

# Fondations sur pieux - 1

Brice lecampion



# Fondations sur pieux

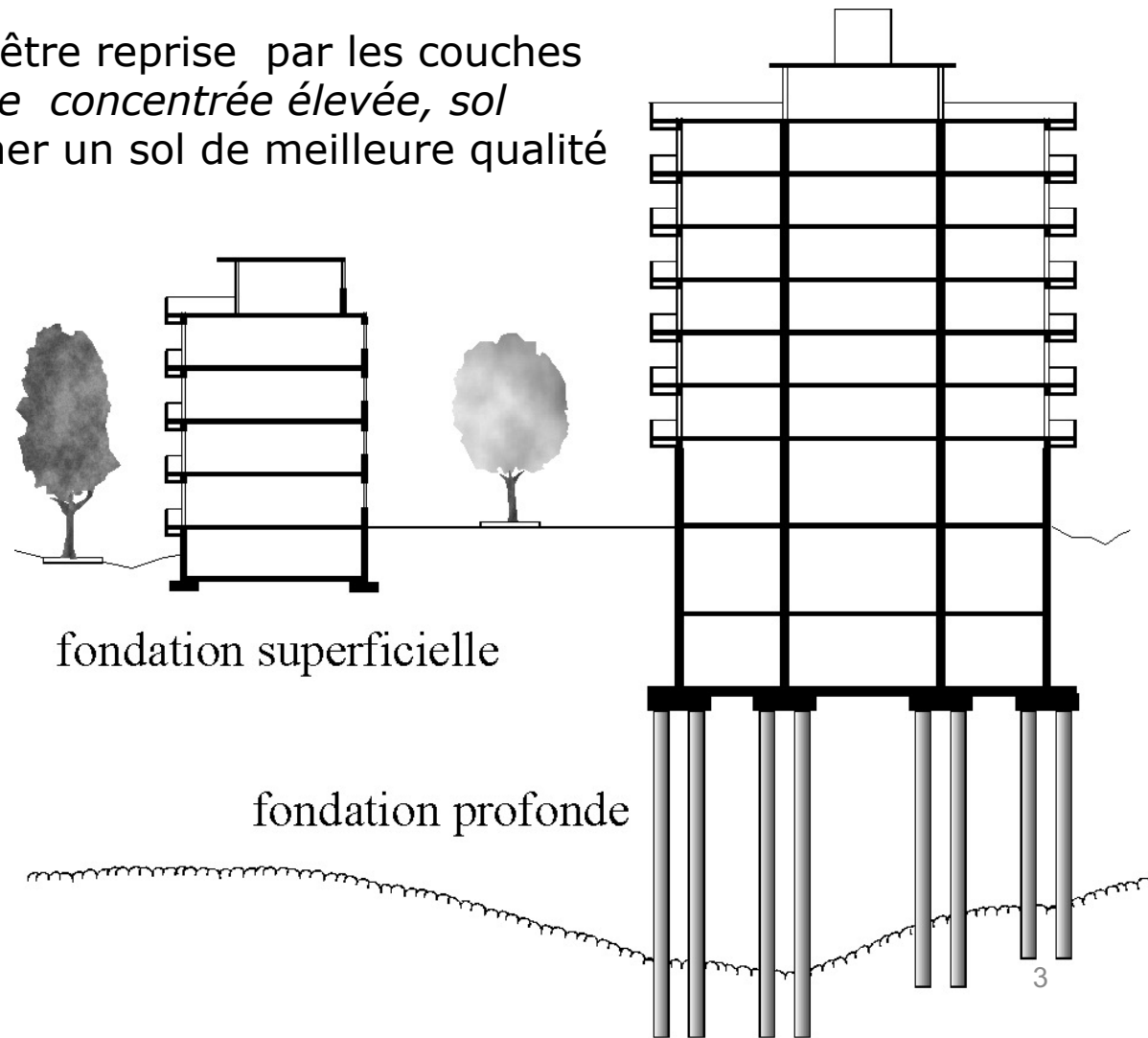
---

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.

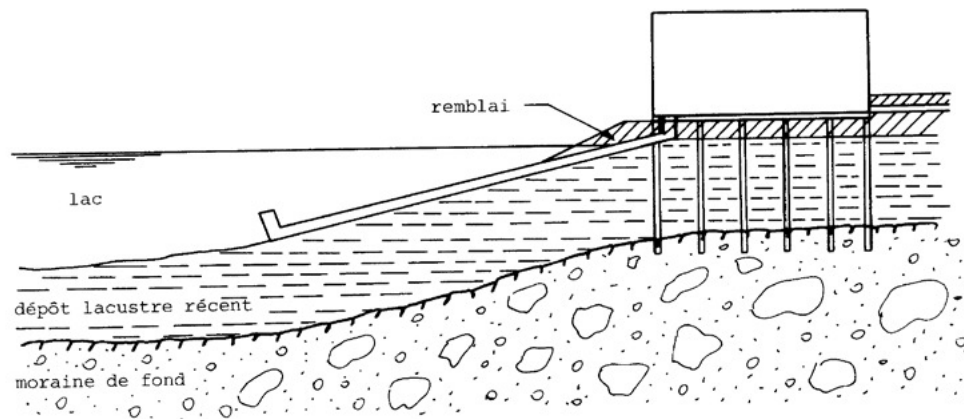


→ Fondations profondes

- 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**

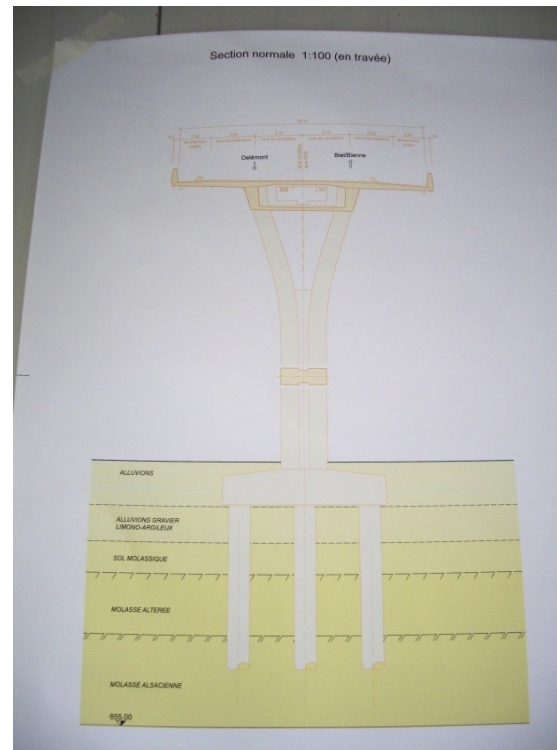
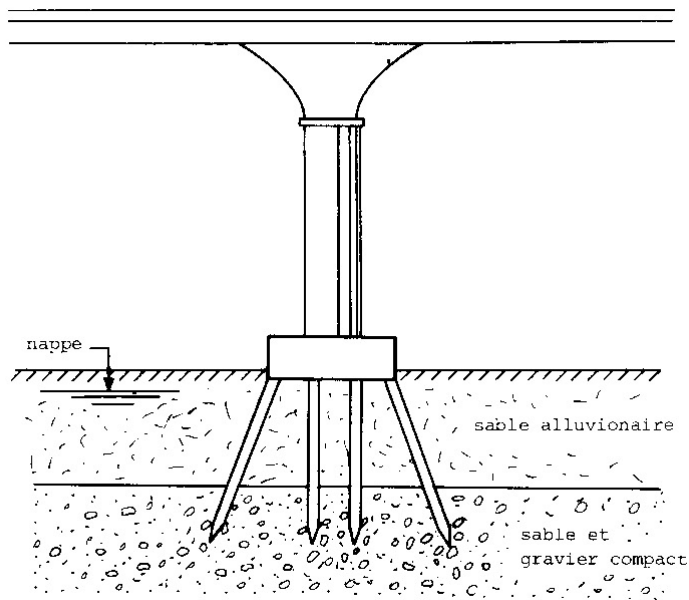


Nécessité de transmettre les charges de l'ouvrage à des formations du sous-sol de meilleure qualité, notamment une résistance à la rupture élevée et une faible compressibilité



# Raisons d'un recours à des fondations profondes

- **Charge concentrée importante**

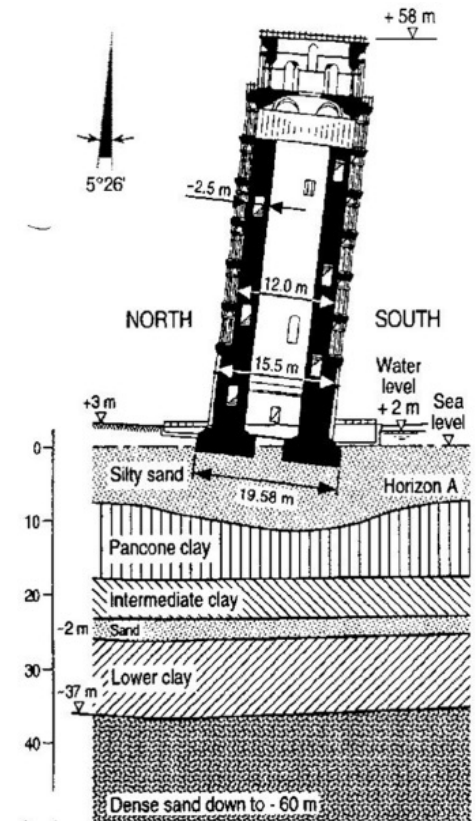
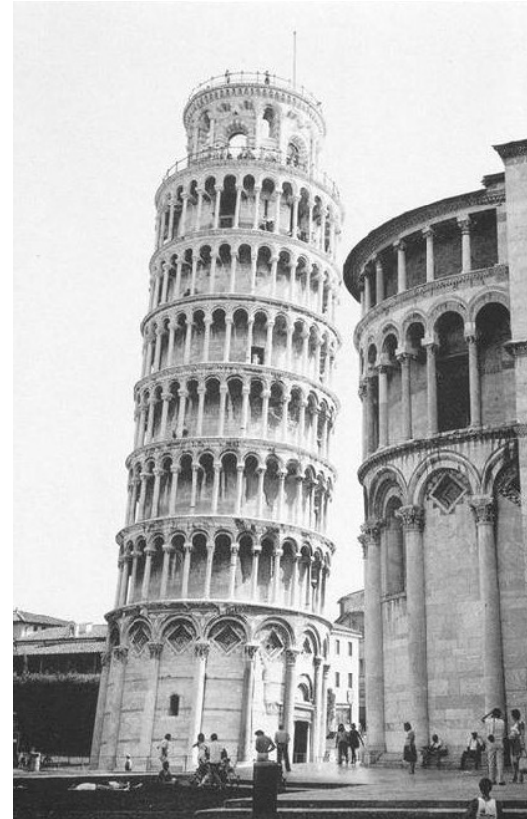
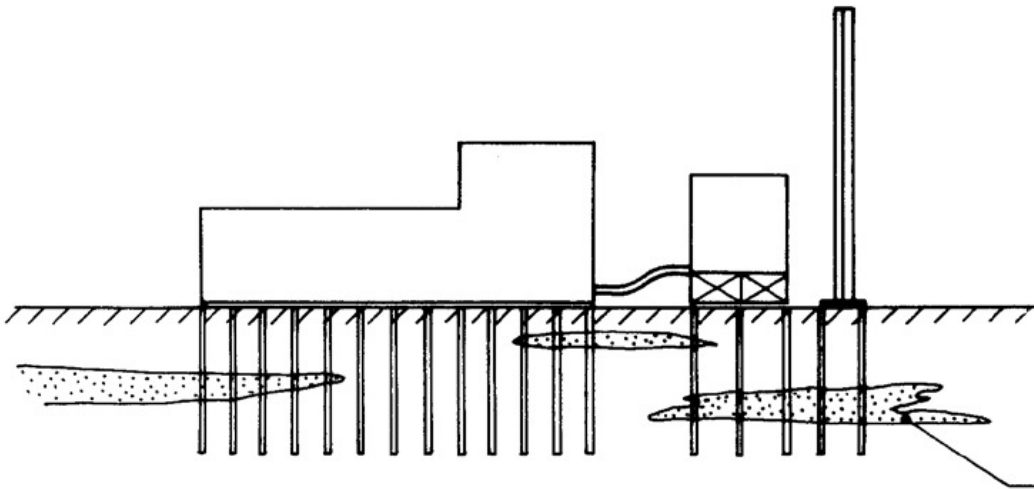


Viaduc de Chaluet (Transjurane)

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

- Acier

- Béton armé ou précontraint





# Classification selon l'emplacement de fabrication

---

Construction **avant** la mise en place



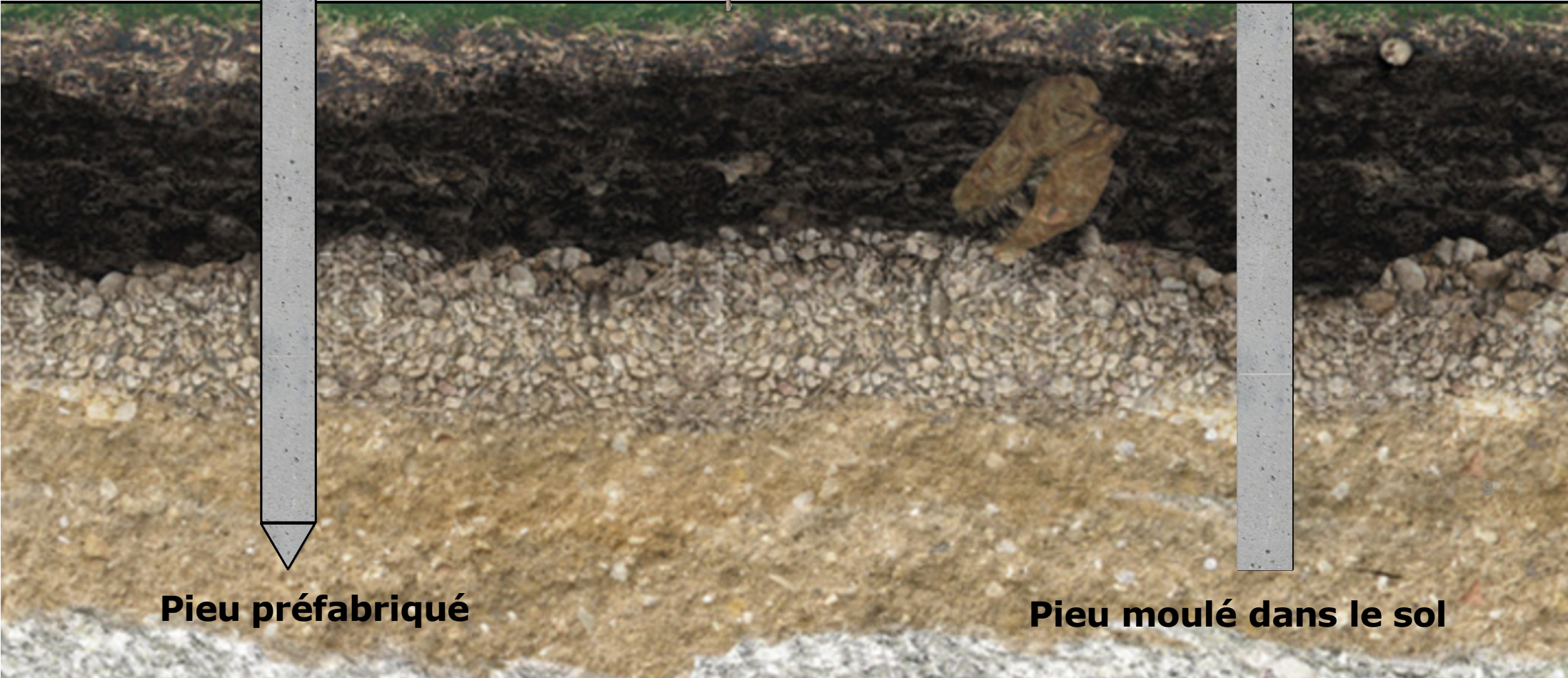
Construction **lors de** la mise en place



**Pieu préfabriqué**



**Pieu moulé dans le sol**



# Classification selon la méthode de mise en œuvre

---

## - Battage

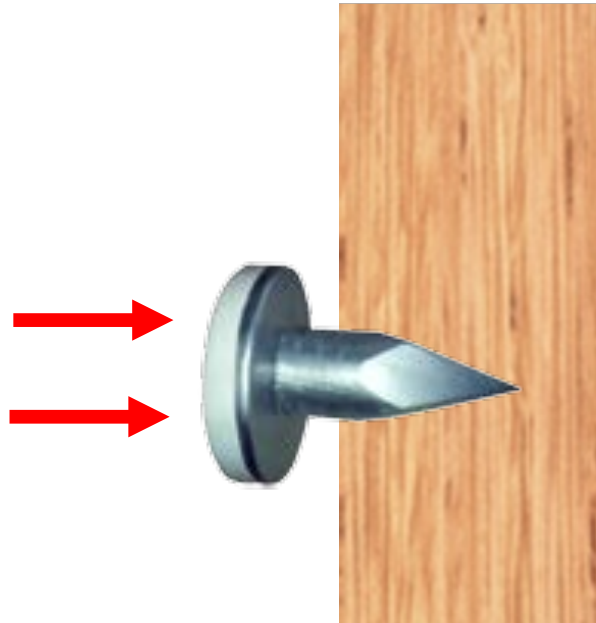


Depuis toujours...



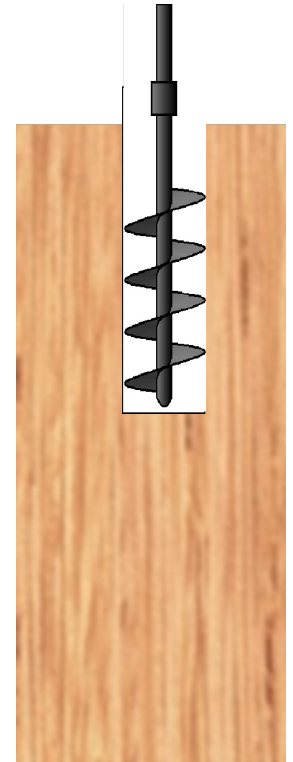
## - Fonçage

XX<sup>ème</sup> siècle



## - Forage

XX<sup>ème</sup> siècle

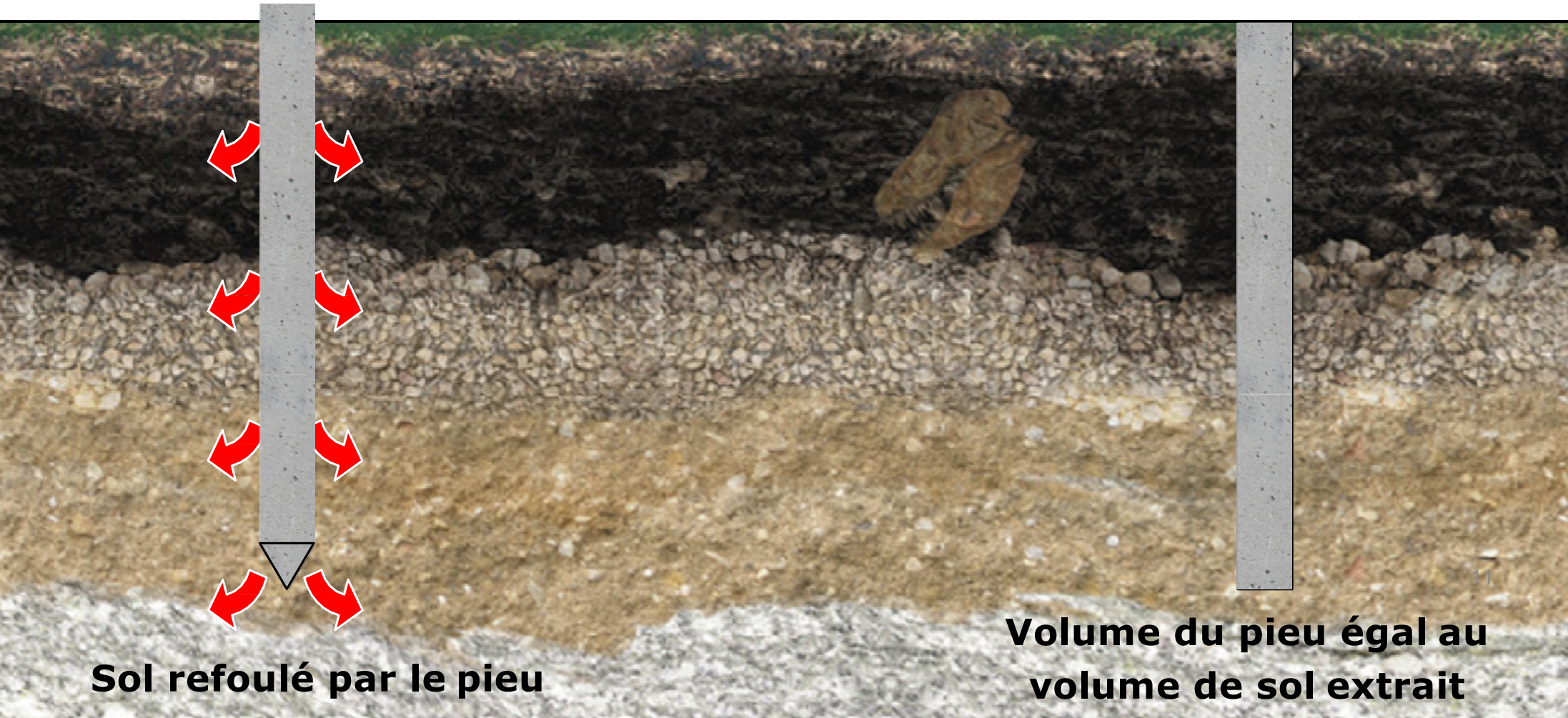




# Classification selon l'effet sur le terrain encaissant

- **Pieu à refoulement**

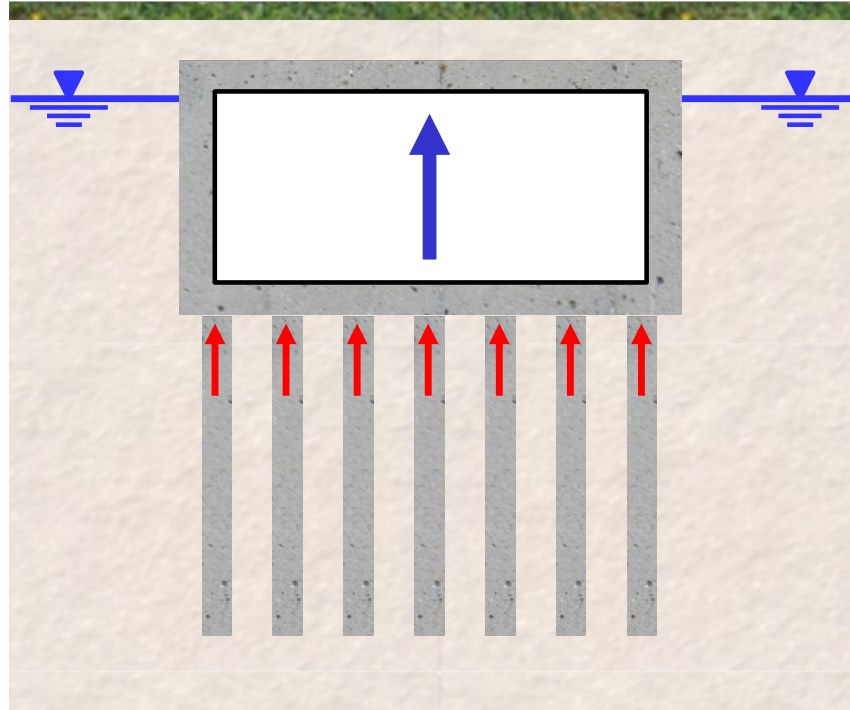
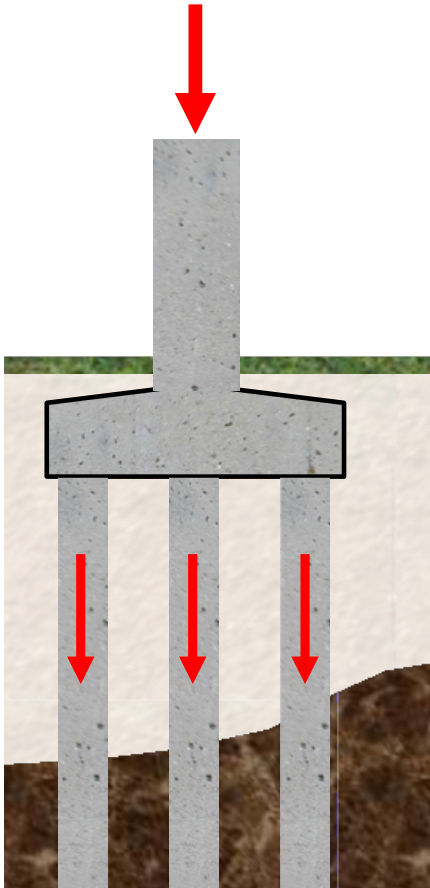
**Pieu sans refoulement**



# Classification selon le mode de travail du pieu

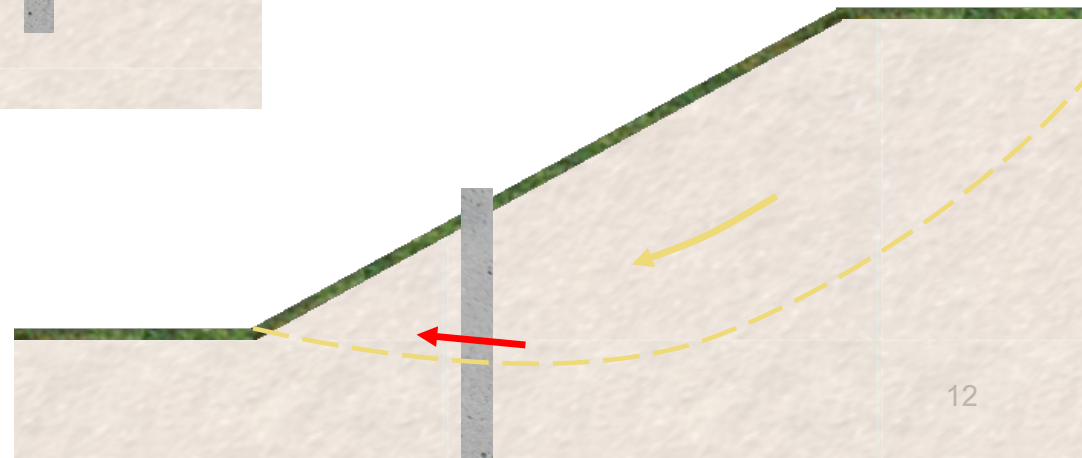
---

**pieux en compression**



**pieux  
en traction**

**pieux en cisaillement**

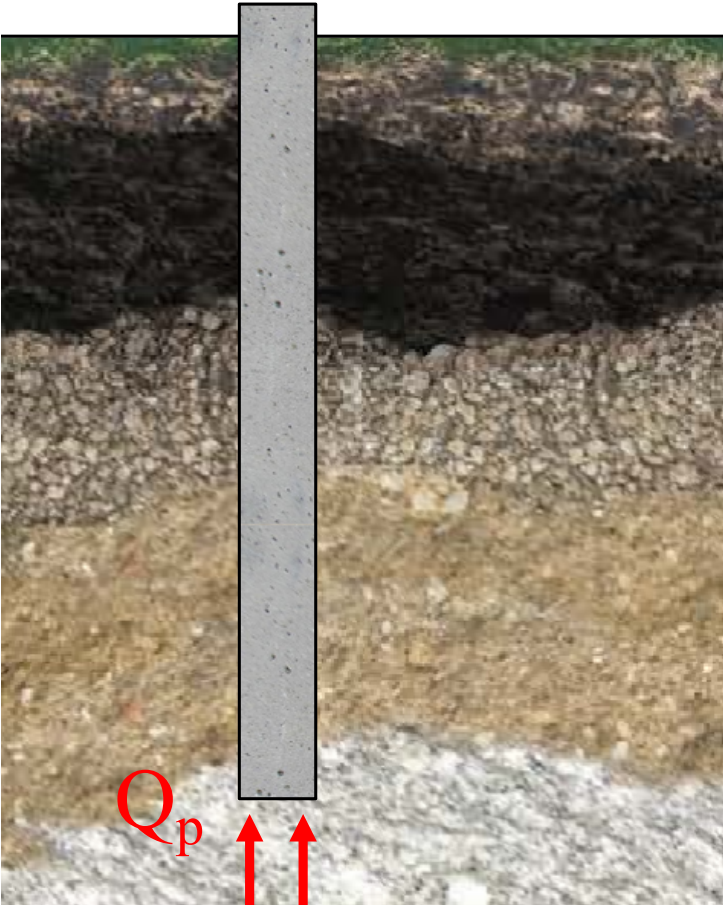




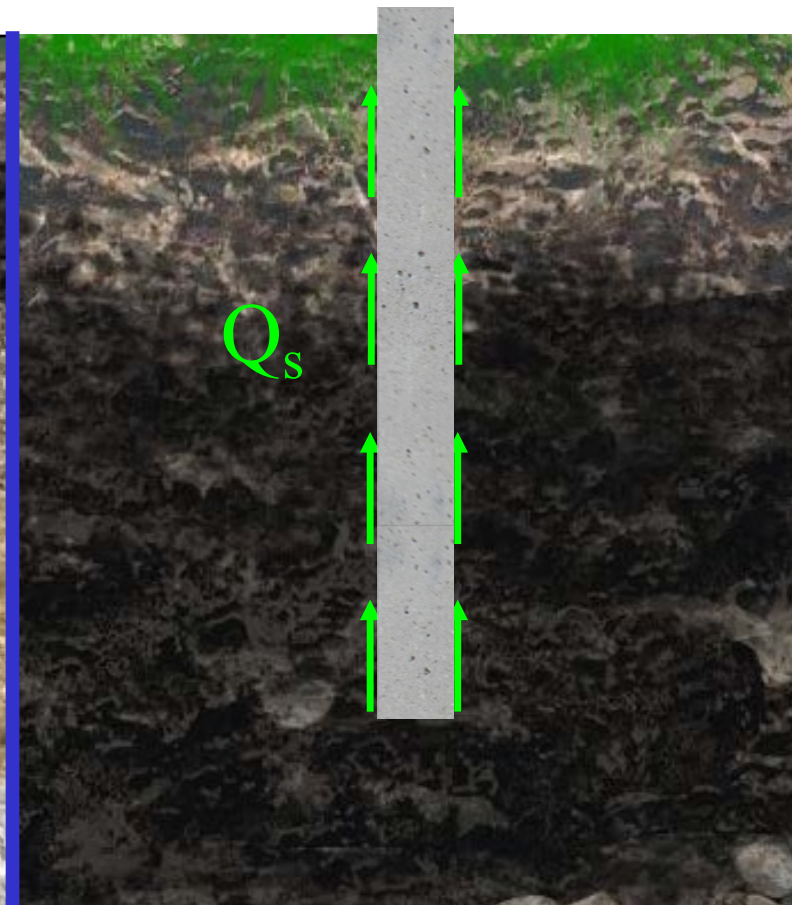
# Classification selon le mode de transmission des efforts au massif de fondation

---

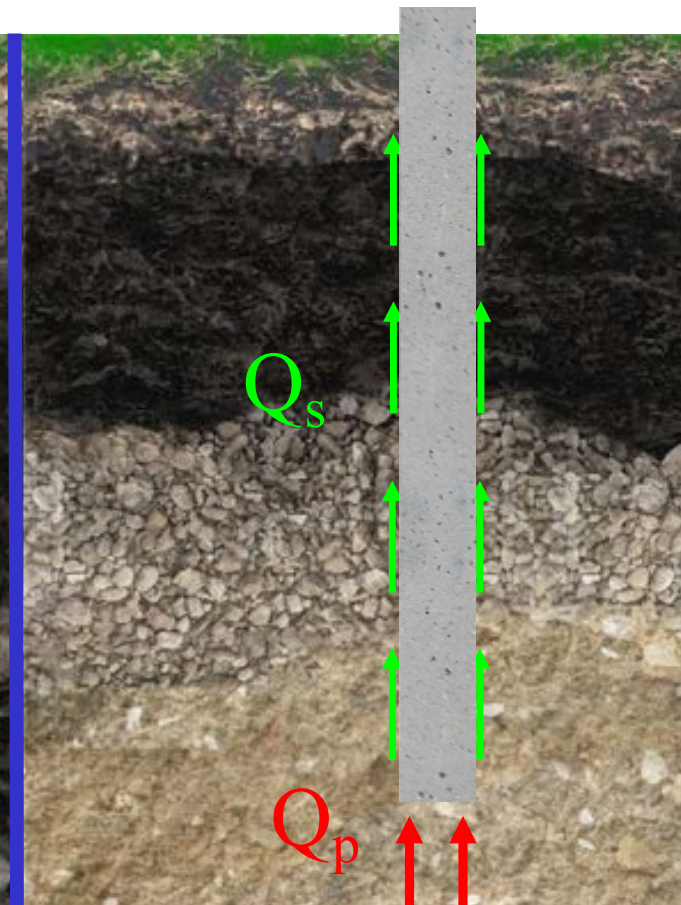
**pieu colonne**  
ou  
**pieu de pointe**



**pieu flottant**  
ou  
**pieu de frottement**

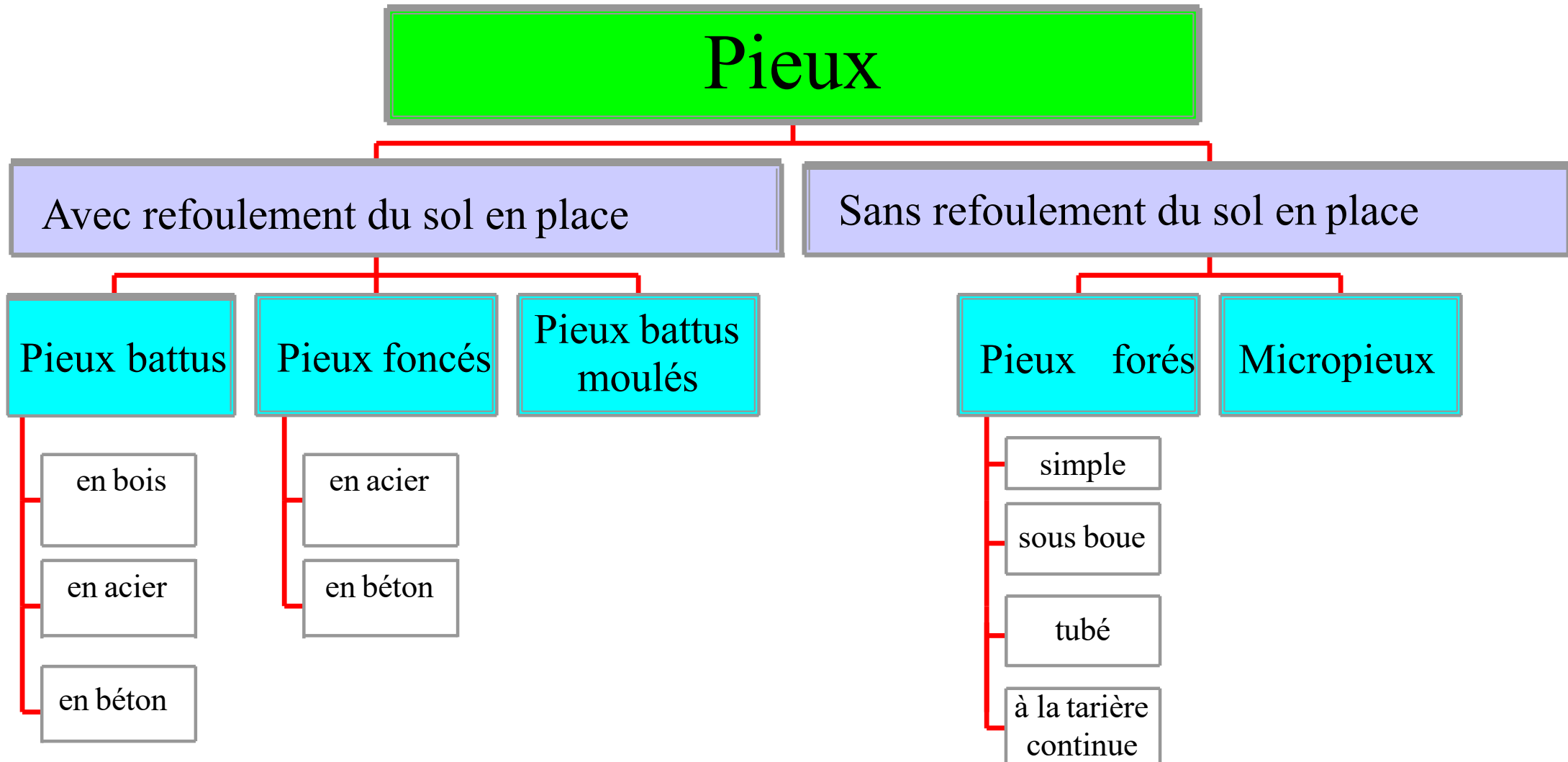


**Combinaison  
des deux**



# 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

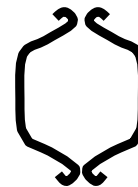
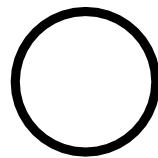
---

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 rivière ~9m

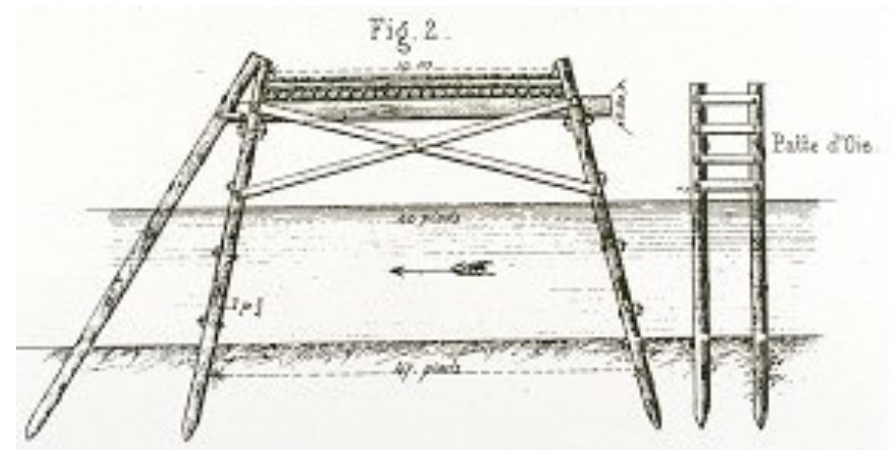
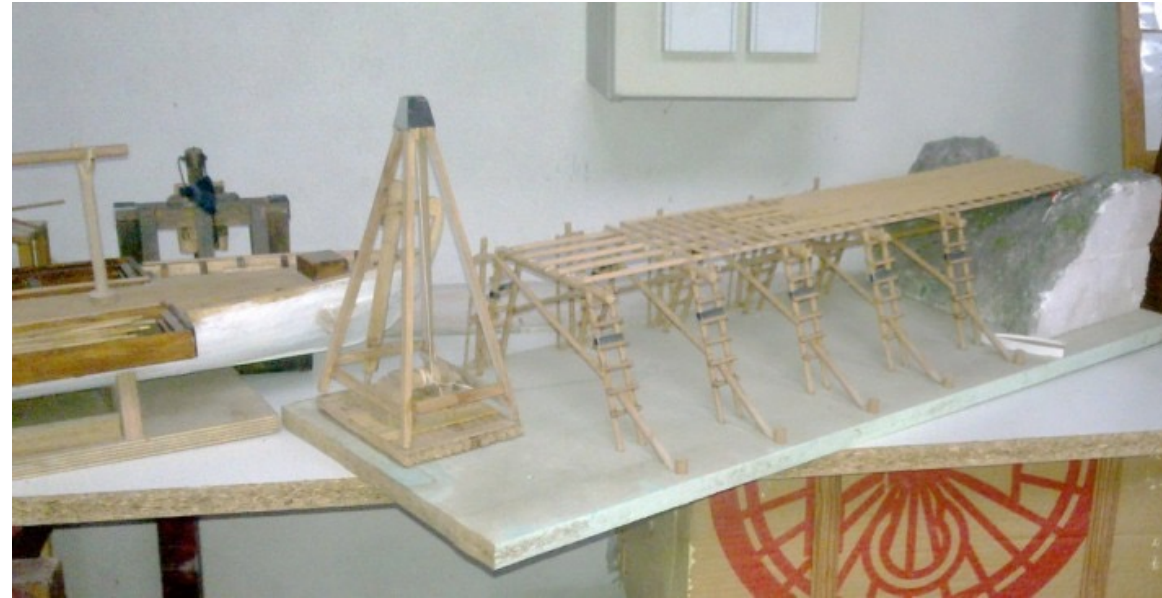
Sonette de battage sur radeau

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  $15^\circ$ ) 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



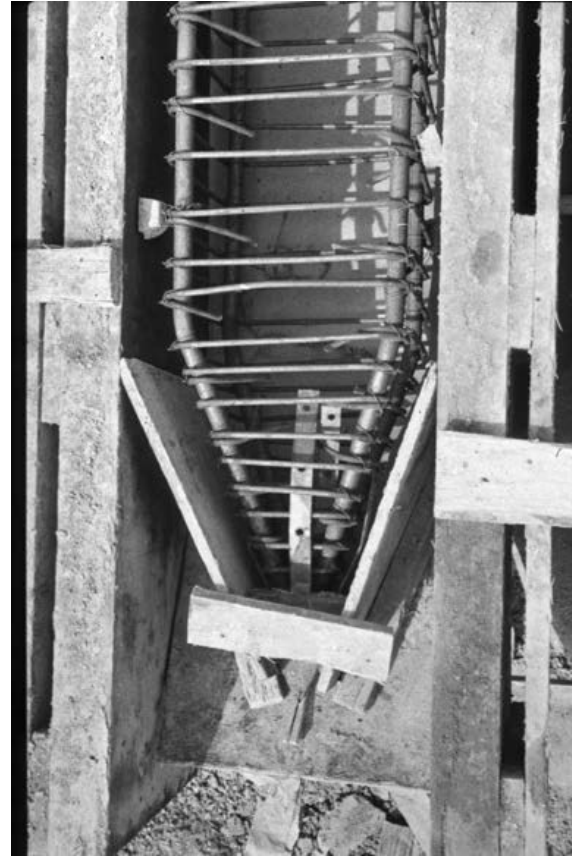
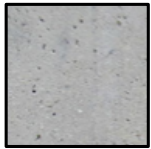
Ponton  
pour le  
port  
de  
Morges

# Types de pieux battus

---

## En béton armé

Centrale thermique du Havre

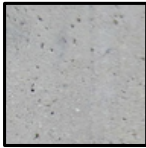




# Types de pieux battus

---

## 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

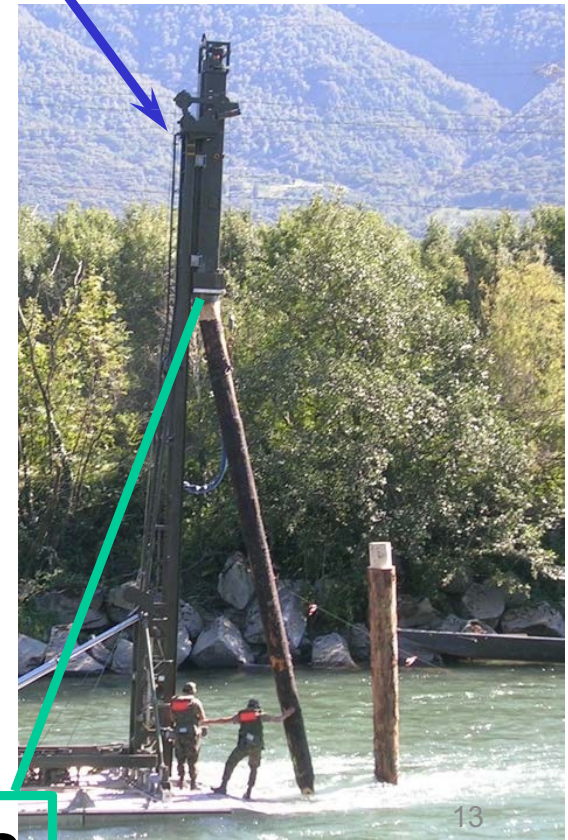
sur ponton flottant





# Mode de battage

**Mouton**



**Casque**

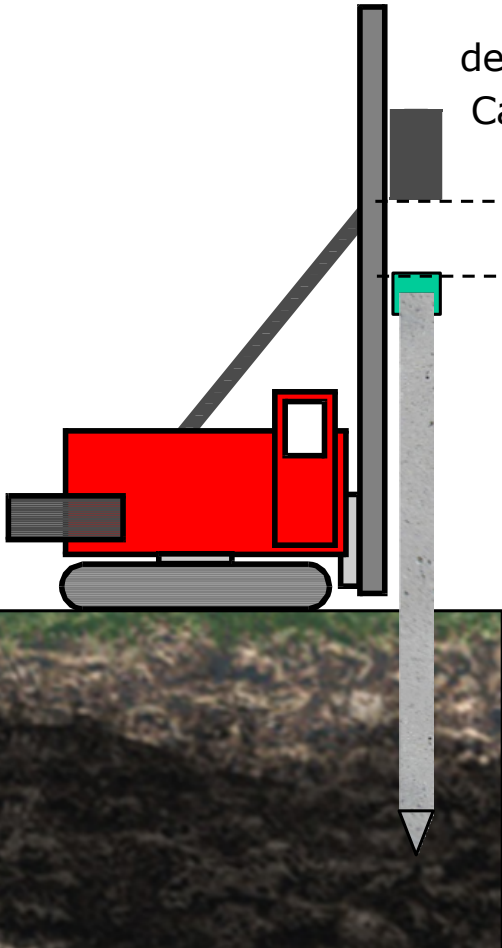


# Mode de battage

## 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

$h = 0.5 \text{ à } 1.5 \text{ m}$

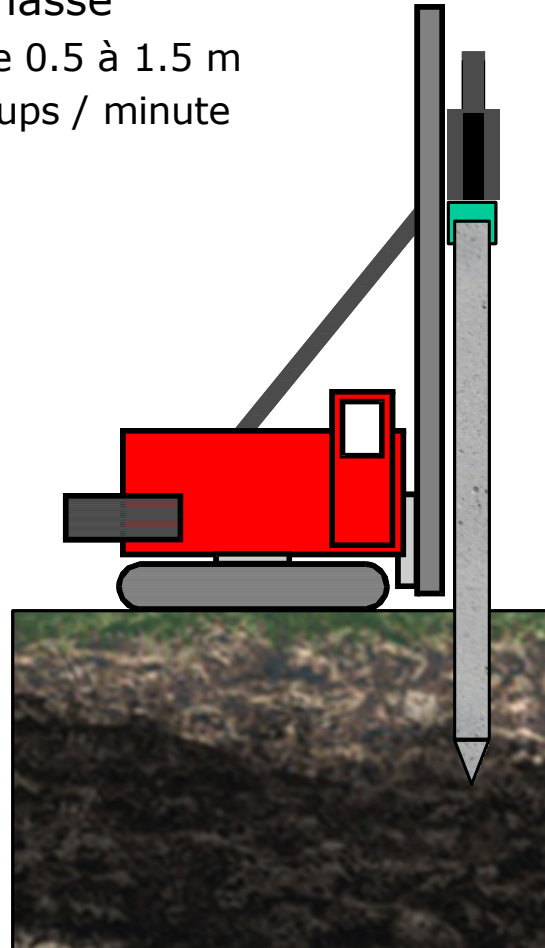


## Actuellement

Moutons

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

Cadence  $\approx 150$  coups / minute



# Vibro-fonçage de tubes et profilés métalliques

---

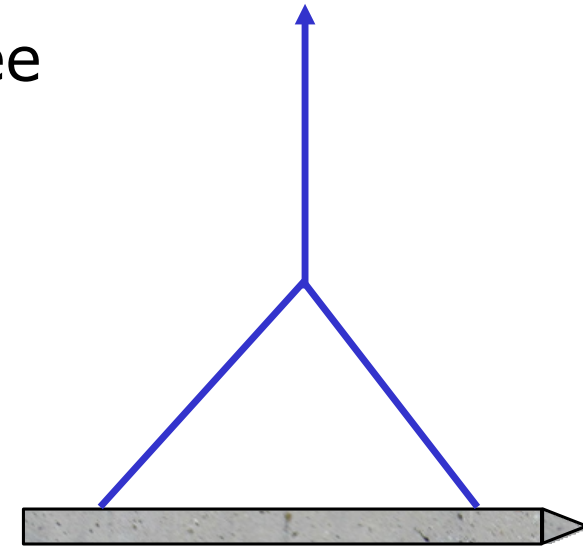
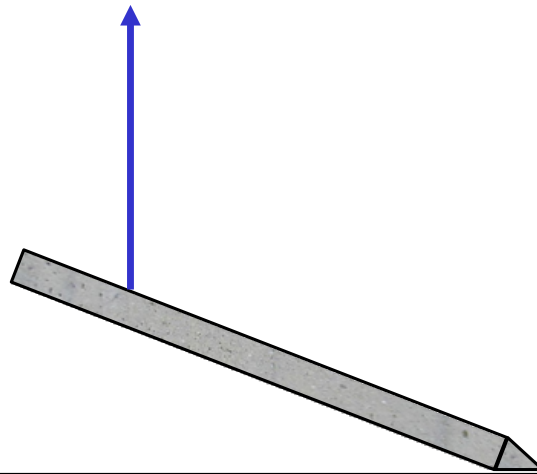
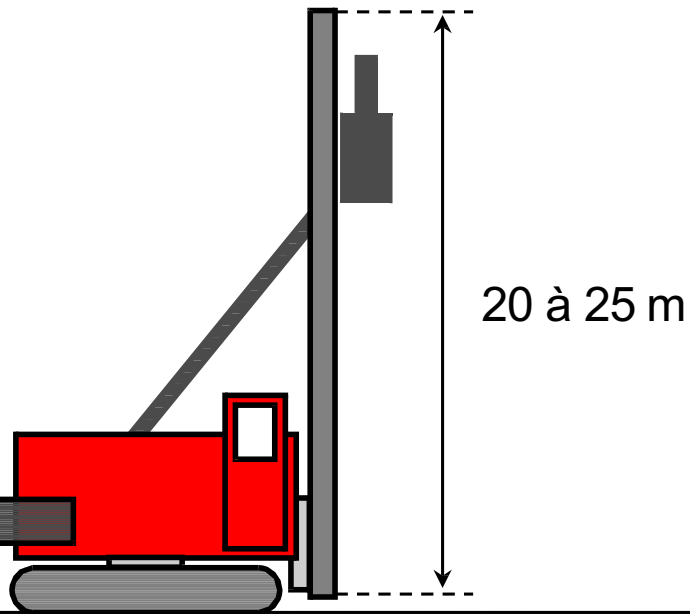
Masse vibrante avec moment excentrique  
→ mise en place et arrachage d'éléments métalliques



# 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**

# Avantages et inconvénients des pieux battus

---

## Avantages

- Economiques
  - rapidité de mise en œuvre: jusqu'à 200 m/jour
- Inclinaison possible ( jusqu'à 30°, voire 45° )
  - $\Rightarrow$  plus adéquats pour reprendre des charges inclinées
- Vérification de la capacité portante à l'exécution
- Refoulement du sol favorable pour le dimensionnement

## Inconvénients

- Bruits, vibrations ( moindres si vibro-fonçage )
- Risque d'endommagement lors de la mise en place ( destruction de la tête ou du pied )
- Manutention difficile
  - $\Rightarrow$  longueur et section limitées  $\Rightarrow$  capacité portante limitée

# **AUTRES PIEUX AVEC REFOULEMENT DU SOL**



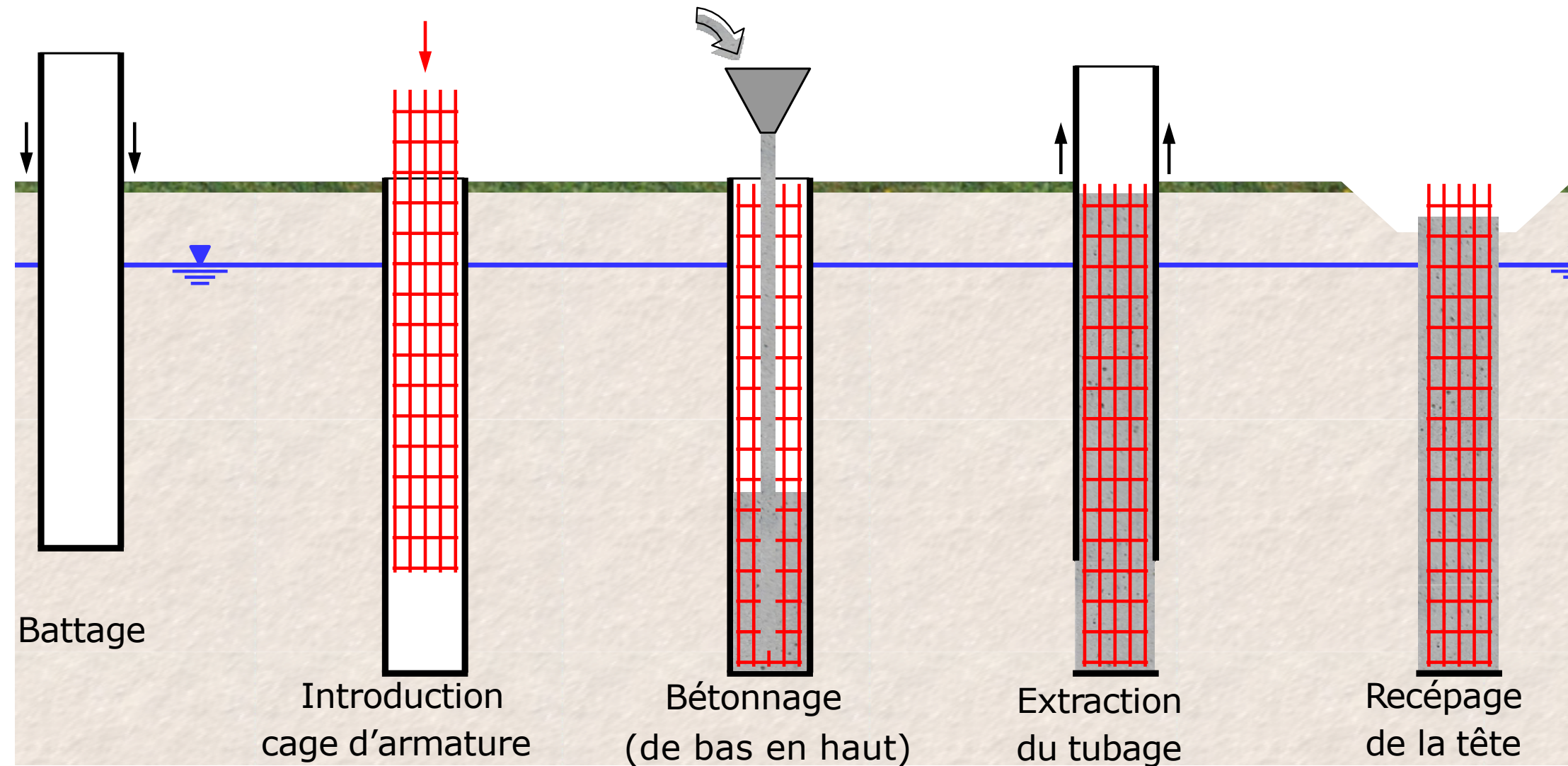
# Fondations sur pieux

---

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

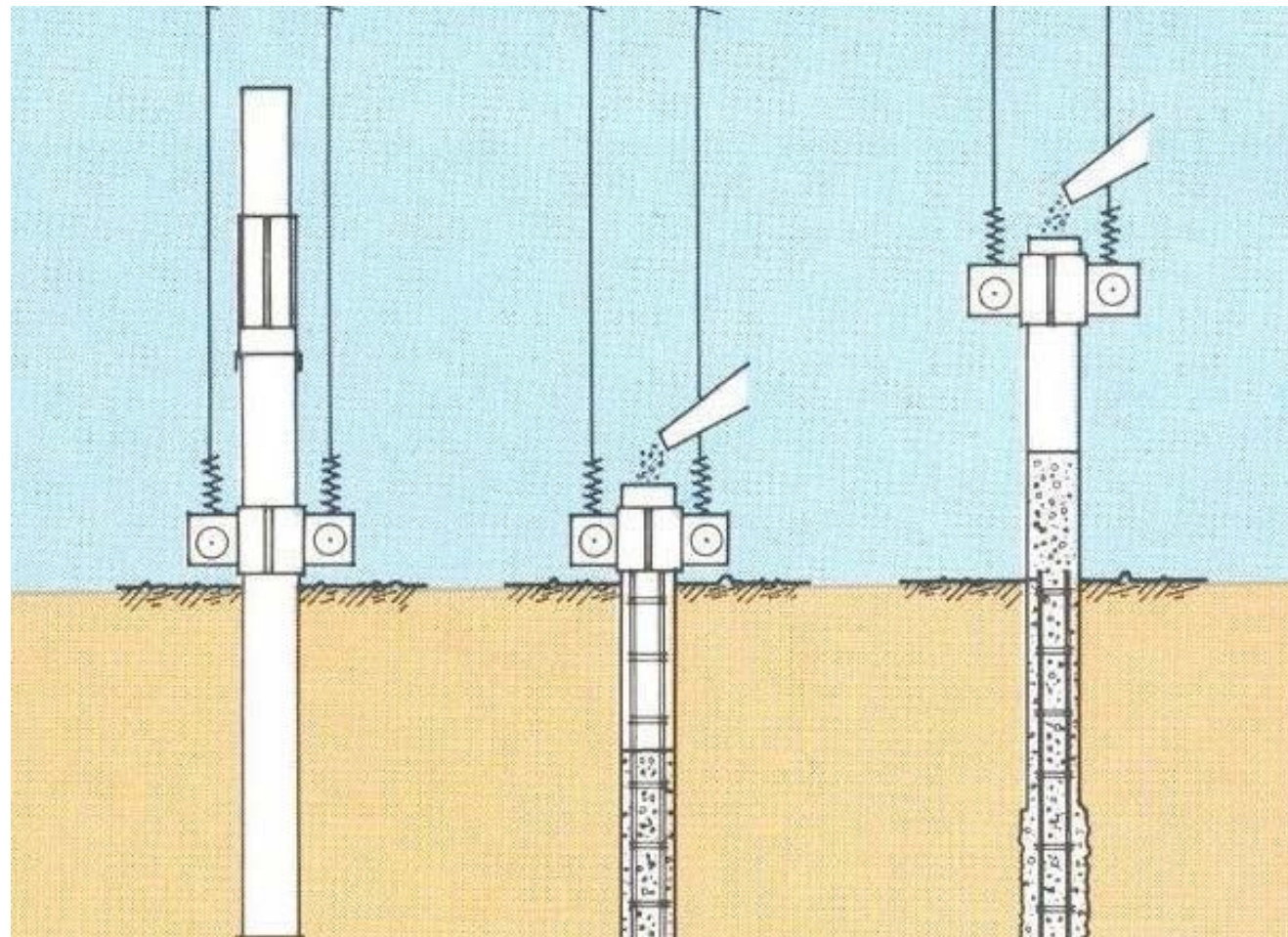
---



# Pieux vibrés moulés

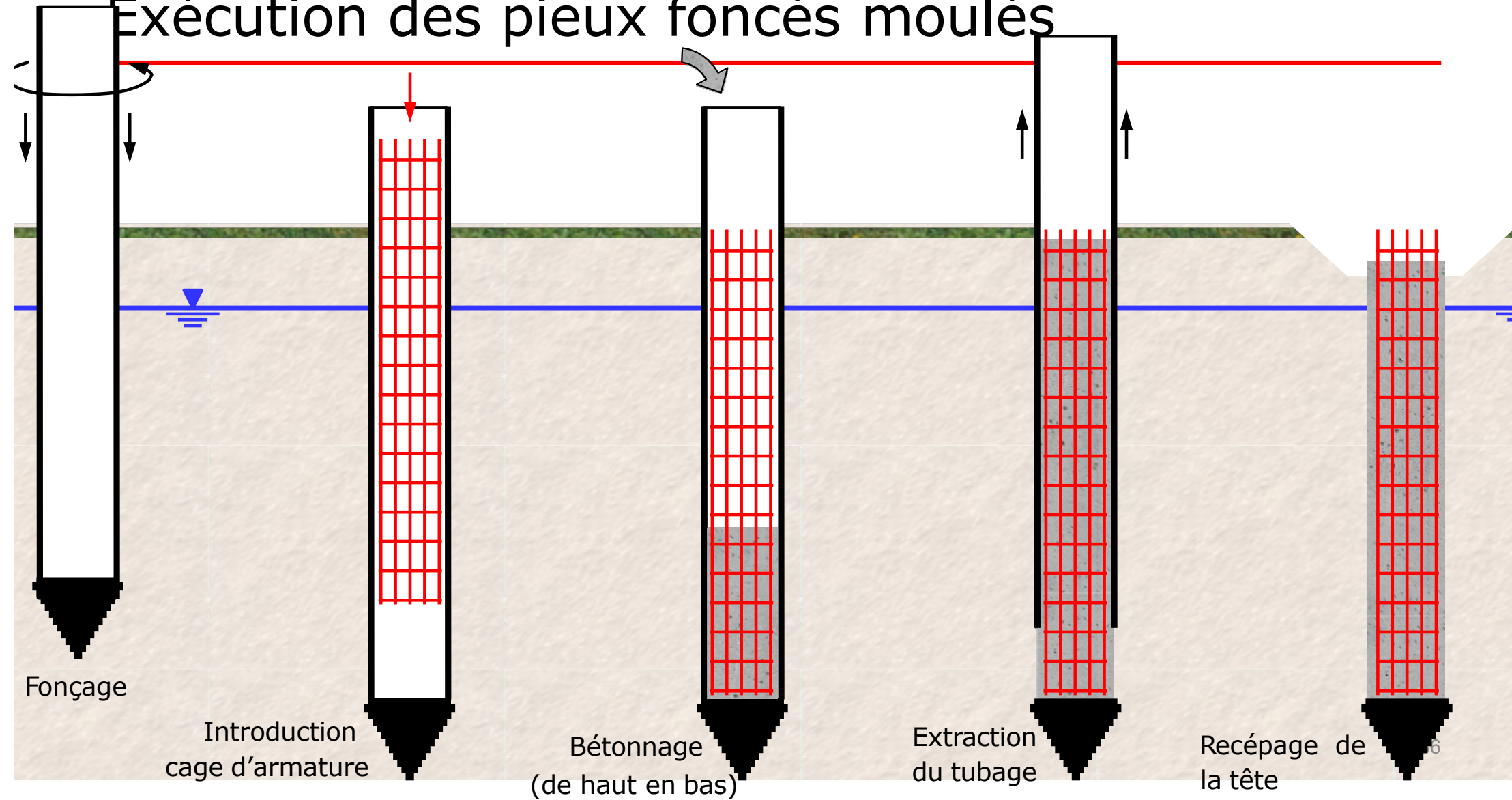


Pieux Vibrex





# Exécution des pieux forcés moulés



# Pieux foncés moulés

---



Pieux Fundex  
Learning Center EPFL





# Pieux foncés moulés

---



Pieux Fundex  
Learning Center EPFL





# **DESCRIPTION DES PIEUX FORÉS**

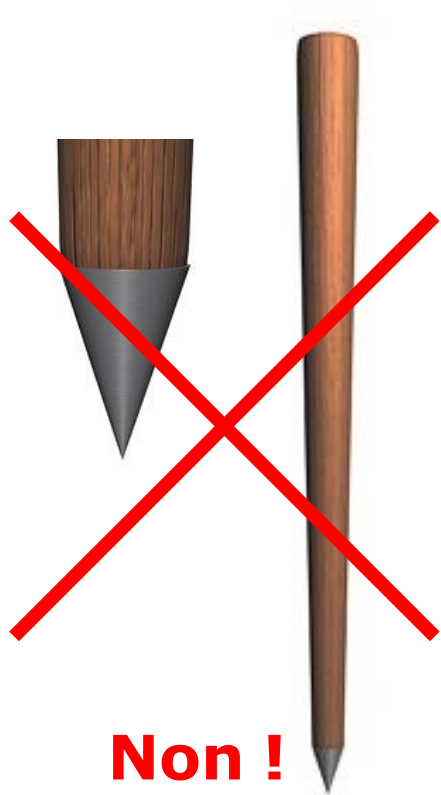
# Fondations sur pieux

---

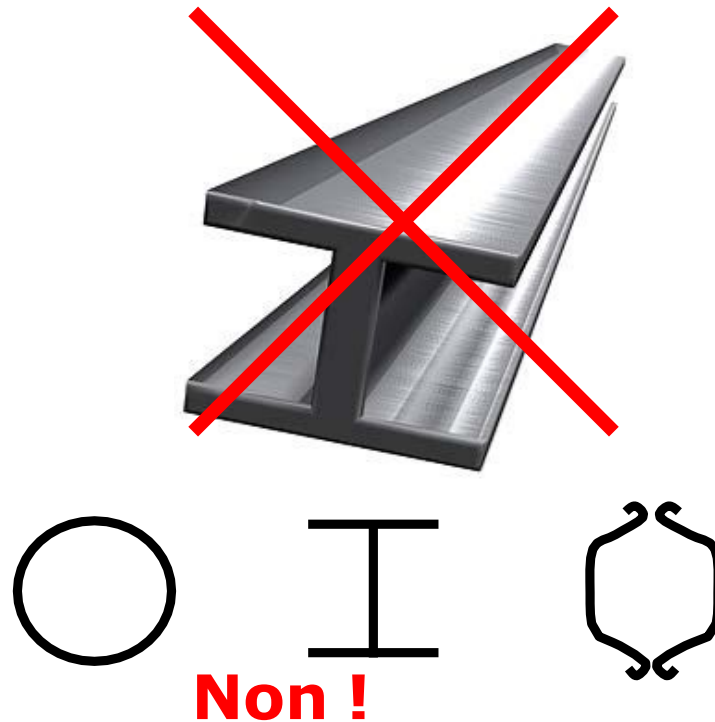
1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
  1. Pieux avec refoulement du sol
    1. Pieux battus
    2. **Autres pieux à refoulement**
  2. Pieux sans refoulement du sol
    1. Pieux forés
    2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

# Type de matériau pour les pieux forés

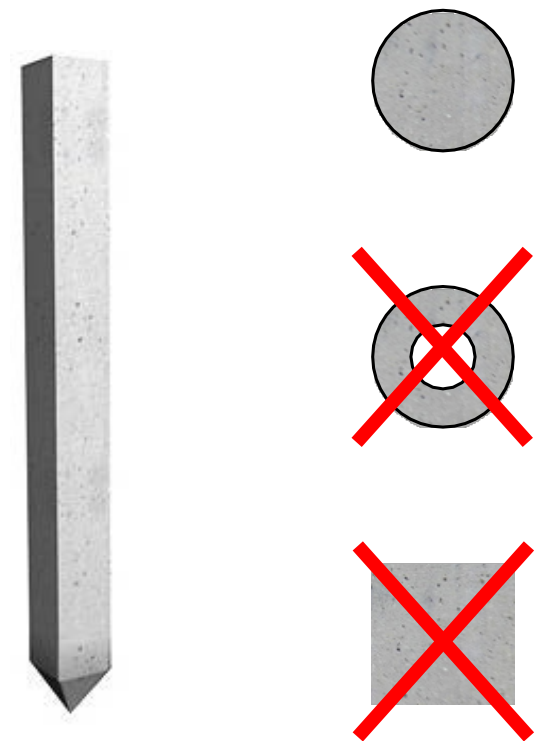
En bois



En acier



En béton armé ? ou précontraint ?

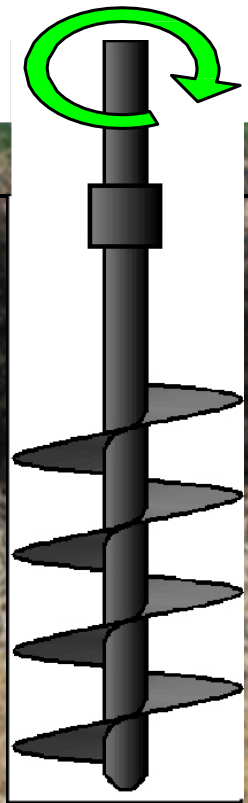


⇒ pieux avec une section pleine en béton armé

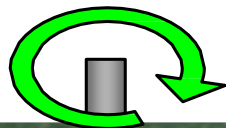


# Outils de forage

---

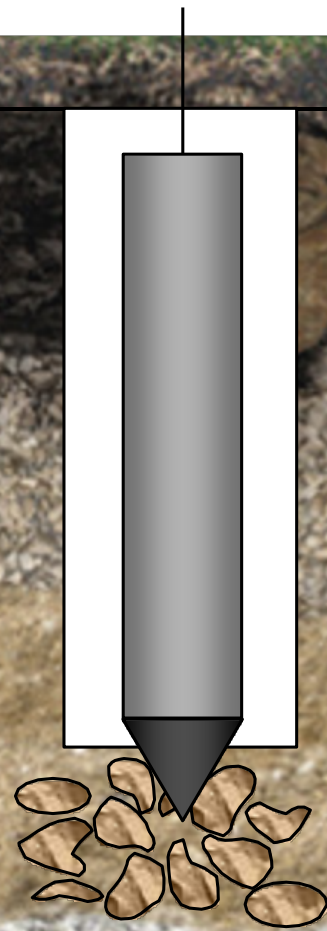


tarière

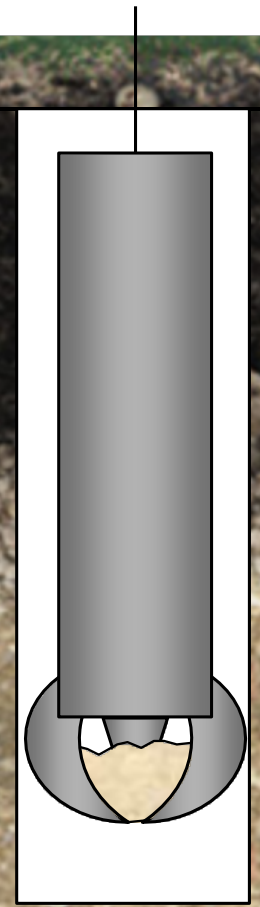


benne

trépan



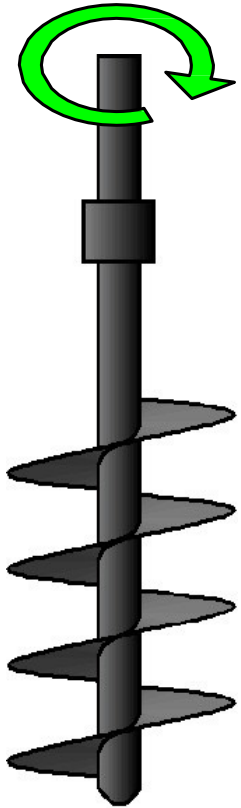
grappin





# Outils de forage

tarières



# Outils de forage

---



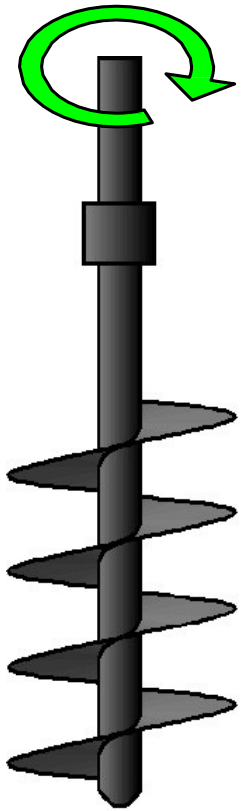
- Tarière continue



# Outils de forage

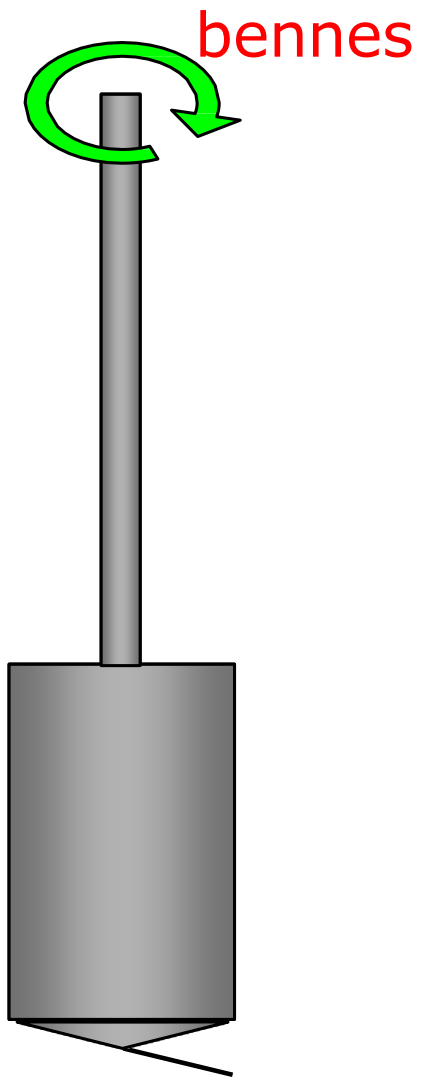
---

tarières



# Outils de forage

---





# Outils de forage

---

**Variante de benne**  
(pour rocher)

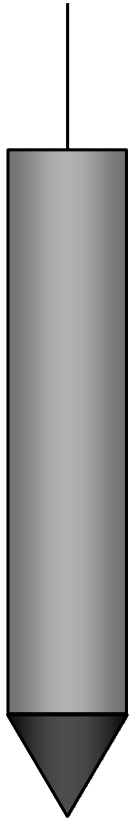




# Outils de forage

---

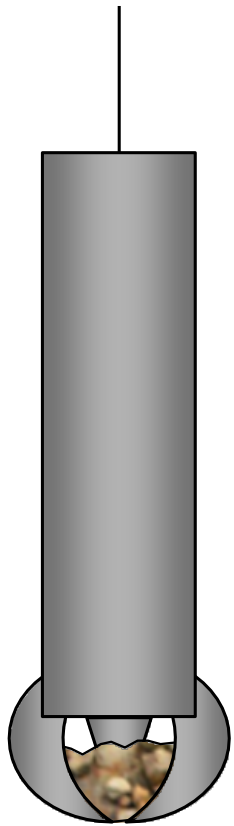
trépan



# Outils de forage

---

grappin

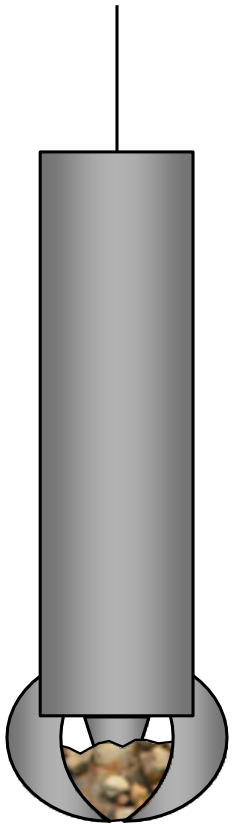




# Outils de forage

---

grappin



CCR - EPFL

Pieux forés  
tubés type «  
Benoto »  
EPFL





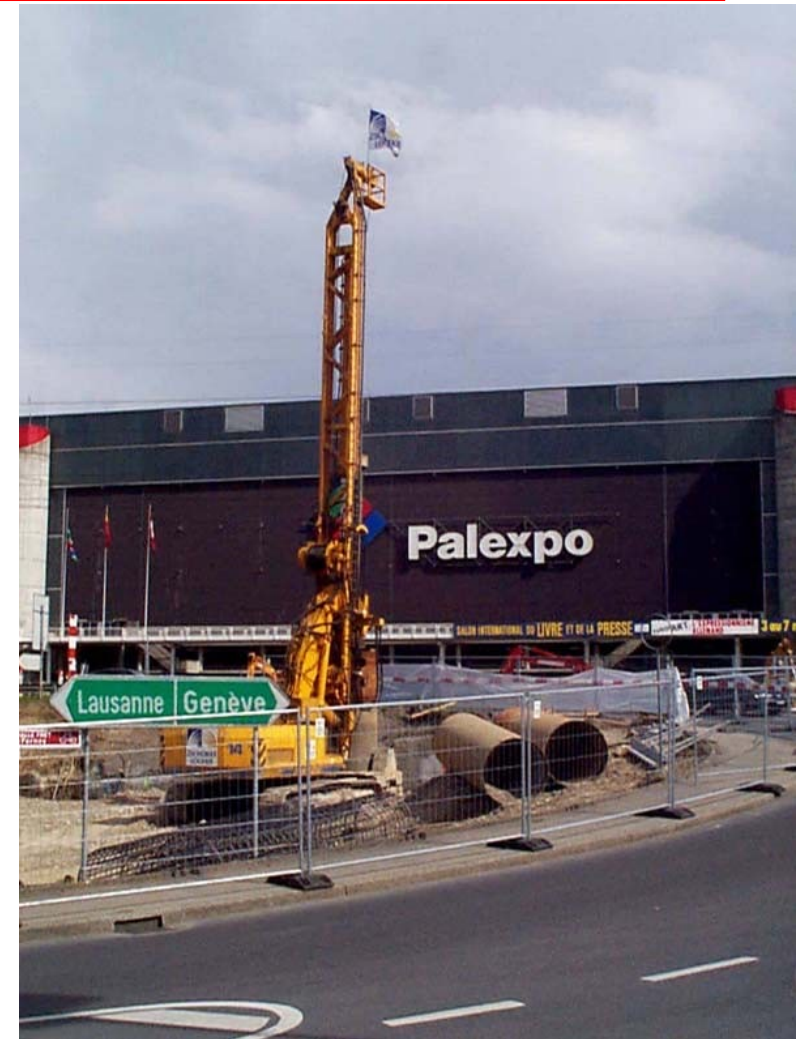
# Méthode de mise en œuvre

---

## Sonnettes de forage



Hôtel Alpha  
(Lausanne)



Extension  
Palexpo  
(Genève)

# Méthode de mise en œuvre

---



## Sonnettes de forage

Bâtiment des sciences  
de la vie (EPFL)

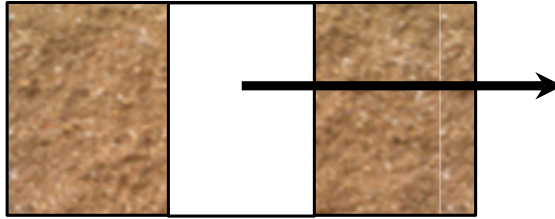
CCR (EPFL)



# Méthode de mise en œuvre

## Pieu foré

- **simple**



- **trou de forage auto stable**

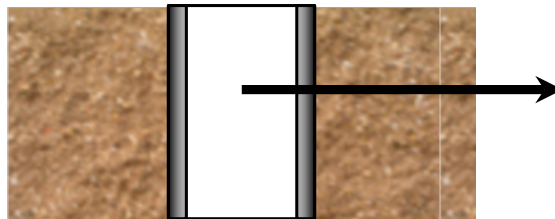
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- **sous boue**



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

- **tubé**



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

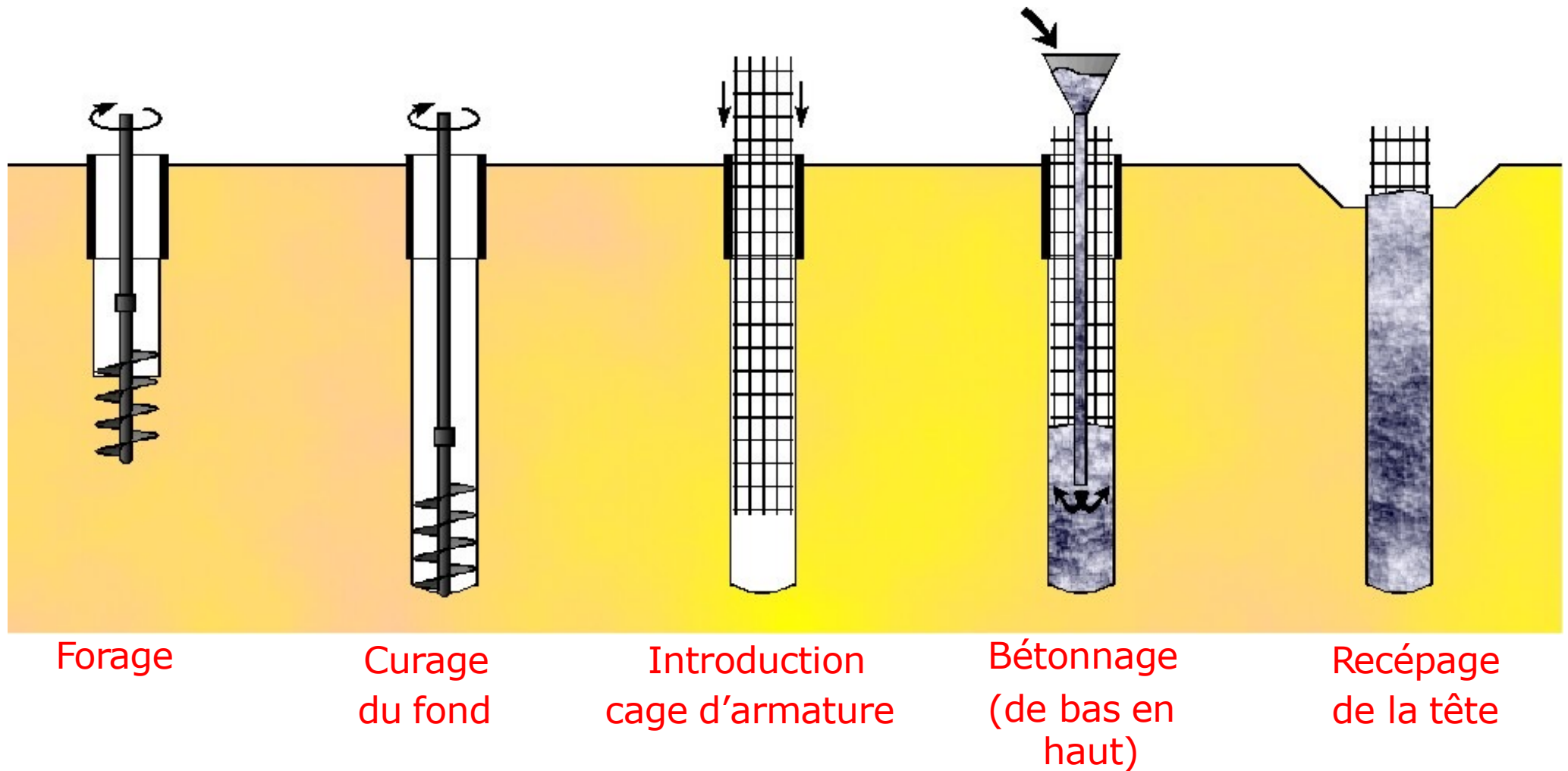
- **à la tarière continue**

- **procédé particulier**



# Exécution des pieux forés **simples**

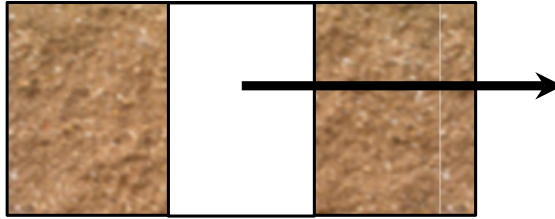
---



# Exécution des pieux forés sous boue

## 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



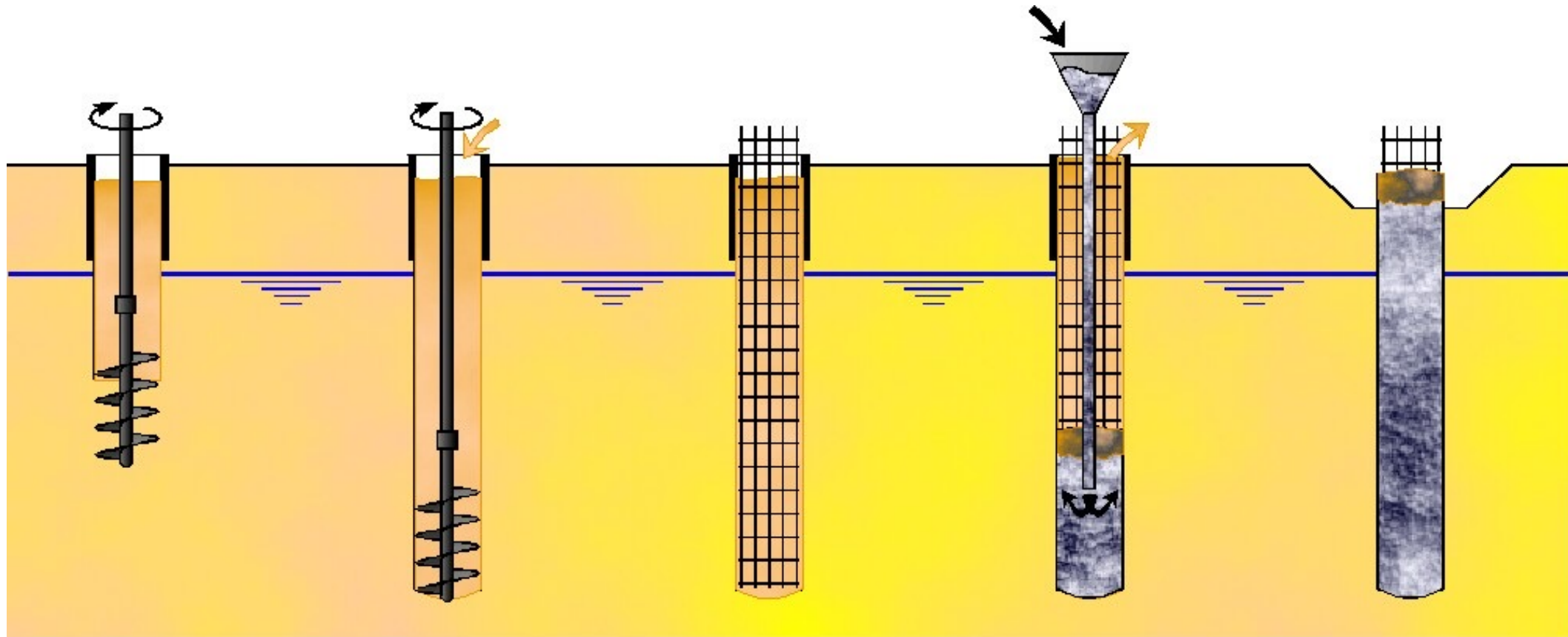
- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- à la tarière continue

- procédé particulier

# Exécution des pieux forés sous boue

---



Forage

Curage  
du fond

Introduction  
cage d'armature

Bétonnage  
(de bas en  
haut)

Recépage  
de la tête  
haut



# Exécution des pieux forés sous boue

---



Forage



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**

Pieu foré

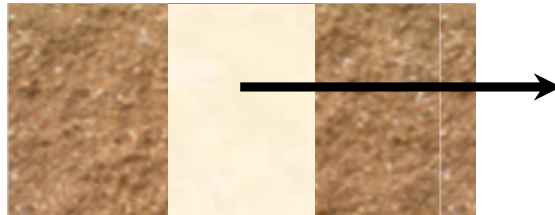
- simple



- 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**

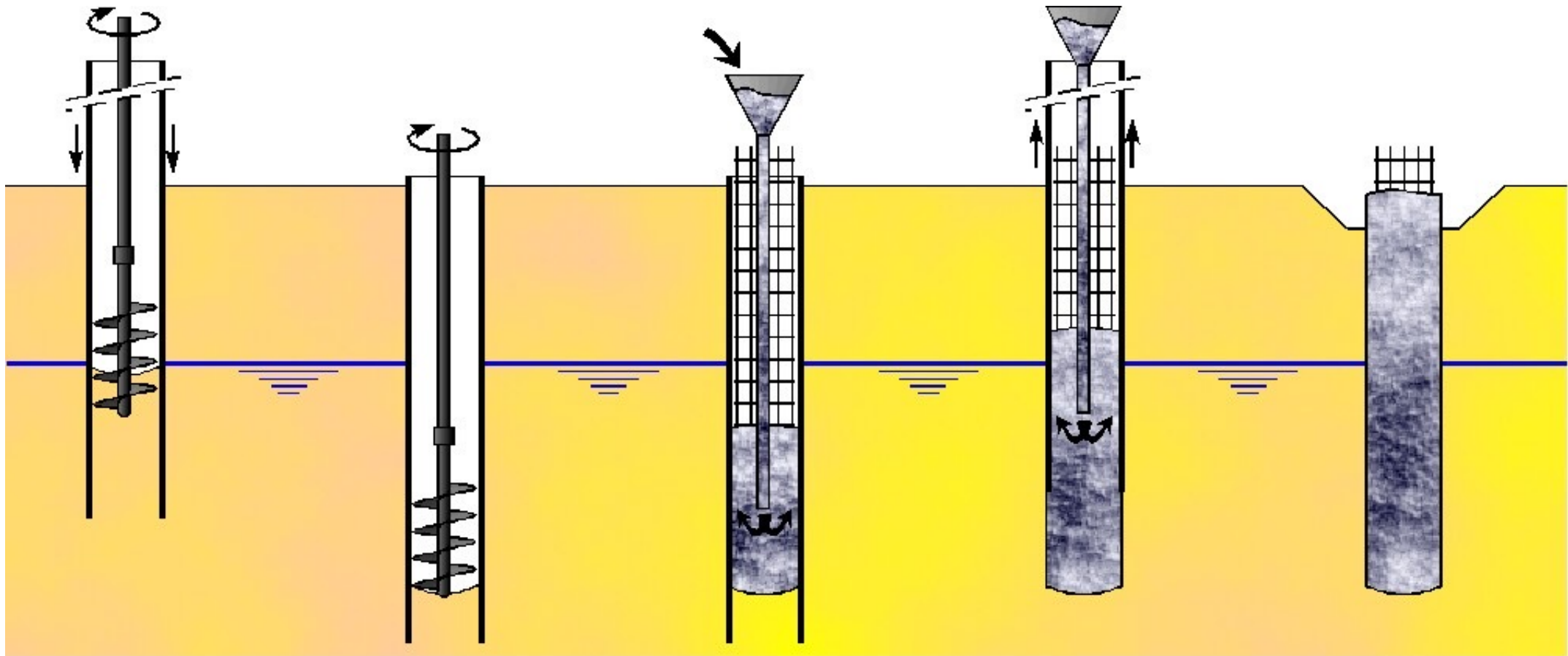


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- à la tarière continue

- procédé particulier

# Exécution des pieux forés 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

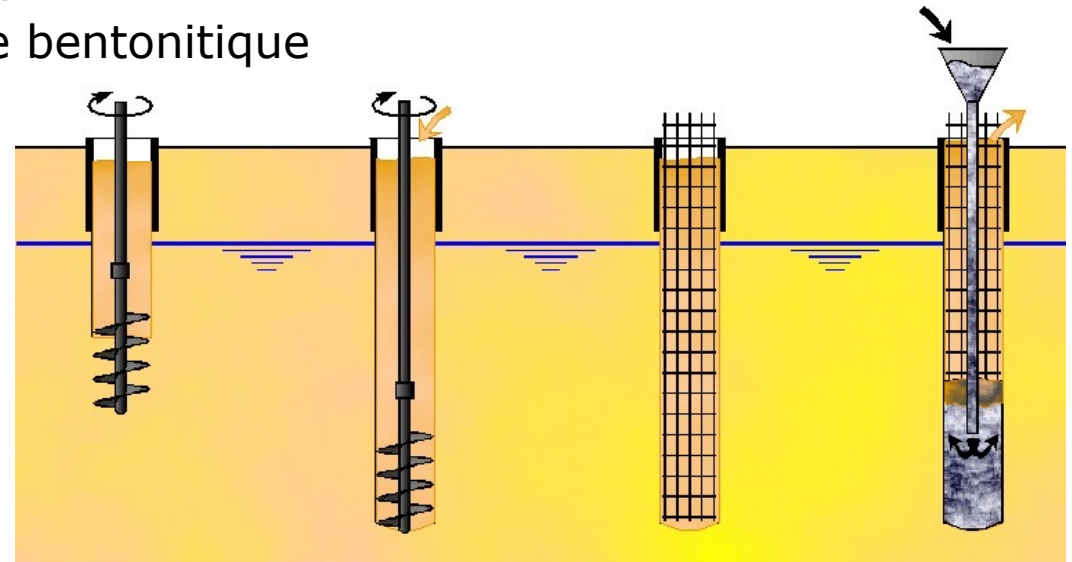
# Exécution des pieux forés tubés

---



# 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

Pieu  
foré

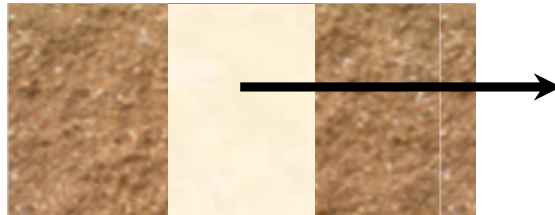
- simple



- 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

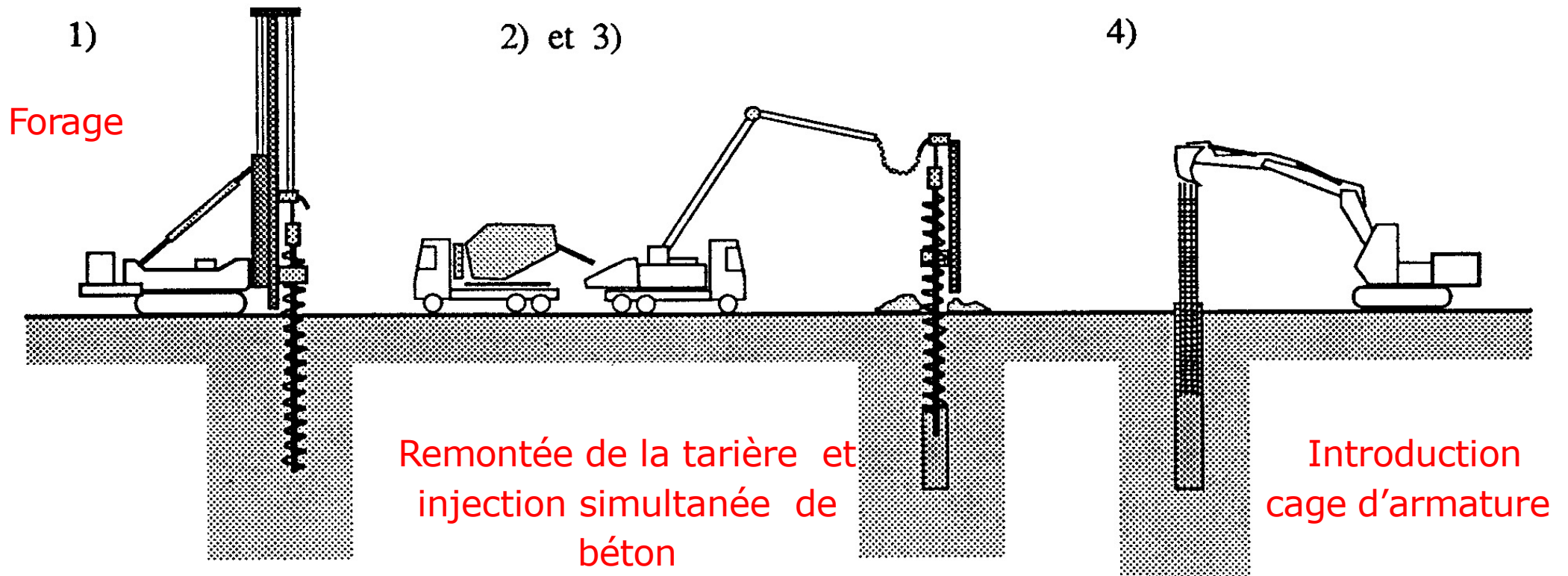


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- à la tarière continue

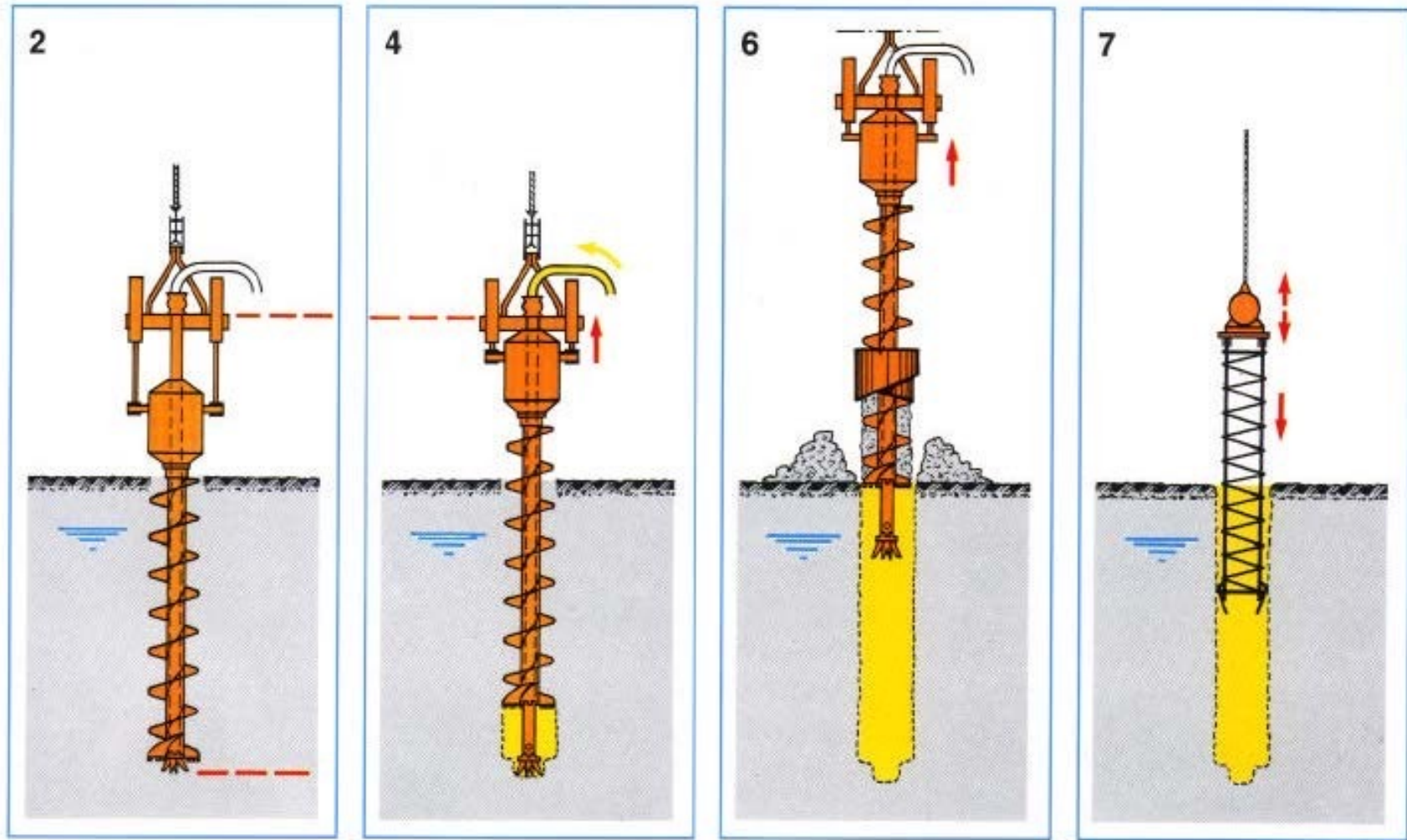
- procédé particulier

# Exécution des pieux forés à la tarière continue





# Exécution des pieux forés à la tarière continue



*Outillage STARSOL, « Super Tarière » Soletanche Bachy*

# Exécution des pieux forés à la tarière continue

---



# Dimensions, capacité, rendement des pieux forés

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



# Avantages et inconvénients des pieux forés

( ! à nuancer selon le type ! )

---

## Avantages

- 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)

## Inconvénients

- 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