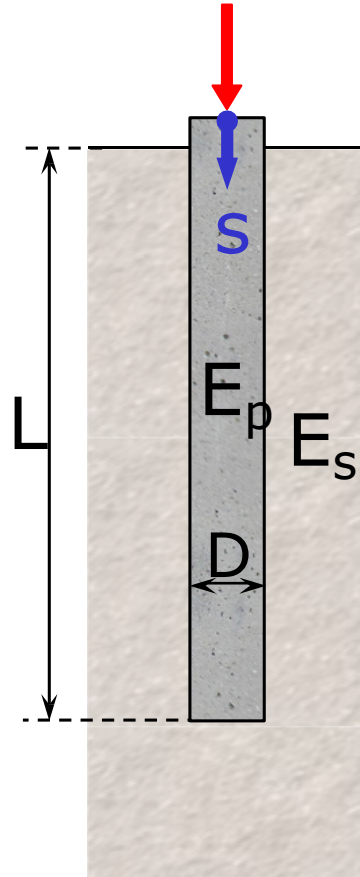
$$I = I_1 \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_b$$

Corrections

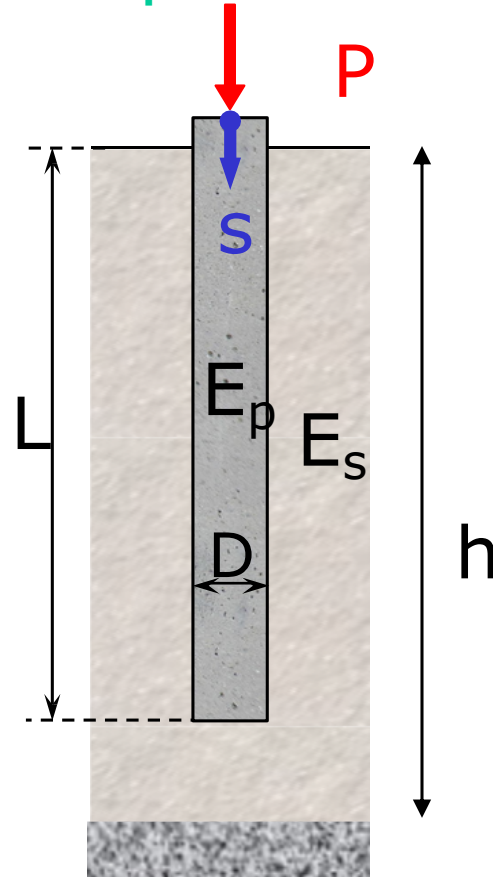
Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini



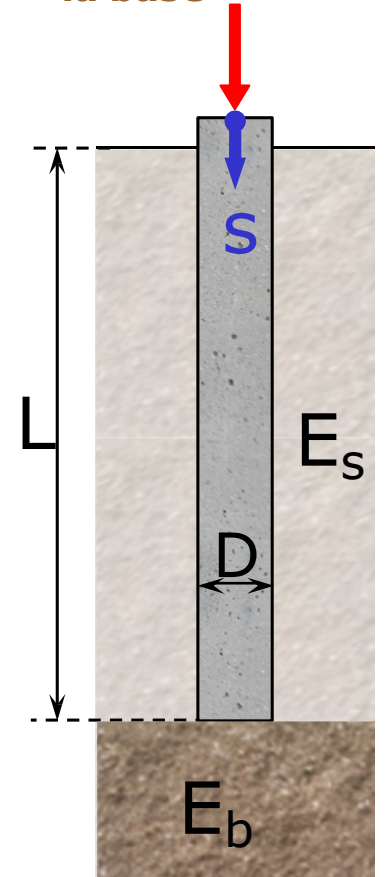
Compressibilité du
pieu



Couche compressible
d'épaisseur finie

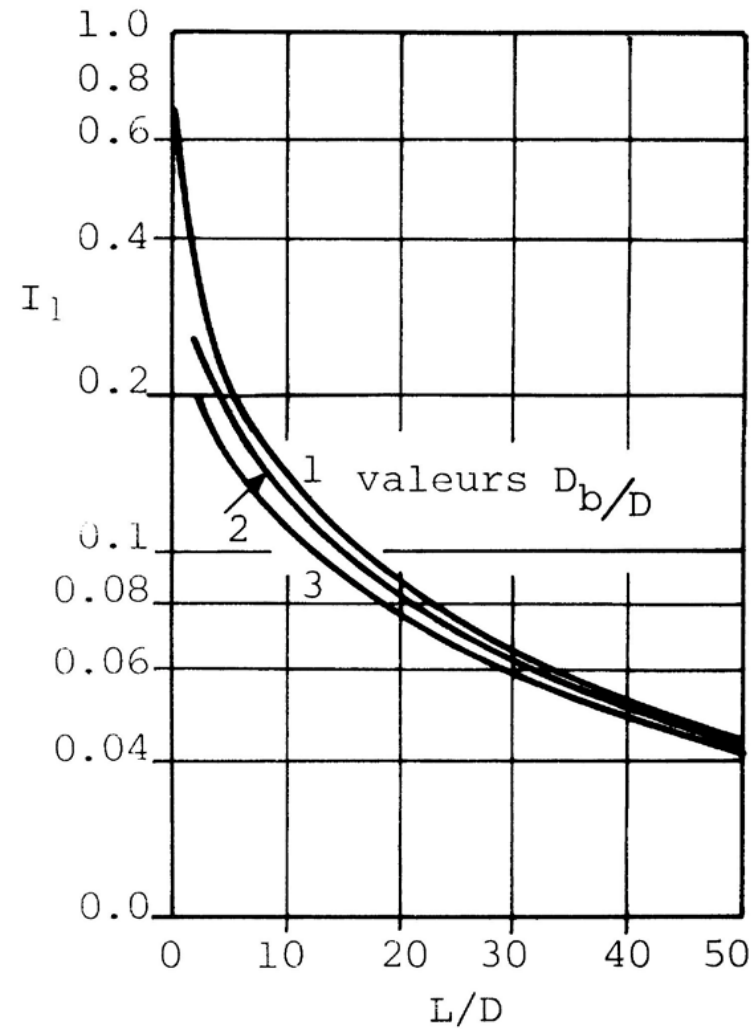
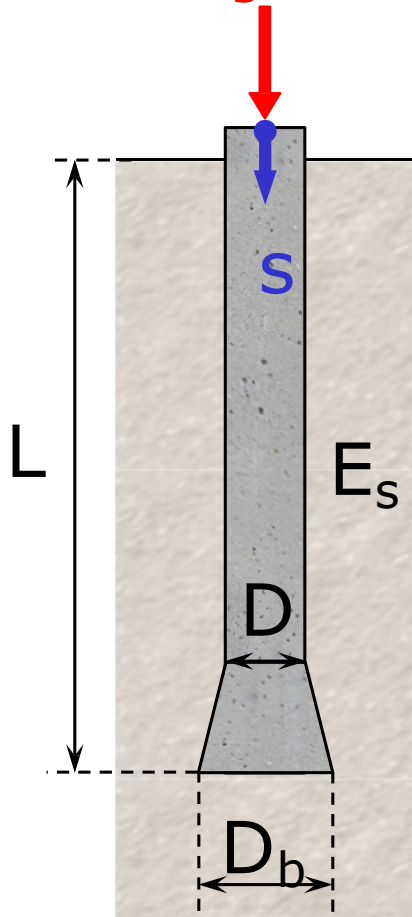


Couche différente sous
la base



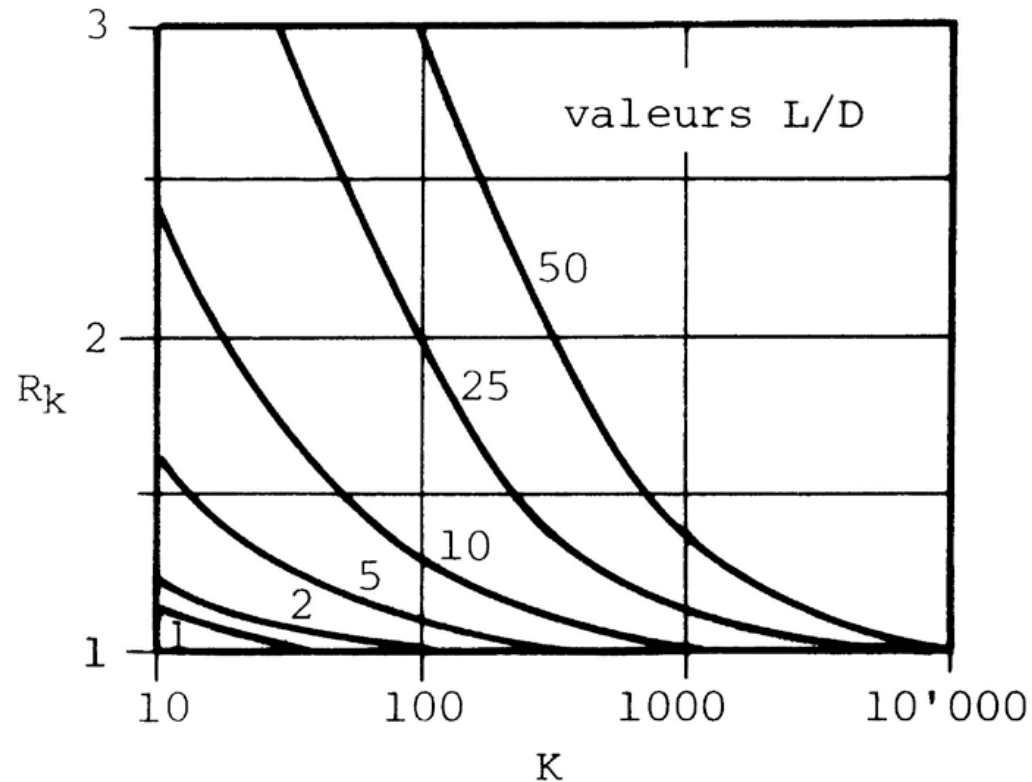
$$I_1 = f(L/D, D_b/D) < 1$$

**Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini**



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

Compressibilité du pieu



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

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

E_p module d'élasticité du pieu

E_s module d'élasticité du sol,

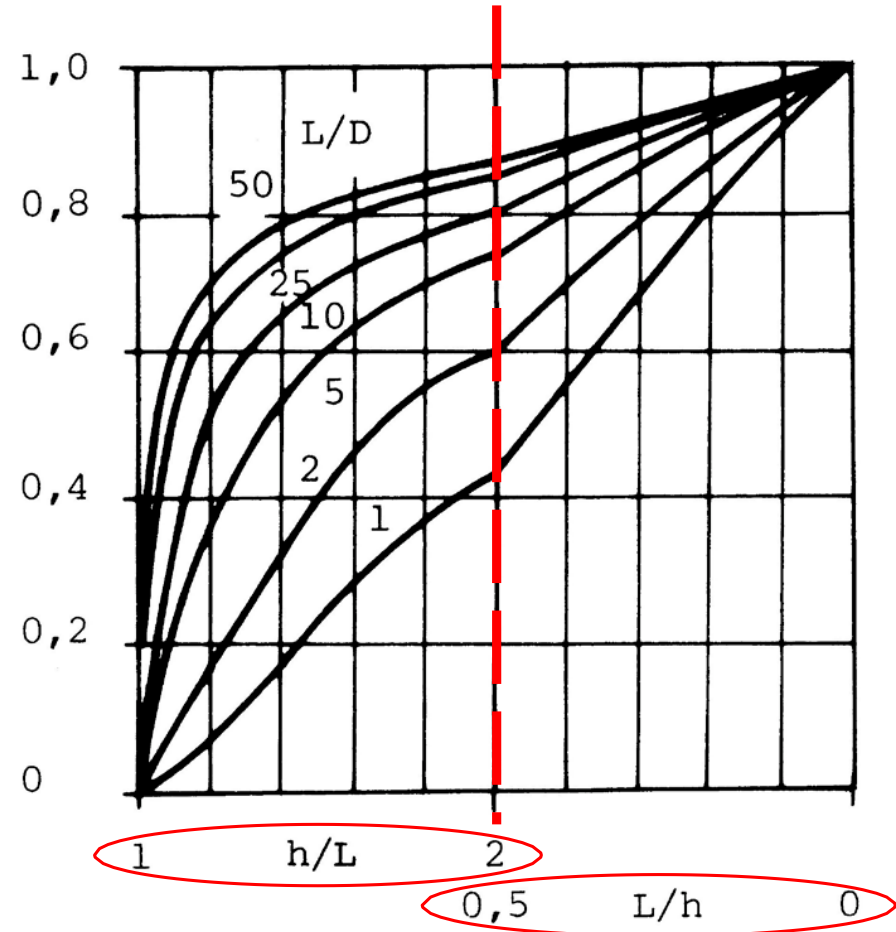
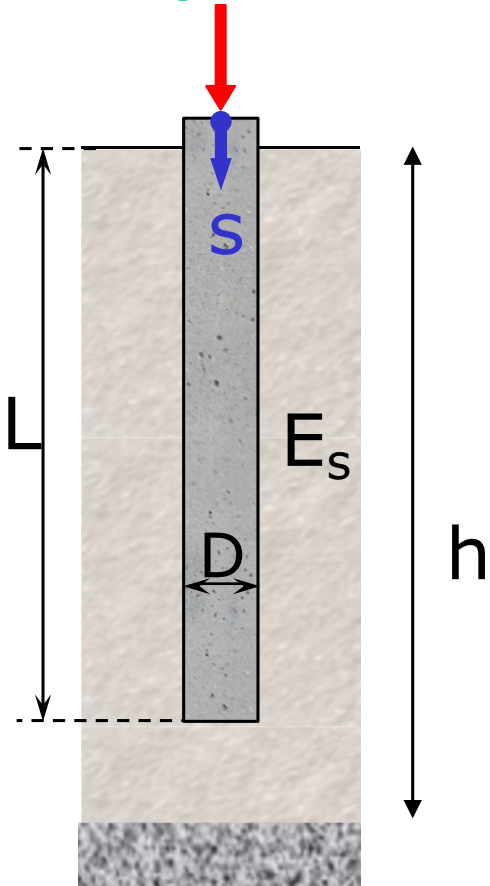
R_A rapport entre la section effective du pieu et sa section totale.

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

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

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

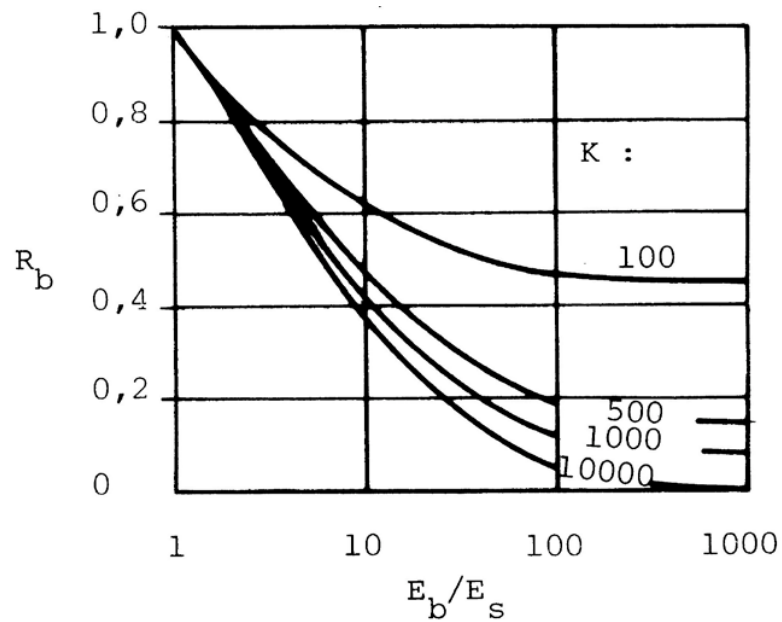
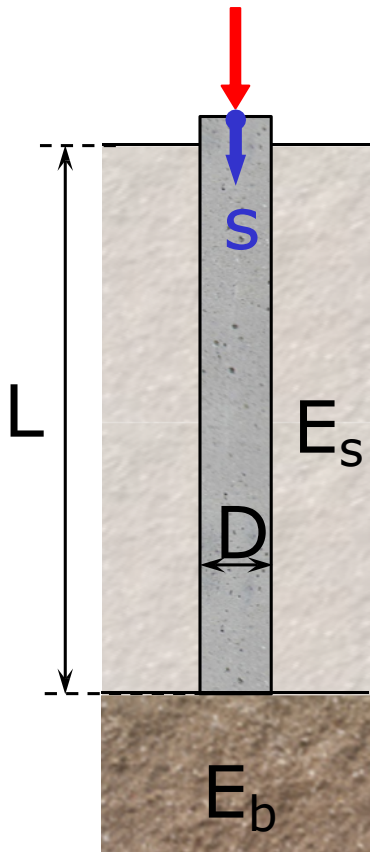
Couche compressible
d'épaisseur finie



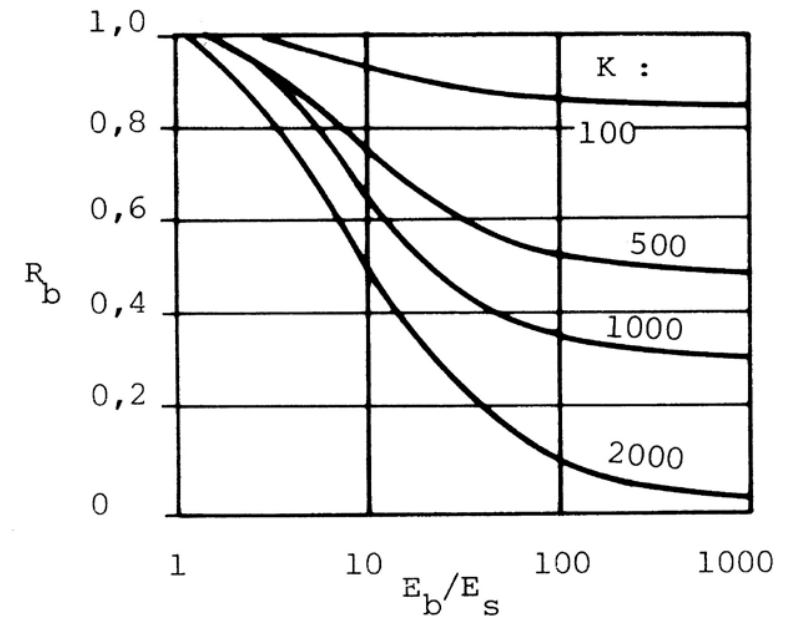
$$R_b = f(L/D, E_b/E_s, K) < 1$$

Couche différente sous
la base

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



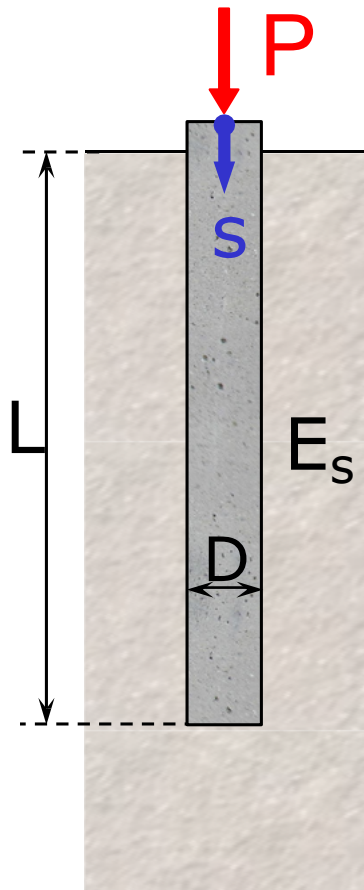
$L/D = 10$



$L/D = 25$

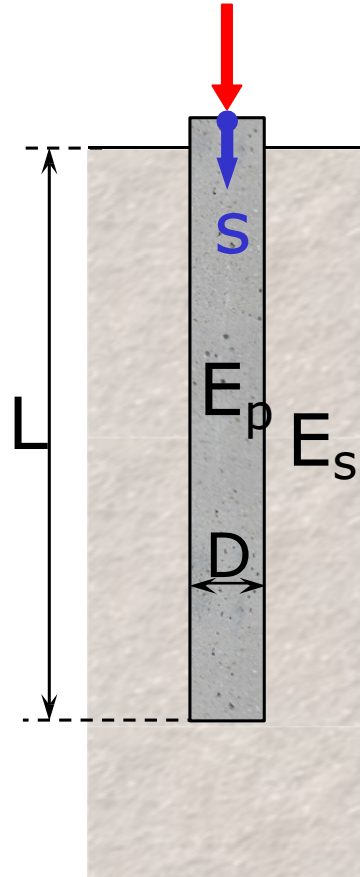
Part d'effort reprise en pointe selon Poulos $\beta = \beta_1 \cdot C_k \cdot C_h \cdot C_b$

Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini

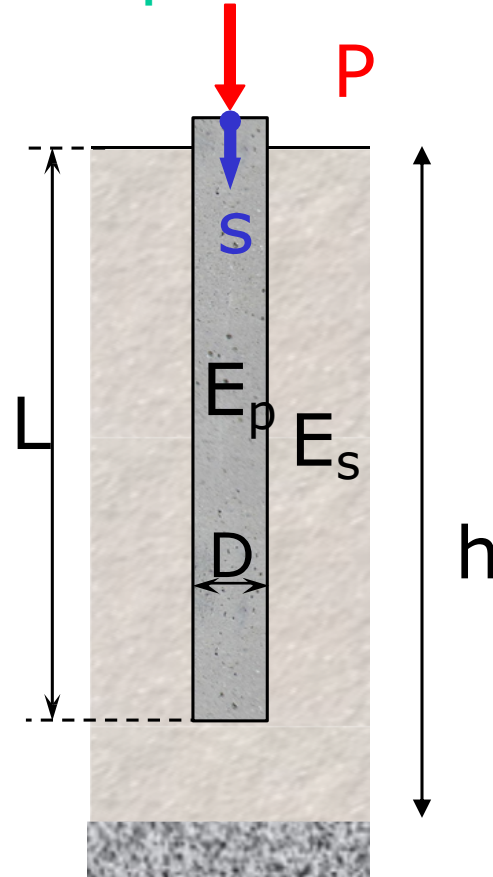


Corrections

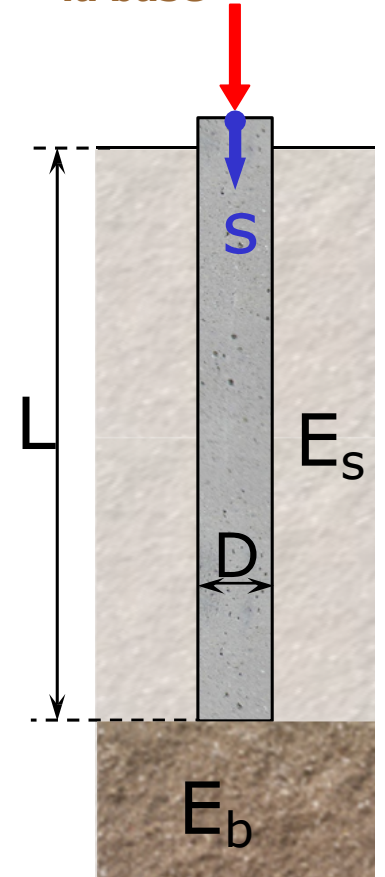
Compressibilité du
pieu



Couche compressible
d'épaisseur finie

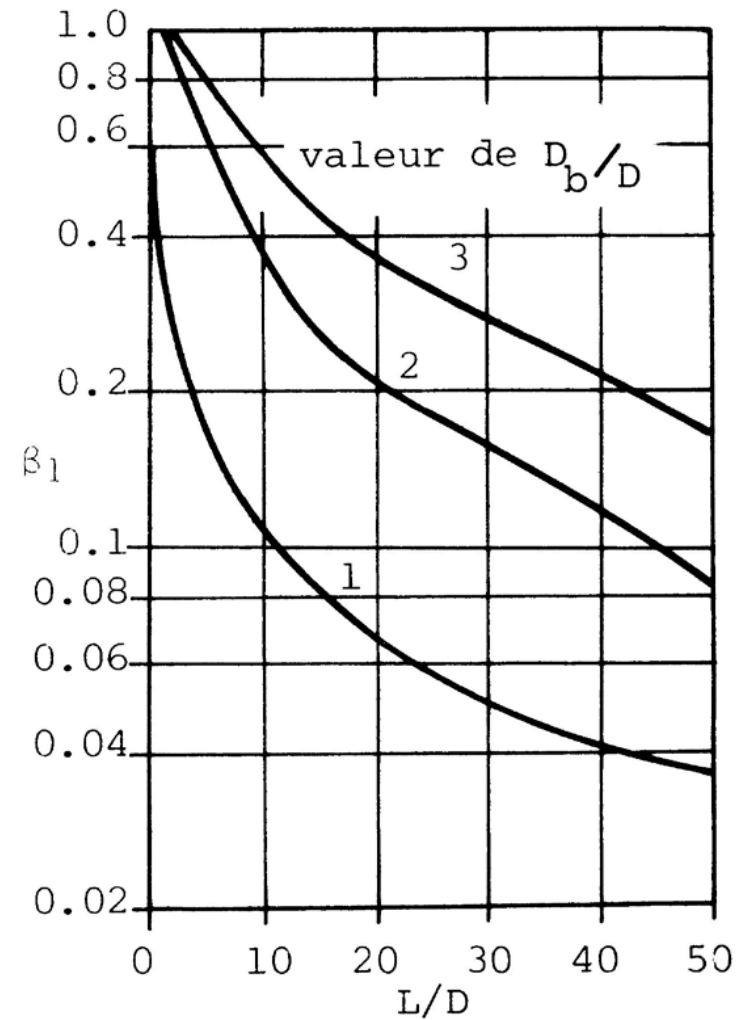
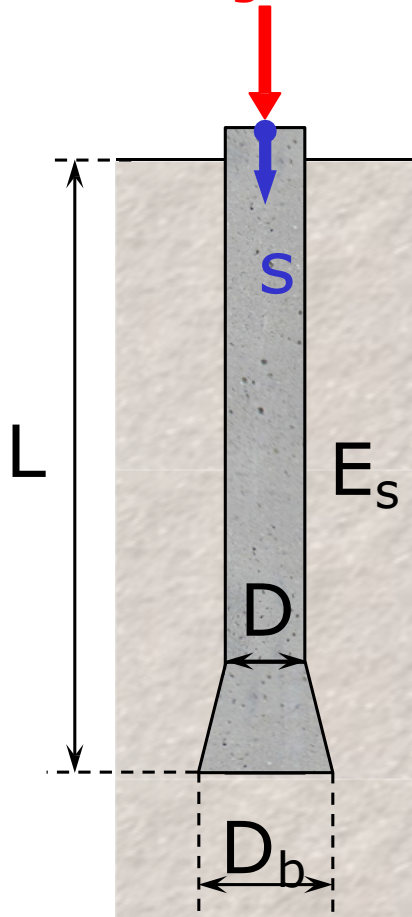


Couche différente sous
la base



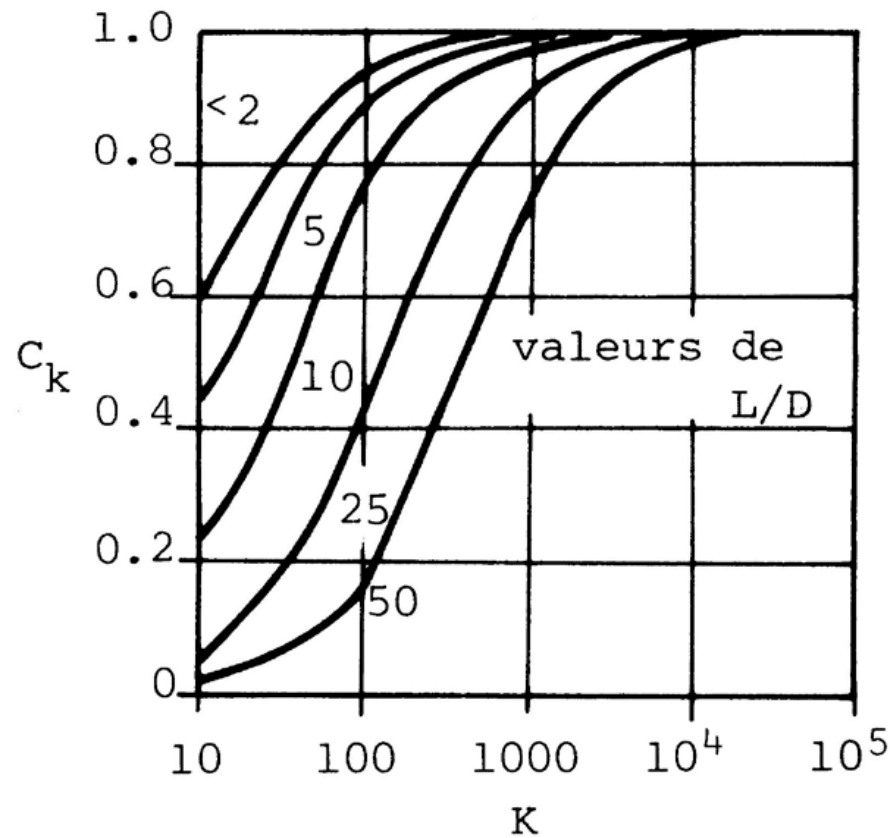
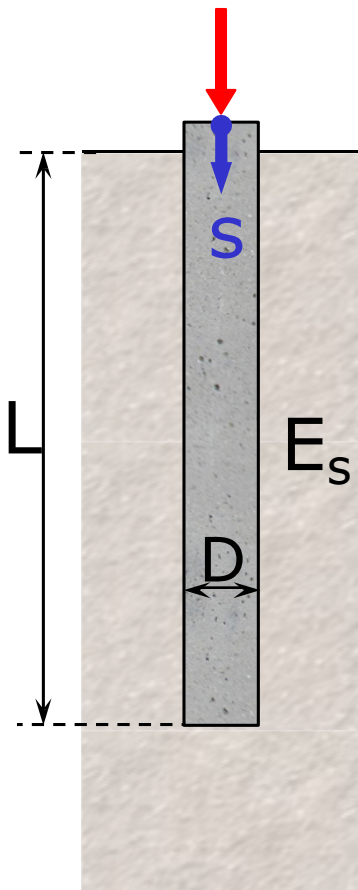
$$\beta_1 = f(L/D, D_b/D) < 1$$

**Pieu incompressible
dans un milieu
homogène infini**



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

Compressibilité du
pieu

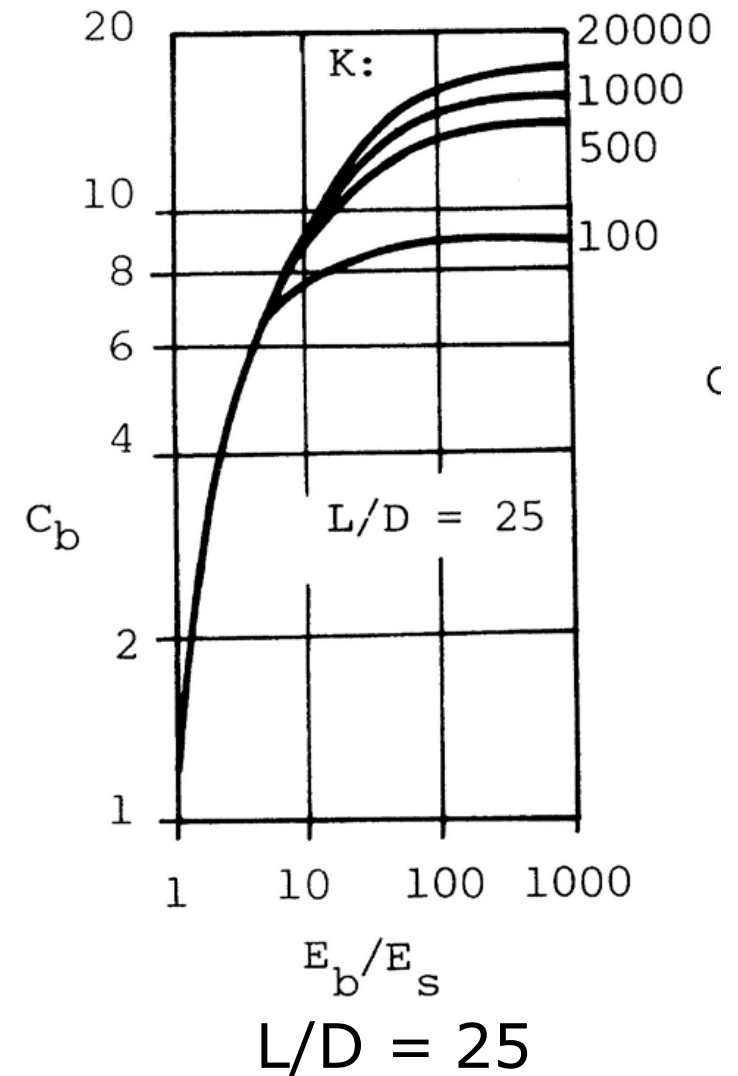
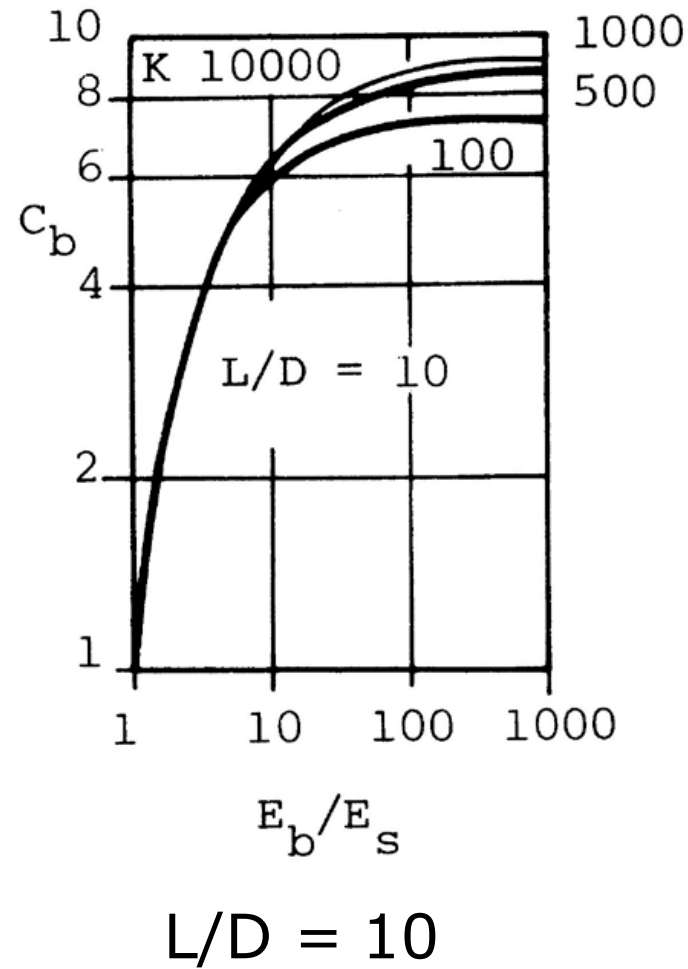
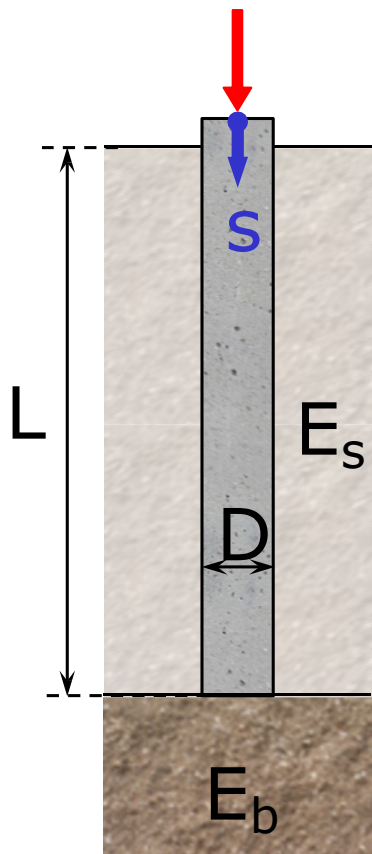


K facteur de rigidité
relative entre
le pieu et le sol :

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

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

Couche différente sous
la base



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

Formules empiriques (*selon Skempton*)

Pieux forés: $\frac{s_g}{s_i} = \frac{(4B + 2.75)^2}{(B + 3.65)^2}$ Pieux battus: $\frac{s_g}{s_i} = \frac{(2 \cdot B)^2}{(B + 0.3)^2}$ 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 :

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

Méthodes élastiques (*selon Poulos*)

