

Pieux isolés

Capacité portante

Ouvrages géotechniques

Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 - 2.3 Tassement
 - 2.4 Vérification et contrôle
 - 2.5 Frottement négatif
3. Groupe de pieux

Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

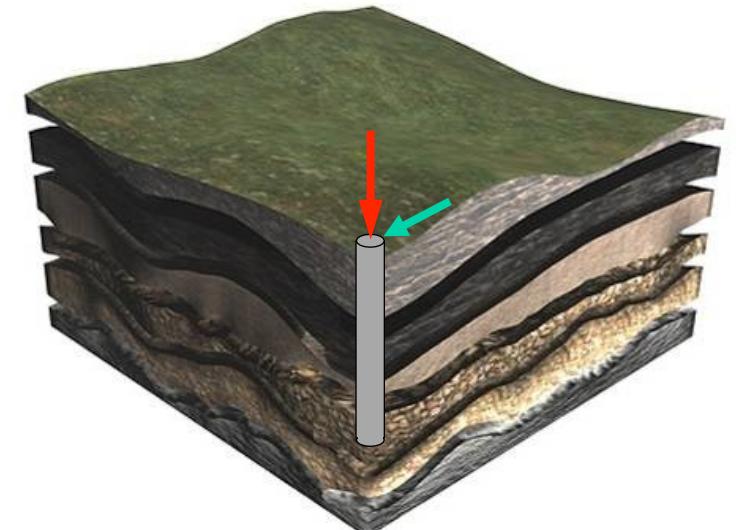
1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 - 2.3 Tassement
 - 2.4 Vérification et contrôle
 - 2.5 Frottement négatif
3. Groupe de pieux

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

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

ELU

- **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
 - Mouvement horizontal (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)



ELS

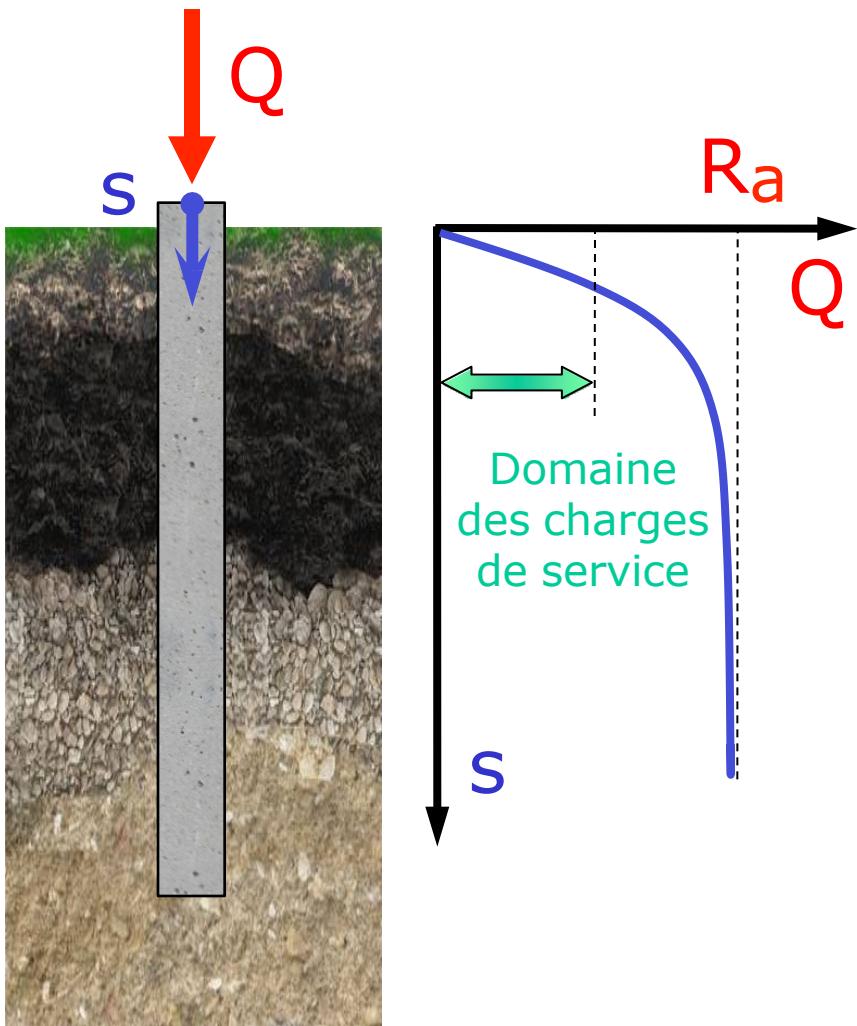


Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
3. Groupe de pieux

Sollicitation axiale d'un pieu



ELU type 2 externe

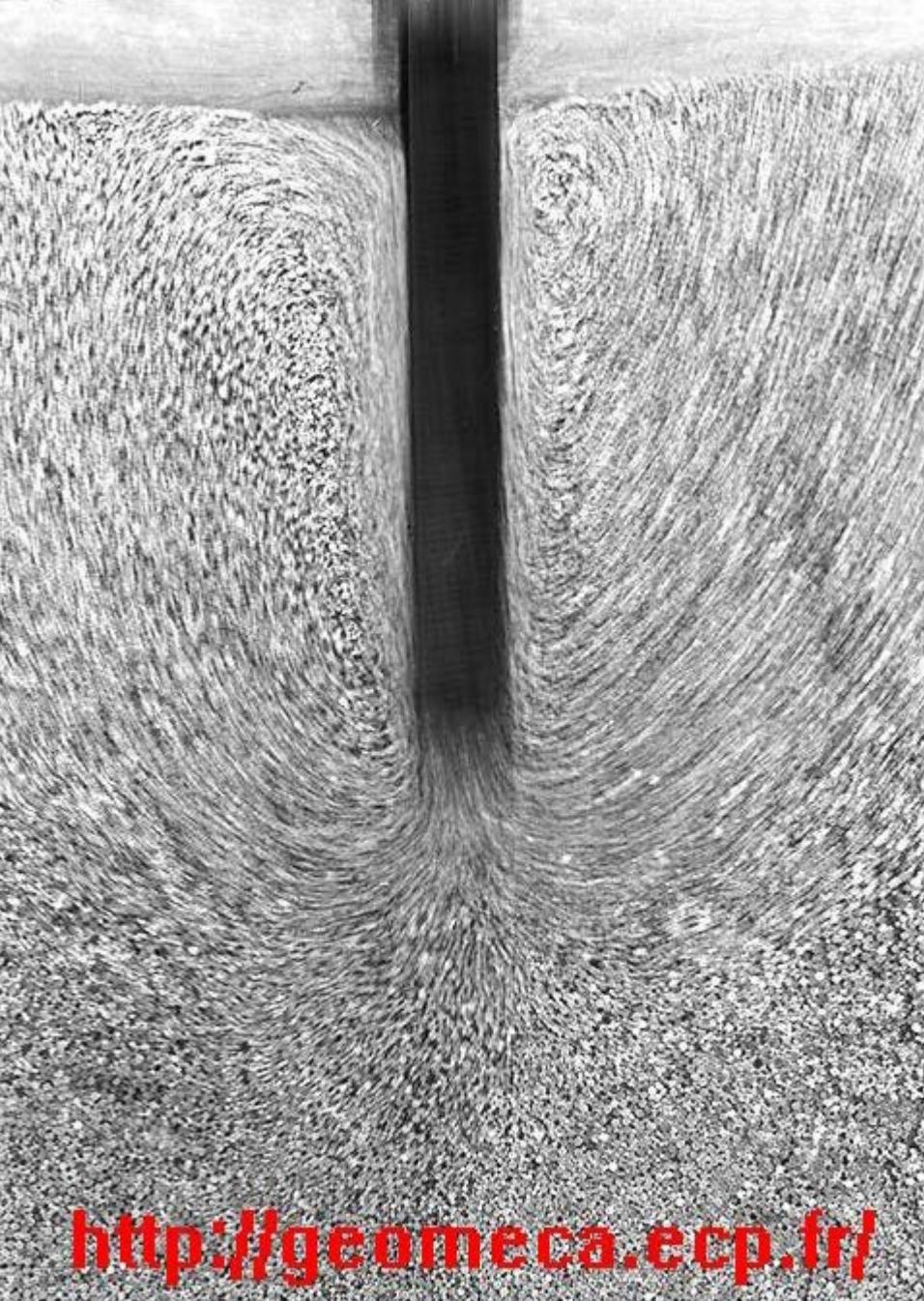
Résistance ultime axiale externe :

$$R_a \equiv Q_I \equiv Q_u$$

- 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 $k = k_{\text{crit}} = 2 \text{ mm}$

ELS externe (mobilisation du sol)

Aptitude au service si $s \leq s_{\text{adm}}$ (C_d)



Mécanisme de rupture du sol autour des pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Mécanisme de rupture pas aussi net que celui sous une fondation superficielle.
- Divers modèles de rupture ont dès lors été proposés.
- L'incertitude est plutôt sur le mécanisme de rupture que sur les propriétés mécaniques du sol

→ dimensionnement différent des fondations superficielles dans la SIA 267.

Facteurs influençant la capacité portante des pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

au tableau...

Mécanisme de rupture du sol autour des pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Mécanisme de rupture pas aussi net que celui sous une fondation superficielle.
- Divers modèles de rupture et théories ont dès lors été proposés.
- L'incertitude est plutôt sur le mécanisme de rupture que sur les propriétés mécaniques du sol.

1^{er} type de modèles (Prandtl, Caquot, Buisman, Terzaghi)

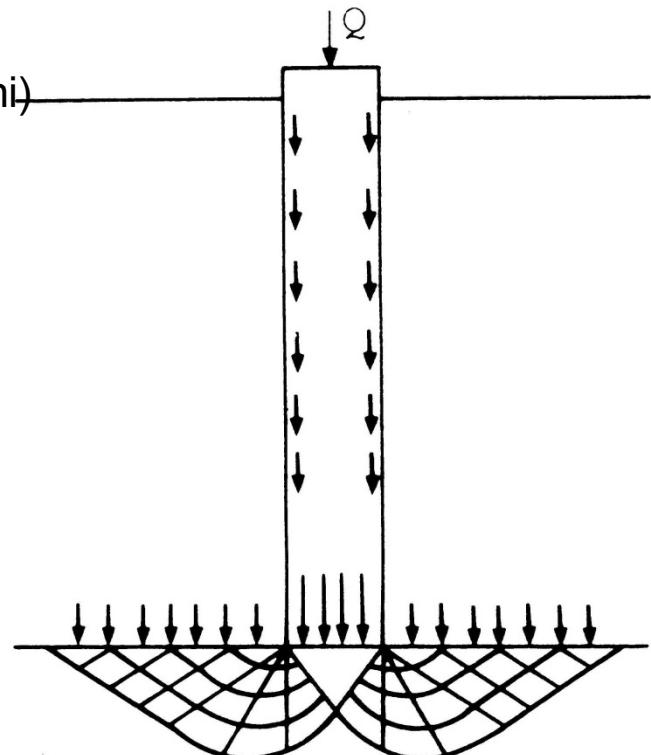
- Mécanisme de rupture sous la pointe inspiré de celui sous une fondation superficielle.

$$q'_p = c' N_c s_c + q' N_q s_q + \frac{1}{2} b \gamma N_\gamma s_\gamma$$

- Lorsque la longueur du pieu augmente, la contrainte verticale effective à la base du pieu augmente et la résistance de pointe augmente
- Formule de Lang & Huder:

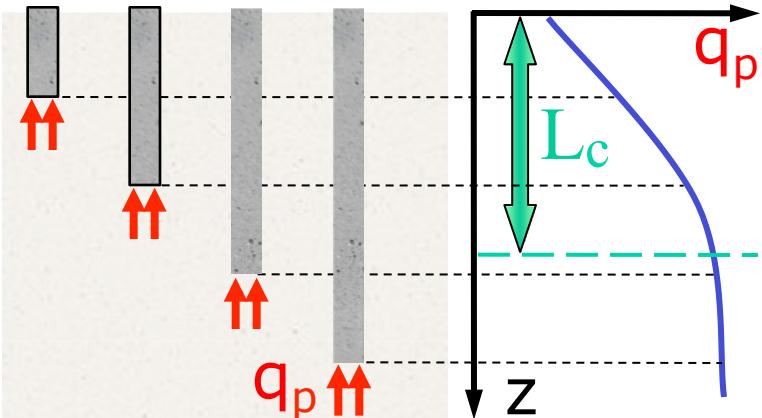
$$q'_p = (c' N_c + \sigma'_{v, \text{pointe}} N_q) \chi$$

- + Frottement latéral le long du fût



Mécanisme de rupture du sol autour des pieux

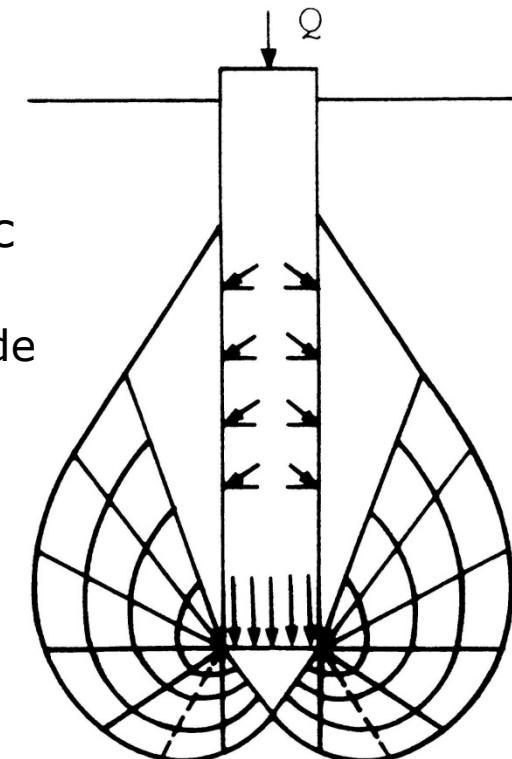
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



- En réalité, la résistance de pointe n'augmente plus en dessous d'une certaine profondeur L_c qualifiée de critique.
- La profondeur critique dépend du diamètre du pieu, de la nature et de la compacité du sol.

2^{ème} type de modèles (De Beer, Jaky, Meyerhof)

- Poinçonnement généralisé du sol autour du pieu, mais avec un mécanisme qui se « referme » sur le pieu.
 - Au-delà d'une certaine profondeur (critique L_c), la résistance de pointe est indépendante de la longueur du pieu
 - Estimation analytique par De Beer:
$$L_c = D \exp(\pi \tan \varphi') \tan (\pi/4 + \varphi'/2)$$
 - Estimation empirique par Ménard:
$$L_c = D (2 + \varphi'/8)$$
 - Couramment: $L/D > 6$ et $L > 3$ m (« fondation profonde »)
- + Frottement latéral le long du fût



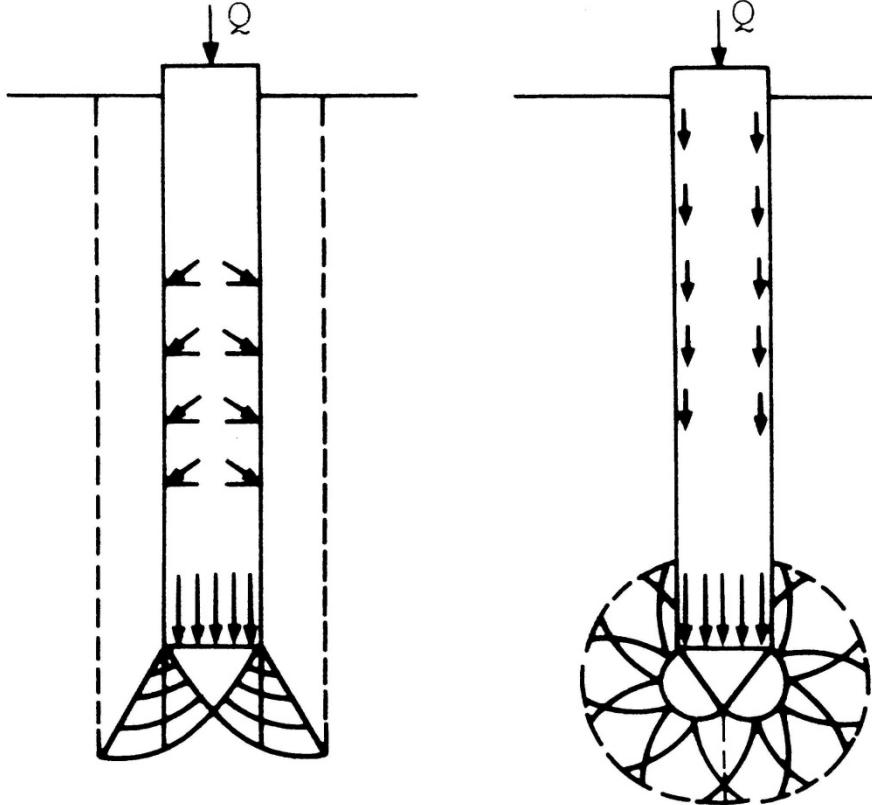
Mécanisme de rupture du sol autour des pieux

3^{ème} type de modèles

- Poinçonnement localisé du sol sous la pointe du pieu.
 - Le terme de résistance de pointe est indépendant de la longueur du pieu.
 - Estimation selon le document technique unifié français (DTU):

$$q'_p = \lambda c' N_c + 50 N_{q,\max}$$

- + Frottement latéral le long du fût



Berezantsev
Yaroshenko
Vesic

Bishop, Hill & Mott
Skempton, Yassin &
Gibson

Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

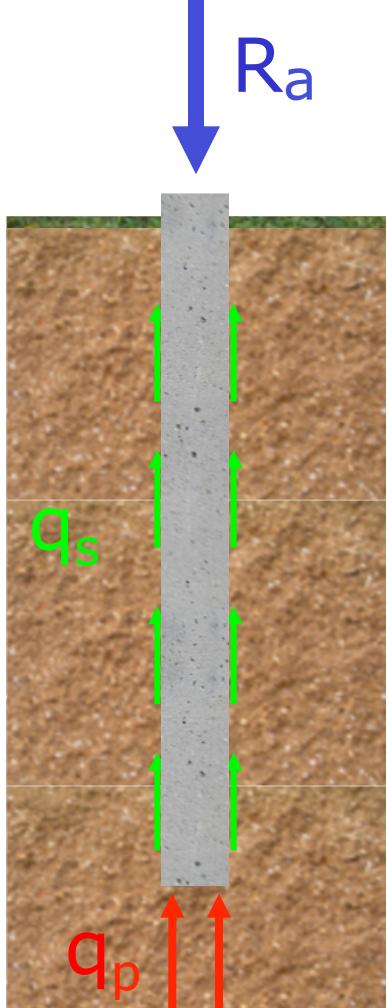
1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - Document Technique Unifié
 - Lang & Huder (ETHZ)
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif

Capacité portante d'un pieu isolé : DTU

Sols pulvérulents (& Sols cohérents pour long terme)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Résistance de pointe unitaire q_p



$$q_p = 50 \cdot N_{q\max} + \lambda \cdot c' \cdot N_c$$

avec $N_{q\max} = 10^{3.04 \tan \varphi'}$ (selon Tcheng)

$N_c = (N_{q\max} - 1) \cotan \varphi'$

$\lambda = 1 + 0.3 \left(\frac{B}{D} \right)$ coefficient de forme

- Résistance au frottement latéral unitaire q_s

$$q_s = \sigma'_v \cdot K \cdot \tan \delta$$

pieux forés : $K_a < K < K_0$ $\delta = \varphi'$

pieux battus : $K_0 < K < K_p$ $\delta = \frac{2}{3} \varphi'$ (béton)
 $\delta = \frac{1}{2} \varphi'$ (acier)

En pratique, il est fréquent d'utiliser des valeurs courantes de résistance au frottement latéral unitaire fonction du type de terrain.

- $R_a = Q_u = R_b + R_s = A_p q_p + U_p L q_s$

Capacité portante d'un pieu isolé : DTU

Sols cohérents (court terme)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Résistance de pointe unitaire q_p

$$q_p = 7 \cdot \lambda \cdot C_u$$

avec $\lambda = 1 + 0.3 \cdot (B/D)$ coefficient de forme

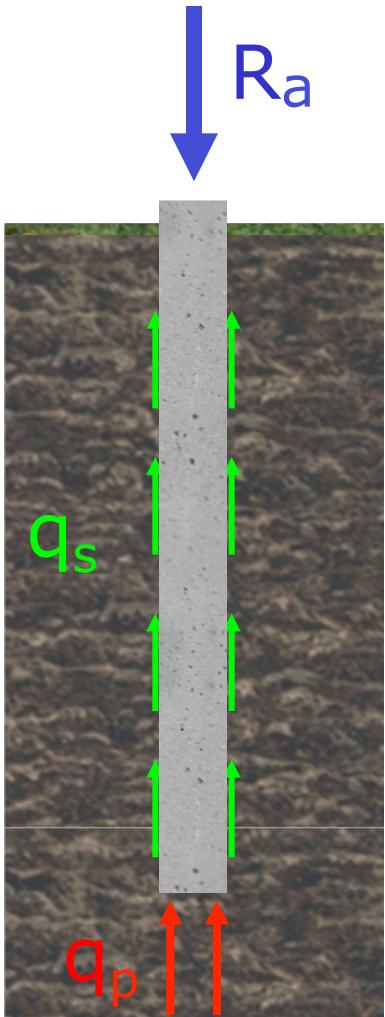
- Résistance au frottement latéral unitaire q_s

$$q_s = \beta \cdot C_u$$

pieux forés : $\beta = 0.5 \div 0.7$

pieux battus : $\beta = 0.7 \div 1.0$

- $R_a = Q_u = R_b + R_s = A_p q_p + U_p L q_s$

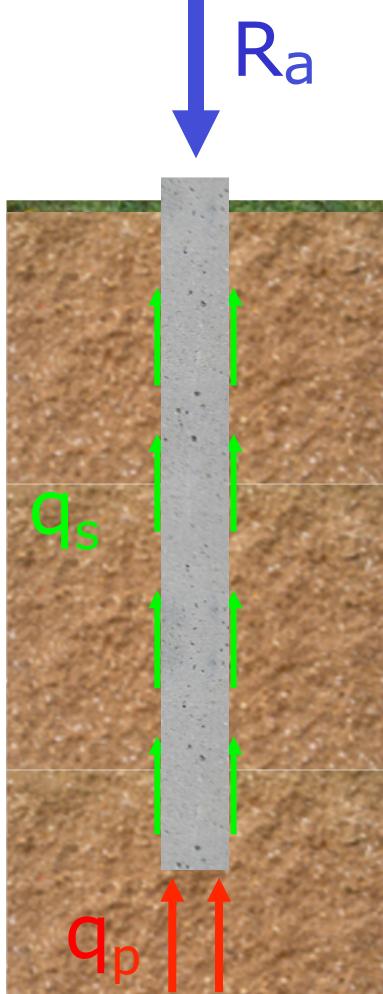


Capacité portante selon Lang & huder (ETHZ)

Sols pulvérulents (& Sols cohérents pour long terme)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Résistance de pointe unitaire q_p

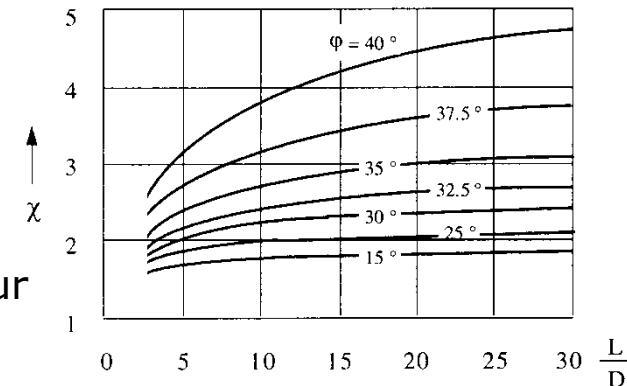


$$q_p = (c' \cdot N_c + \sigma'_{v, \text{pointe}} \cdot N_q) \cdot \chi$$

avec $N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 (\pi/4 + \varphi'/2)$

$$N_c = (N_q - 1) \cotan \varphi'$$

χ facteur de forme et de profondeur



- Résistance au frottement latéral unitaire q_s

$$q_s = c' + \sigma'_{v, \text{moyen}} \cdot K \cdot \tan \delta$$

pieux forés : $K \tan \delta \approx 0.4$

pieux battus : $K \tan \delta \approx 0.8$

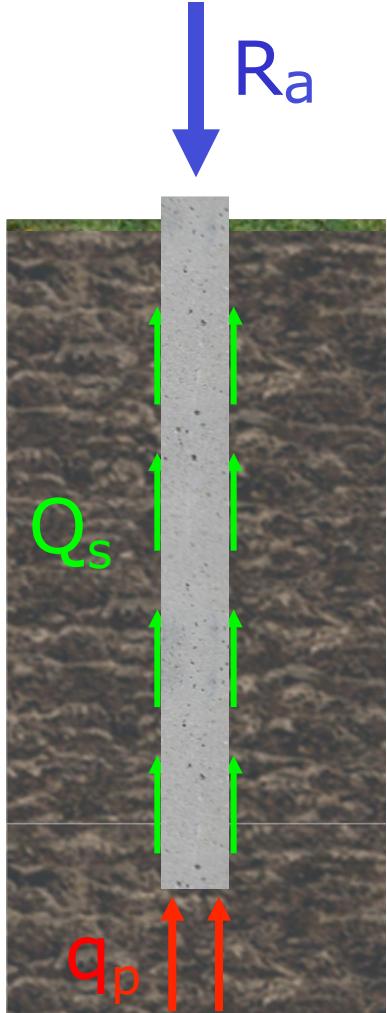
- $R_a = Q_u = R_b + R_s = A_p q_p + U_p L q_s$

Capacité portante selon Lang & huder (ETHZ)

Sols cohérents (court terme)

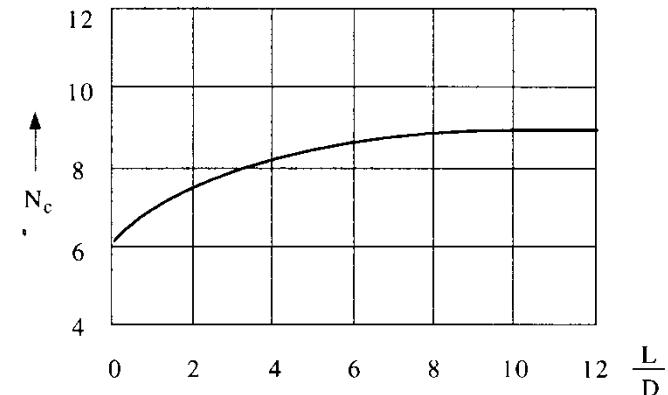
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

- Résistance de pointe unitaire q_p



$$q_p = C_u \cdot N_c$$

N_c facteur de portance et de profondeur



- Résistance au frottement latéral unitaire q_s

$$q_s = \bar{S}$$

pieux forés : $s \approx 0.6 \div 0.9 C_u$

pieux battus : $s \approx C_u$

adhésion pieu - sol

$$R_a = Q_u = R_b + R_s = A_p q_p + U_p L q_s$$

Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

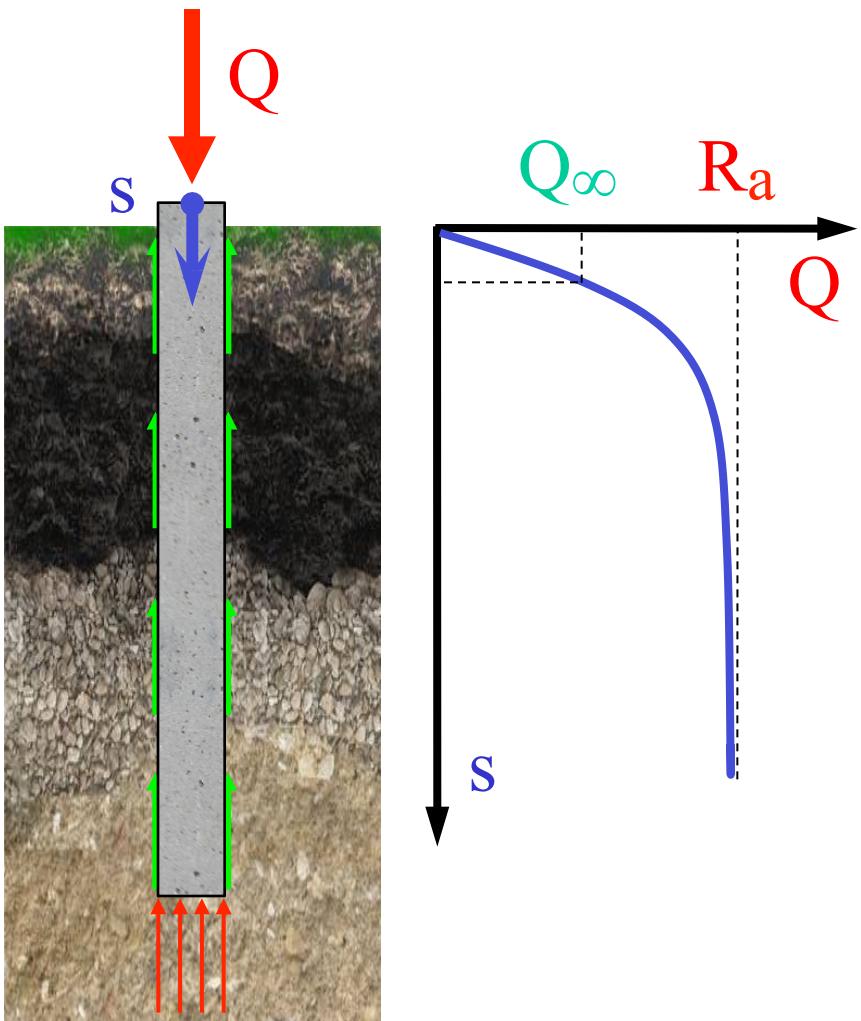
1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
3. Groupe de pieux

Essai de chargement statique

Dispositifs d'essai et de mesure

Ouvrages géotechniques

Buts de l'essai de chargement statique



- **détermination de la courbe charge - tassement**

Résistance ultime axiale externe :

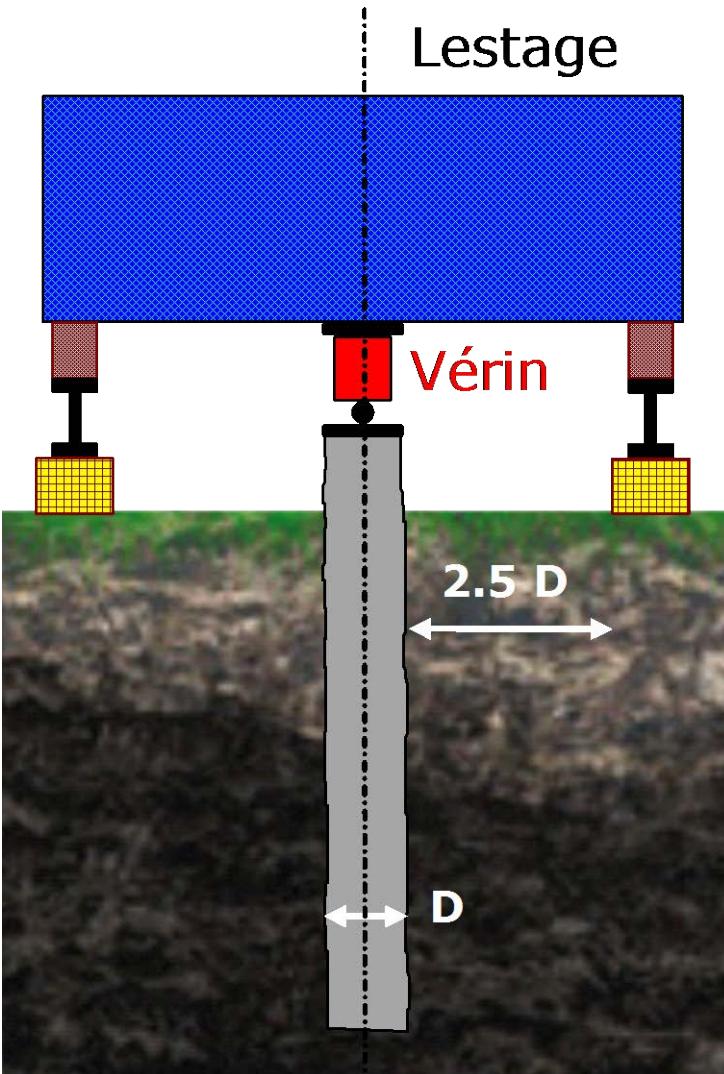
$$R_a \equiv Q_l \equiv Q_u$$

- $R_a \equiv Q$ telle que $k = k_{\text{crit}} = 2 \text{ mm}$
- $R_a \equiv Q$ telle que $s = D/10$

Tassement sous charge de service de longue durée : $Q_\infty \rightarrow s$

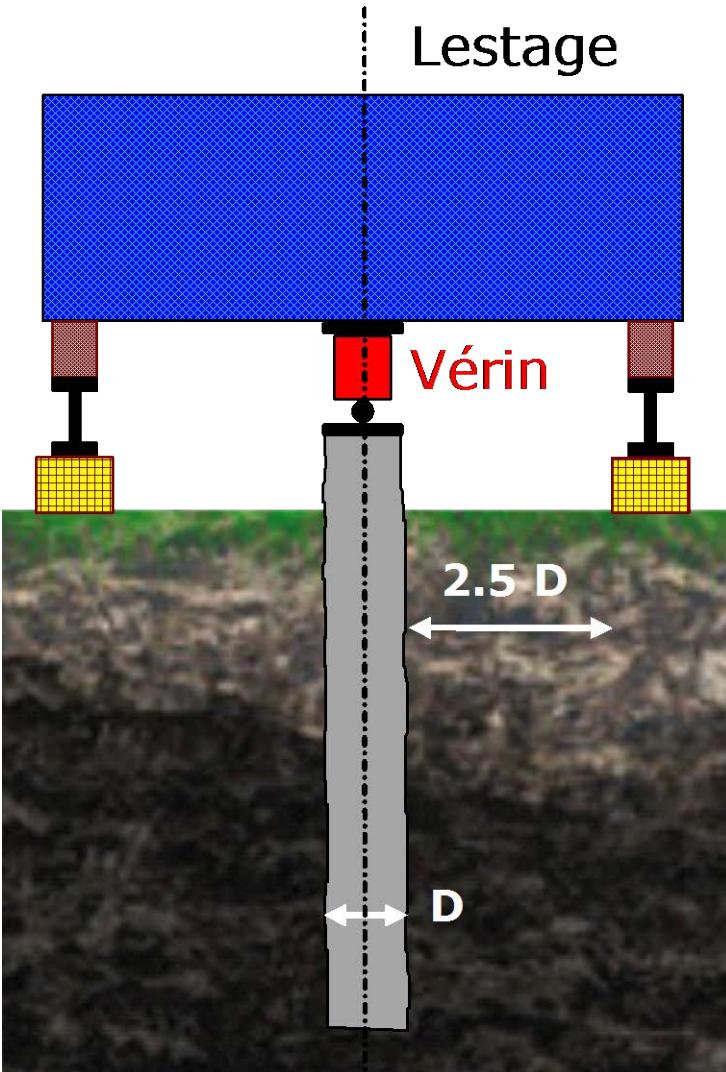
- **(et si possible) répartition des efforts dans le pieu**

Chargement par lestage

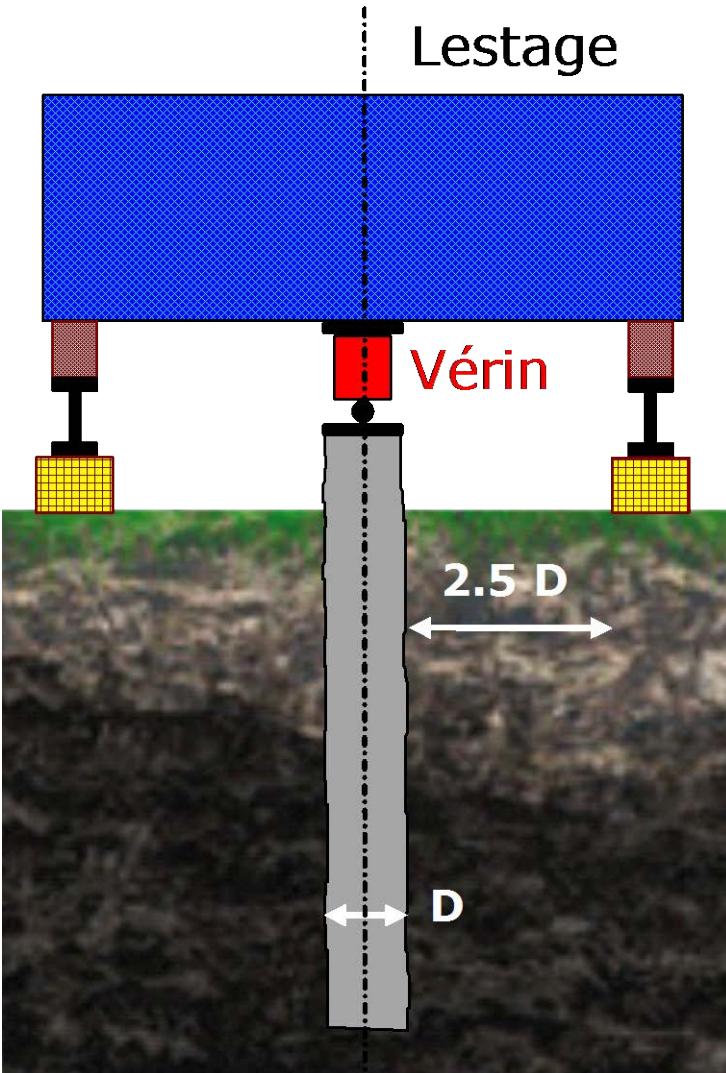


Chargement par lestage

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Chargement par lestage

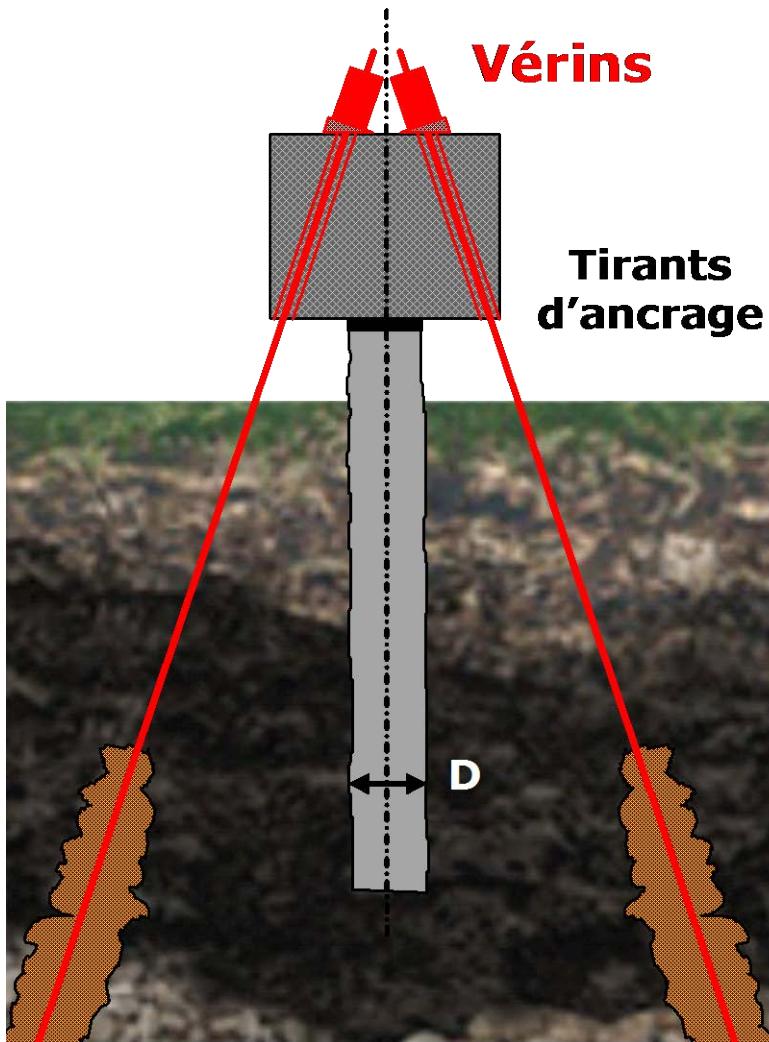


Chargement par lestage (kentledge)

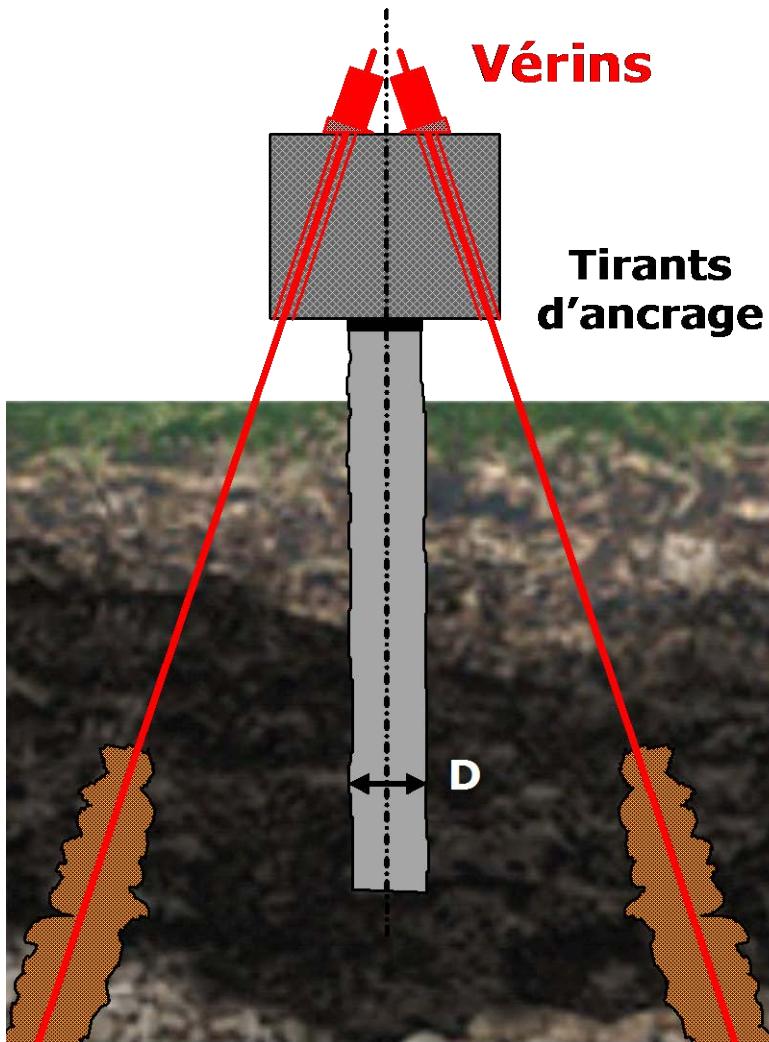
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Chargement à l'aide de tirants d'ancrage

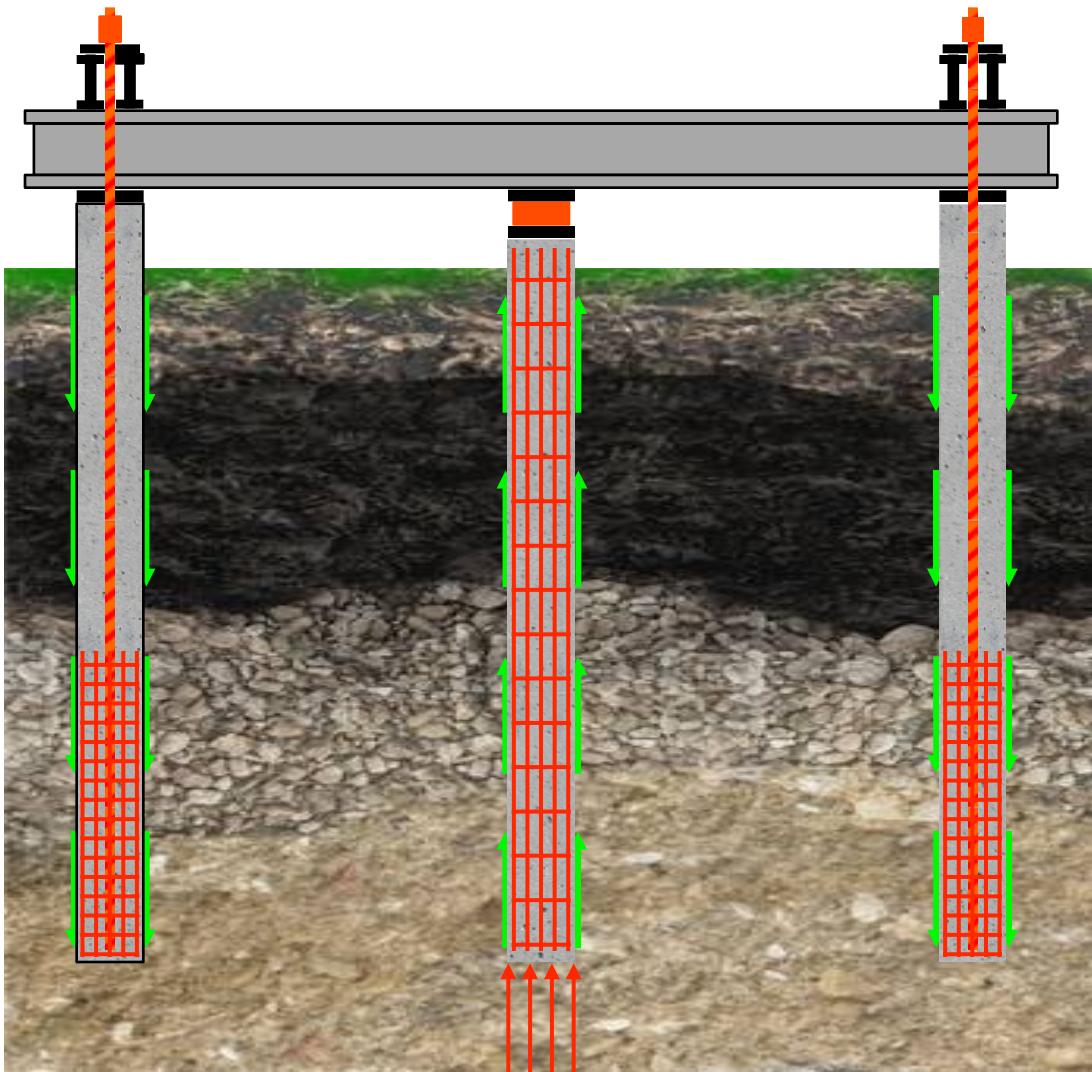


Chargement à l'aide de tirants d'ancrage



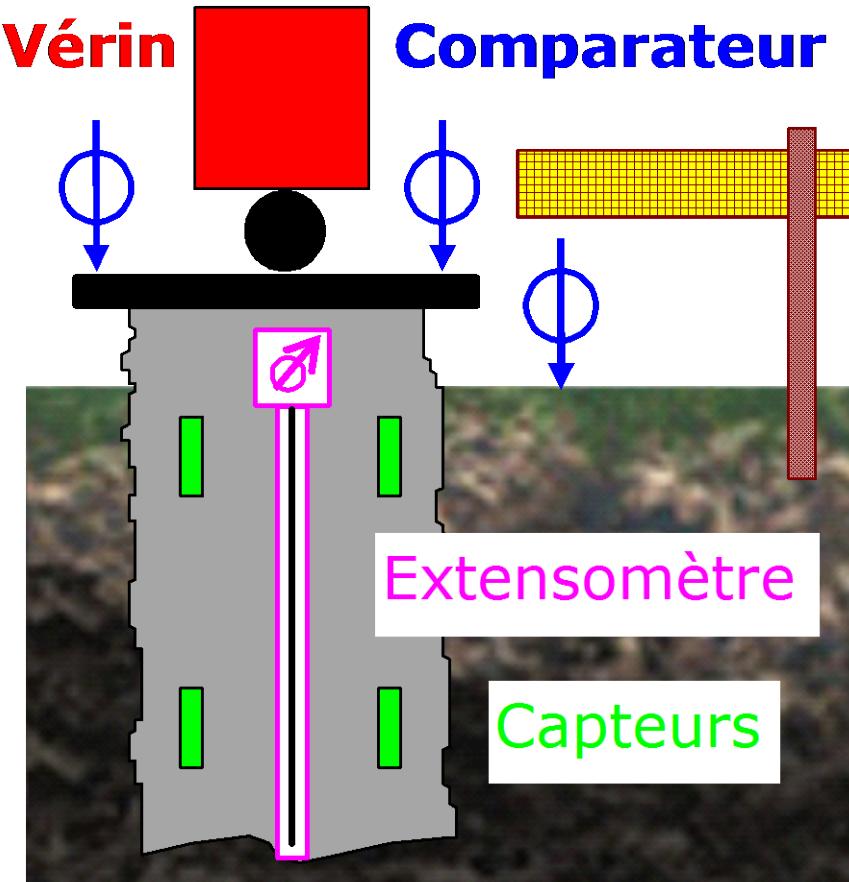
Chargement à l'aide de pieux en traction

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Dispositif de mesure

But : - détermination de la courbe charge - tassement
- (et si possible) répartition des efforts dans le pieu



Vérin

Comparateur

Vérin

Niveau

Comparateurs

Extensomètre

Capteurs

Effort en tête de pieu

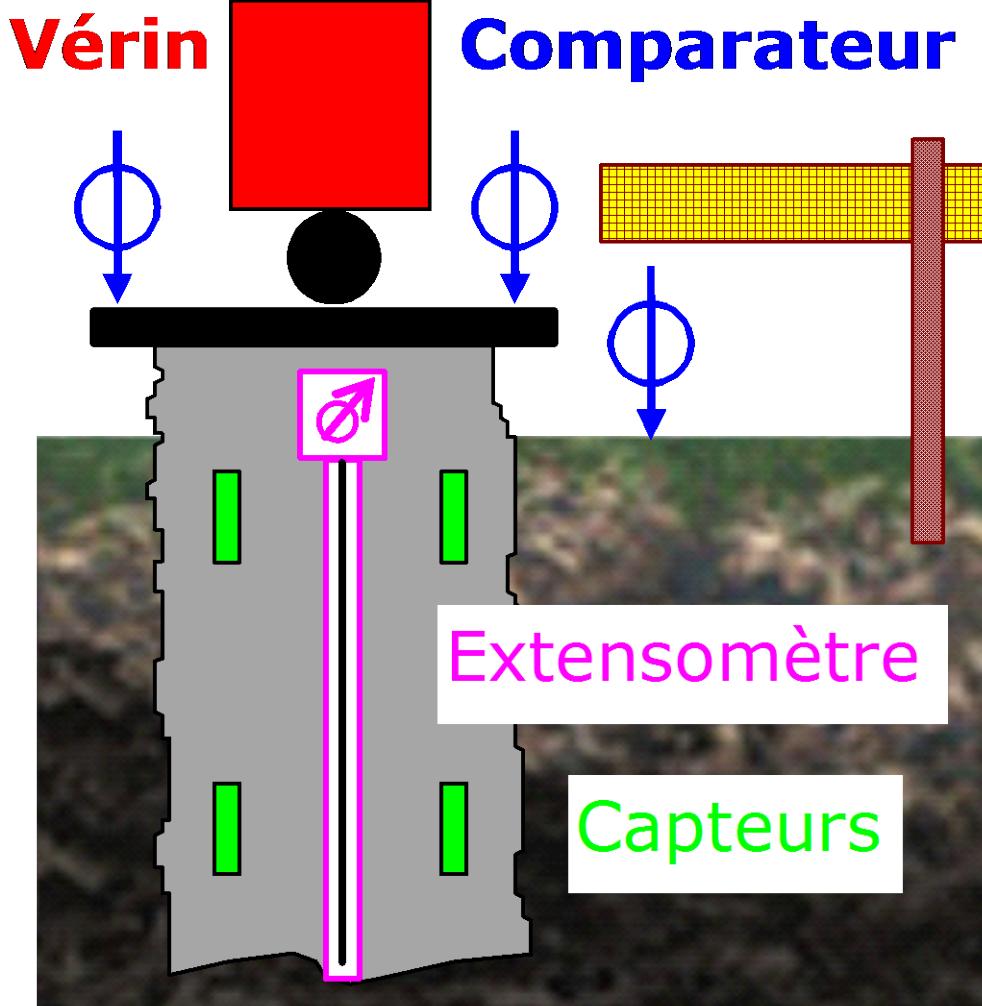
Nivellement de la tête

Tassement en tête
Tassement du sol

Déformations dans le pieu
⇒ répartition des efforts

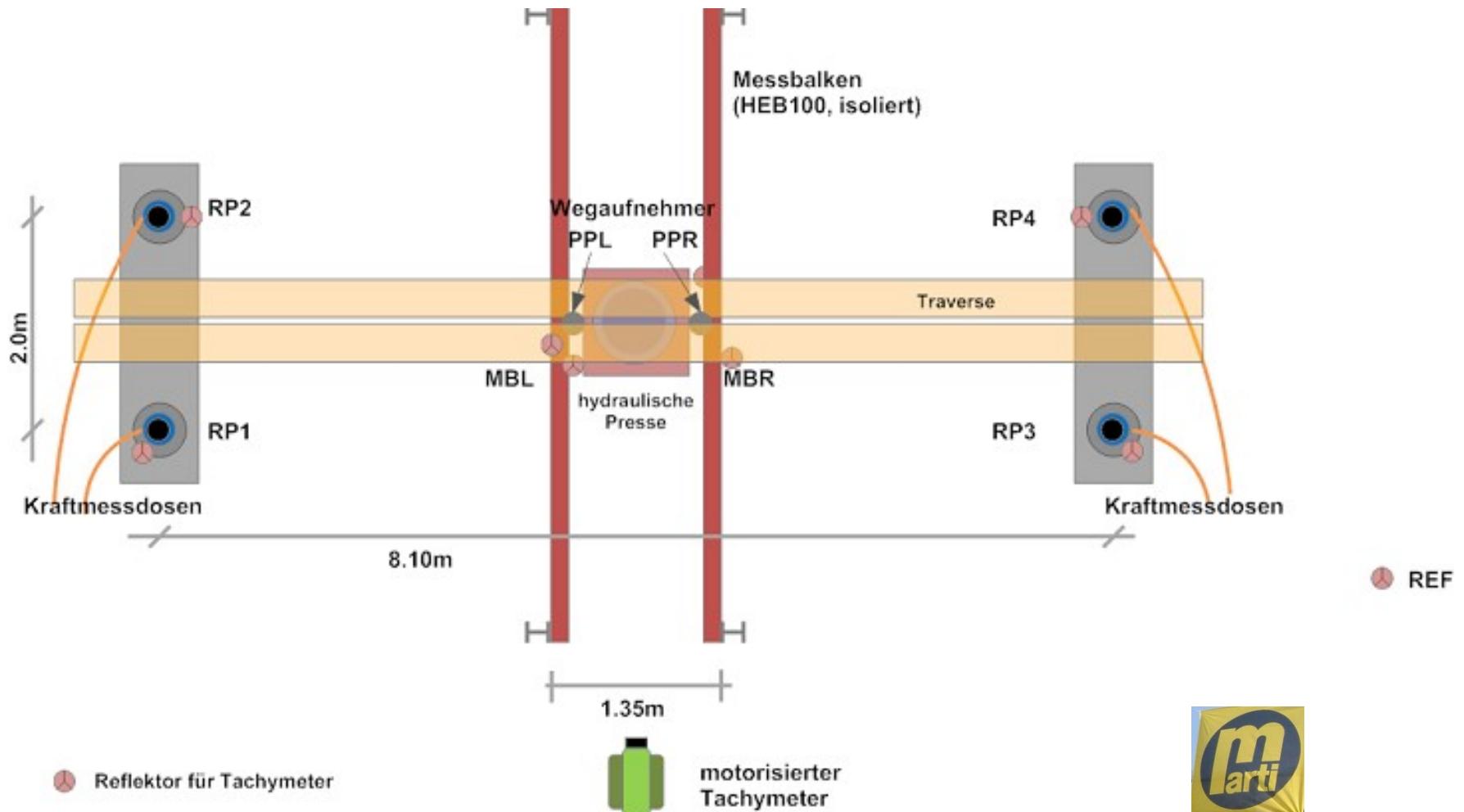
Dispositif de mesure

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Dispositif de mesure (CCR – EPFL)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Schema der Messeinrichtung im Grundriss

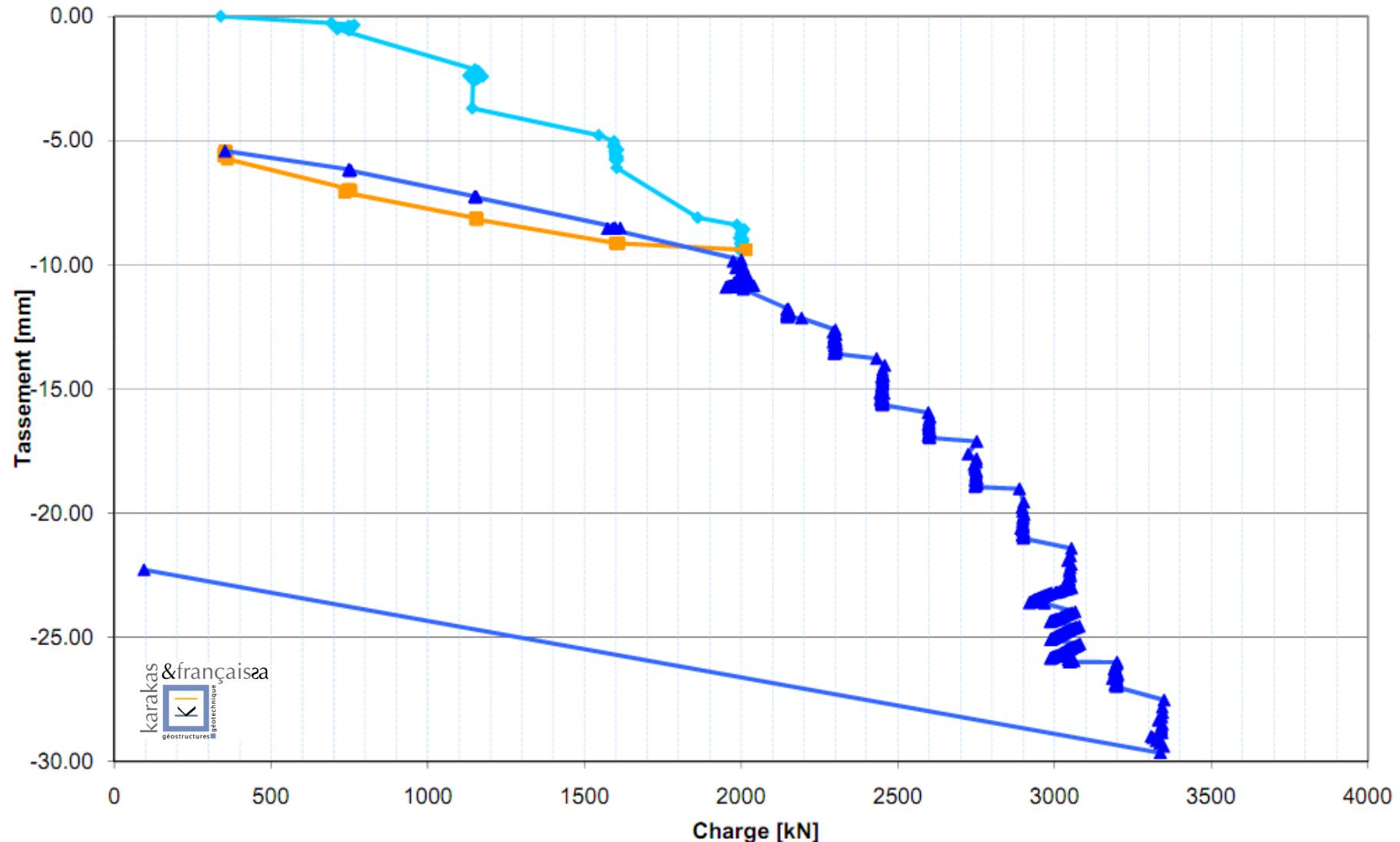
Dispositif de mesure (CCR – EPFL)



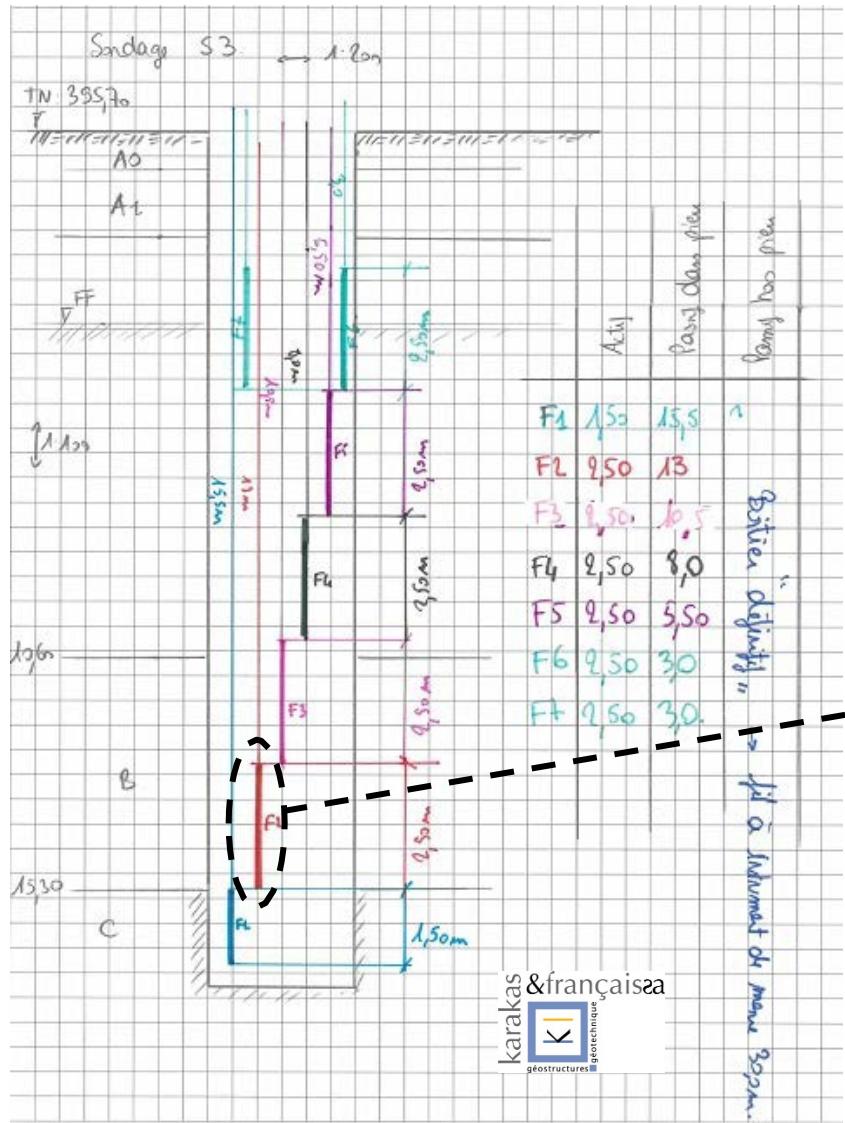
Ansicht der Belastungseinrichtung am Versuchspfahl, Pressen

Courbe charge - tassement (CCR - EPFL)

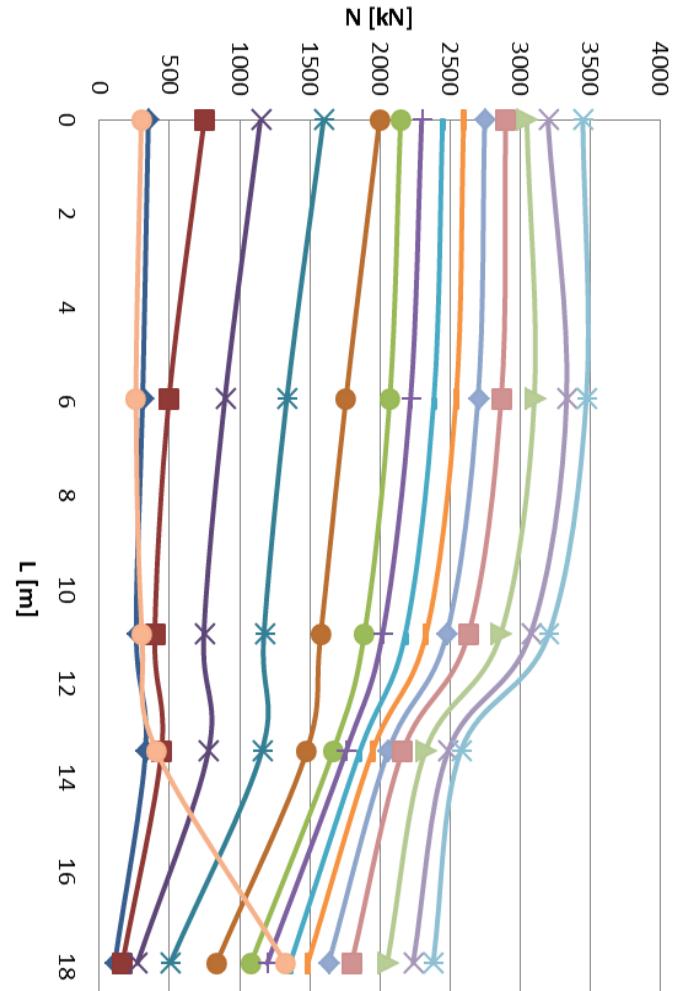
■ OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Dispositif de mesure (CCR – EPFL)



Fibre optique



Effort en fonction de la profondeur

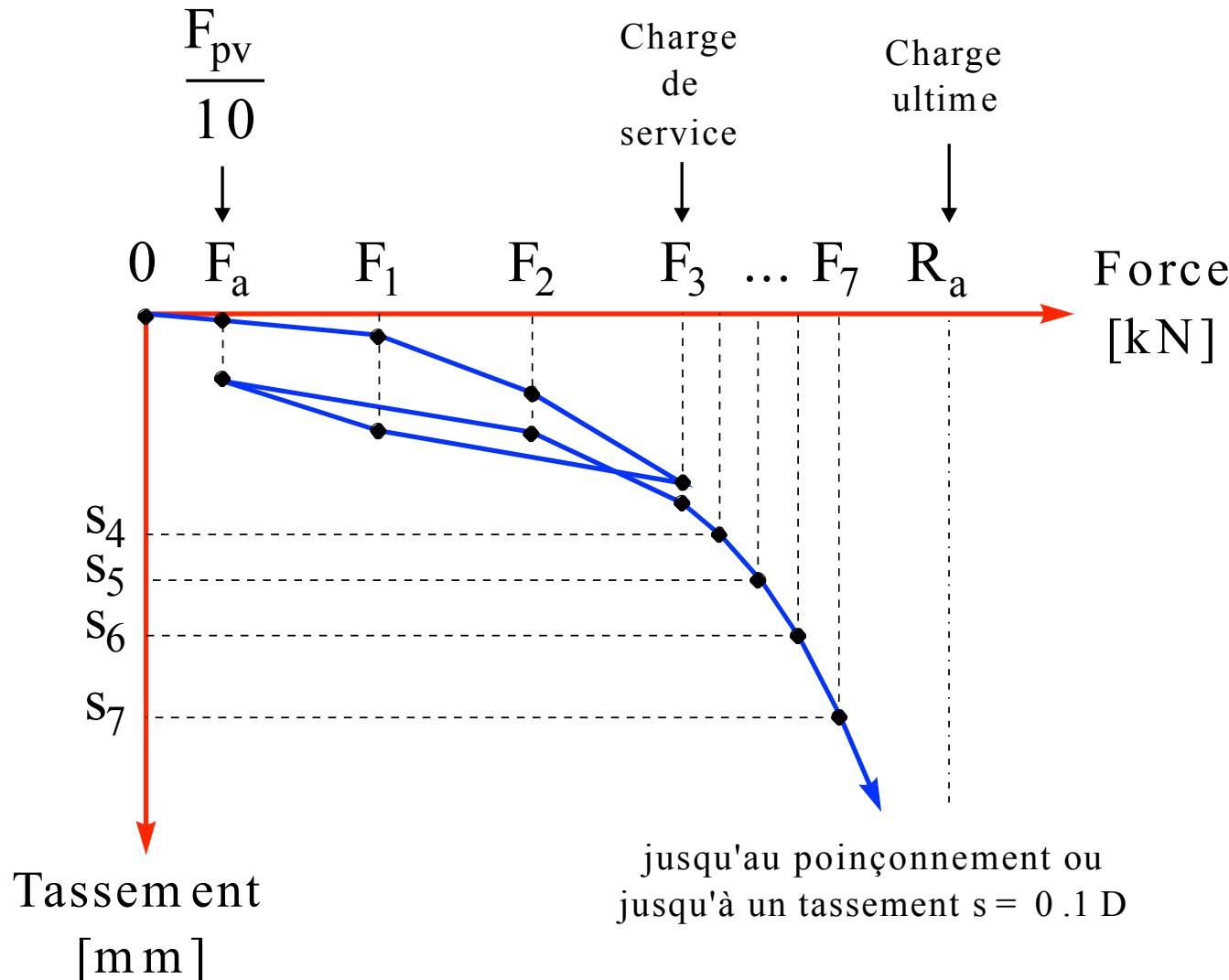
Essai de chargement statique

Déroulement de l'essai selon la SIA 267/1

Ouvrages géotechniques

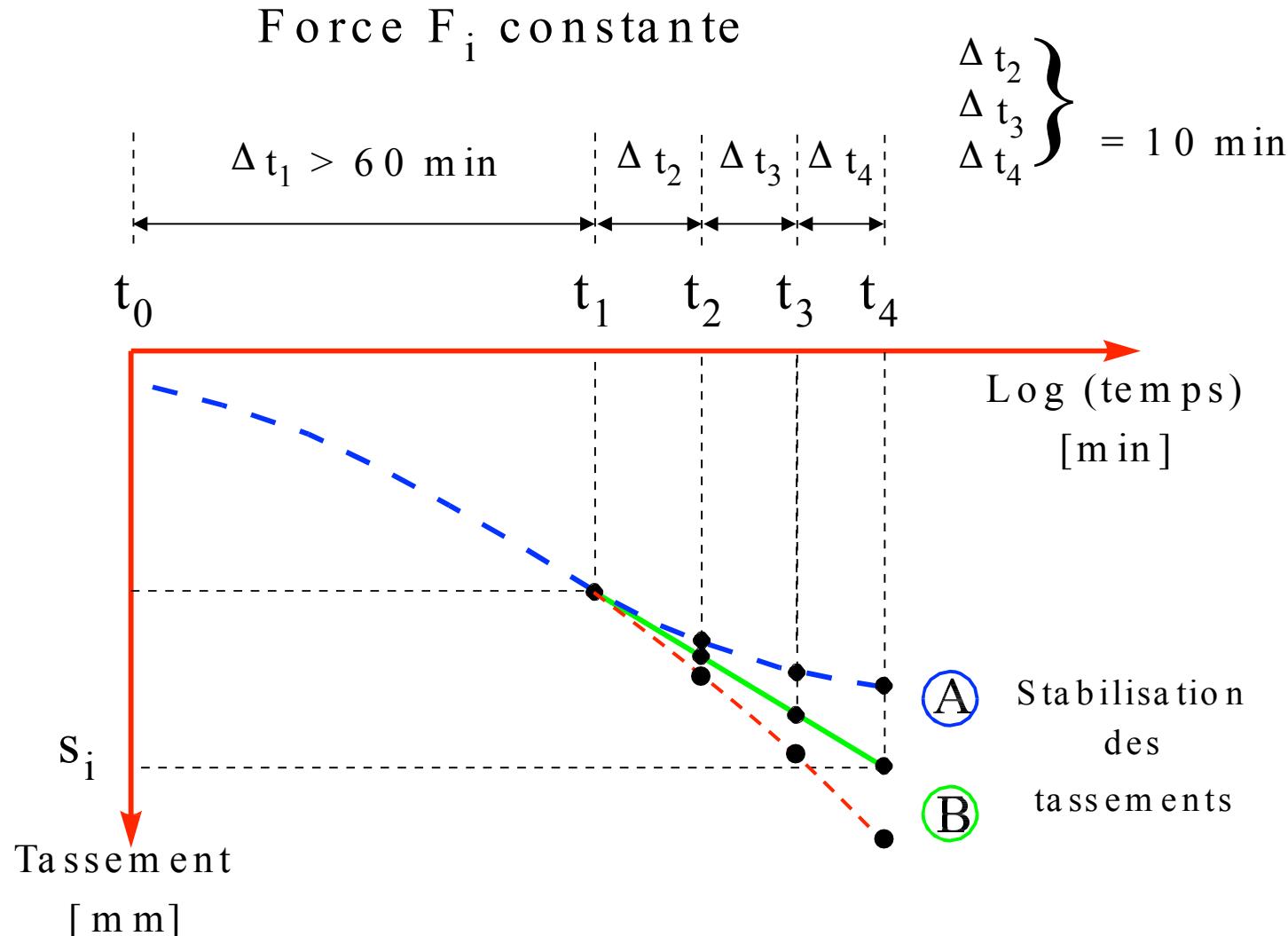
Déroulement de l'essai de chargement statique (selon SIA 267/1)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Déroulement de l'essai de chargement statique (selon SIA 267/1)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



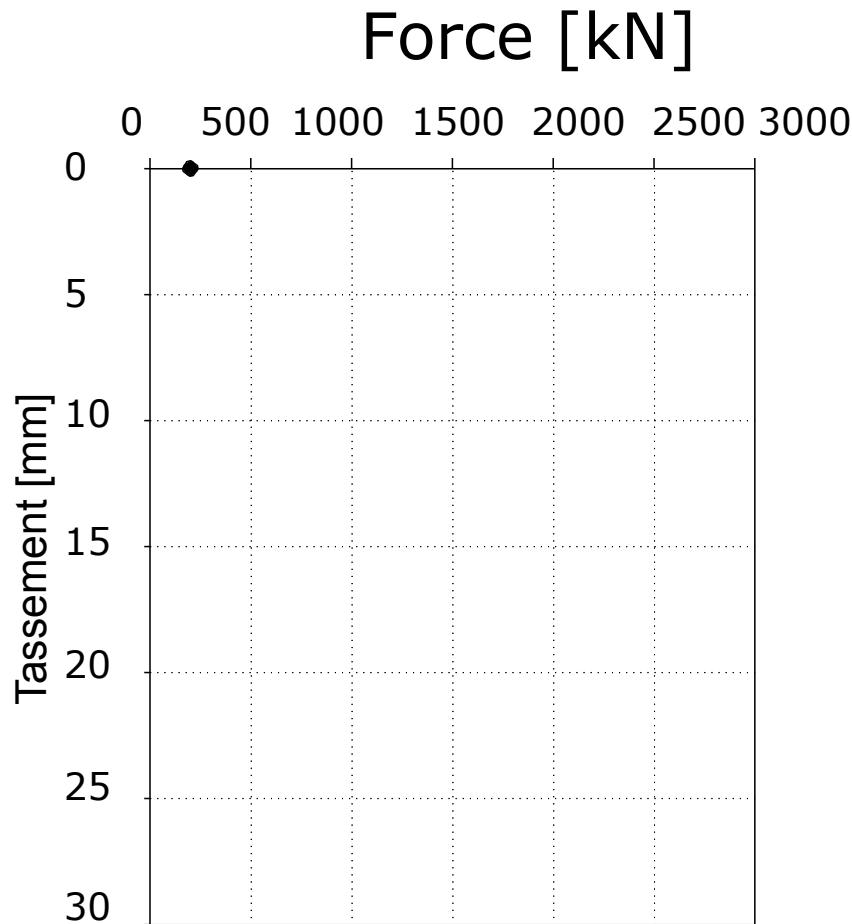
Essai de chargement statique

Exemple d'essai pour le centre Coop de Crissier

Données Bureau Karakas et Français

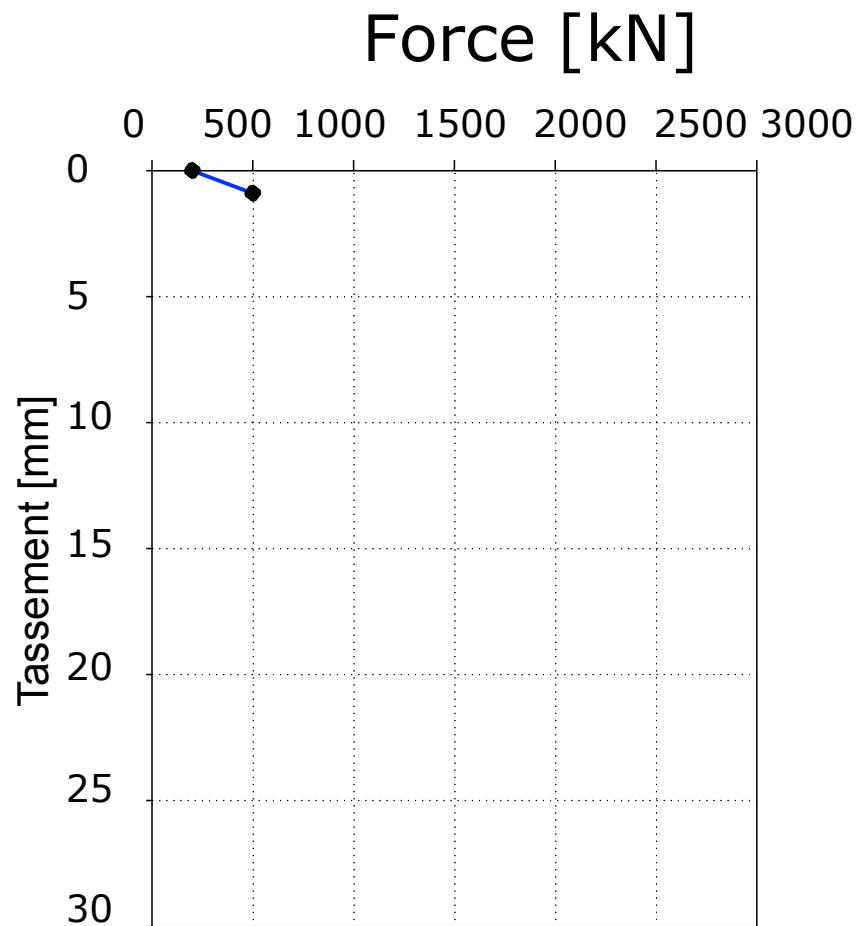
Ouvrages géotechniques

$$F = F_a = 200 \text{ kN}$$



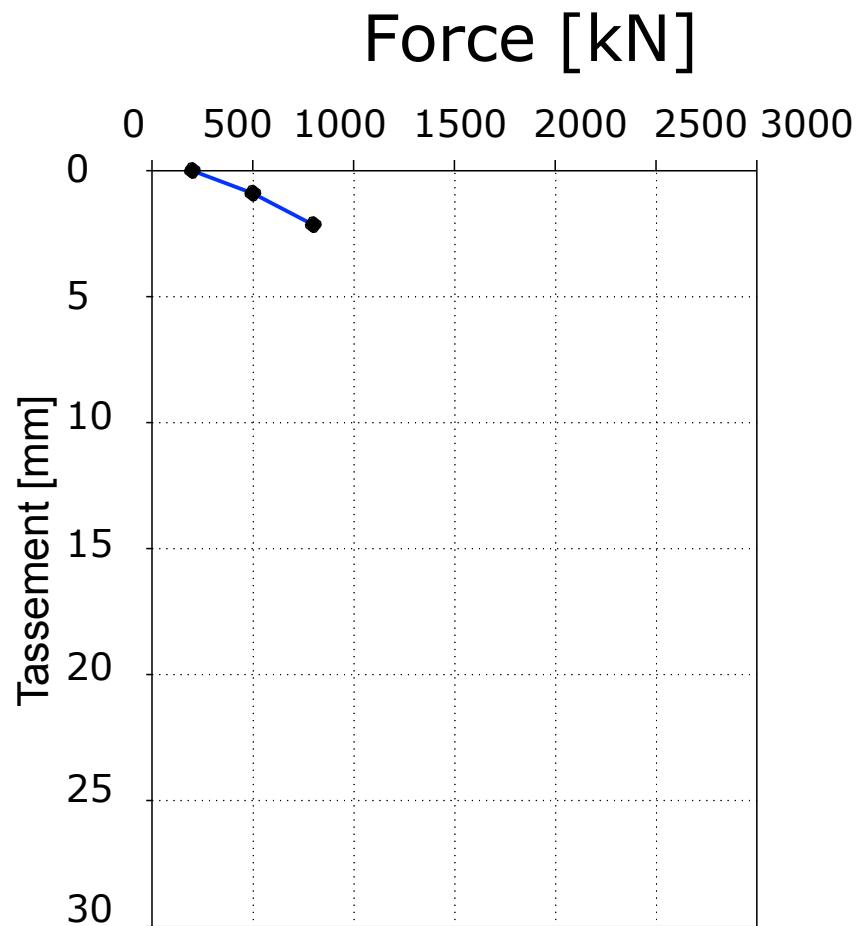
F = 500 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

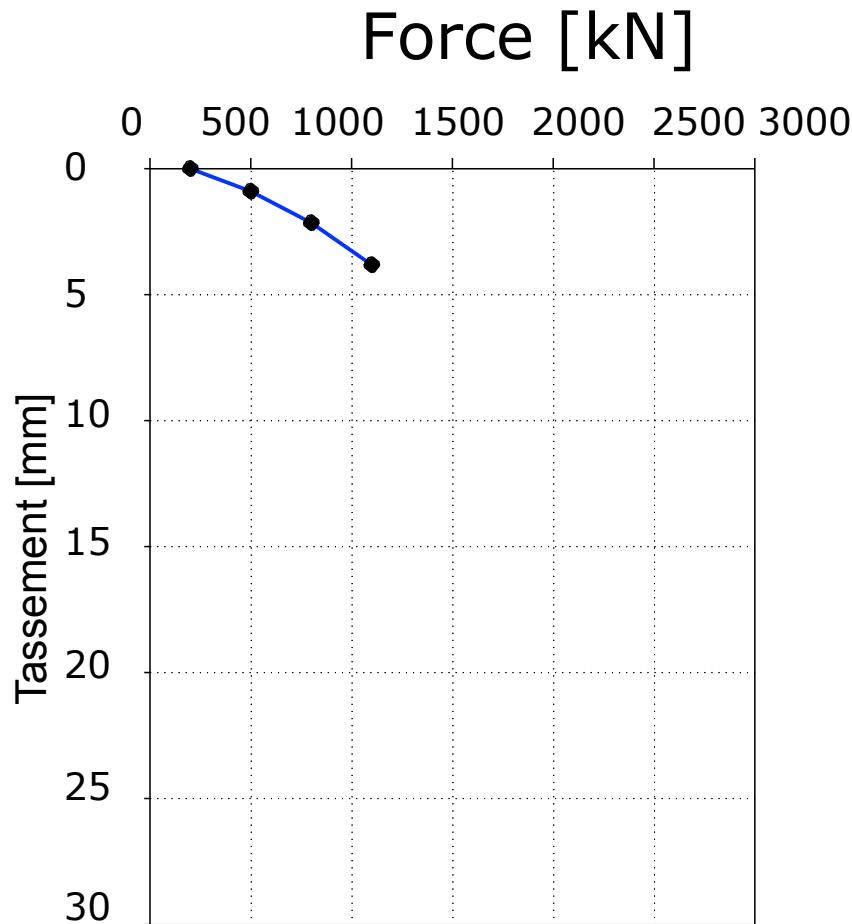


F = 800 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

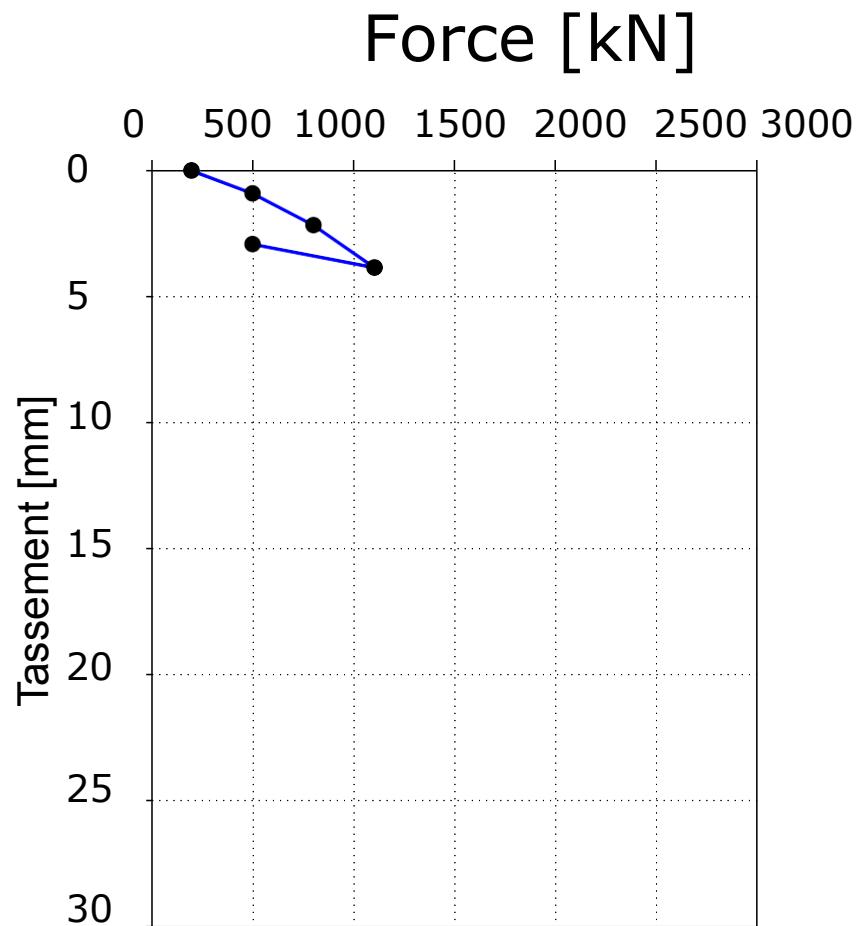


$$F = F_\infty = 1100 \text{ kN}$$

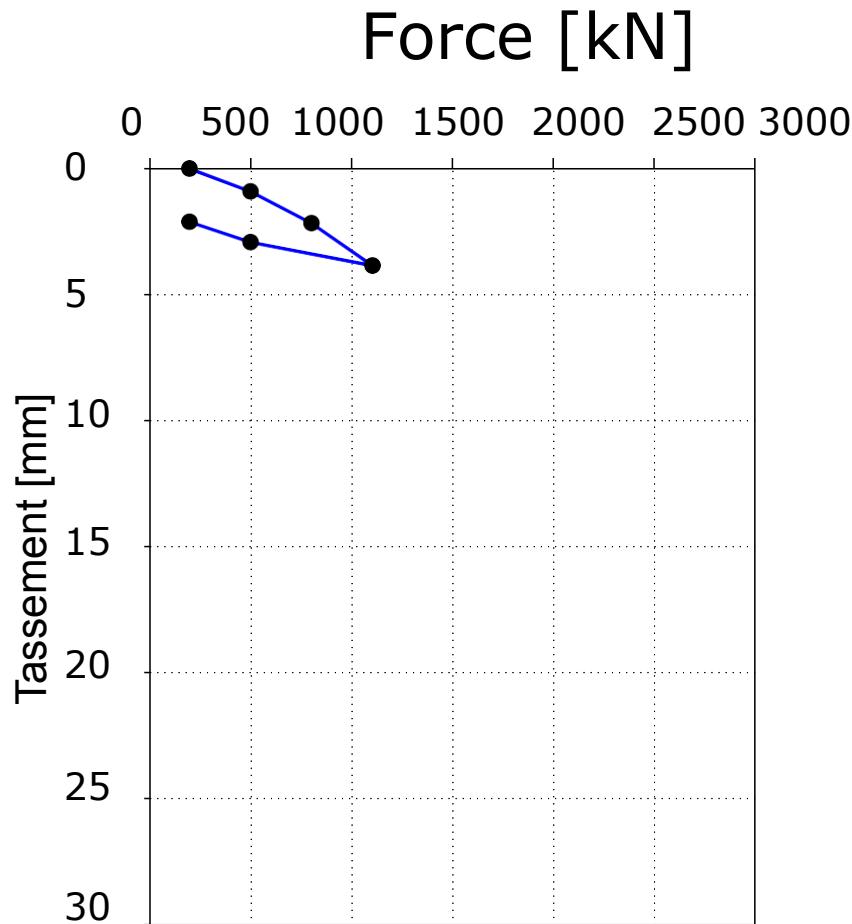


F = 500 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

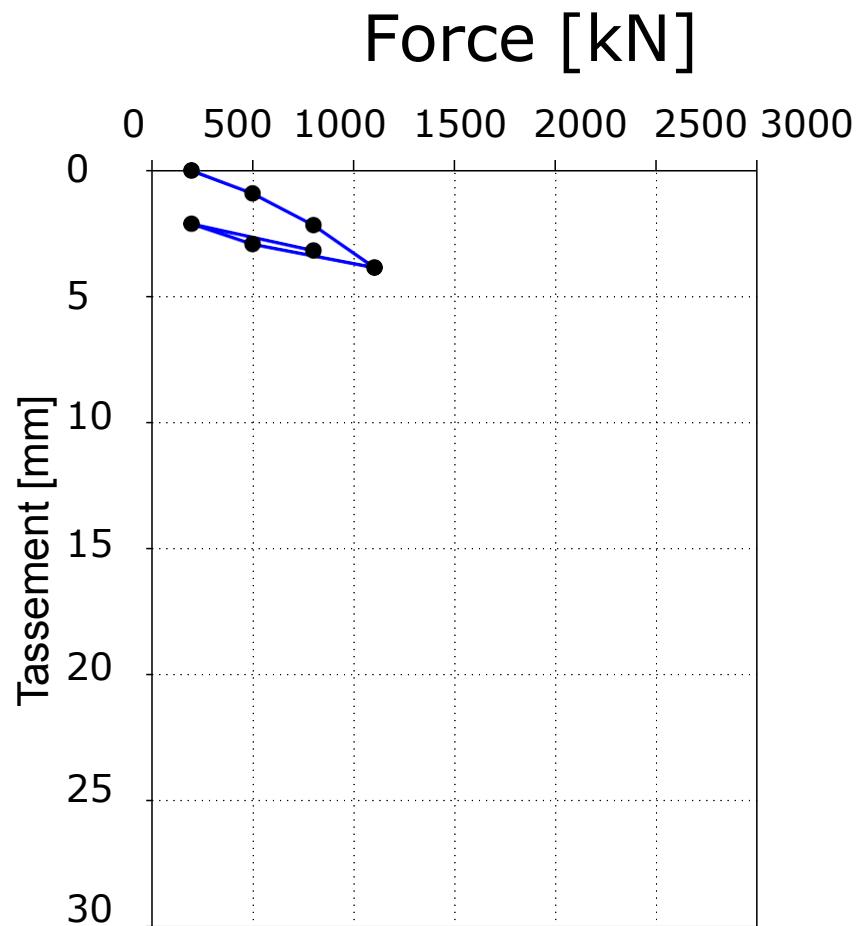


$$F = F_a = 200 \text{ kN}$$

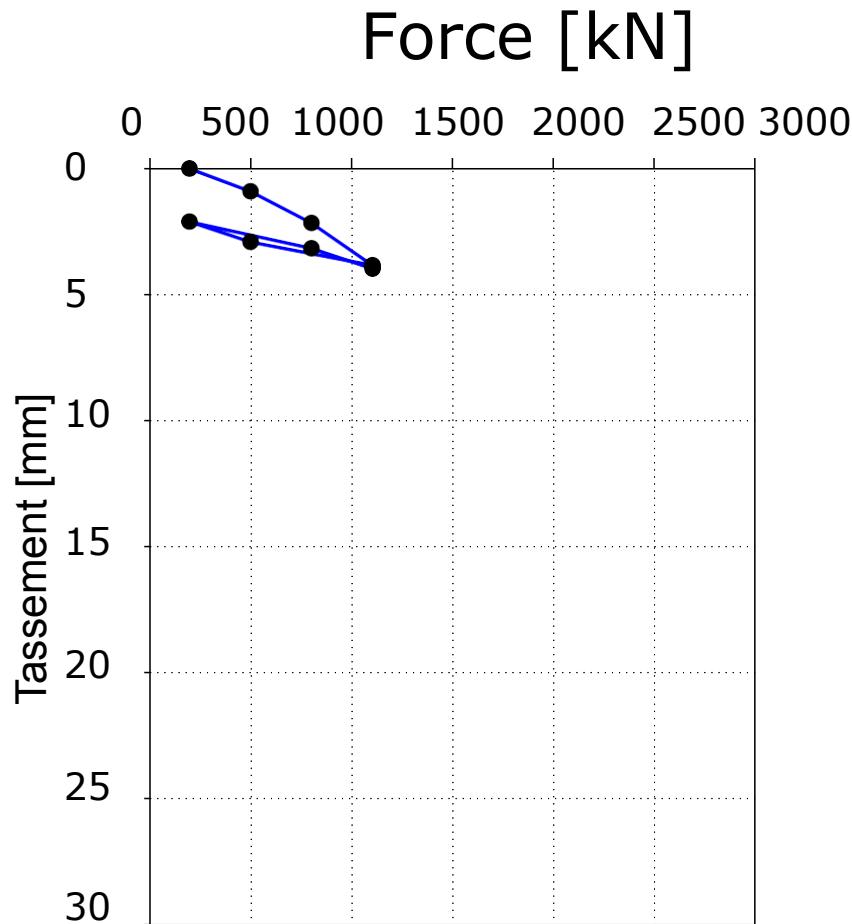


F = 800 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

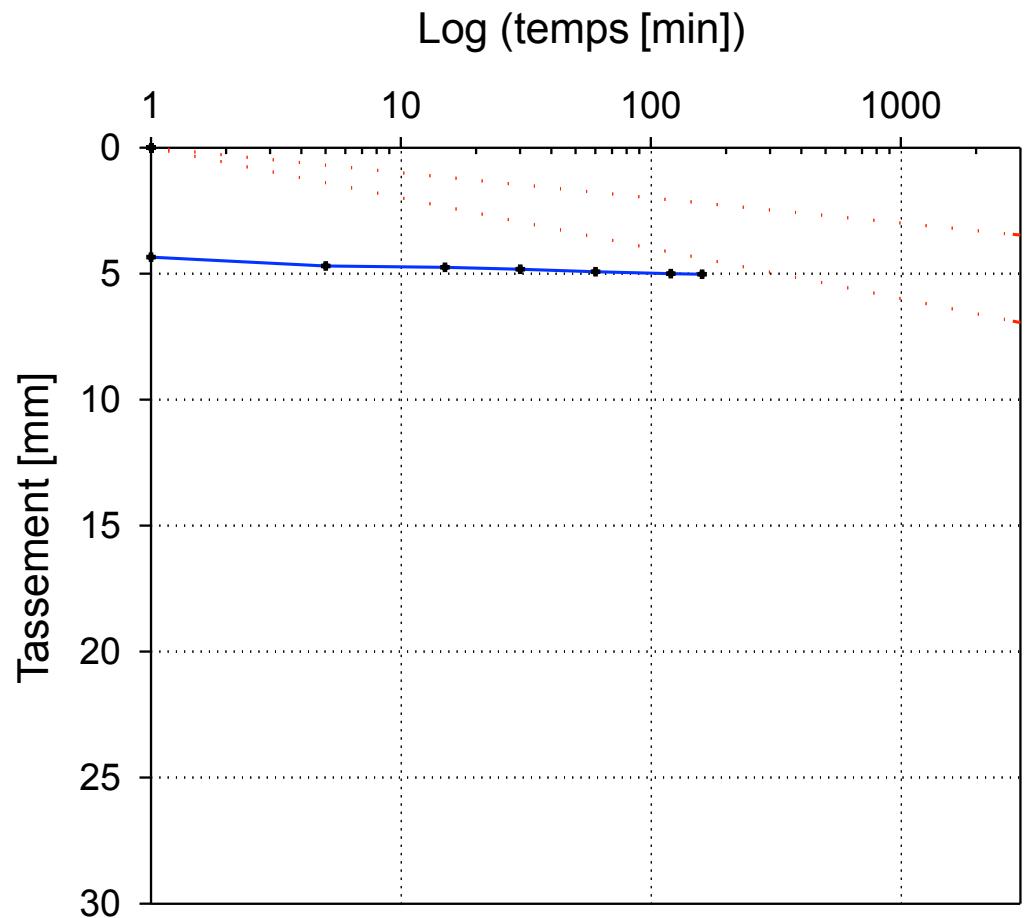
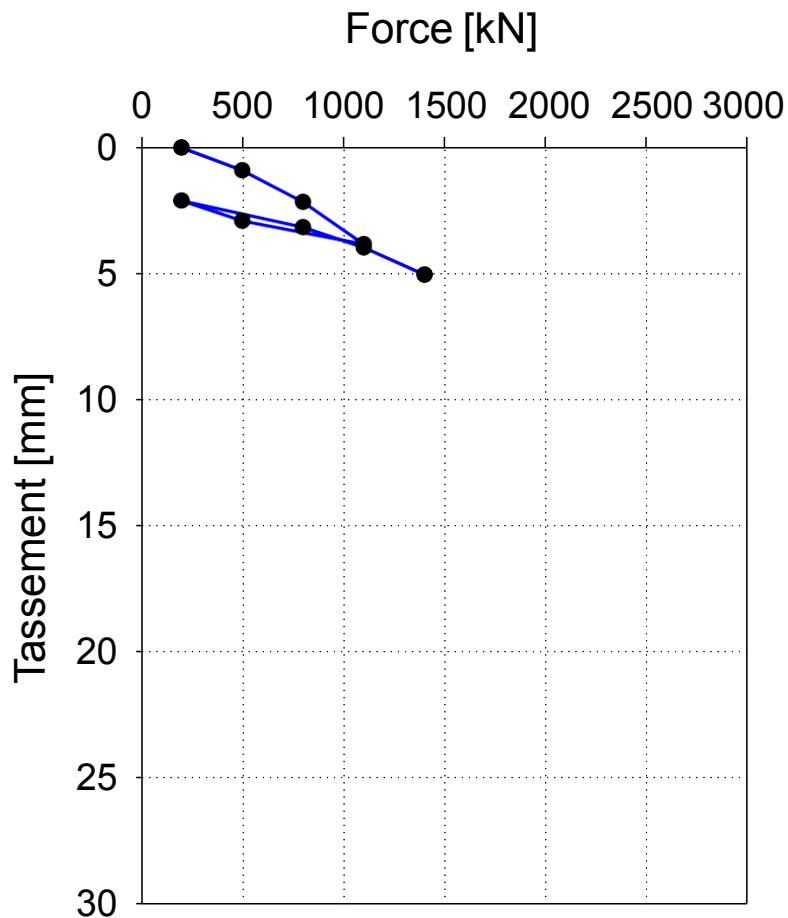


$$F = F_\infty = 1100 \text{ kN}$$



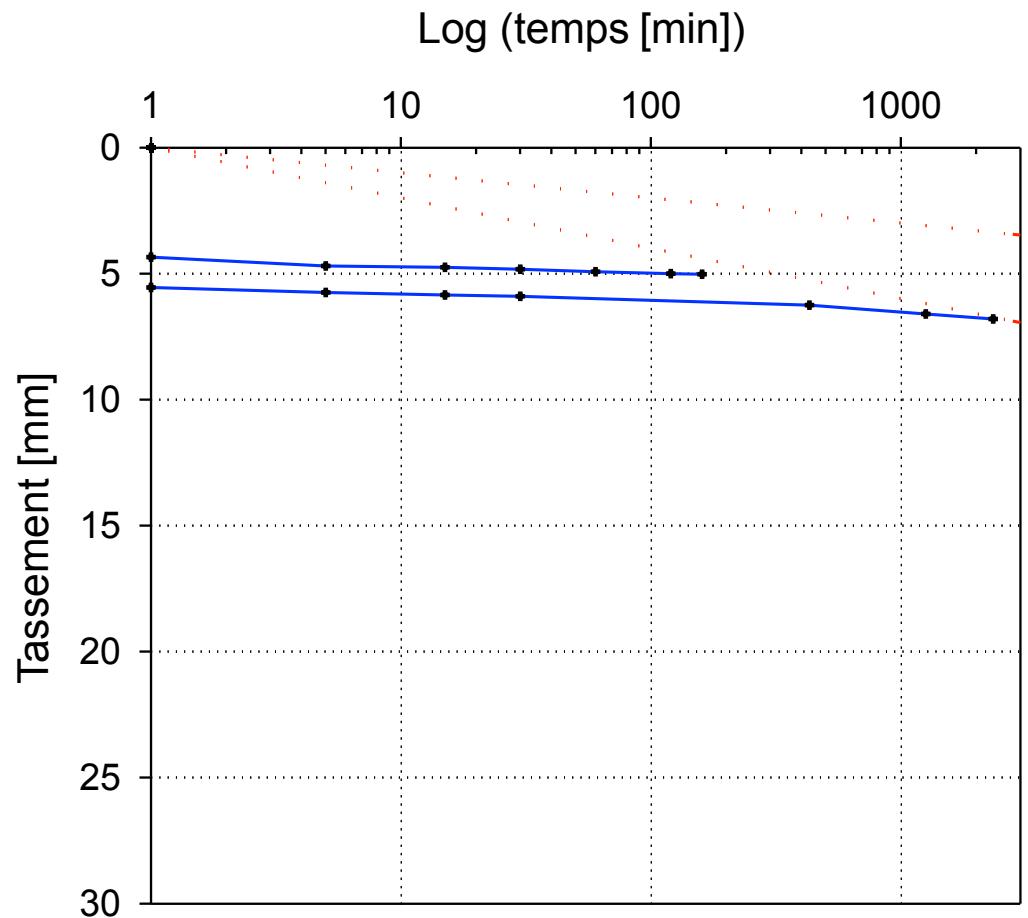
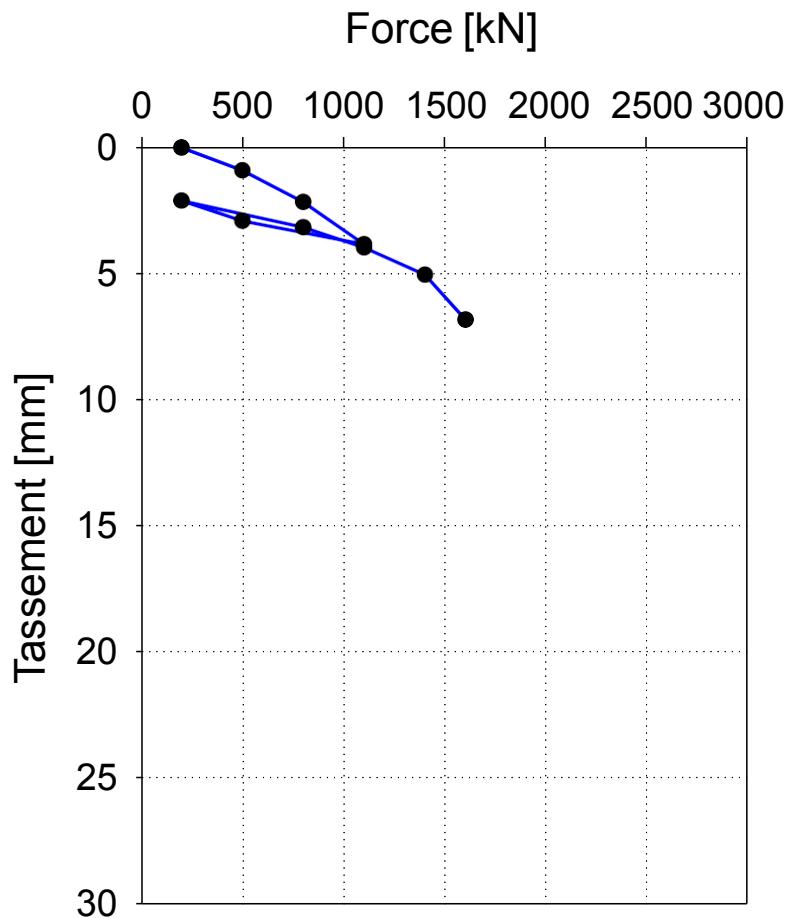
F = 1400 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



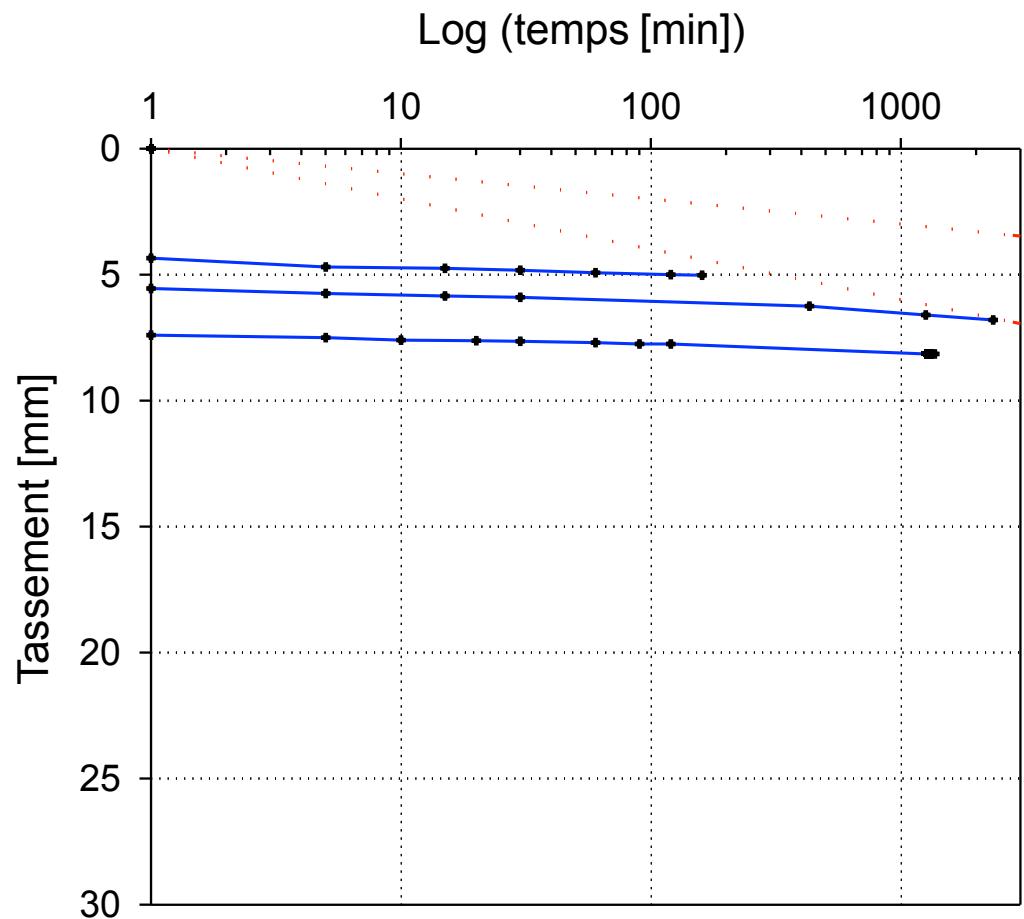
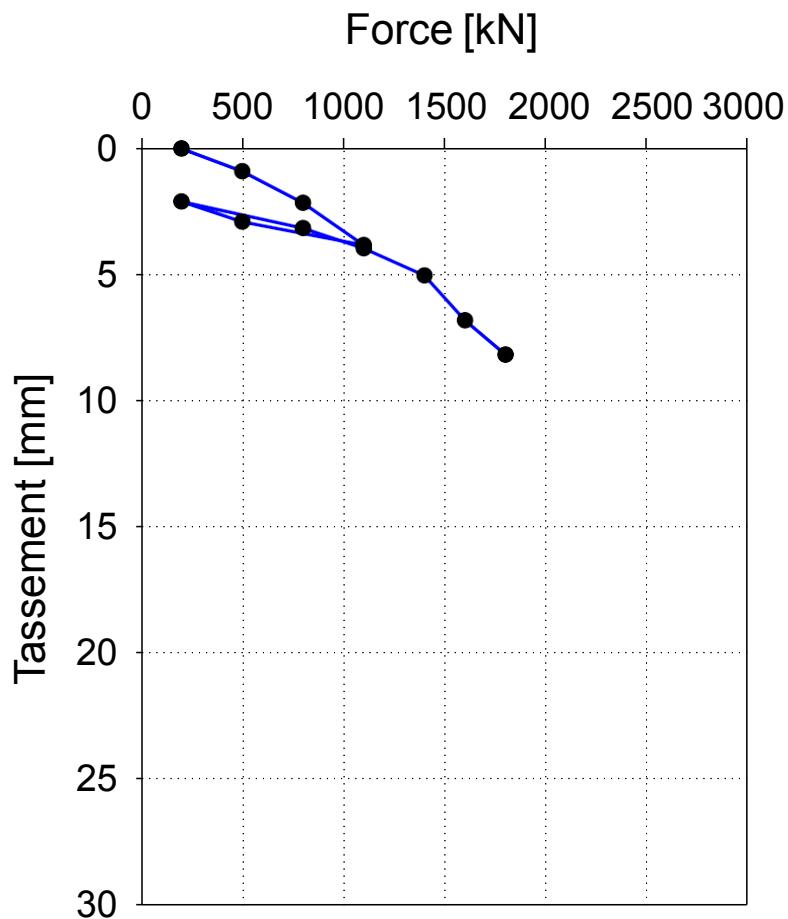
F = 1600 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



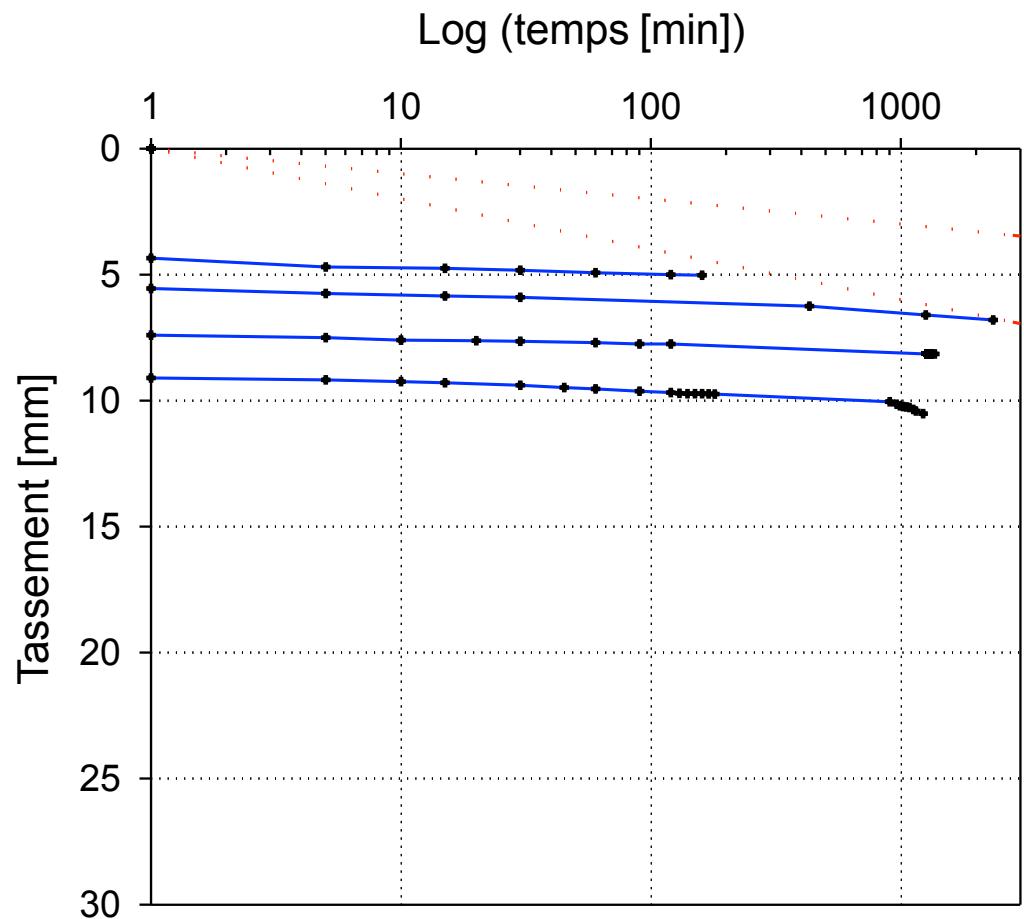
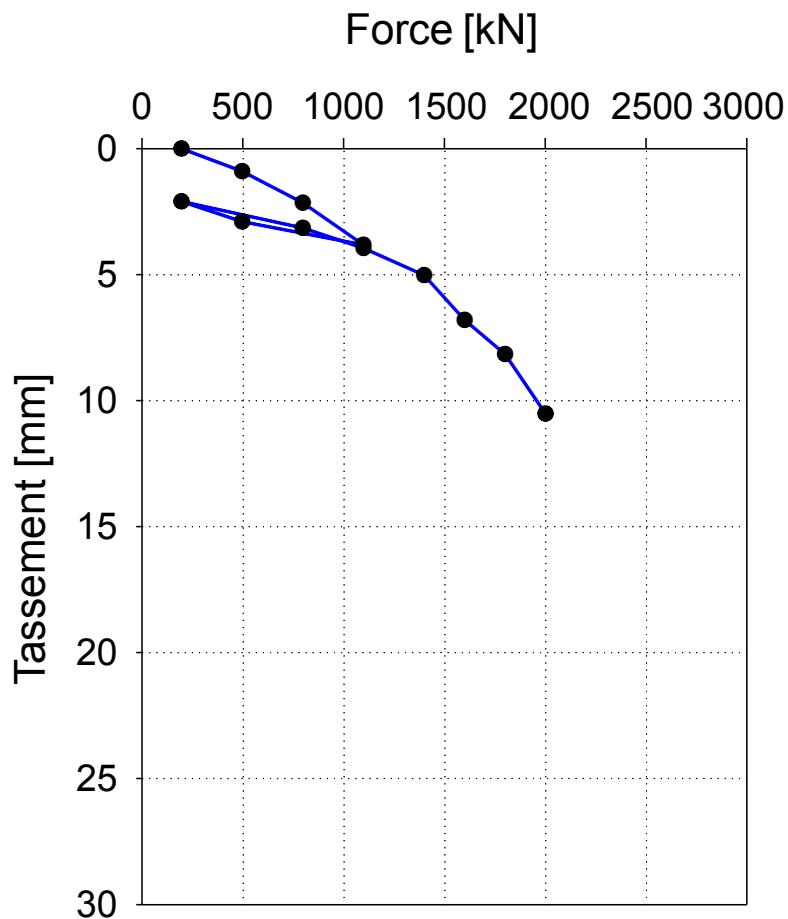
F = 1800 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



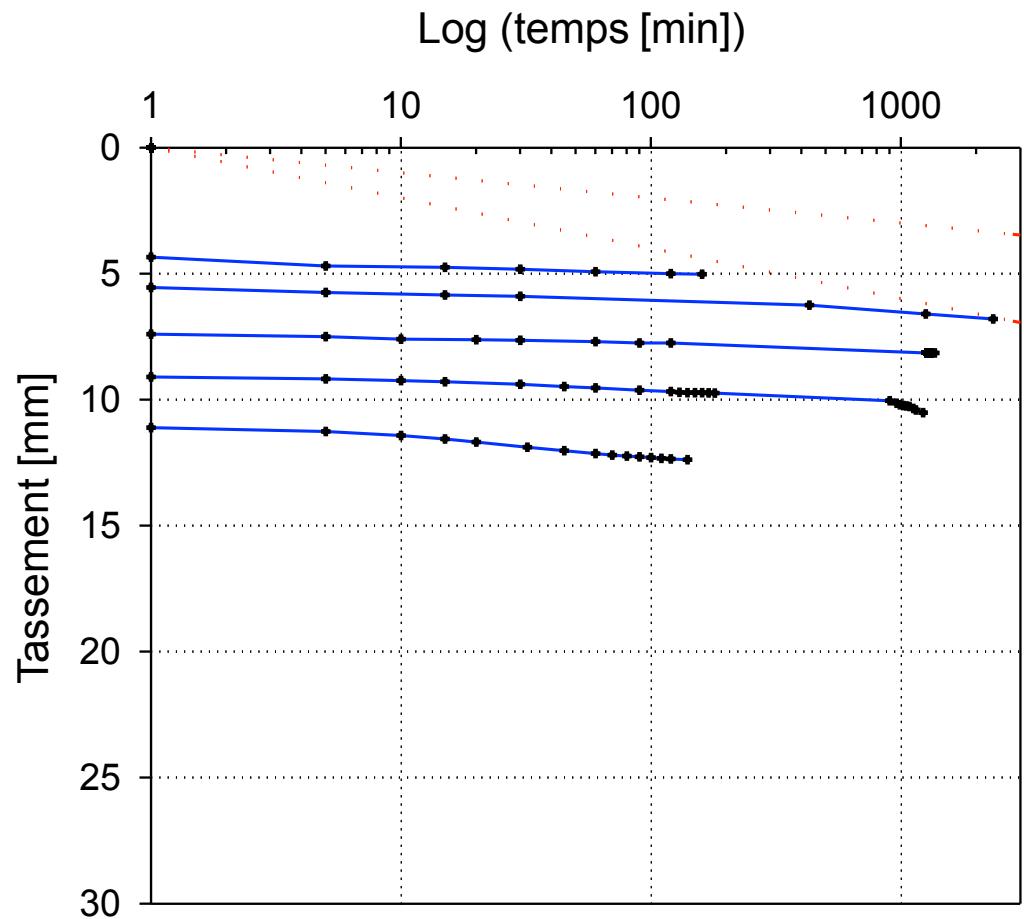
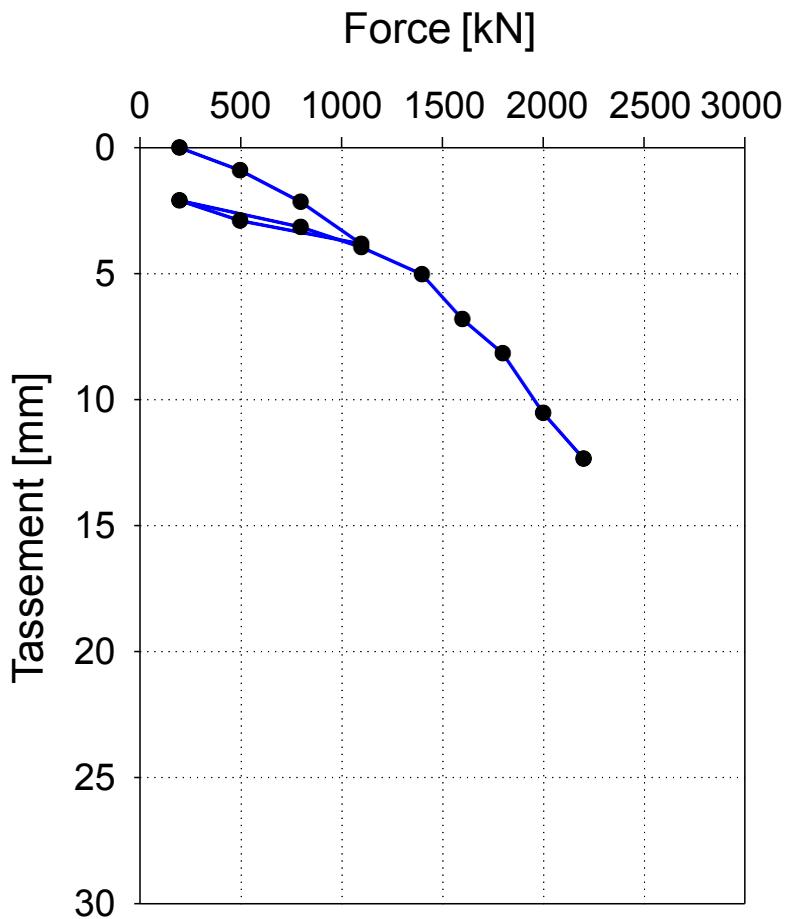
F = 2000 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



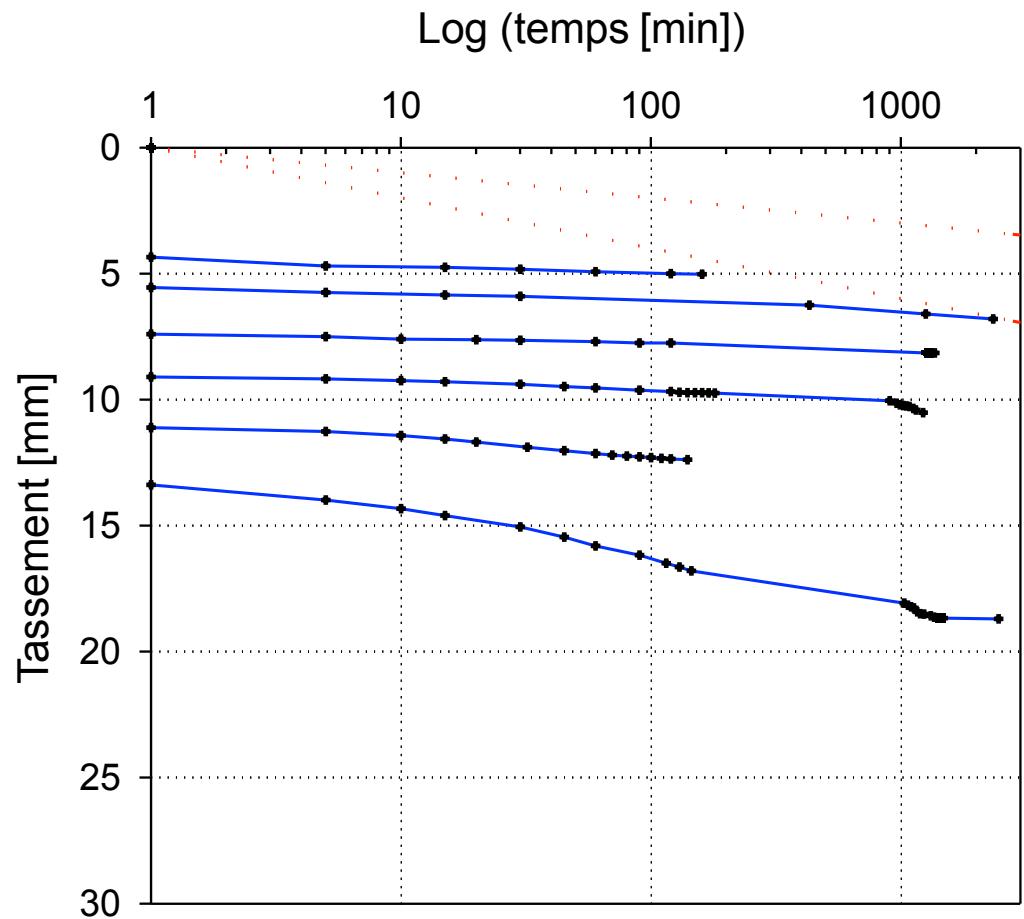
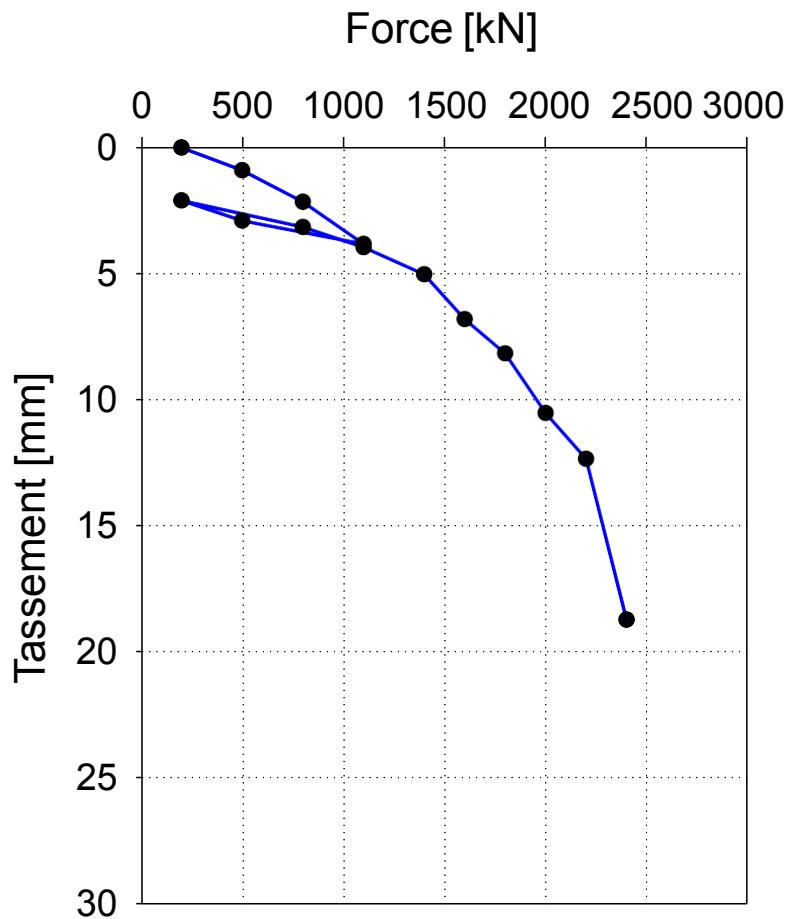
F = 2200 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



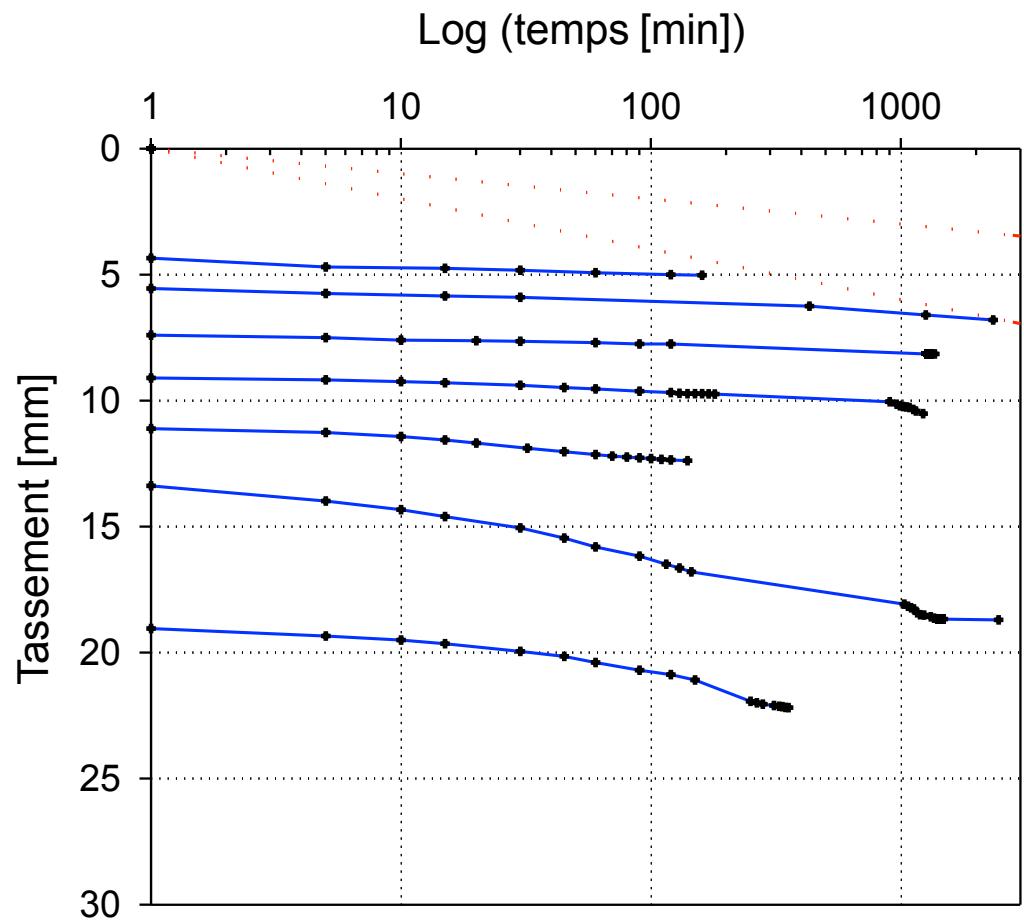
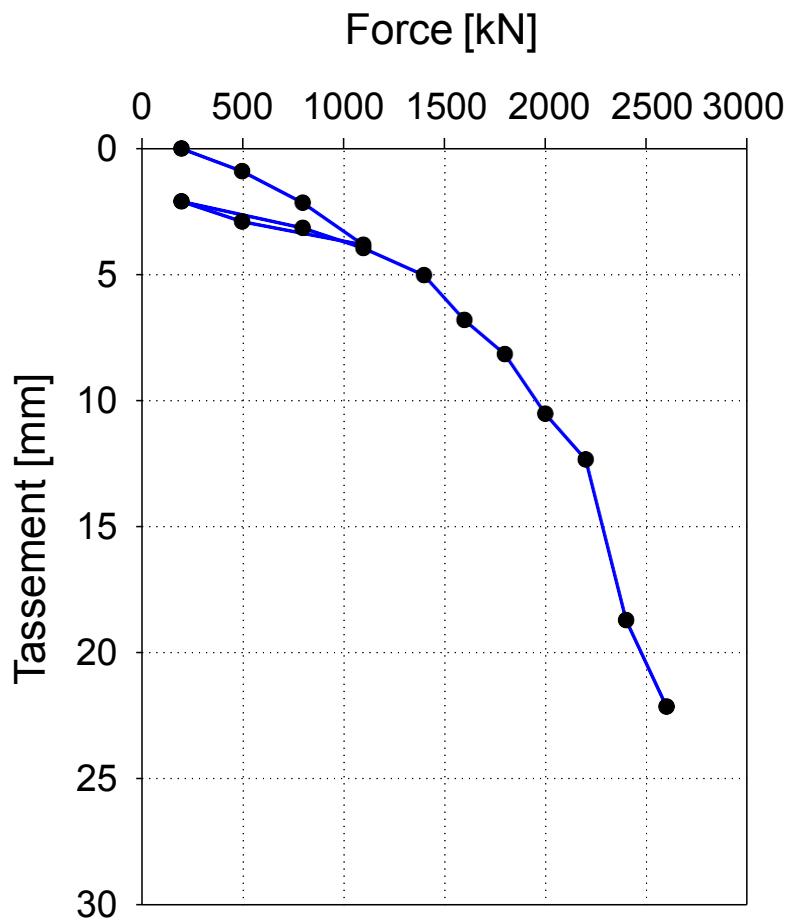
F = 2400 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



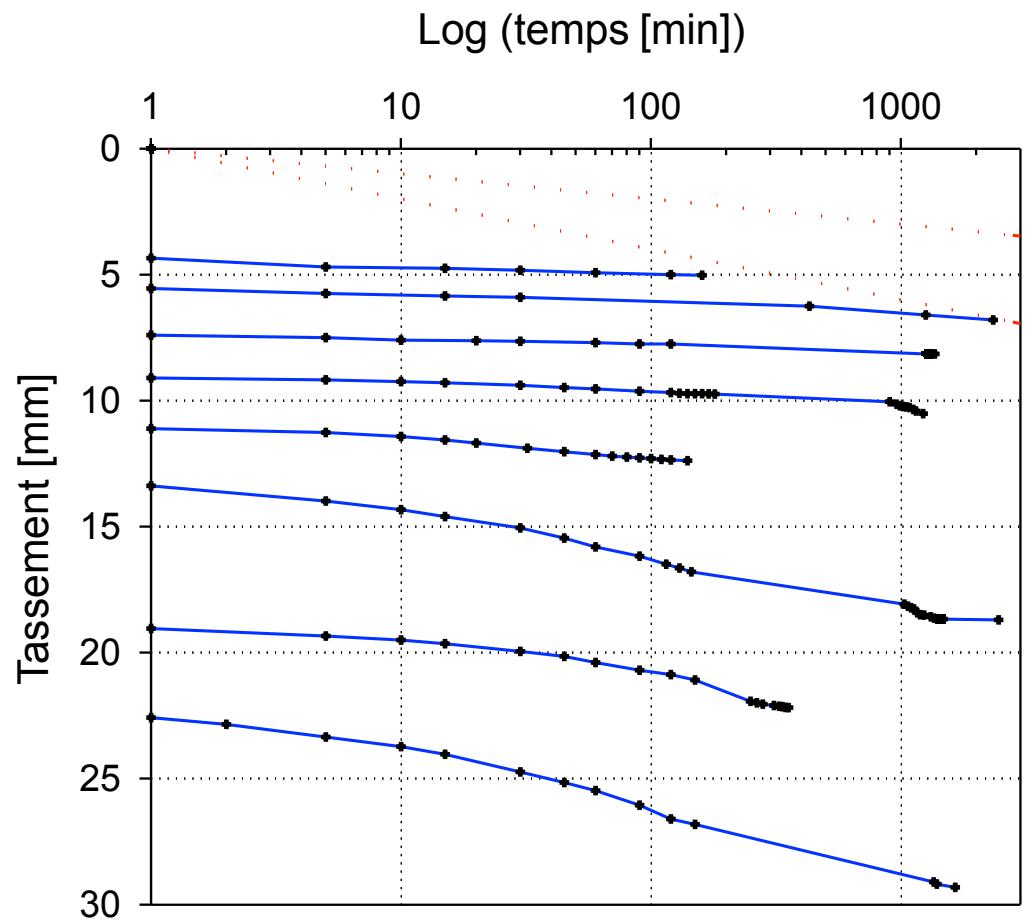
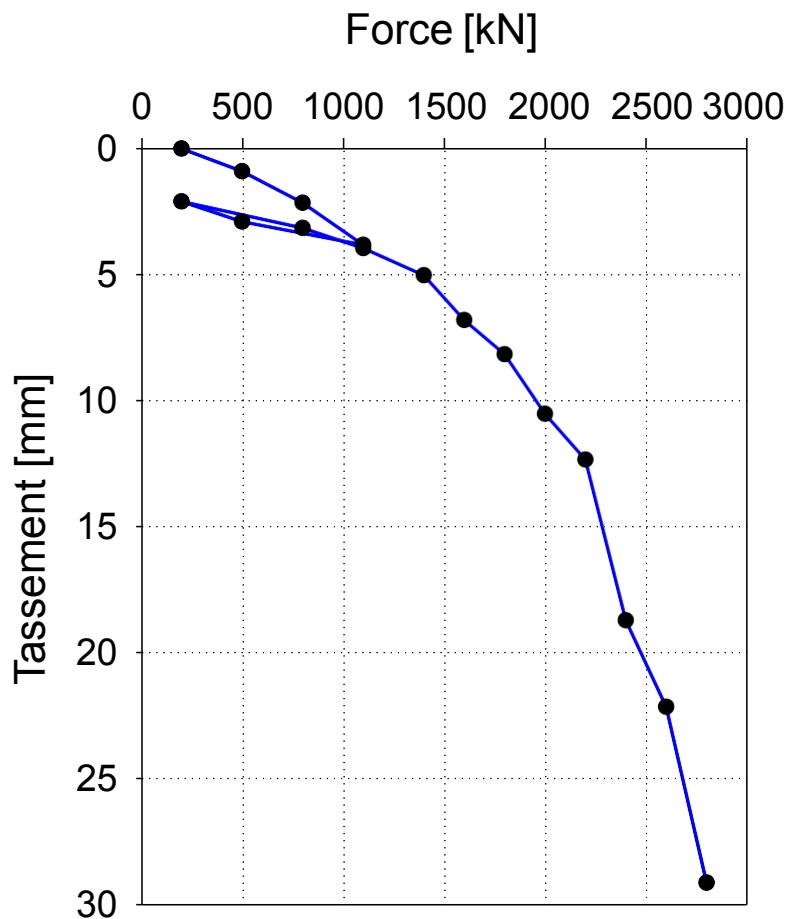
F = 2600 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



F = 2800 kN

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$k > k_{\text{crit}} = 2 \text{ mm} \rightarrow R_a = 2800 \text{ kN}$

Fondations sur pieux

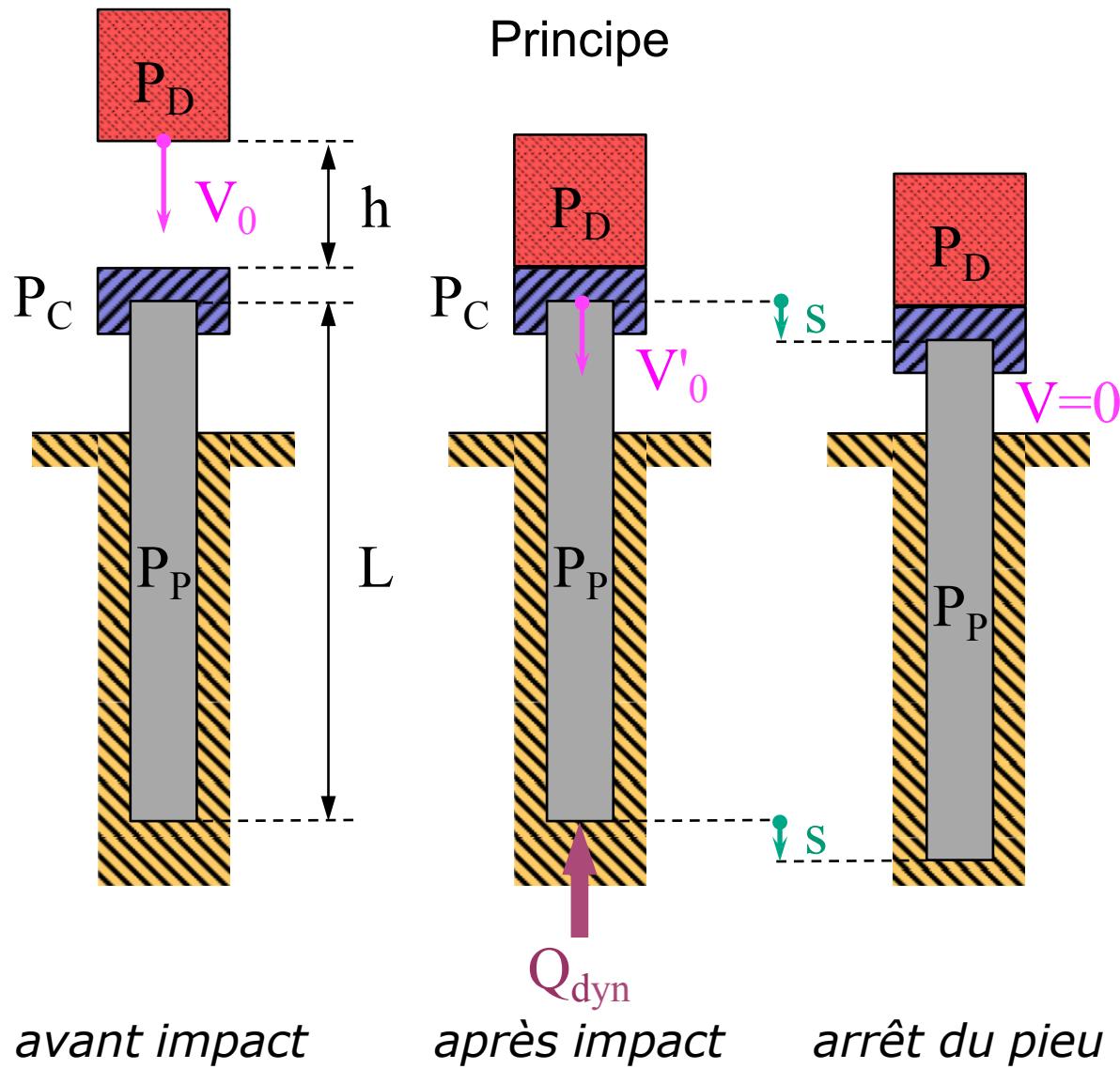
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
3. Groupe de pieux

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - Expression générale
 - Hollandais et Crandall
 - Hollandais modifiée et Stern
 - Exemple d'application
 - 2.3 Tassement
 - 2.4 Vérification et contrôle
 - 2.5 Frottement négatif
3. Groupe de pieux

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - Expression générale
 - Hollandais et Crandall
 - Hollandais modifiée et Stern
 - Exemple d'application
 - 2.3 Tassement
 - 2.4 Vérification et contrôle
 - 2.5 Frottement négatif
3. Groupe de pieux

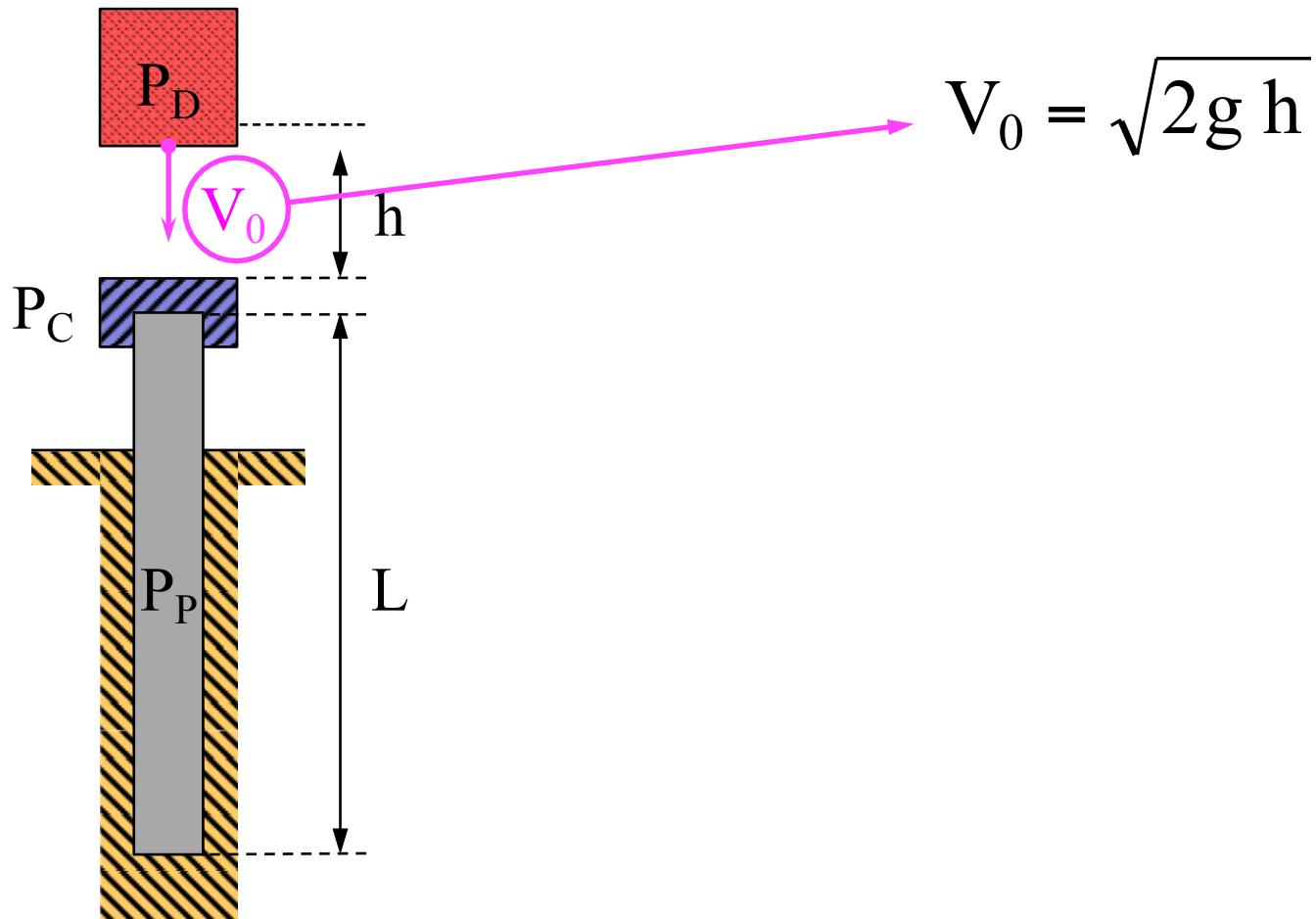
Principe et hypothèses de la formule des Hollandais



Hypothèses :

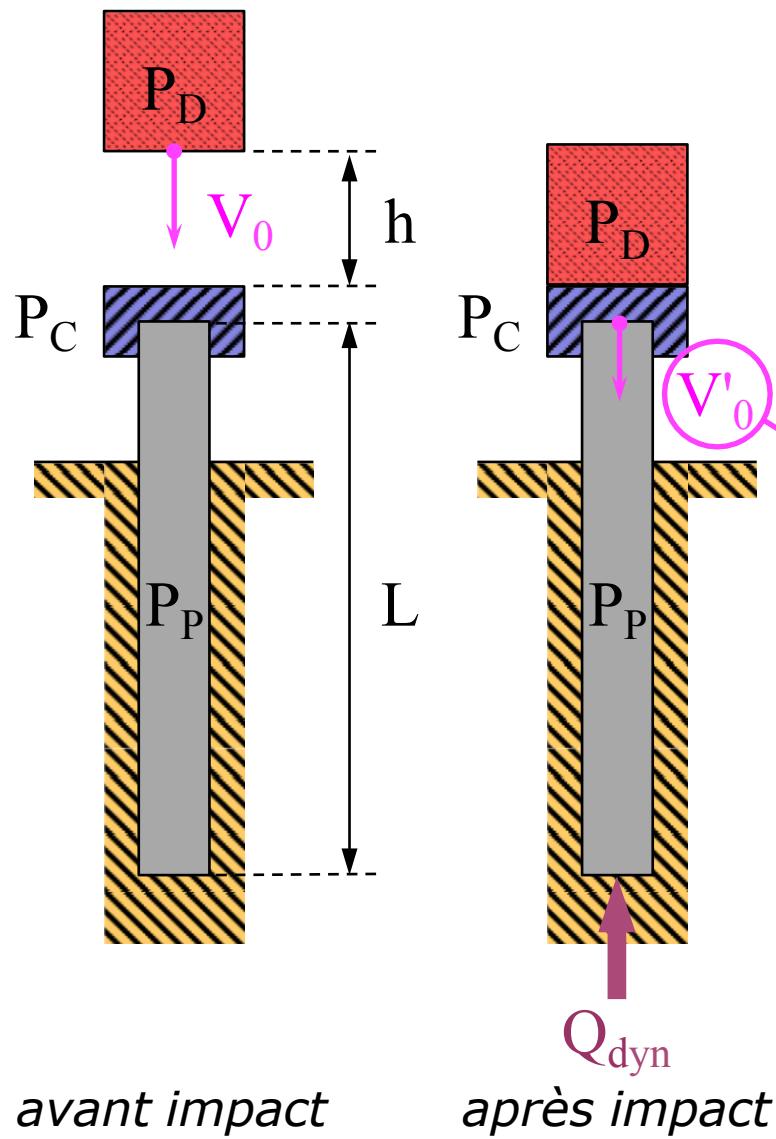
- chute libre du mouton
- choc mou (*pas de réaction élastique*)
- pieu infiniment rigide
- réaction dynamique du sol Q_{dyn} uniquement en pointe (*pas de résistance par frottement latéral*)
- aucunes autres pertes.

Situation avant impact



avant impact

Situation après impact



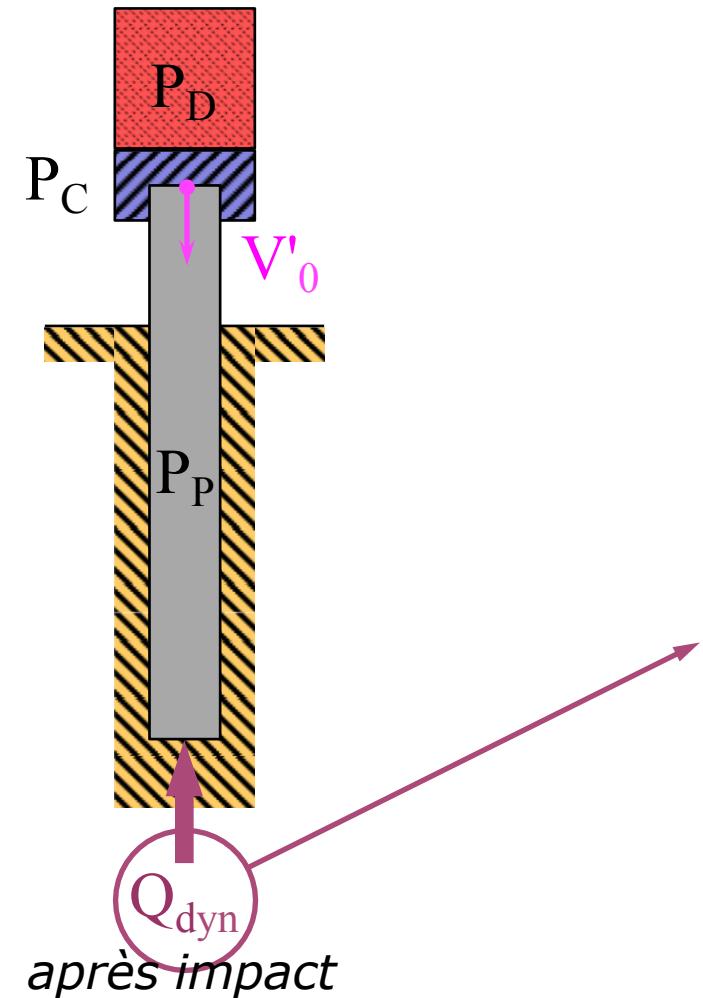
Conservation de la quantité de mouvement
+ Hypothèse d'un choc mou

$$P_D V_0 = (P_D + P_P + P_C) V'_0$$

$$V'_0 = V_0 \cdot \frac{P_D}{P_D + P_P + P_C}$$

Décélération du pieu après impact

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Réaction dynamique du sol à l'enfoncement

Q_{dyn}

$$a = - \frac{Q_{dyn}}{(P_D + P_P + P_C)/g}$$

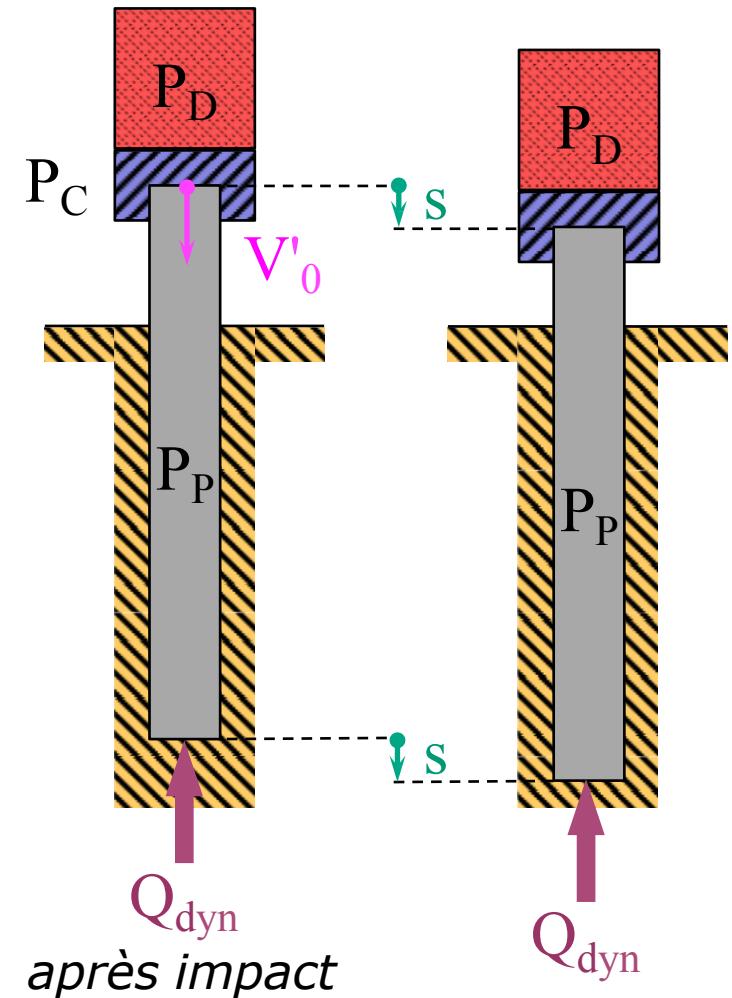
Décélération du pieu après impact

$$a = - \frac{Q_{\text{dyn}}}{(P_D + P_P + P_C)/g}$$

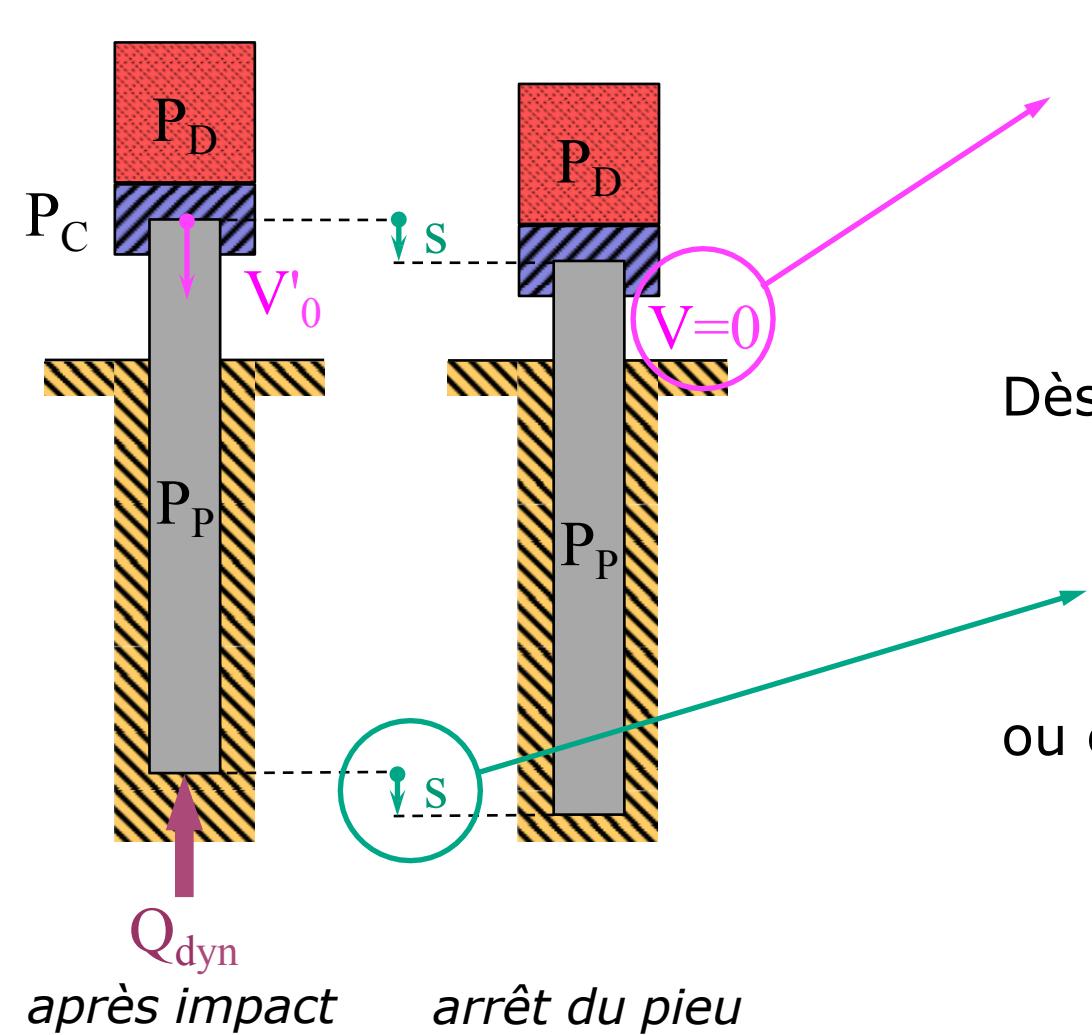
Intégration de l'équation du mouvement

$$V(t) = V'_0 - \frac{g Q_{\text{dyn}}}{P_D + P_P + P_C} \cdot t$$

$$s(t) = V'_0 \cdot t - \frac{1}{2} \frac{g Q_{\text{dyn}}}{P_D + P_P + P_C} \cdot t^2$$



Arrêt du pieu



$V = 0$ (arrêt du pieu)

après $t = V'_0 \cdot \frac{P_D + P_P + P_C}{g Q_{dyn}}$

Dès lors ...

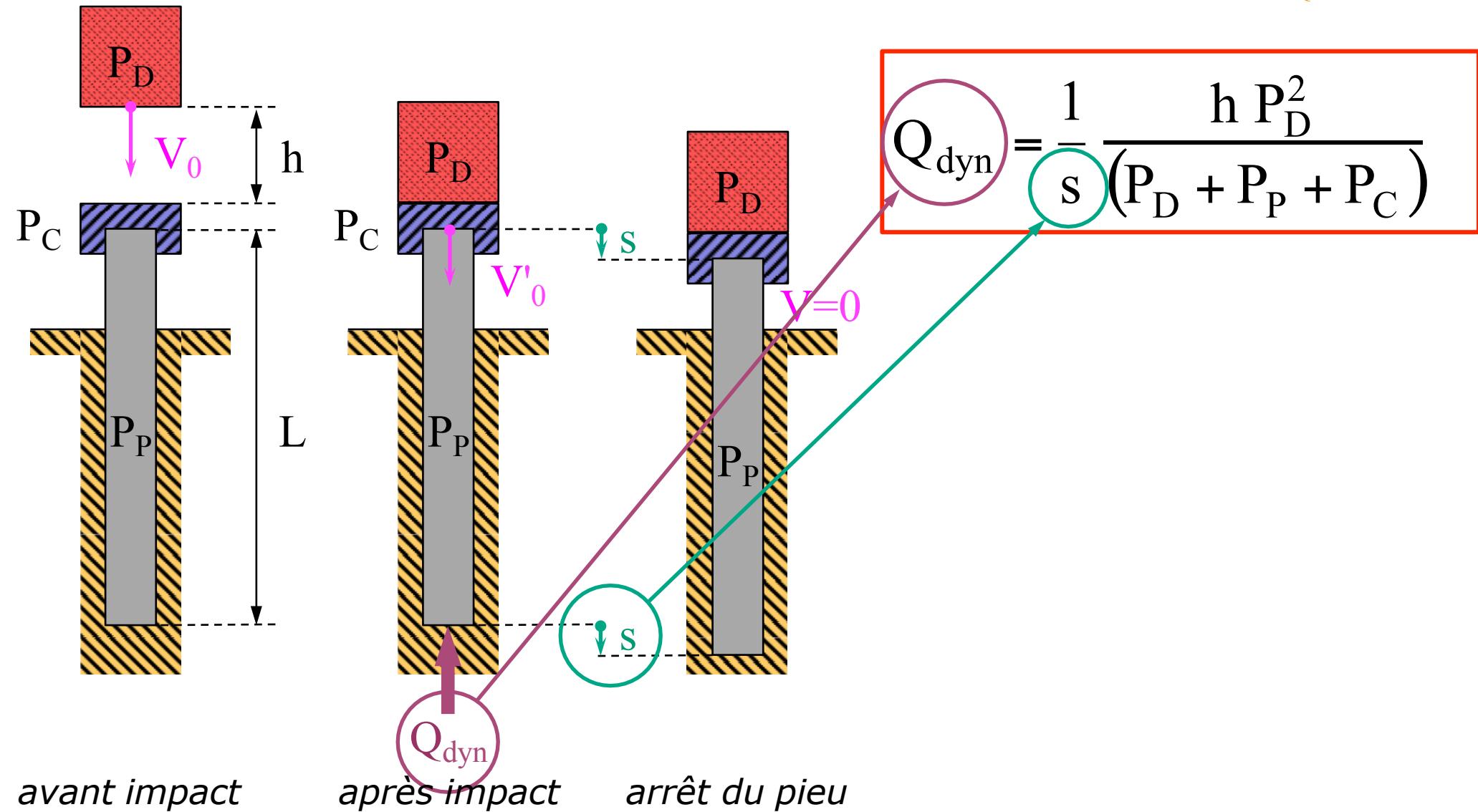
$$s = \frac{1}{2} V'_0^2 \cdot \frac{P_D + P_P + P_C}{g Q_{dyn}}$$

ou encore ...

$$s = \frac{h P_D^2}{(P_D + P_P + P_C) Q_{dyn}}$$

Formule de battage des Hollandais

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Formule de battage des Hollandais

$$Q_{\text{dyn}} = \frac{1}{s} \frac{h P_D^2}{(P_D + P_P + P_C)}$$

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Réécriture en termes énergétiques : $P_D h = Q_{\text{dyn}} \cdot s \cdot \frac{P_D + P_P + P_C}{P_D}$

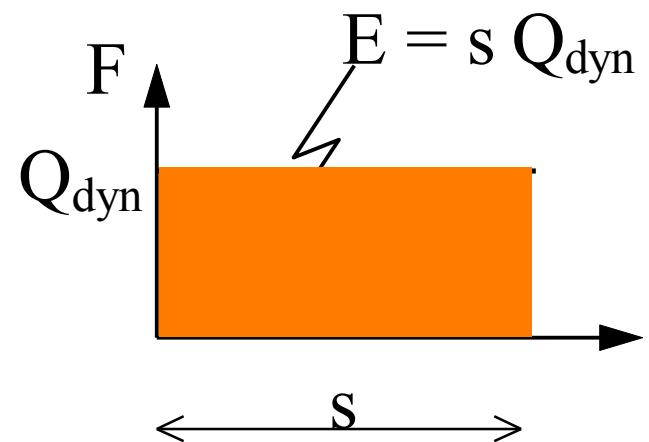
$$P_D h = Q_{\text{dyn}} \cdot s + Q_{\text{dyn}} \cdot s \cdot \frac{P_P + P_C}{P}$$

Energie de battage

Energie "utile"

Perte d'énergie due au choc

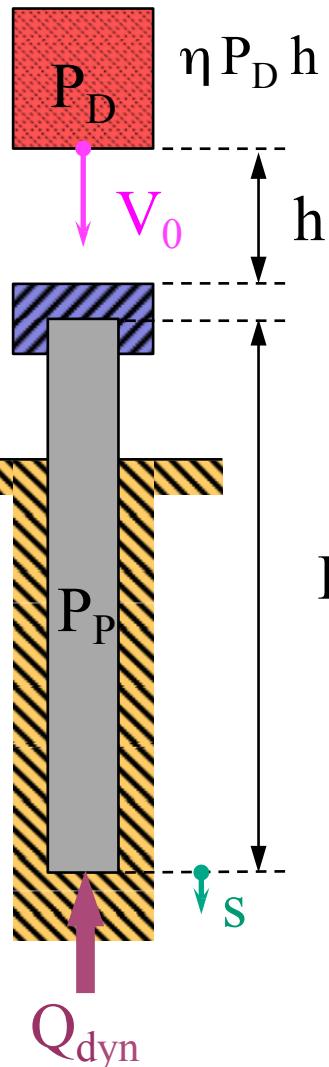
$$P_D h = Q_{\text{dyn}} \cdot s + P_D h \frac{P_P + P_C}{P_D + P_P + P_C}$$



1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - Expression générale
 - Hollandais et Crandall
 - Hollandais modifiée et Stern
 - Exemple d'application
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
3. Groupe de pieux

Équation générale

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$$\eta P_D h = [Q_d - (P_D + P_P + P_C)]s + \eta P_D h \frac{(P_P + P_C)(1 - e^2)}{(P_D + P_P + P_C)} + \mu Q_d^2 \frac{L}{E_p A_p} + C_3 Q_d$$

$\eta P_D h$: Energie de battage

η : rendement de battage ($0.75 < \eta < 1$)

$[Q_d - (P_D + P_P + P_C)] s$: Energie utile

part de l'énergie induisant l'enfoncement du pieu

$\eta P_D h^{(...)} /_{(...)}$: Perte d'énergie due au choc

e : coefficient de restitution de Newton

$e = 1$: choc élastique

$e = 0$: choc mou

$\mu Q_d^2 \frac{L}{E_p A_p}$: Perte due à la déformation élastique (pieu+sol)

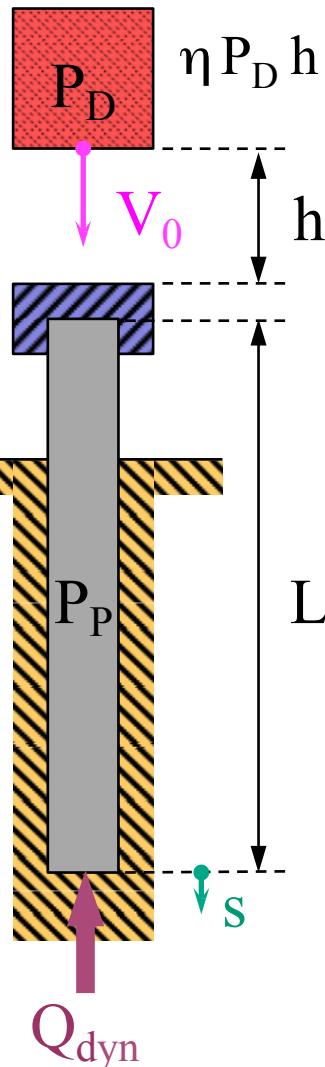
μ : coeff. de déformation élastique du pieu ($\mu = 0.5$)

$C_3 Q_d$: Autres pertes

vibrations, bruit, chaleur, endommagements divers...

Équation générale

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$$\eta P_D h = [Q_d - (P_D + P_P + P_C)]s + \eta P_D h \frac{(P_P + P_C)(1 - e^2)}{(P_D + P_P + P_C)} + \mu Q_d^2 \frac{L}{E_p A_p} + C_3 Q_d$$

$\eta P_D h$	$[Q_d - (P_D + P_P + P_C)] s$	$\eta P_D h^{(...)} / (...)$	$\mu Q_d^2 L / E_p A_p$	$C_3 Q_d$
Energie de battage	Energie utile	Perte d'énergie due au choc	Perte par travail élastique	Autres pertes

Hollandais	$\eta = 1$	$(P_D + P_P + P_C) \ll Q_d$	$e = 0$ (choc mou)	$\mu = 0$	$C_3 = 0$	6
Crandall	$\eta = 1$	$(P_D + P_P + P_C) \ll Q_d$	$e = 0$ (choc mou)	$\mu = 0.5$	$C_3 = 0$	4
Stern	$\eta = 1$	$[Q_d - (P_D + P_P + P_C)]$	$e \neq 0$	$\mu = 0.5$	$C_3 = 0$	3

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - Expression générale
 - Hollandais et Crandall
 - Hollandais modifiée et Stern
 - Exemple d'application
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
 3. Groupe de pieux

Diagramme de battage :Application

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Projet

- Charge statique admissible Q_{adm} par pieu: 800 kN

$$Q_{adm} = 800 \text{ kN}$$

Pieu en BA préfabriqué

- 12 m de longueur
- 40 x 40 cm de section
- 40 GN/m² de module

$$P_p = 48 \text{ kN}$$

$$E_p = 40 \text{ GN/m}^2$$

Battage

- mouton à chute libre de 40 kN
- hauteur de chute de 1 m
- casque en acier avec coussin de bois de 4 kN

$$P_D = 40 \text{ kN}$$

$$h = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$P_C = 4 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} (P_p + P_C) < P_D < (P_p + P_C) \quad \text{OK}$$

$$Q_{adm} = Q_{dyn} / 4 \rightarrow Q_d = 3200 \text{ kN}$$

Critère de refus

- Capacité portante dynamique Q_d d'après Crandall = 3200 kN
- avec tassement élastique calculé $s_0 = 8.1 \text{ mm}$
→ enfoncement permanent (refus) sous un coup de mouton $s = 1.38 \text{ mm}$
- avec tassement élastique mesuré $s_0 = 9 \text{ mm}$
→ enfoncement permanent (refus) sous un coup de mouton $s = 0.93 \text{ mm}$

$$S = \frac{1}{Q_{dyn}} \frac{h P_D^2}{(P_D + P_p + P_C)} - \frac{s_0}{2}$$

→ Critère de refus adopté par l'entreprise : $s < 1.15 \text{ mm / coup} \Leftrightarrow 90 \text{ coups / 10 cm}$

Diagramme de battage :Application

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Pieu en BA préfabriqué

- 12 m de longueur
- 40 x 40 cm de section

Battage

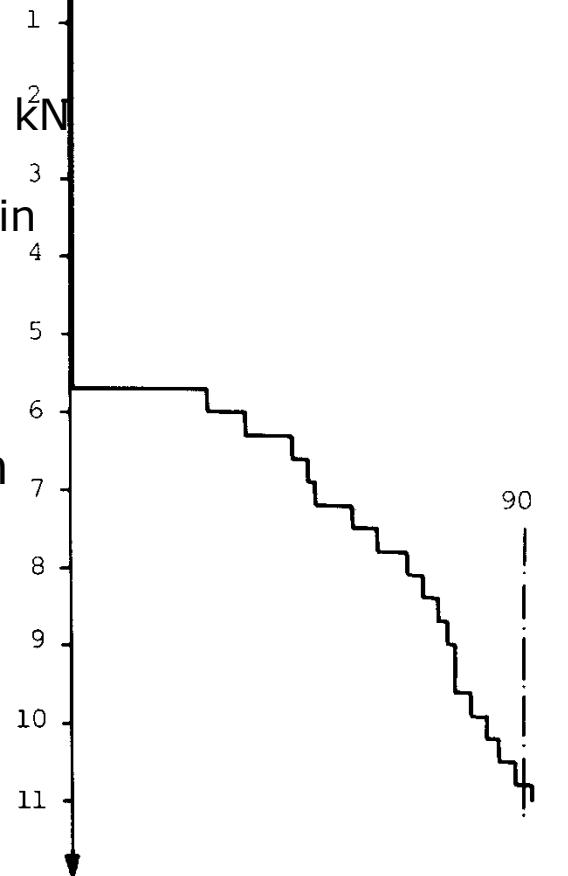
- mouton à chute libre de 40 kN
- hauteur de chute de 1 m
- casque en acier avec coussin de bois de 4 kN

Critère de refus adopté

- $s < 1.15 \text{ mm / coup}$
 $\Leftrightarrow > 90 \text{ coups / 10 cm}$
- Arrêt du battage lorsqu'il faut plus de 90 coups pour enfoncer le pieu de 10 cm

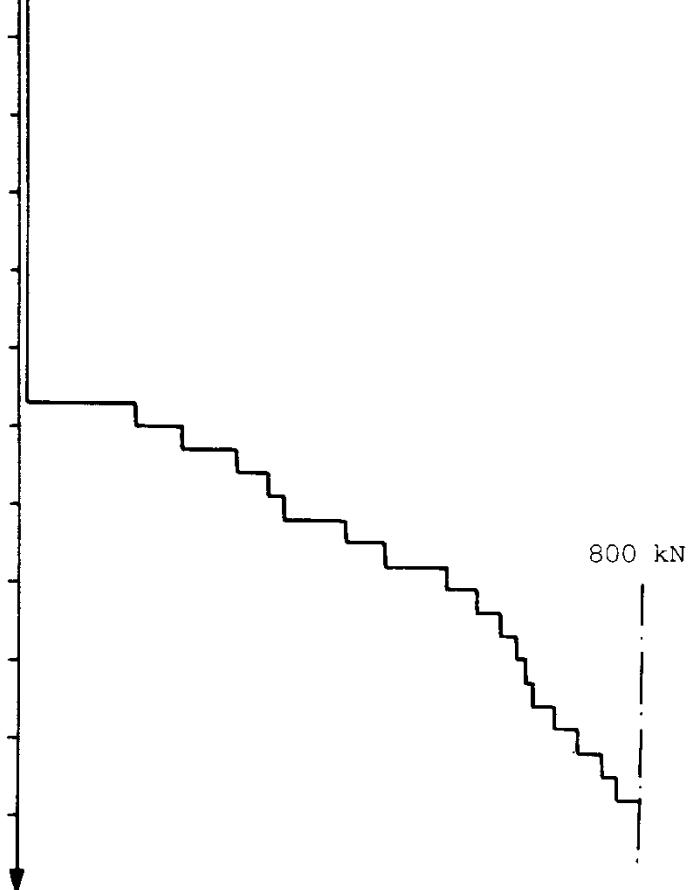
Nombre de coups pour 10 cm d'enfoncement
(chute d'un mètre)

2 3 4 5 10 20 30 50 100



Capacité portante en kN
d'après Crandall

200 400 600 800 kN



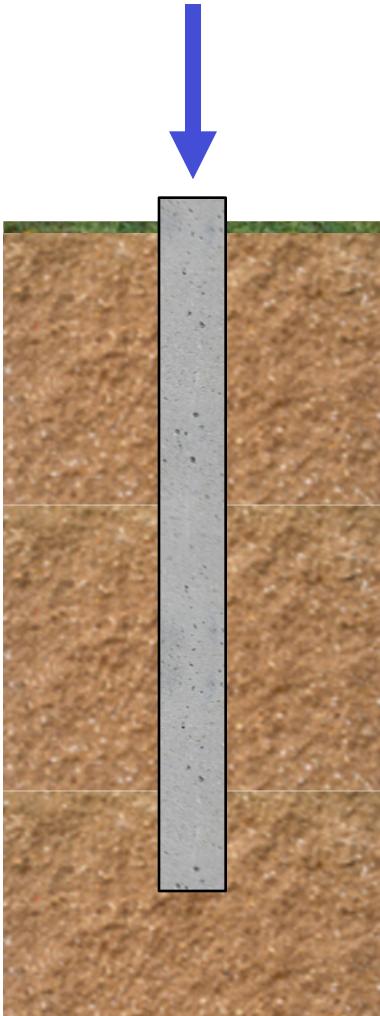
Fondations sur pieux

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

1. Introduction
2. Calcul d'un pieu isolé
 1. Introduction
 2. Capacité portante
 - 2.2.1 Mécanisme de rupture et facteurs influents
 - 2.2.2 Calcul à partir d'essais de laboratoire
 - 2.2.3 Calcul à partir d'essais in situ
 - 2.2.4 Estimation par formules de battage
 - 2.2.5 Vérification de la capacité portante
 - 2.2.6 Exemples de calcul
 3. Tassement
 4. Vérification et contrôle
 5. Frottement négatif
3. Groupe de pieux

Sources d'incertitude

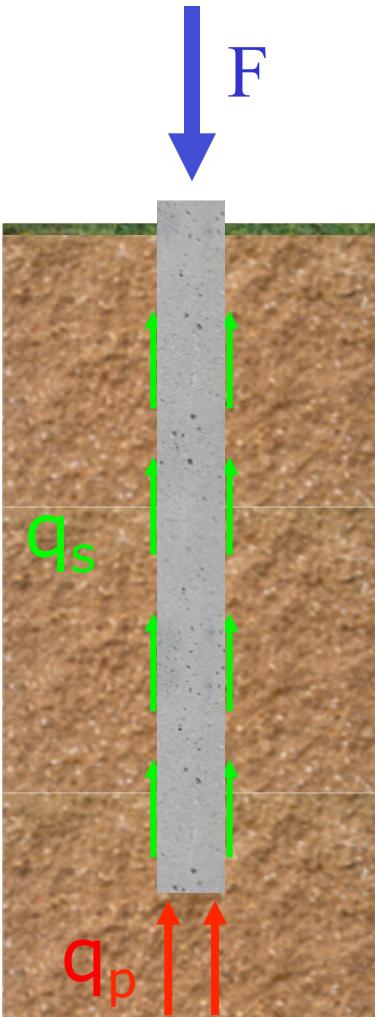
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



- Actions (sollicitations)
- Caractéristiques du terrain
- Matériau constitutif du pieu
- Qualité d'exécution du pieu
- Mécanisme de rupture et modèle de calcul

Vérification de la sécurité structurale externe selon la SIA 267

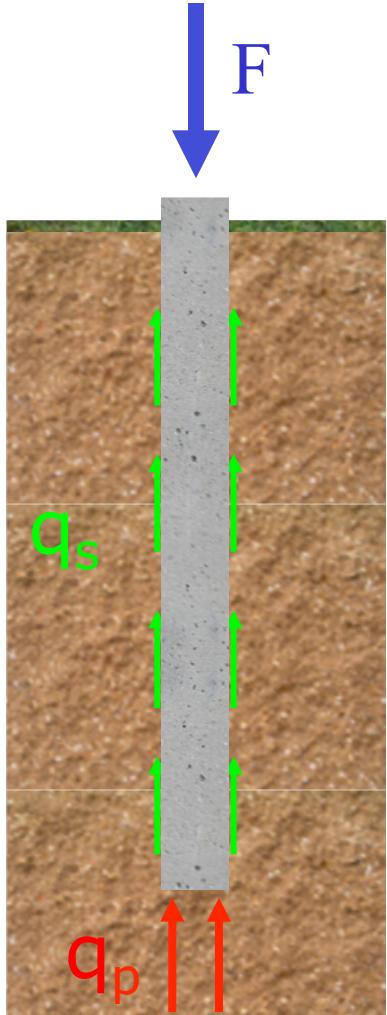
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$F_d = \gamma_F \cdot F_k$	Facteur de charge γ_F	Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes - à effet défavorable - à effet favorable	$\gamma_{G, \text{sup}} =$ $\gamma_{G, \text{inf}} =$	1,10 0,90	1,35 0,80	1,00 1,00
Actions variables - en général - charges dues au trafic routier - charges dues au trafic ferroviaire	$\gamma_Q =$ $\gamma_Q =$ $\gamma_Q =$	1,50 1,50 1,45	1,50 1,50 1,45	1,30 1,30 1,25
<i>Actions du sol de fondation</i> Poids des terres - à effet défavorable - à effet favorable	$\gamma_{G, \text{sup}} =$ $\gamma_{G, \text{inf}} =$	1,10 0,90	1,35 0,80	1,00 1,00
Poussée des terres - à effet défavorable - à effet favorable	$\gamma_{G,Q, \text{sup}} =$ $\gamma_{G,Q, \text{inf}} =$	1,35 0,80	1,35 0,70	1,00 1,00
Pression hydraulique - à effet défavorable - à effet favorable	$\gamma_{G,Q, \text{sup}} =$ $\gamma_{G,Q, \text{inf}} =$	1,05 0,95	1,20 0,90	1,00 1,00

Vérification de la sécurité structurale externe selon la SIA 267

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$$E_d \leq R_{a,d} = \frac{\eta_a \cdot R_{a,k}}{\gamma_{M,a}}$$

$R_{a,d}$: valeur de calcul de la résistance ultime externe du pieu

$R_{a,k}$: valeur caractéristique de la résistance externe du pieu

η_a : facteur de conversion tenant compte des incertitudes de détermination de la résistance externe

$\gamma_{M,a}$: coefficient de résistance pour la résistance externe tenant compte des incertitudes suivantes :

- variations des propriétés du terrain dans la zone concernée par rapport aux valeurs caractéristiques admises
- pertes minimales de résistance se produisant lors de l'exécution
- imprécisions d'exécution inhérentes à la méthode d'exécution

Rem. : Il est admis que les pieux sont exécutés selon les règles de l'art. Une limitation de la capacité portante due à une exécution déficiente n'est pas couverte par le facteur de résistance $\gamma_{M,a}$

- imprécisions du modèle de résistance

Facteur de conversion fonction du mode de détermination de la résistance ultime externe

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

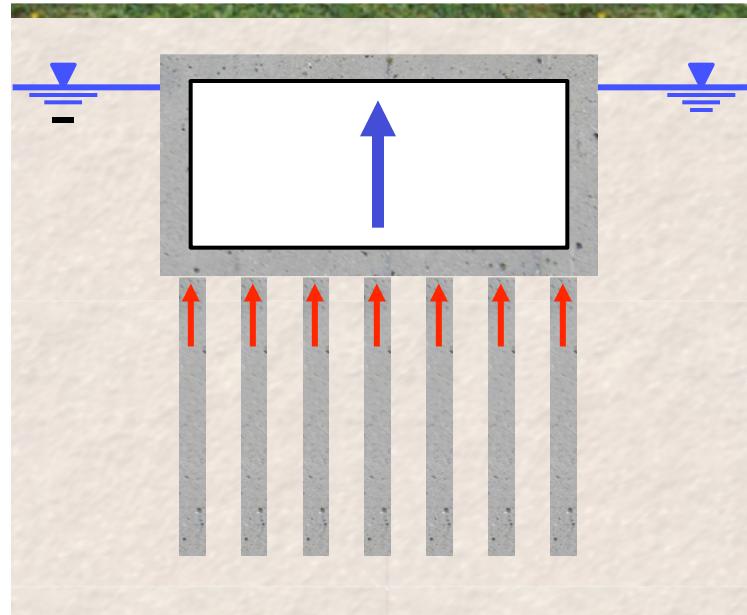
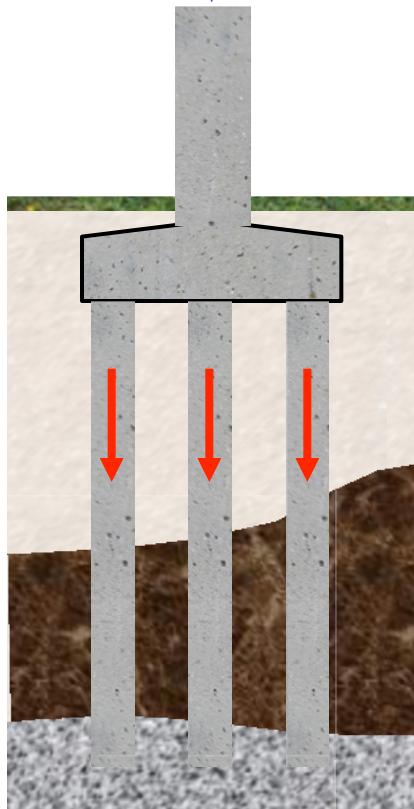
- Essai de chargement statique : $\eta_a \leq 1.0$
- Prise en considération d'expériences comparables (sols et pieux) : $\eta_a \leq 0.9$
- Calcul de la capacité portante : $\eta_a \leq 0.7$

(Détermination peu fiable : $\eta_{a,min} = 0.5$)

Coefficient de résistance selon le mode de travail du pieu

pieux en
compression

$$\gamma_{M,a} = 1.3$$

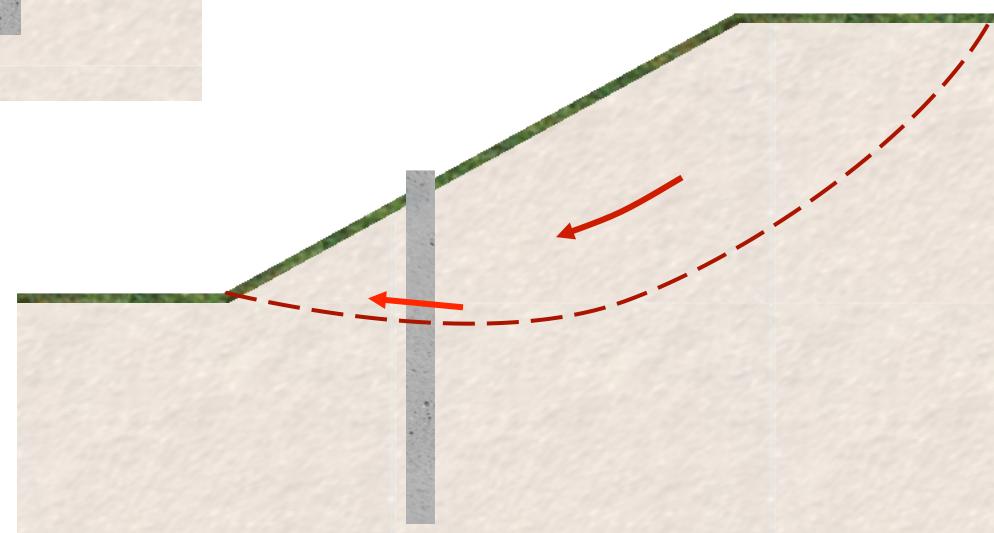


pieux
en traction

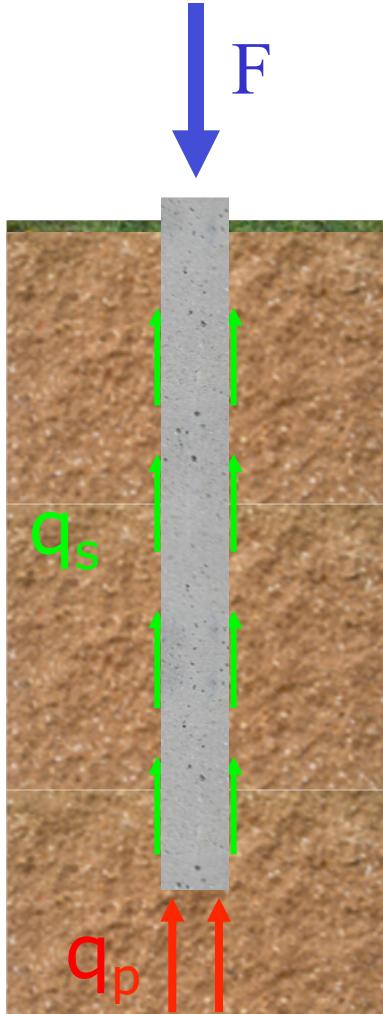
$$\gamma_{M,a} = 1.6$$

pieux en cisaillement

$$\gamma_{M,a} = 1.4$$



Vérification de la sécurité structurale interne selon la SIA 267



$$E_d \leq R_{i,d} = \eta_i \cdot R_{mat,d}$$

$R_{i,d}$: valeur de calcul de la résistance ultime interne du pieu

$R_{mat,d}$ valeur de calcul de la résistance ultime interne du matériau constituant le pieu. $R_{mat,d}$ est déterminée avec les valeurs de résistance des matériaux données par les normes SIA 262 à 265

- Béton avec exigences normales C20/25
- Béton avec exigences élevées C25/30

η_i : facteur de conversion tenant compte des réductions de résistance résultant de l'exécution du pieu

- généralement : $\eta_i = 0.80$
- Avec contrôle fiable de l'intégrité ou contrôle direct des matériaux mis en place $\eta_i \leq 0.90$