

# **Fondations sur pieux - 1**

Brice lecampion

**EPFL**



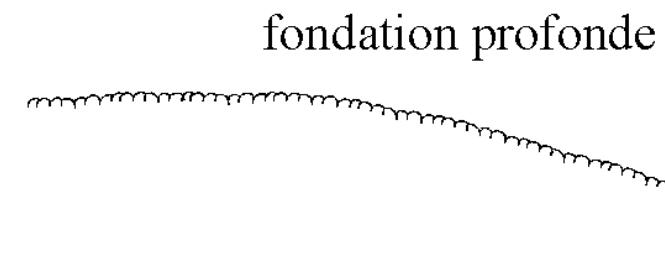
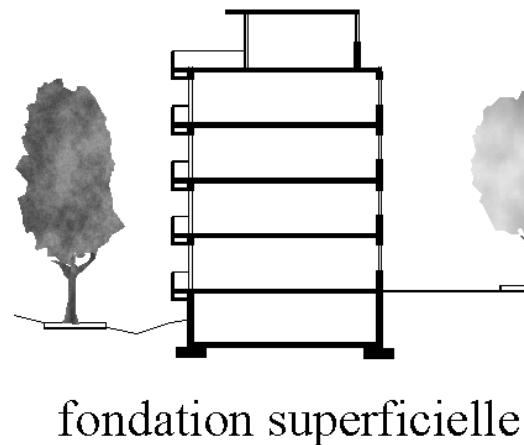
# Fondations sur pieux

---

1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
  1. Pieux avec refoulement du sol
    1. Pieux battus
    2. Autres pieux à refoulement
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pour un pieu isolé
5. Groupe de pieux

# Critères de choix du type de fondations

Si la charge transmise par l'ouvrage ne peut être reprise par les couches superficielles du sol (*mauvais terrains, charge concentrée élevée, sol compressible, etc...*), on est amené à chercher un sol de meilleure qualité en profondeur.

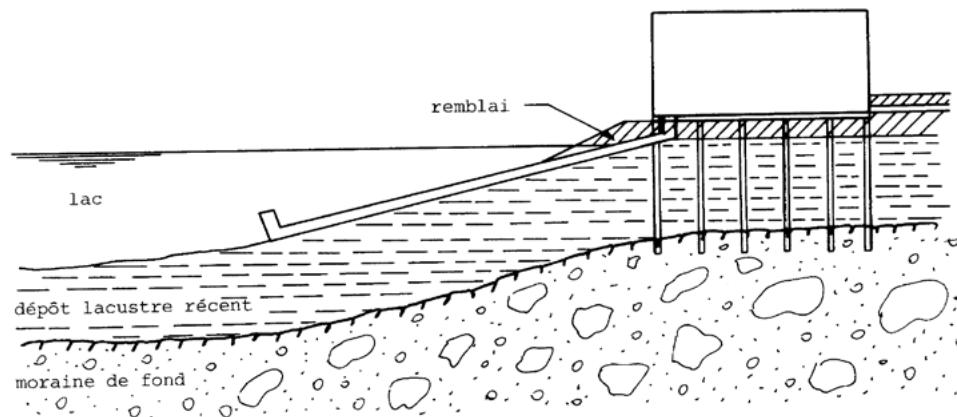


## → Fondations profondes

- pieux ( $L > 3\text{m}$  et  $L/D > 6$ )
- puits
- éléments de parois moulées

# Raisons d'un recours à des fondations profondes

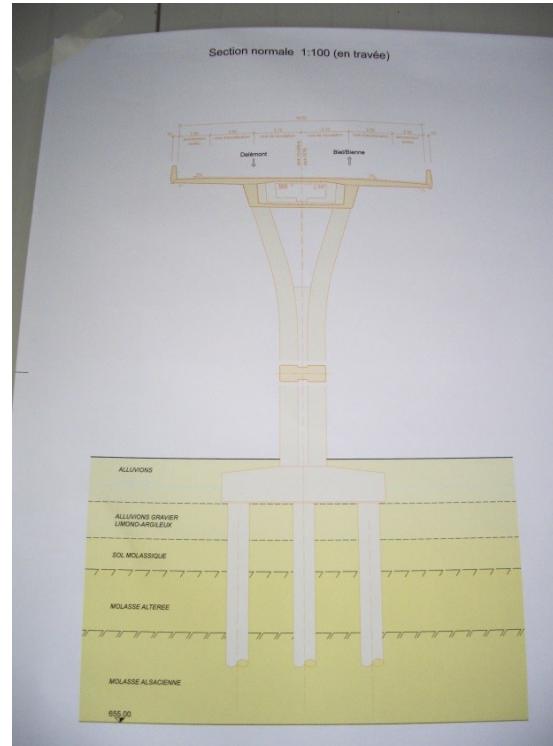
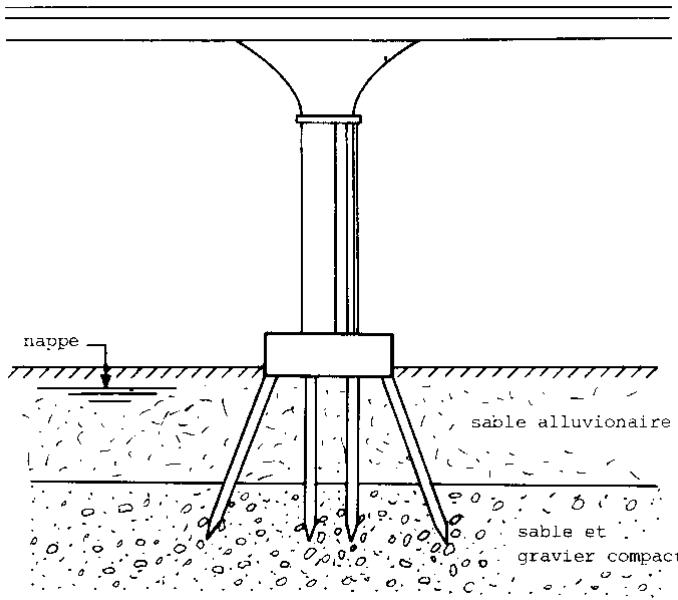
- **Recherche d'une couche de capacité portante plus élevée**



Nécessité de transmettre les charges de l'ouvrage à des formations du sous-sol de meilleure qualité, notamment une résistance à la rupture élevée et une faible compressibilité

# Raisons d'un recours à des fondations profondes

## - Charge concentrée importante

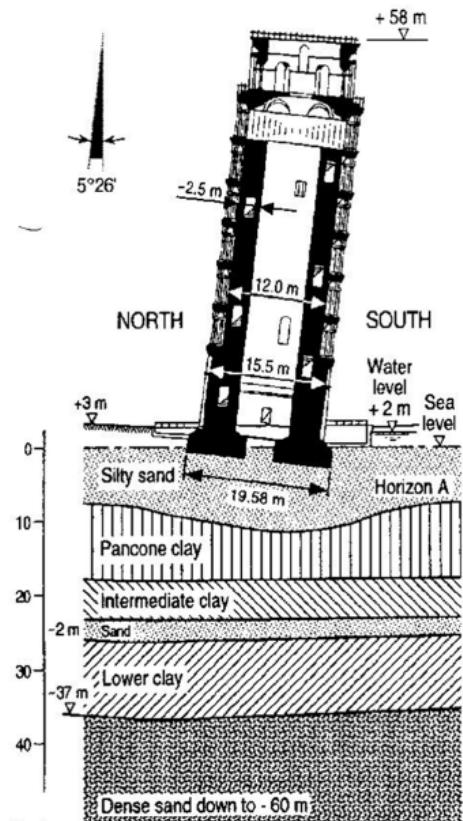
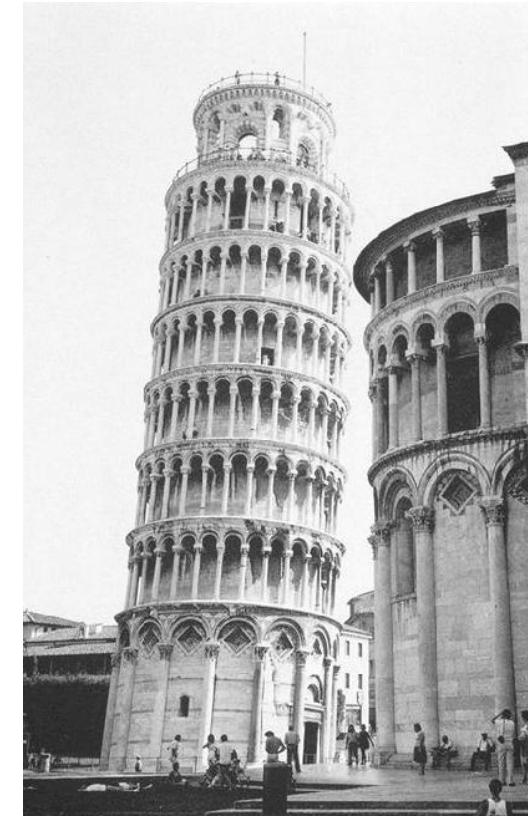
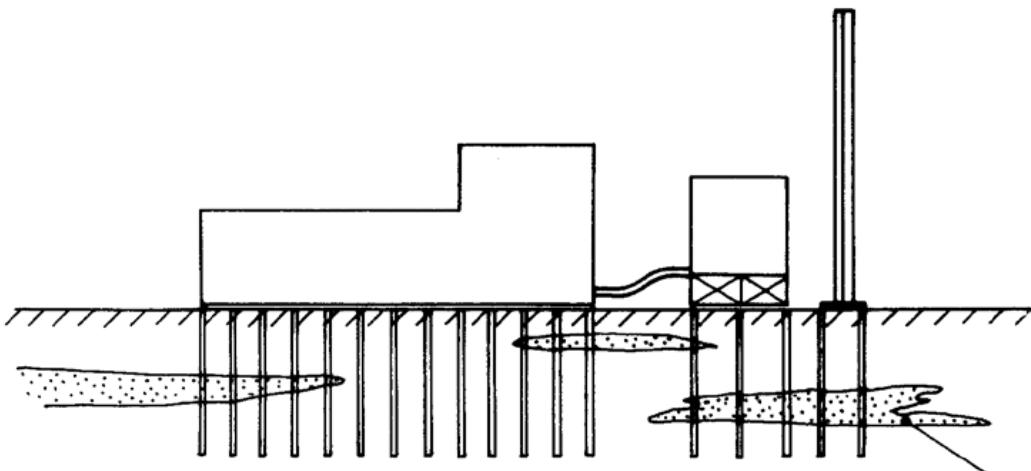


## Viaduc de Chaluet (Transjurane)

Des charges concentrées nécessitent souvent des fondations profondes pour obtenir la sécurité nécessaire vis-à-vis du poinçonnement **et** pour réduire les tassements

# Raisons d'un recours à des fondations profondes

- **Limitation de tassements différentiels**



La réduction des tassements différentiels pour des ouvrages fondés sur un sol non homogène peut être réalisée à l'aide de fondations profondes

# Fondations sur pieux

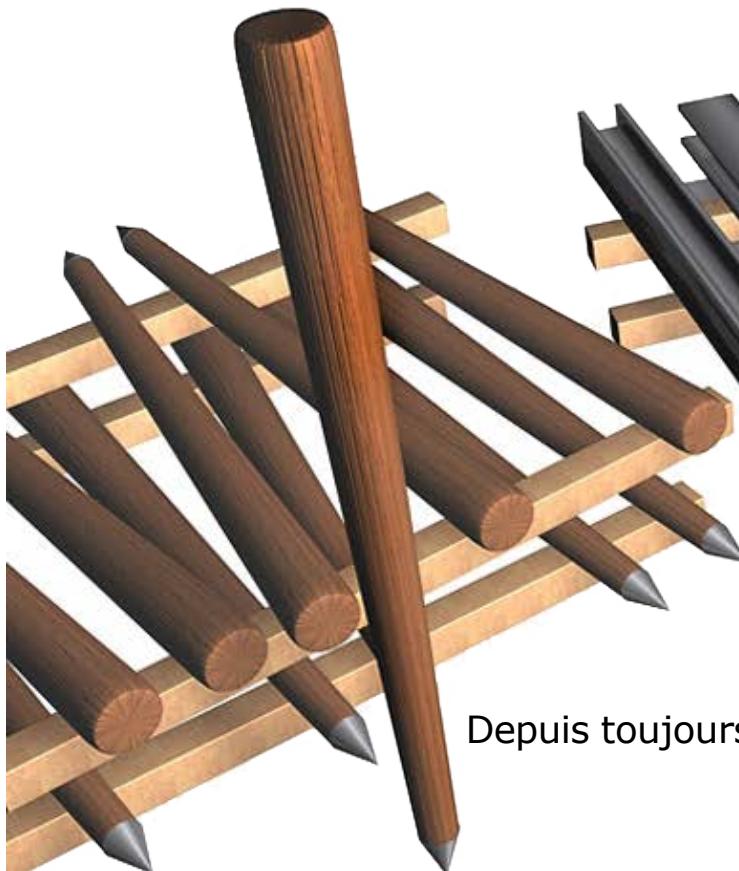
---

1. Critères de choix du type de fondations
2. **Classification des pieux**
3. Description
  1. Pieux avec refoulement du sol
    1. Pieux battus
    2. Autres pieux à refoulement
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pour un pieu isolé
5. Groupe de pieux

# Classification selon le type de matériau

---

- **Bois**



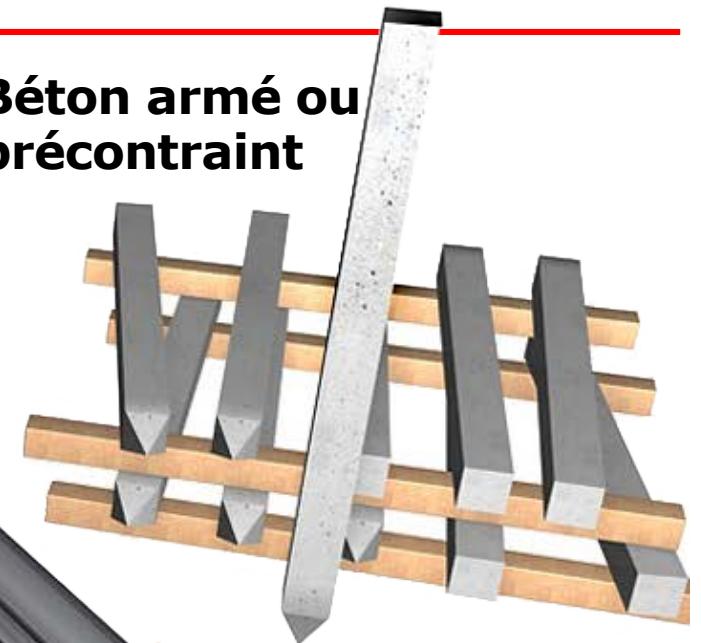
Depuis toujours...

- **Acier**



XIX<sup>ème</sup> siècle

- **Béton armé ou précontraint**



XX<sup>ème</sup> siècle

# Classification selon l'emplacement de fabrication

---

Construction **avant** la mise en place



Construction **lors de** la mise en place



**Pieu préfabriqué**

9



**Pieu moulé dans le sol**

# Classification selon la méthode de mise en œuvre

---

## - Battage

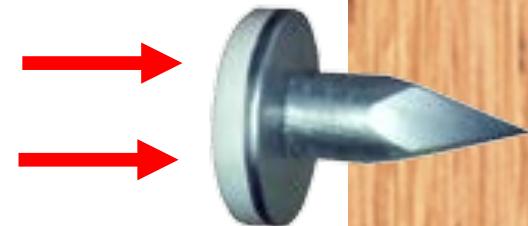


Depuis toujours...



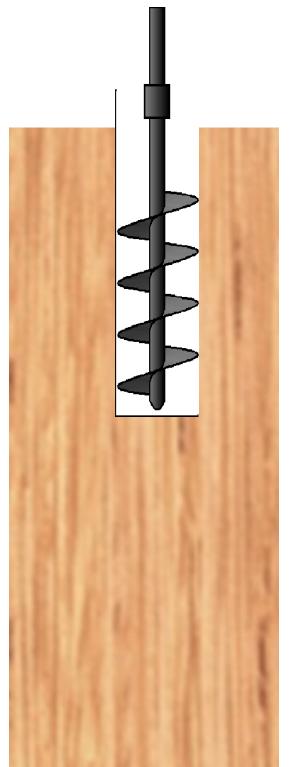
## - Fonçage

XX<sup>ème</sup> siècle



## - Forage

XX<sup>ème</sup> siècle



# Classification selon l'effet sur le terrain encaissant

## - Pieu à refoulement

## Pieu sans refoulement



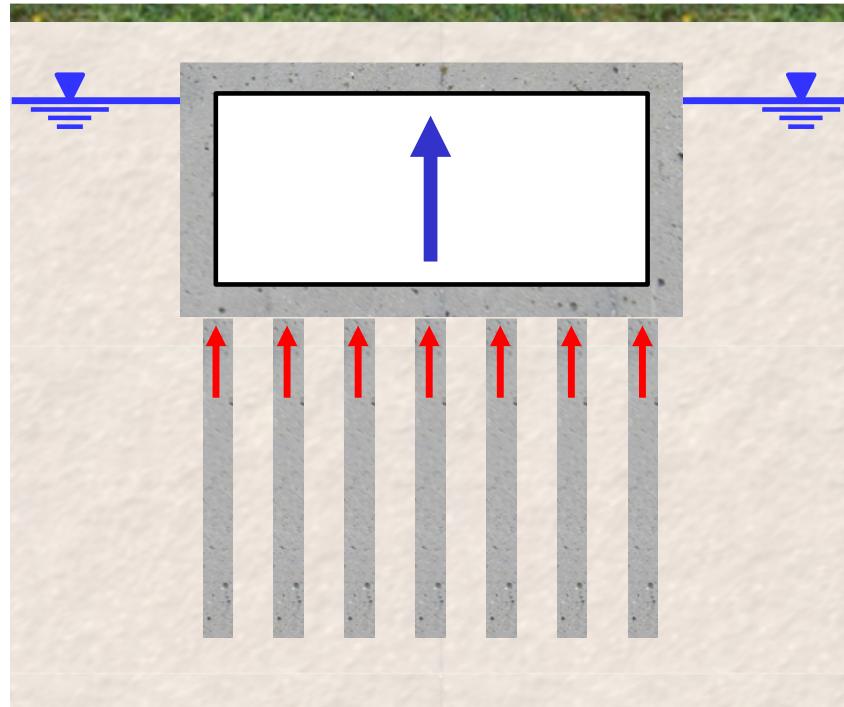
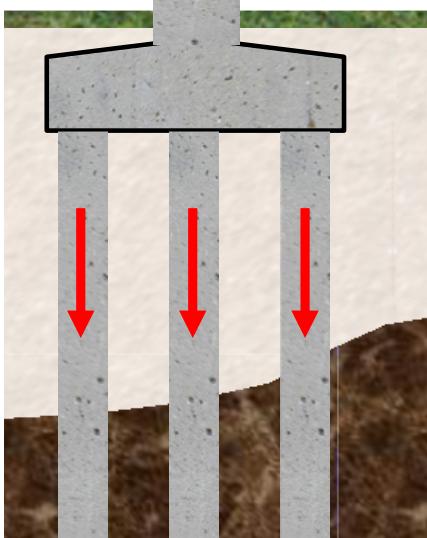
Sol refoulé par le pieu

Volume du pieu égal au  
volume de sol extrait

# Classification selon le mode de travail du pieu

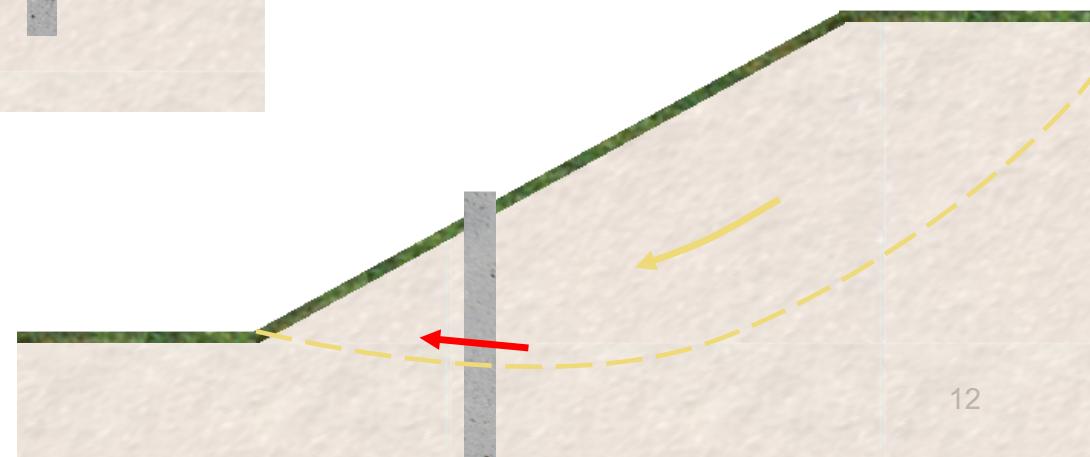
---

**pieux en  
compression**



**pieux  
en traction**

**pieux en cisaillement**



# Classification selon le mode de transmission des efforts au massif de fondation

**pieu colonne**

ou

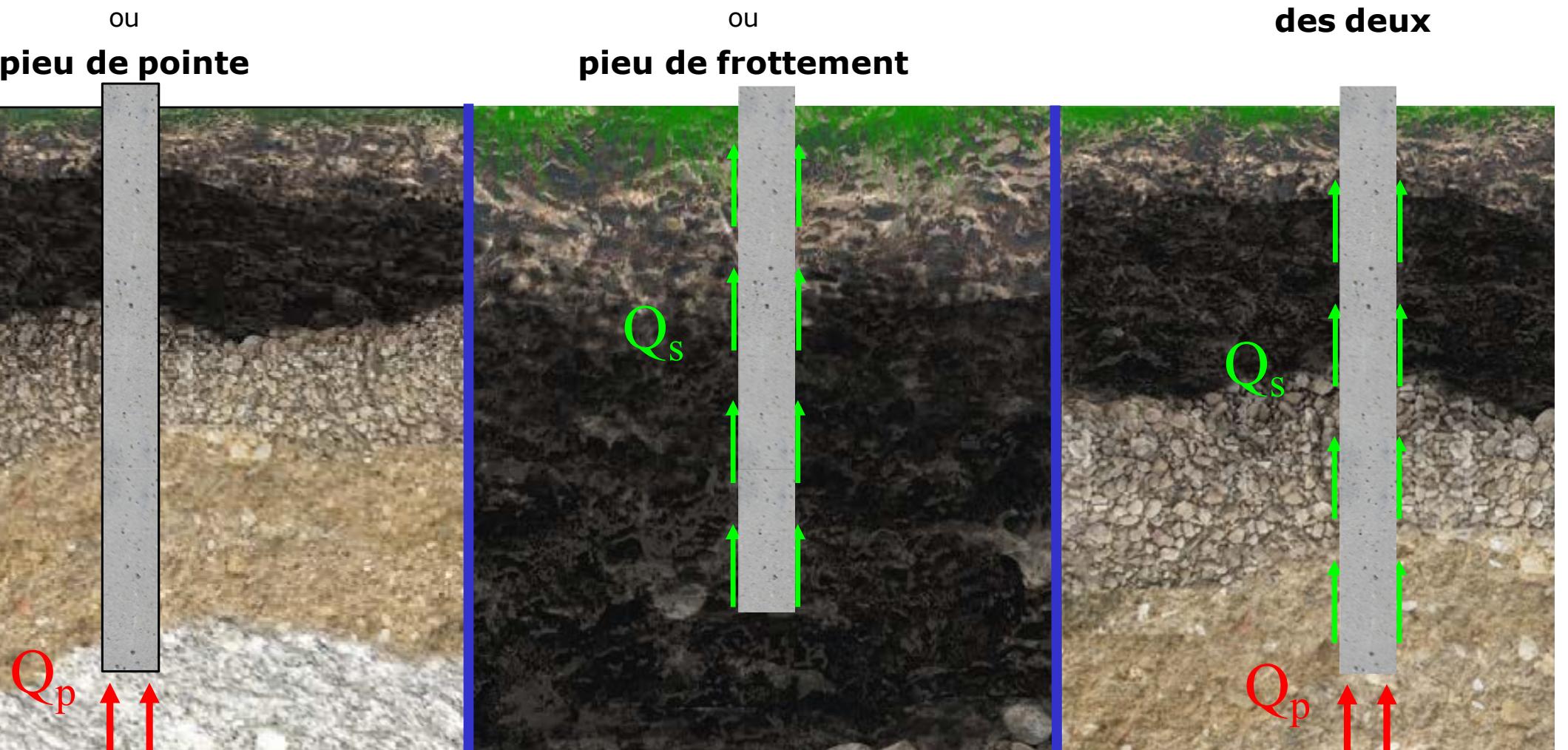
**pieu de pointe**

**pieu flottant**

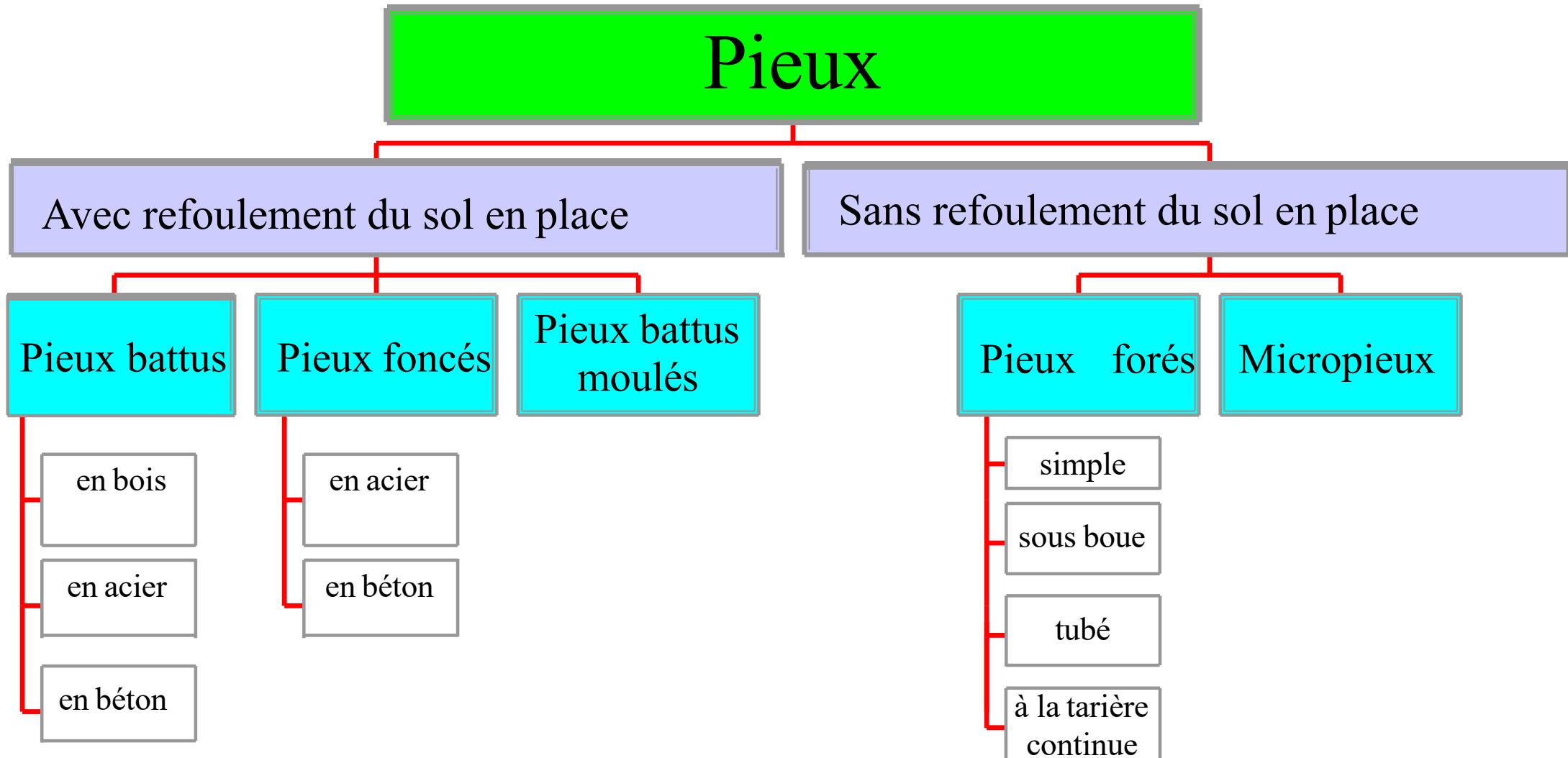
ou

**pieu de frottement**

**Combinaison  
des deux**



# Classification des pieux



---

# Description des pieux battus

# Fondations sur pieux

---

1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
  1. **Pieux avec refoulement du sol**
    1. Pieux battus
    2. Autres pieux à refoulement
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

# Types de pieux battus

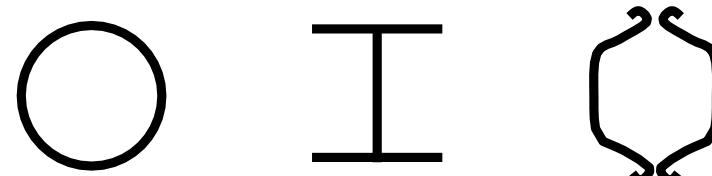
---

En bois



Diamètre: 20 à 45 cm  
Longueur: 5 à 20 m

En acier



Diamètre: 20 à 45 cm  
Longueur: 10 à 20 m (30 m)

En béton armé ou précontraint



Diamètre: 20 à 55 cm  
Longueur: 10 à 20 m (30 m)

# Pont(s) de César sur le rhin

---

- cf La guerre des Gaules

55 BC and 53 BC

Longueur ~400m

Largeur 7-9m

Profondeur de la riviere ~9m

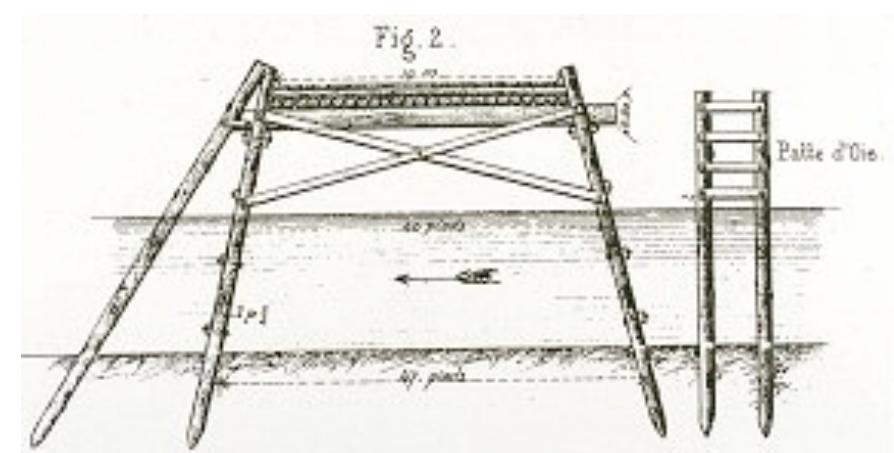
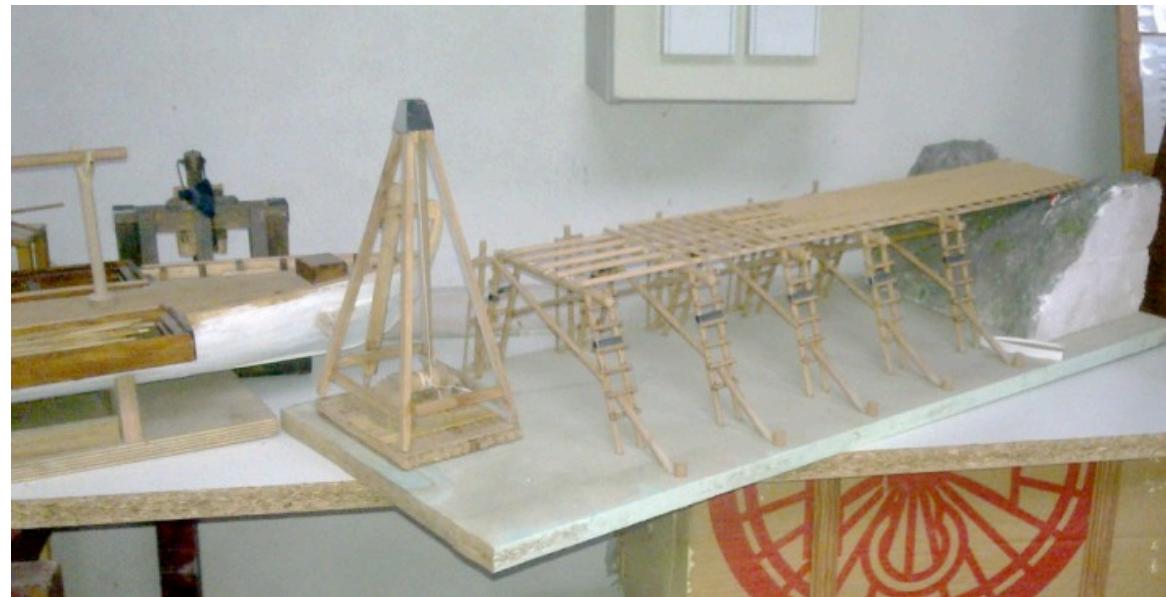
Sonette de battage sur radeau

54 palées

56 travées de ~7.7m

Construction en “qq jours”

Destruction volontaire après 3 semaines.



# Types de pieux battus

---

## En bois

(pour ouvrages provisoires)



**Préparation de la tête et du pied (sabot) des pieux**



Pont provisoire érigé par les troupes du Génie

# Types de pieux battus

---

## En acier



Poutrelles battues dans une moraine compacte

L'inclinaison (ici 15°) est favorable pour la reprise d'efforts inclinés



Saint-Julien en Genevois  
Autoroute A42

# Types de pieux battus

---

## En béton armé



Pieux centrifugés Gram reportant les charges dans une couche de moraine compacte sous des dépôts glacio-lacustres



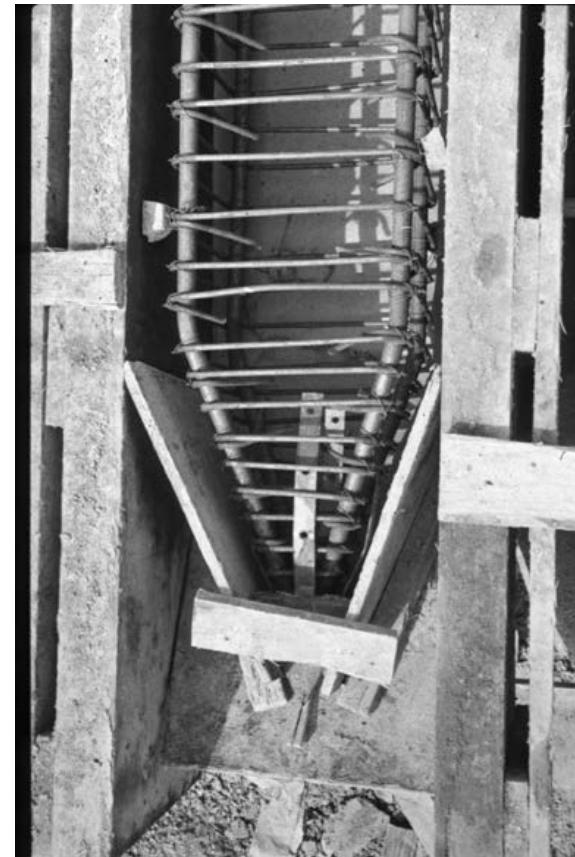
Ponton  
pour le  
port  
de  
Morges

# Types de pieux battus

---

## En béton armé

Centrale thermique du Havre



# Types de pieux battus

---

## En béton armé



Centrale  
thermique  
du Havre

# Mode de battage

---

## Sonnette de battage

- Sur terre ferme
- Sur ponton flottant



# Mode de battage

---



**Sonnette de  
battage**

sur terre ferme

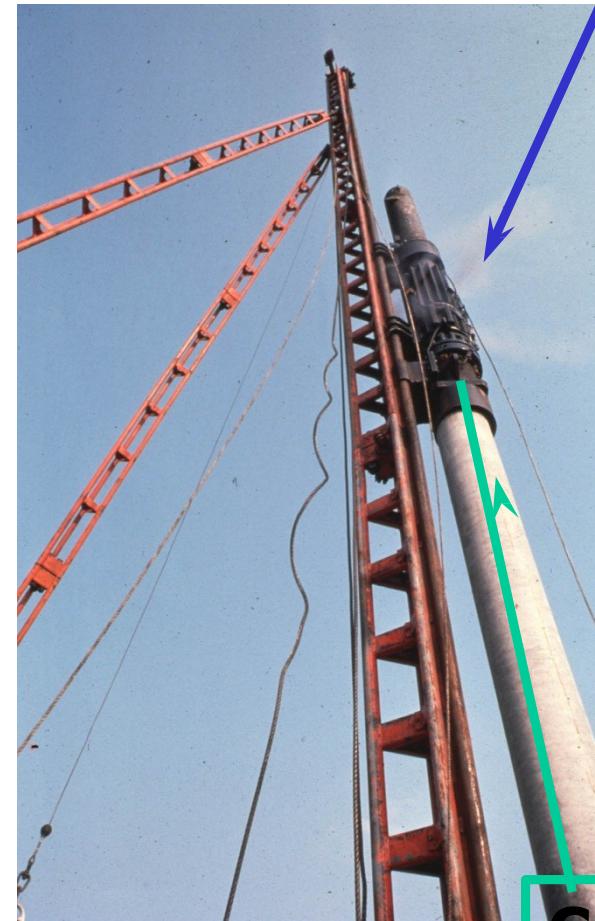
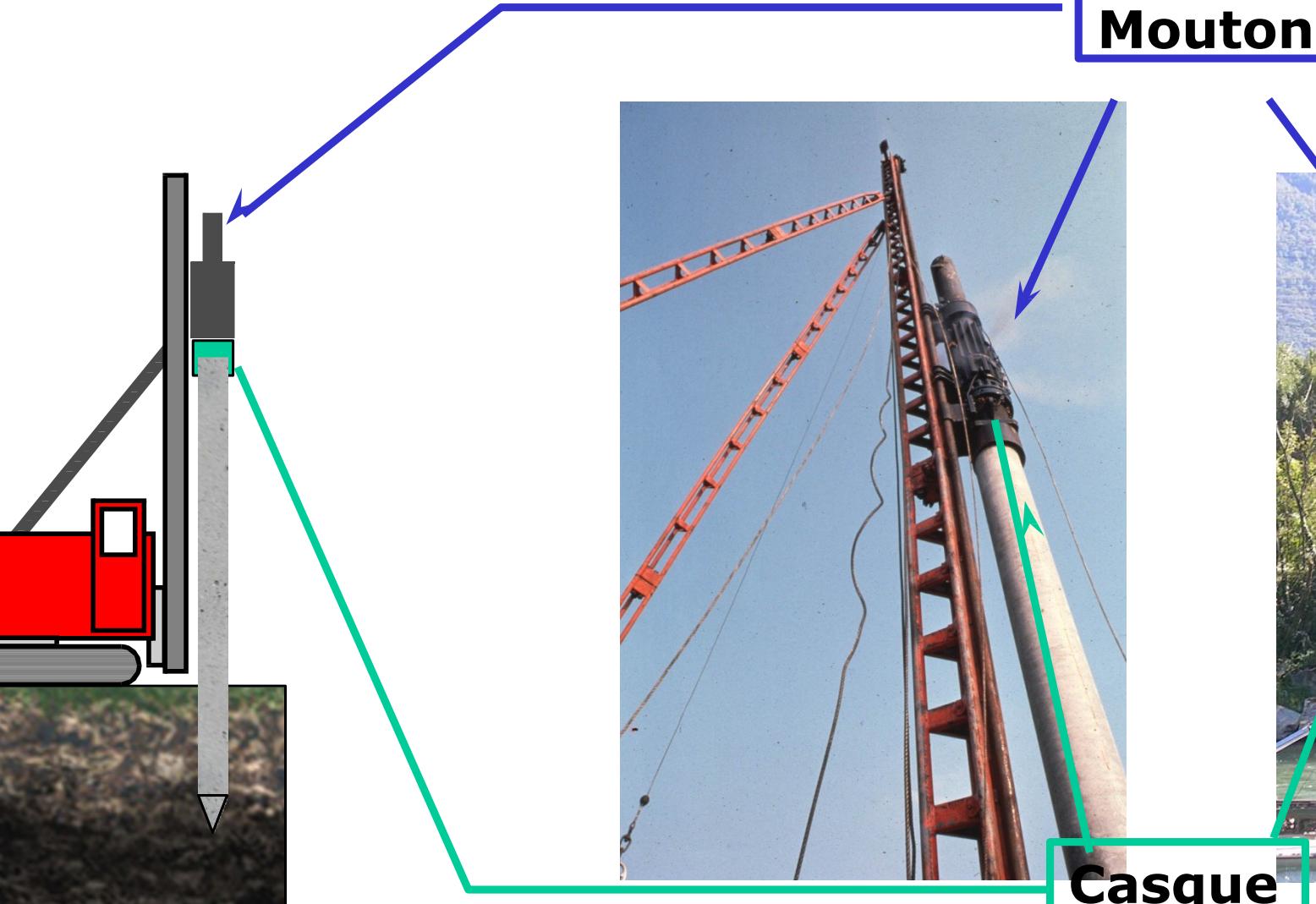
sur ponton flottant





# Mode de battage

Mouton

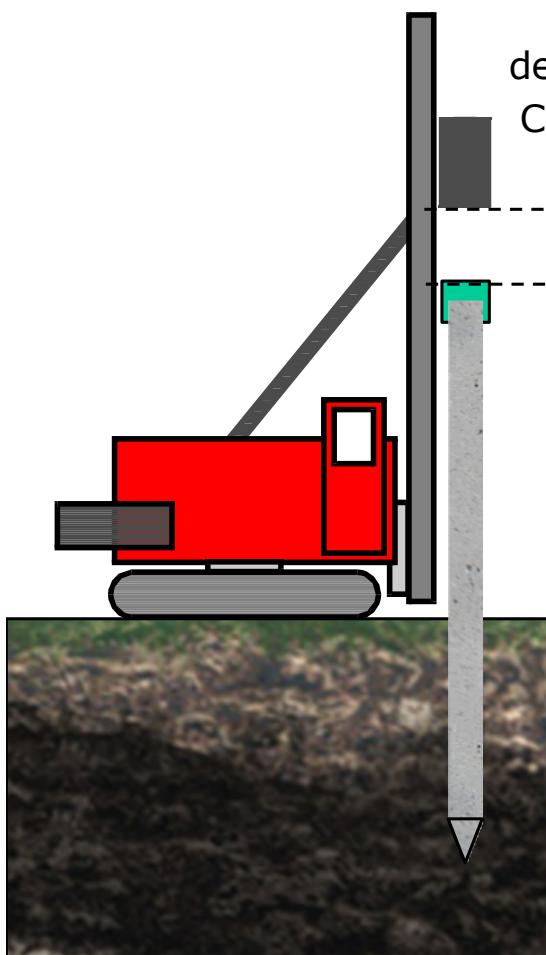


Casque



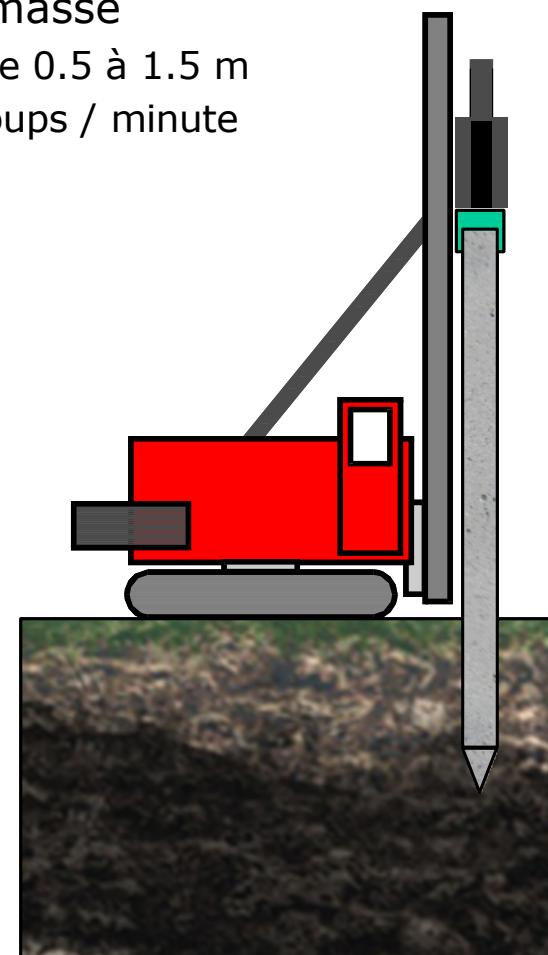
# Mode de battage

Auparavant



Chute libre d'une masse  
de quelques tonnes ( $\rightarrow 5$ ) de 0.5 à 1.5 m  
Cadence lente de 5 à 10 coups / minute

Actuellement



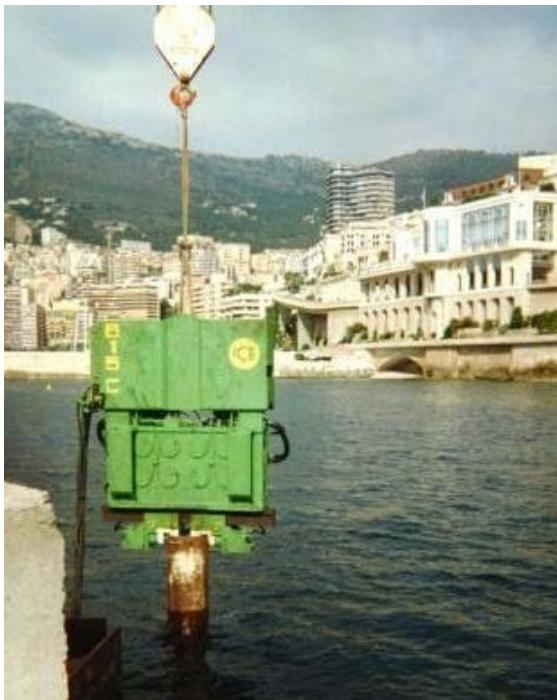
- Moutons
- Diesel
  - Air comprimé
  - hydraulique
- à
- simple effet
  - double effet

Cadence  $\approx 150$  coups / minute

# Vibro-fonçage de tubes et profilés métalliques

---

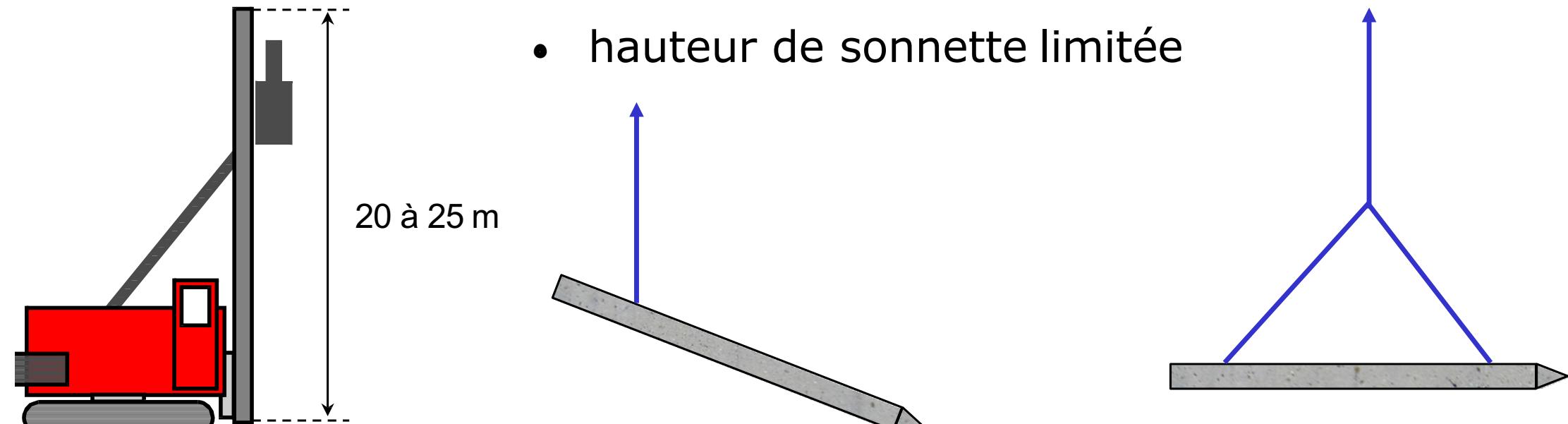
Masse vibrante avec moment excentrique  
→ mise en place et arrachage d'éléments métalliques



# Mise en œuvre pas toujours aisée

## Manutention difficile (surtout pour les pieux en béton armé)

- Fabrication, stockage, transport, levage
- hauteur de sonnette limitée



⇒ limitation de la hauteur du pieu (20 à 25 m) ...

# Capacité portante limitée

---

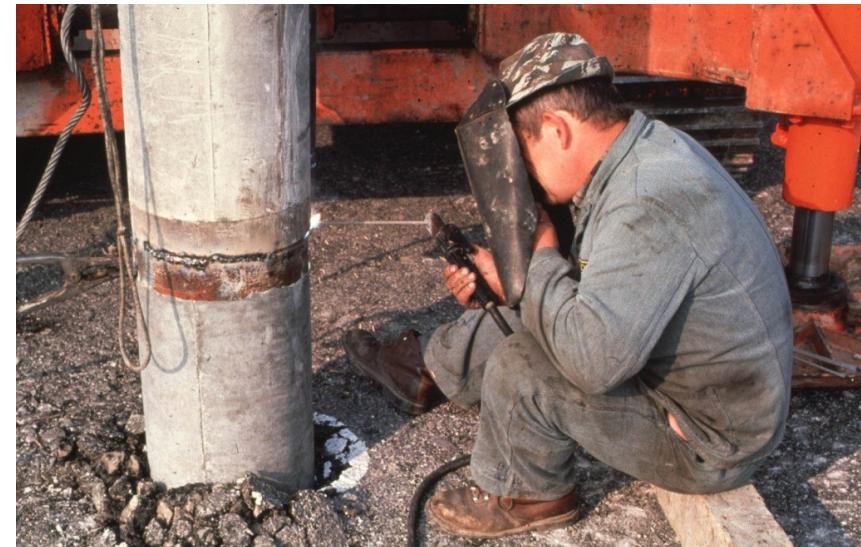
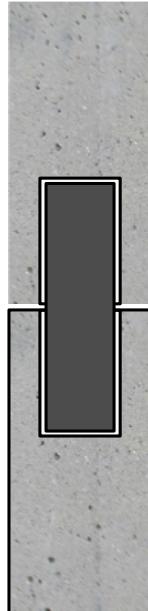
Limitation de la hauteur du pieu

(20 à 25 m) ...

... sauf si assemblage par soudure, enture ...

*Enture:*

*assemblage par entailles de deux pièces disposées bout à bout*



et limitation de la section du pieu (maximum 50 cm de côté) ...



## Capacité portante limitée

**Bois: 10 à 30 Tonnes**  
**Acier: 40 à 150 Tonnes**  
**Béton: 25 à 200 Tonnes**

## Inconvénients

## Avantages

# Avantages et inconvénients des pieux battus

- Economiques
    - rapidité de mise en œuvre: jusqu'à 200 m/jour
  - Inclinaison possible ( jusqu'à 30°, voire 45° )
    - ⇒ plus adéquats pour reprendre des charges inclinées
  - Vérification de la capacité portante à l'exécution
  - Refoulement du sol favorable pour le dimensionnement
- 
- Bruits, vibrations ( moindres si vibro-fonçage )
  - Risque d'endommagement lors de la mise en place ( destruction de la tête ou du pied )
  - Manutention difficile
    - ⇒ longueur et section limitées ⇒ capacité portante limitée

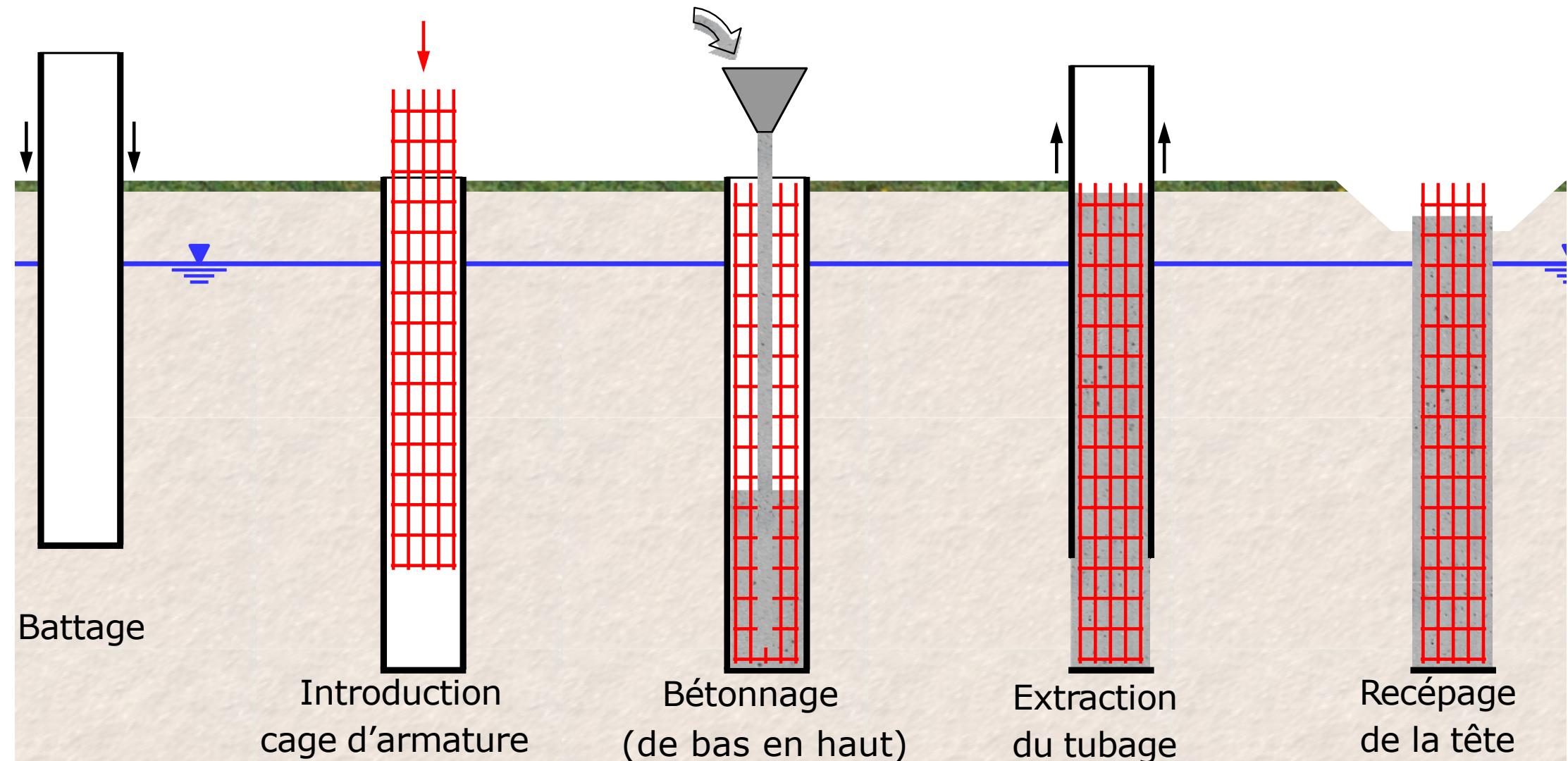
# **AUTRES PIEUX AVEC REFOULEMENT DU SOL**

# Fondations sur pieux

---

1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
  1. Pieux avec refoulement du sol
    1. Pieux battus
    2. **Autres pieux à refoulement**
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

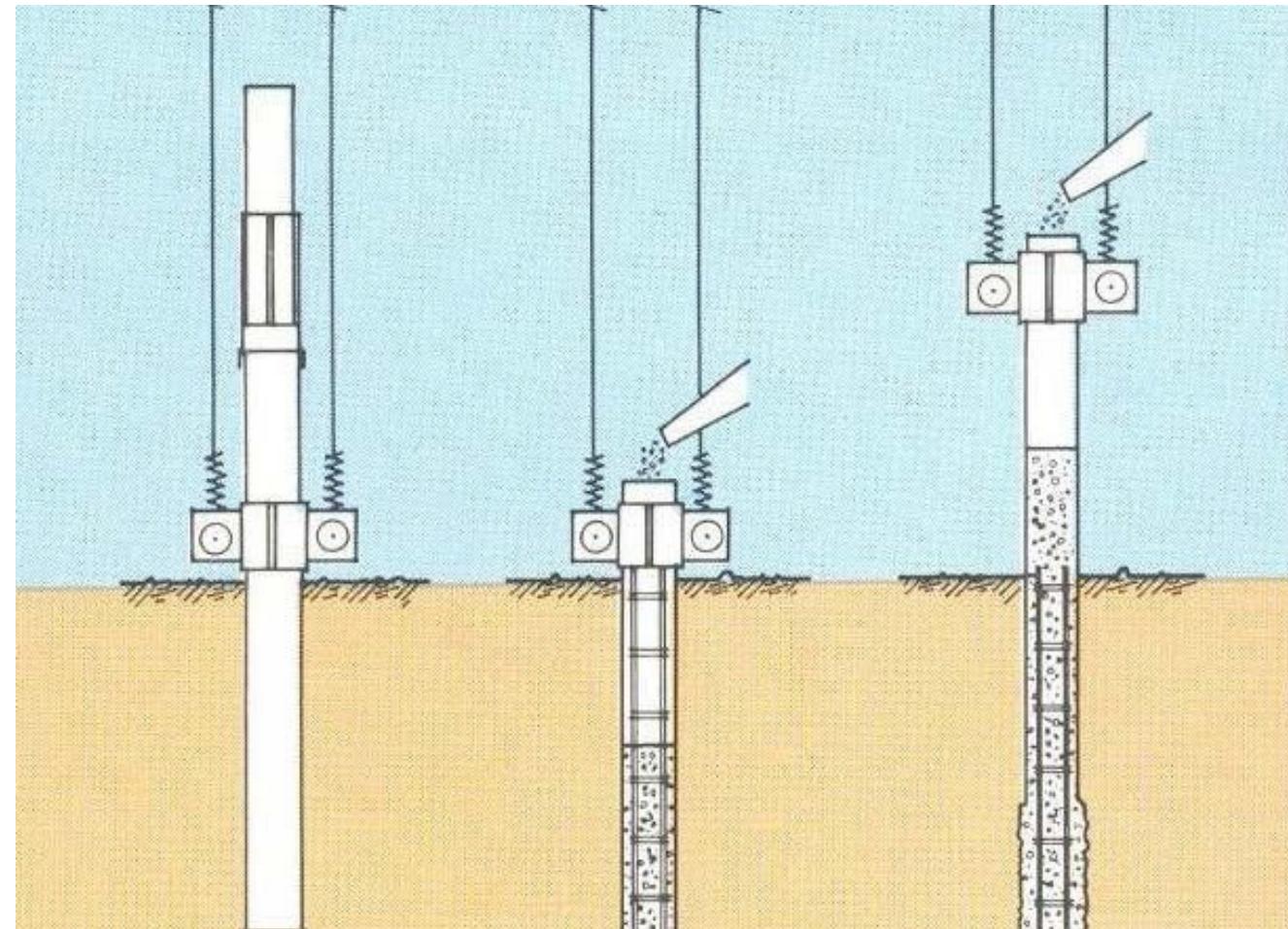
# Exécution des pieux battus moulés



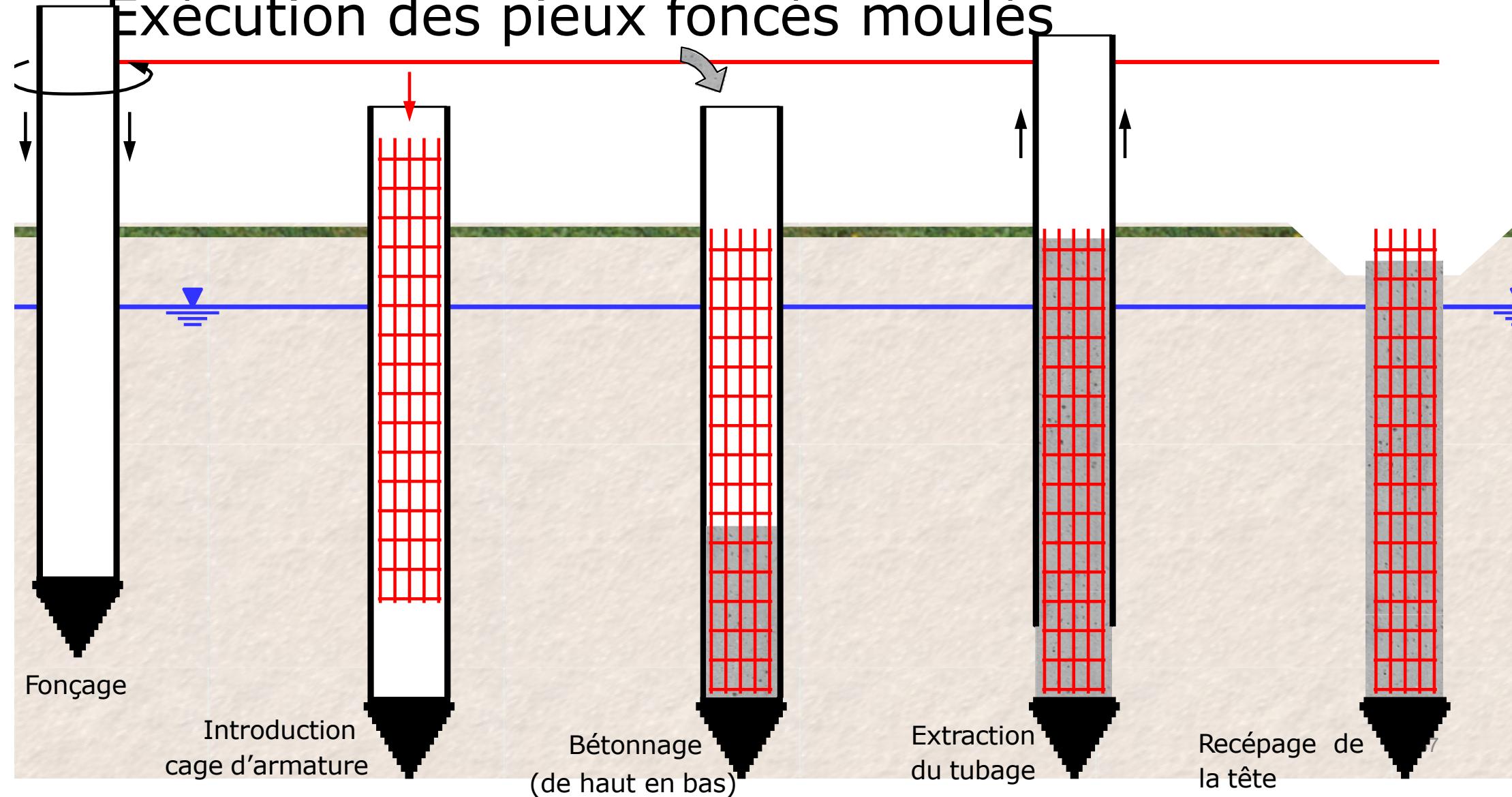
# Pieux vibrés moulés



Pieux Vibrex



# Exécution des pieux foncés moulés



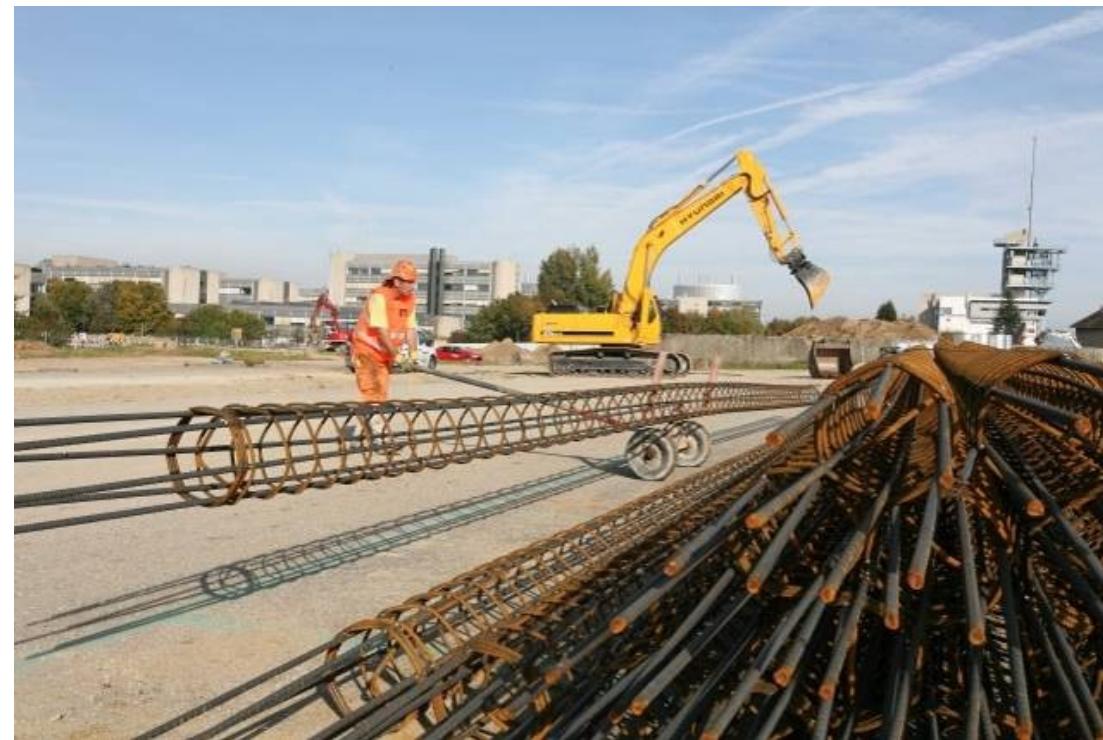
# Pieux foncés moulés

---



© EPFL | Alain Herzog

Pieux Fundex  
Learning Center EPFL



# Pieux foncés moulés

---



Pieux Fundex  
Learning Center EPFL





# **DESCRIPTION DES PIEUX FORÉS**

# Fondations sur pieux

---

1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
  1. Pieux avec refoulement du sol
    1. Pieux battus
    2. **Autres pieux à refoulement**
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

# Type de matériau pour les pieux forés

En bois



**Non !**

En acier



**Non !**

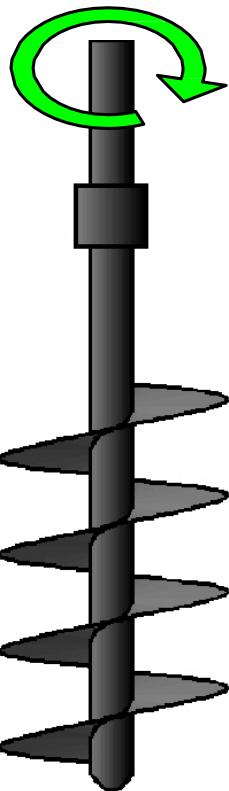
En béton armé ? ou  
précontraint ?



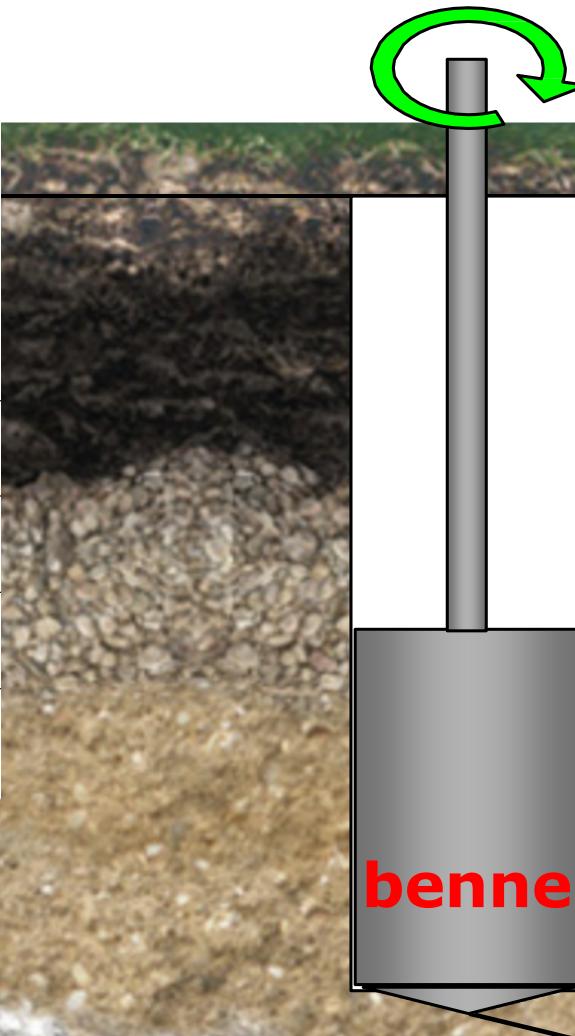
⇒ pieux avec une section pleine en béton armé

# Outils de forage

---

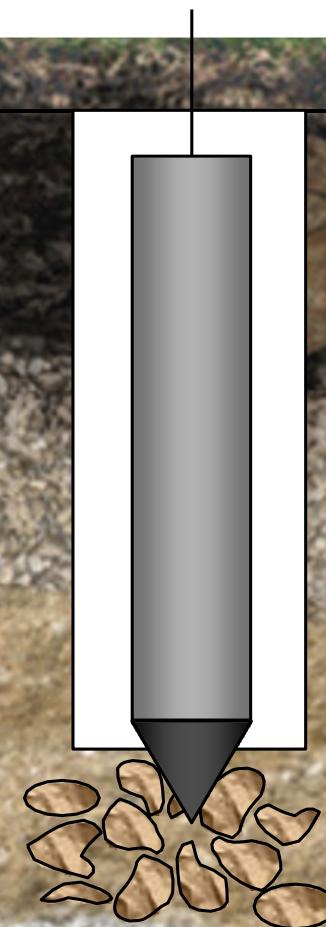


tarière

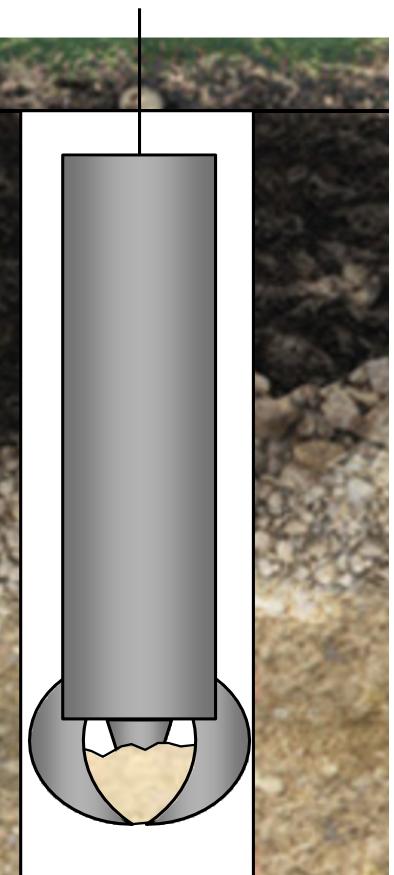


benne

trépan

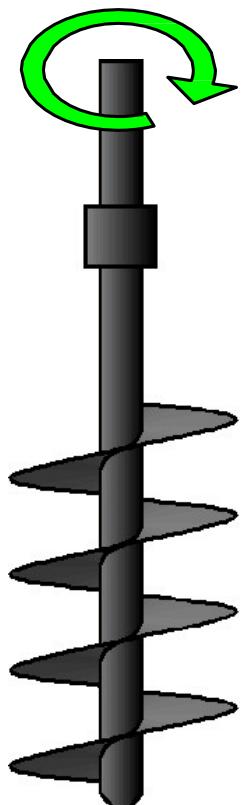


grappin



# Outils de forage

tarières



CCR -EPFL



# Outils de forage

---

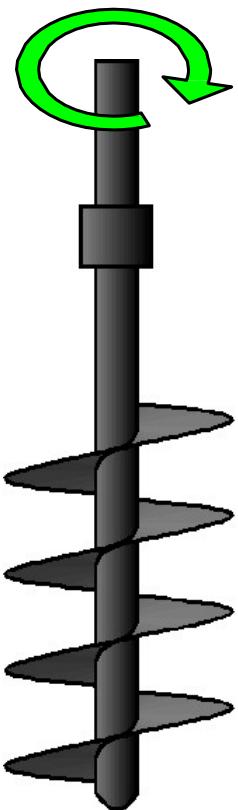


- Tarière continue

# Outils de forage

---

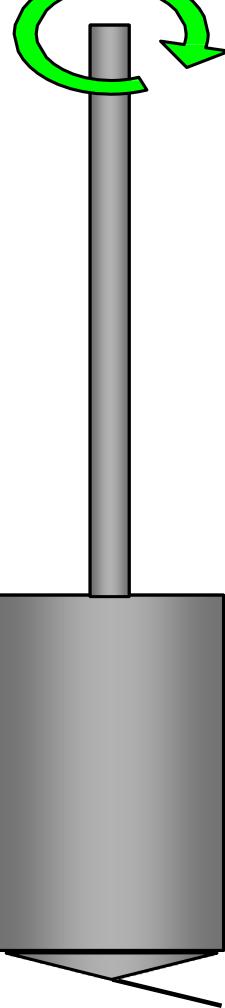
tarières



# Outils de forage

---

bennes



# Outils de forage

---

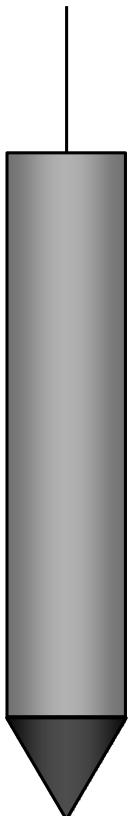
Variante de benne  
(pour rocher)



# Outils de forage

---

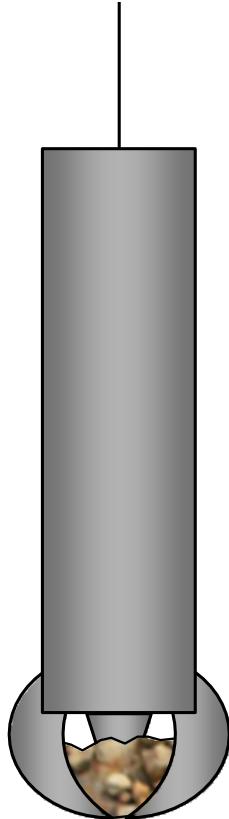
trépan



# Outils de forage

---

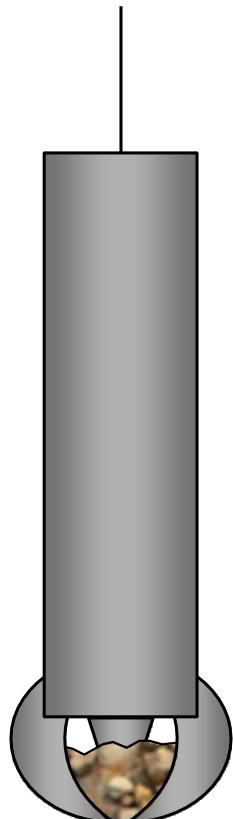
grappin



# Outils de forage

---

grappin



CCR - EPFL



# Méthode de mise en œuvre

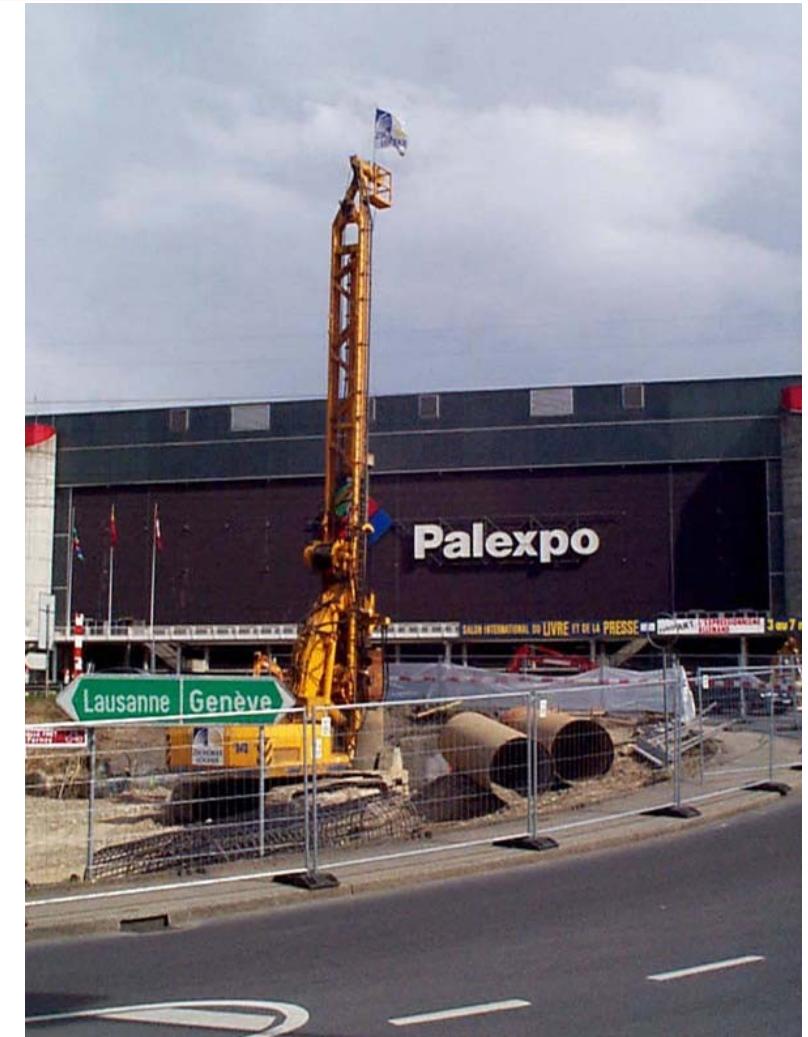
---



## Sonnettes de forage

Hôtel Alpha  
(Lausanne)

Extension  
Palexpo  
(Genève)



# Méthode de mise en œuvre

---



## Sonnettes de forage

Bâtiment des sciences  
de la vie (EPFL)

CCR (EPFL)



# Méthode de mise en œuvre

## Pieu foré

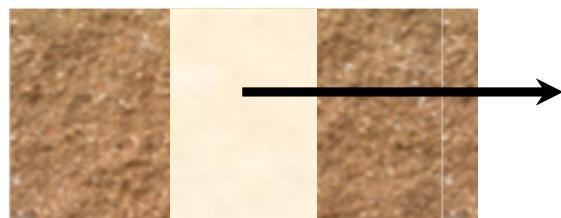
- **simple**



- **trou de forage auto stable**

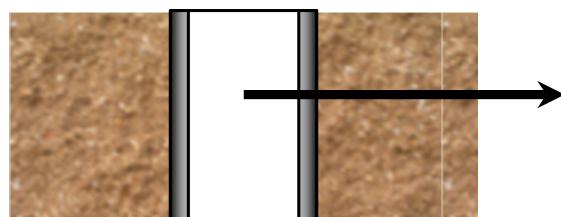
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- **sous boue**



- **trou de forage stabilisé par de la boue bentonitique**

- **tubé**

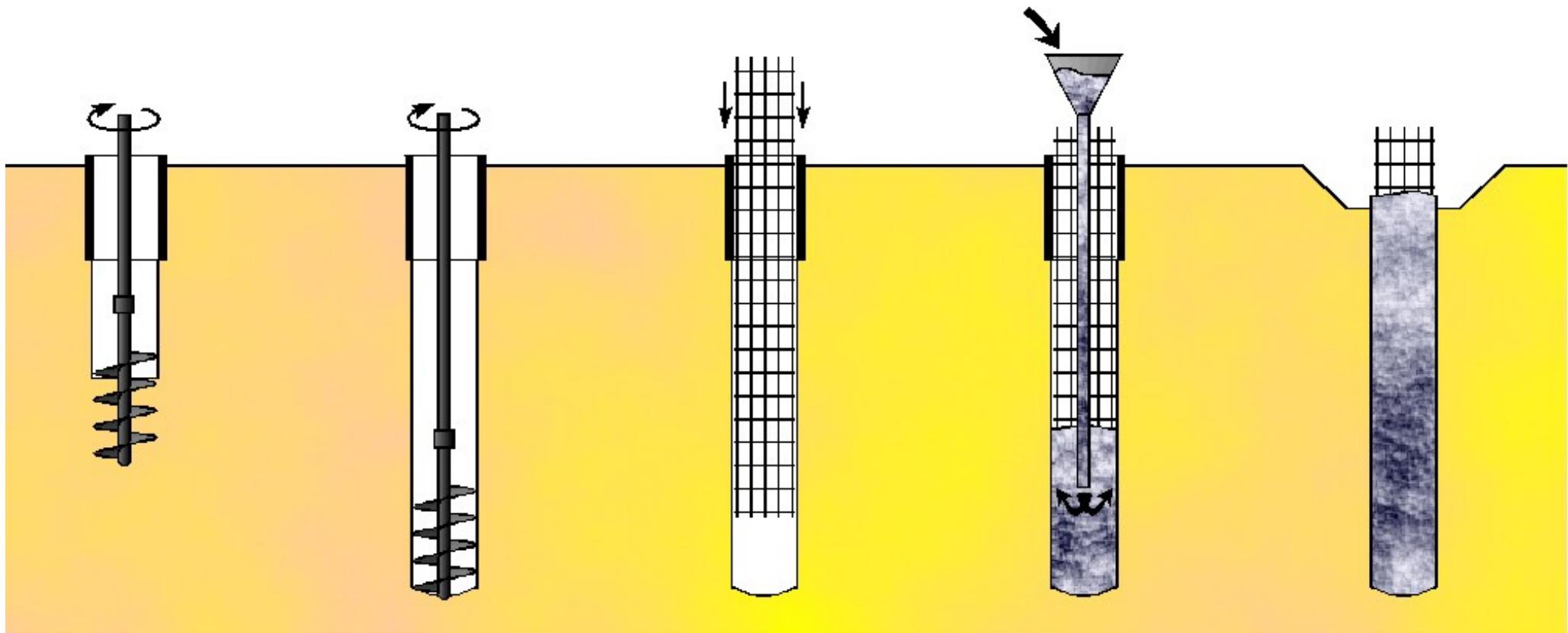


- **trou de forage stabilisé par un tubage métallique**

- **à la tarière continue**

- **procédé particulier**

# Exécution des pieux forés simples



Forage

Curage  
du fond

Introduction  
cage d'armature

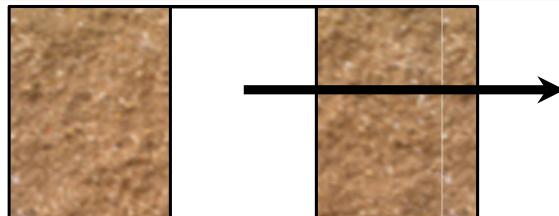
Bétonnage  
(de bas en  
haut)

Recépage  
de la tête



# Exécution des pieux forés **sous boue**

- simple



- trou de forage auto stable

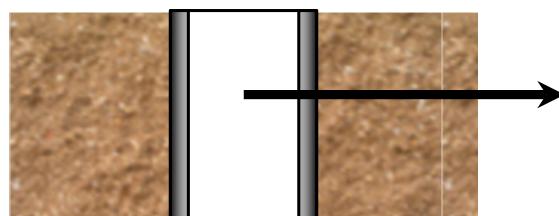
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- sous boue



- trou de forage stabilisé par de la boue bentonitique

- tubé

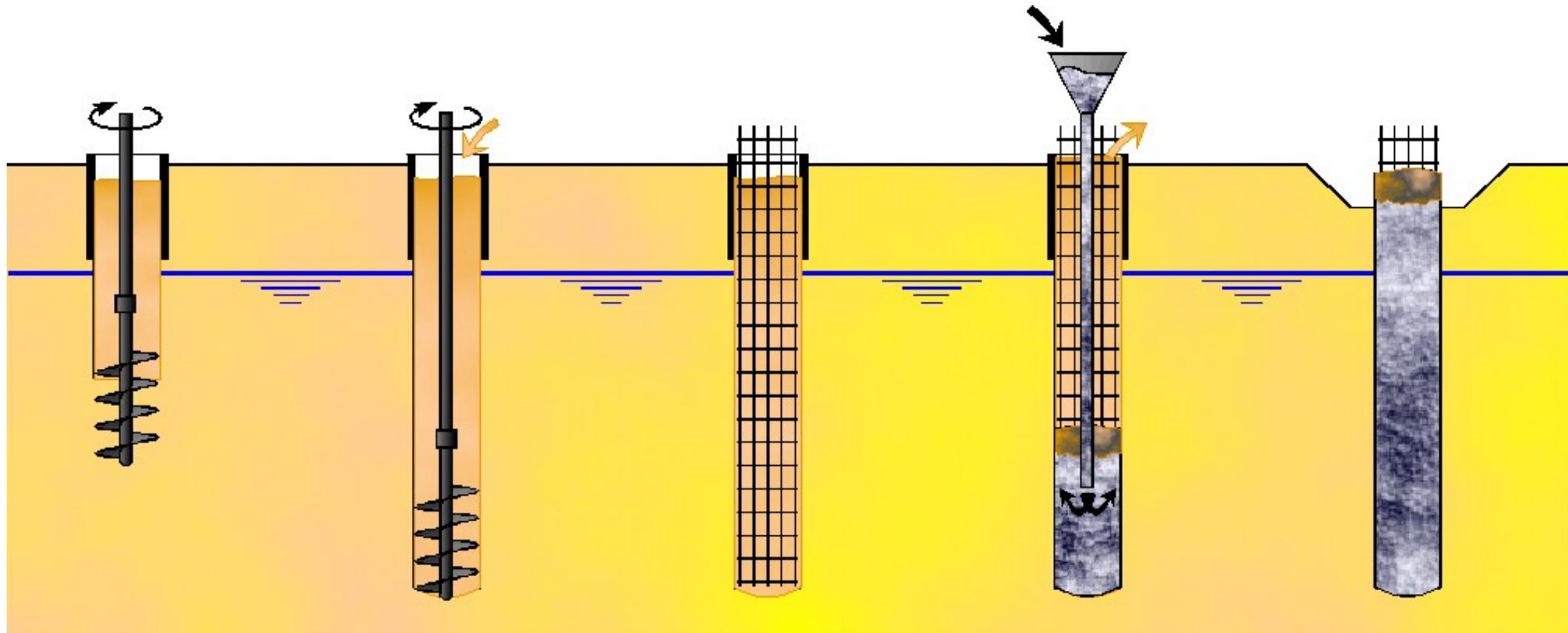


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- à la tarière continue

- procédé particulier

# Exécution des pieux forés sous boue



Forage

Curage  
du fond

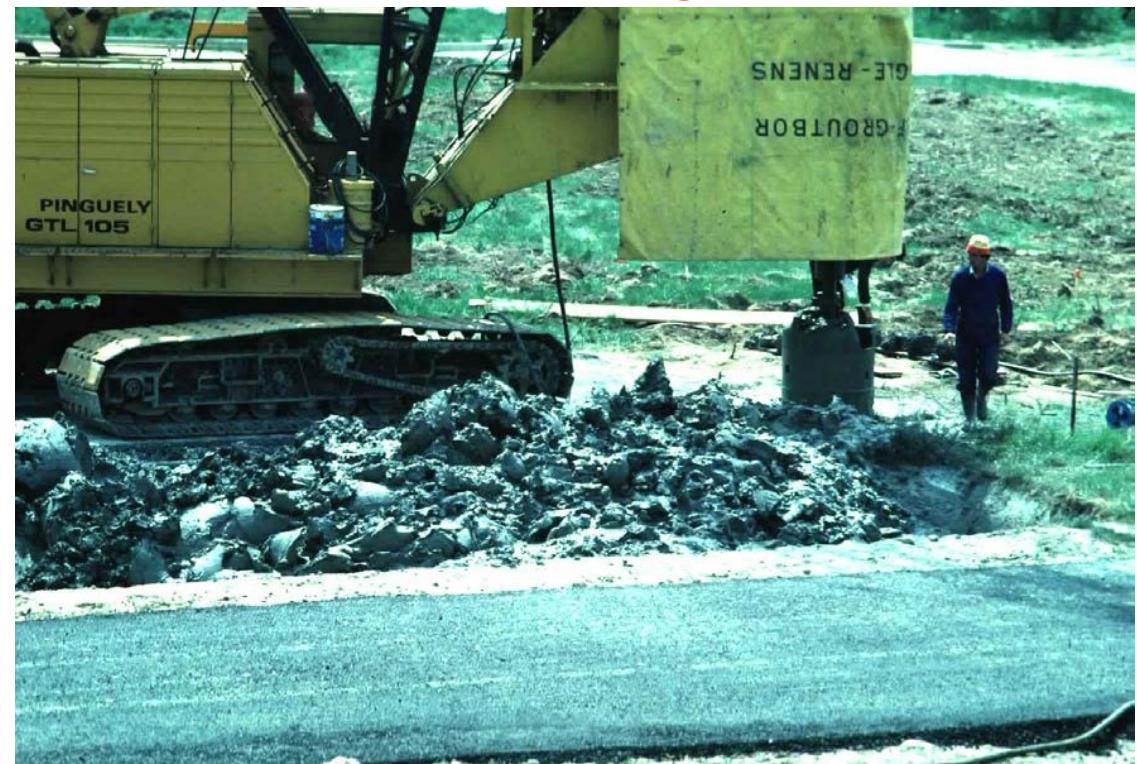
Introduction  
cage d'armature

Bétonnage  
(de bas en  
haut)

Recépage  
de la tête

# Exécution des pieux forés sous boue

---



Site EPFL

# Exécution des pieux forés sous boue

---



Introduction  
de la cage d'armature



# Exécution des pieux forés sous boue

---



Introduction  
du tube plongeur



# Exécution des pieux forés sous boue

---



Bétonnage



# Exécution des pieux forés tubés

## Pieux foré

- simple



- trou de forage auto stable

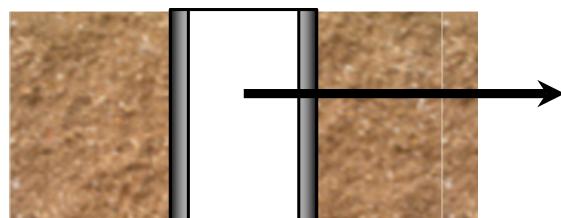
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- sous boue



- trou de forage stabilisé par de la boue bentonitique

- tubé

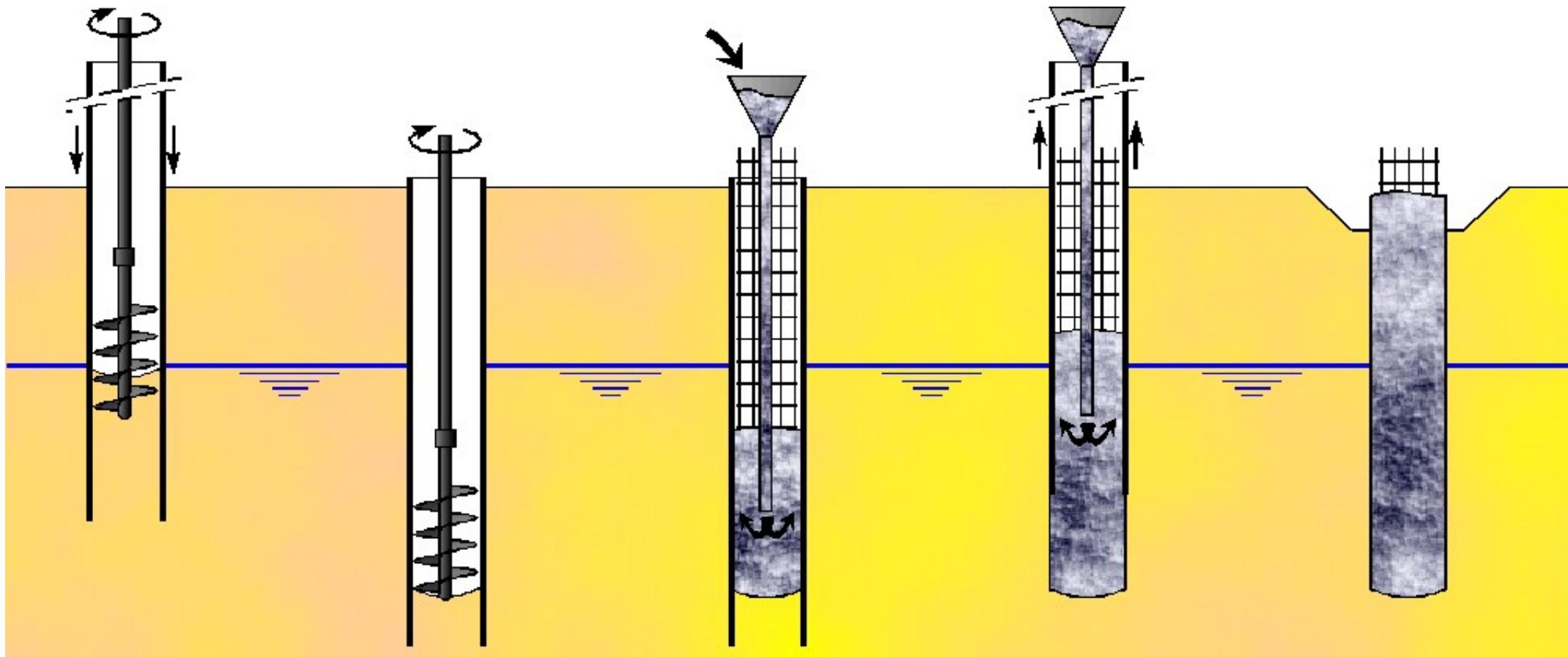


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- à la tarière continue

- procédé particulier

# Exécution des pieux forés tubés



Forage

Curage  
du fond

Introduction  
cage d'armature

Bétonnage  
(de bas en  
haut)

Recépage  
de la tête

# Exécution des pieux forés tubés

---



Site EPFL

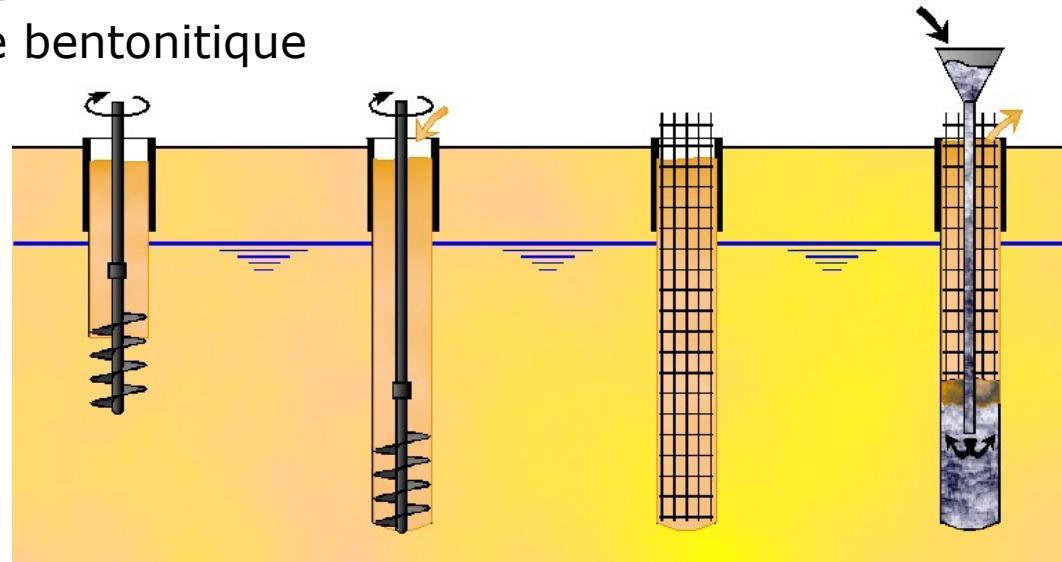
# Exécution des pieux forés tubés

---



# Exécution des pieux forés

- Forage
- Nettoyage (ou curage) du fond
  - et purification de la boue bentonitique
- Introduction de la cage d'armature
- Introduction du tube plongeur
- Bétonnage (de bas en haut), avec
  - remontée progressive du tube plongeur
  - refoulement et pompage de la boue bentonitique
- retrait progressif du tubage
- Recépage de la tête



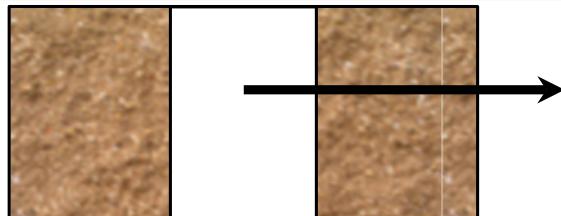
# Recépage de la tête

---



# Exécution des pieux forés à la tarière continue

- simple



- trou de forage auto stable

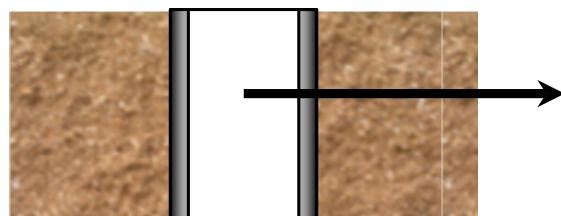
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- sous boue



- trou de forage stabilisé par de la boue bentonitique

- tubé

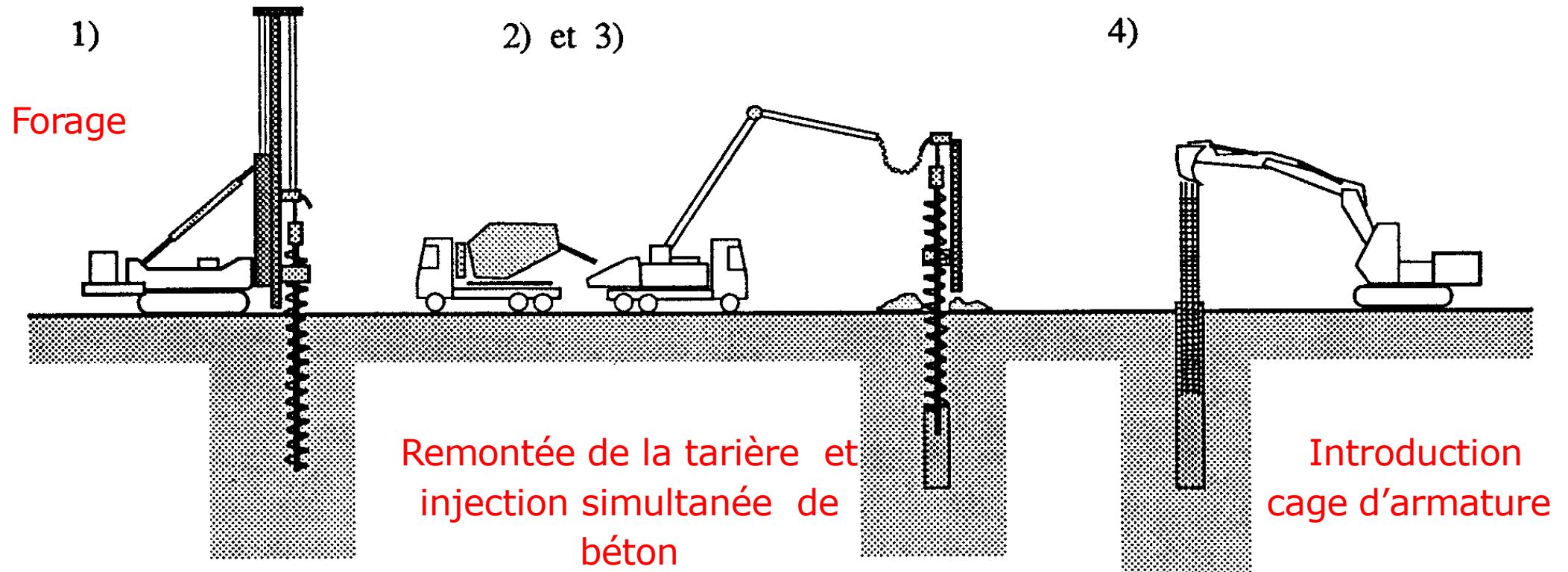


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

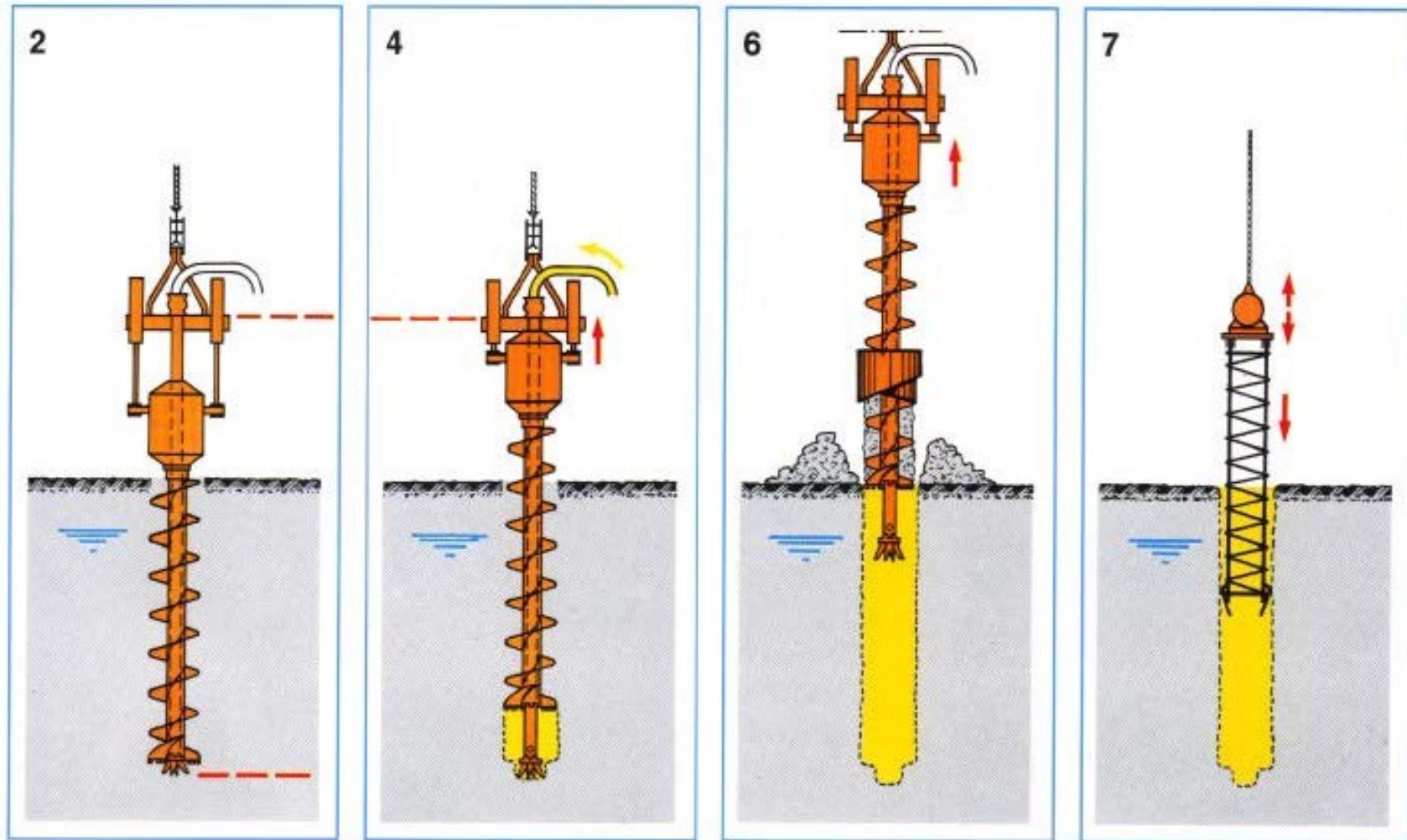
- à la tarière continue

- procédé particulier

# Exécution des pieux forés à la tarière continue



# Exécution des pieux forés à la tarière continue



*Outilage STARSOL, « Super Tarière » Soletanche Bachy*

# Exécution des pieux forés à la tarière continue

---





# Dimensions, capacité, rendement des pieux forés

---

Type	Diamètre [m]	Profondeur [m]	Capacité [Tonnes]	Rendement [m/jour]
Sous-boue	0.5 ÷ 1.5 (2.5)	10 ÷ 80	100 ÷ 5000	60 ÷ 100 (150)
tubé	0.7 ÷ 1.2 (1.5)	10 ÷ 40 (60)	4 ÷ 1000	20 ÷ 40
Tarière continue	0.4 ÷ 1 (1.2)	10 ÷ 20 (30)	500	100 ÷ 200 (300)

## Inconvénients

## Avantages

- # Avantages et inconvénients des pieux forés
- ( ! à nuancer selon le type ! )
- 
- Pas de vibrations, peu de bruit
  - Contrôle du terrain extrait
  - Passage d'obstacles et d'horizons durs possible
  - Adaptation facile de la longueur
  - Grands diamètre et longueur possibles → grande capacité portante
  - (Pieux rugueux latéralement)
- 
- Rendement de mise en œuvre plus faible que pieux battus
  - Inclinaison difficile ( jusqu'à 1:4 (14°) ), voire impossible
  - Exécution délicate (curage, bétonnage)
  - Pas de vérification de la capacité portante à l'exécution
  - Pas de refoulement du sol
    - à dimensions égales, capacité portante plus faible que les pieux battus