

Fondations sur pieux - 1

Brice lecampion

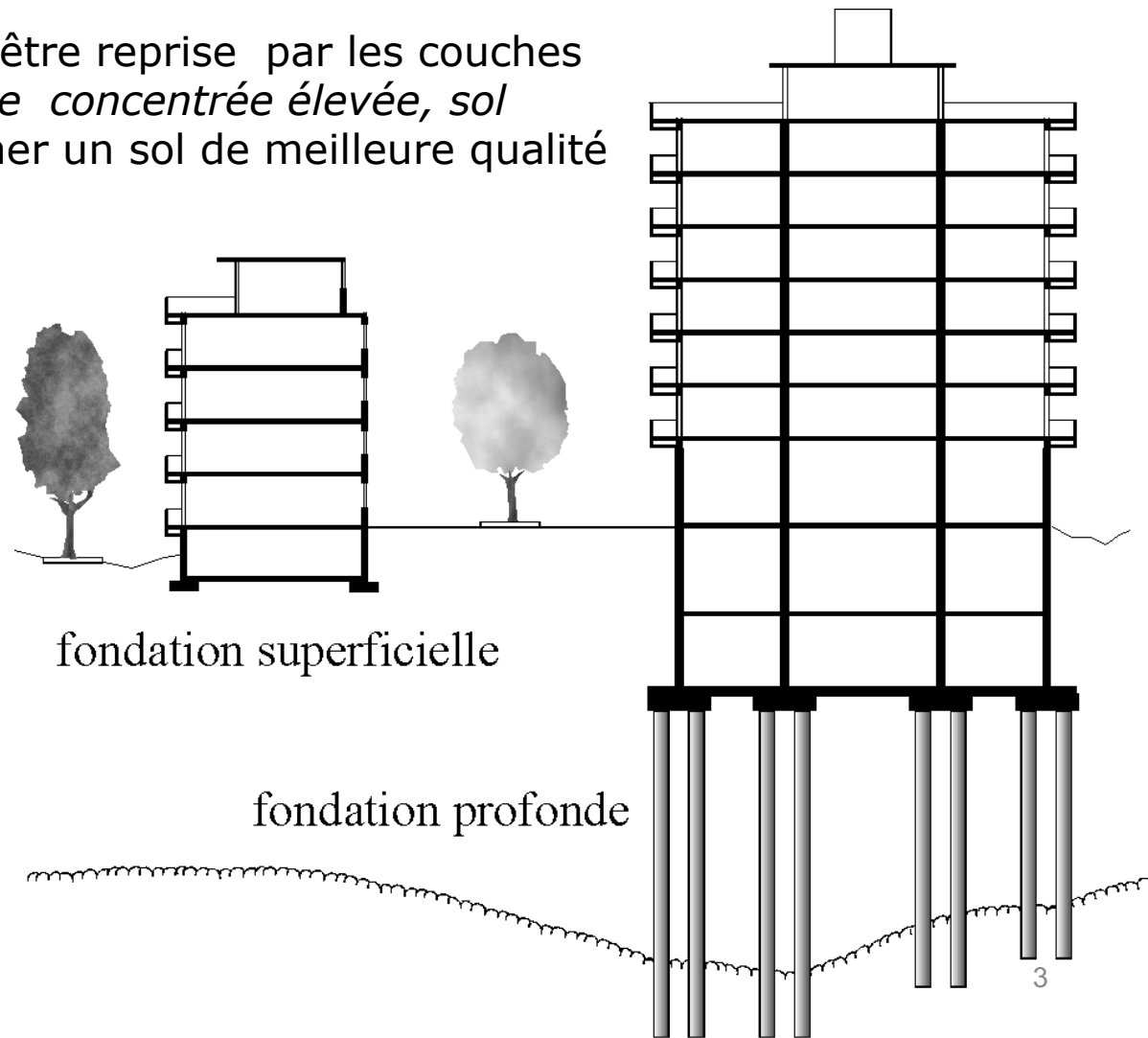


Fondations sur pieux

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.

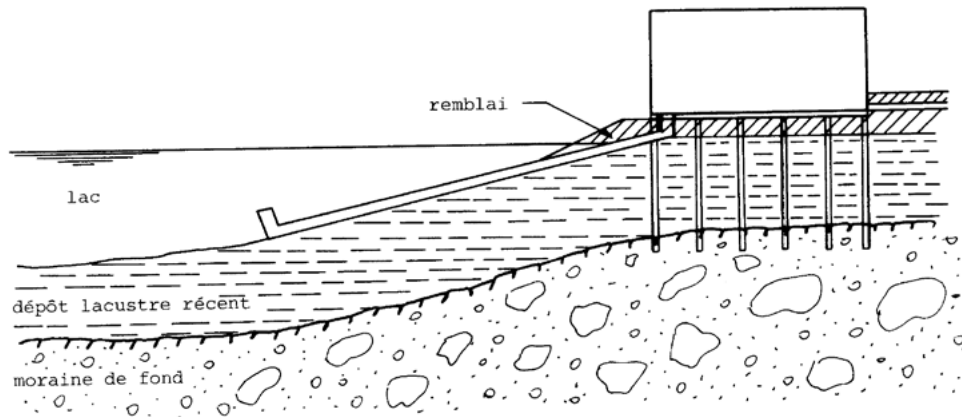


→ Fondations profondes

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

Raisons d'un recours à des fondations profondes

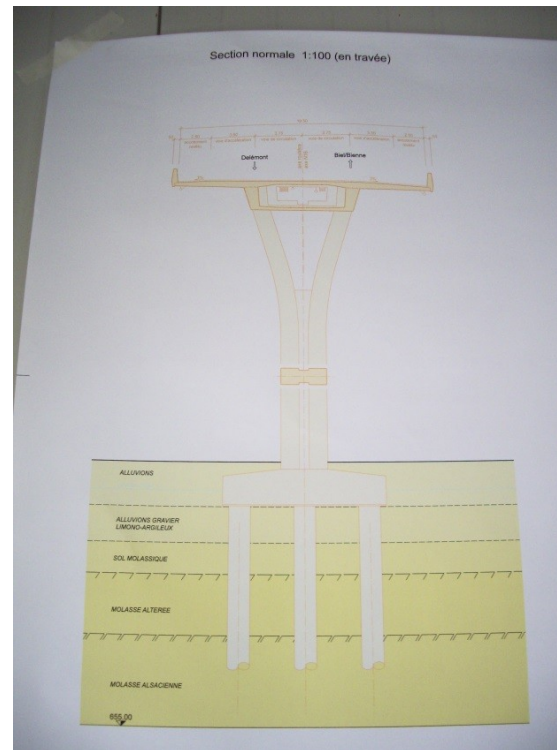
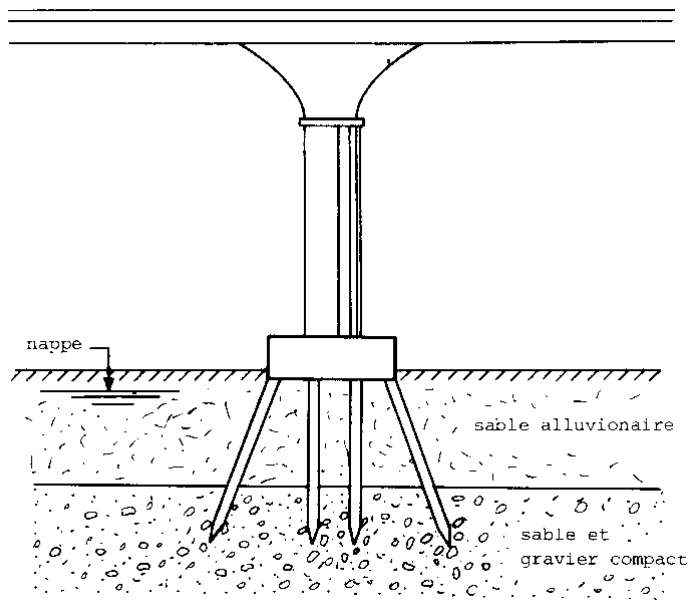
- **Recherche d'une couche de capacité portante plus élevée**



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**

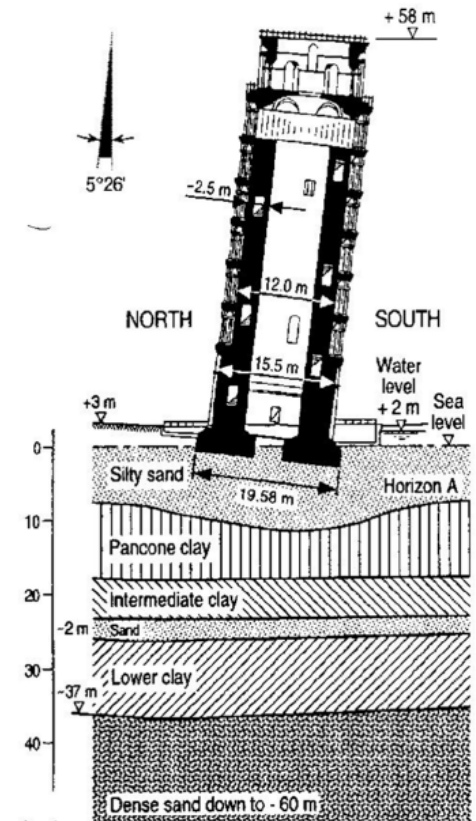
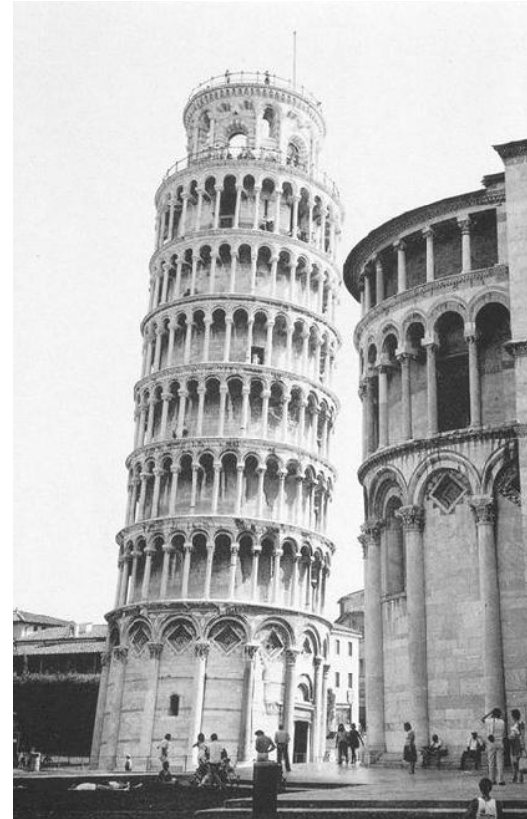
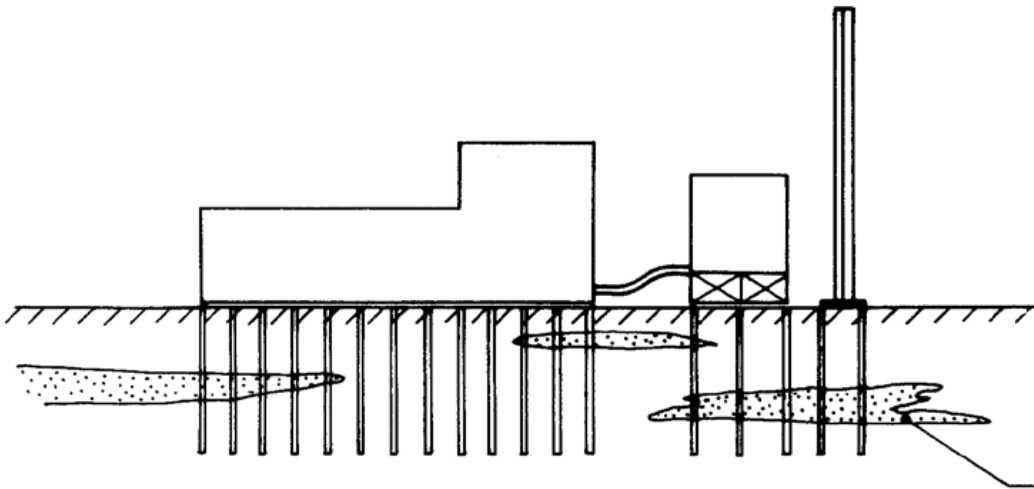


Viaduc de Chaluet (Transjurane)

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



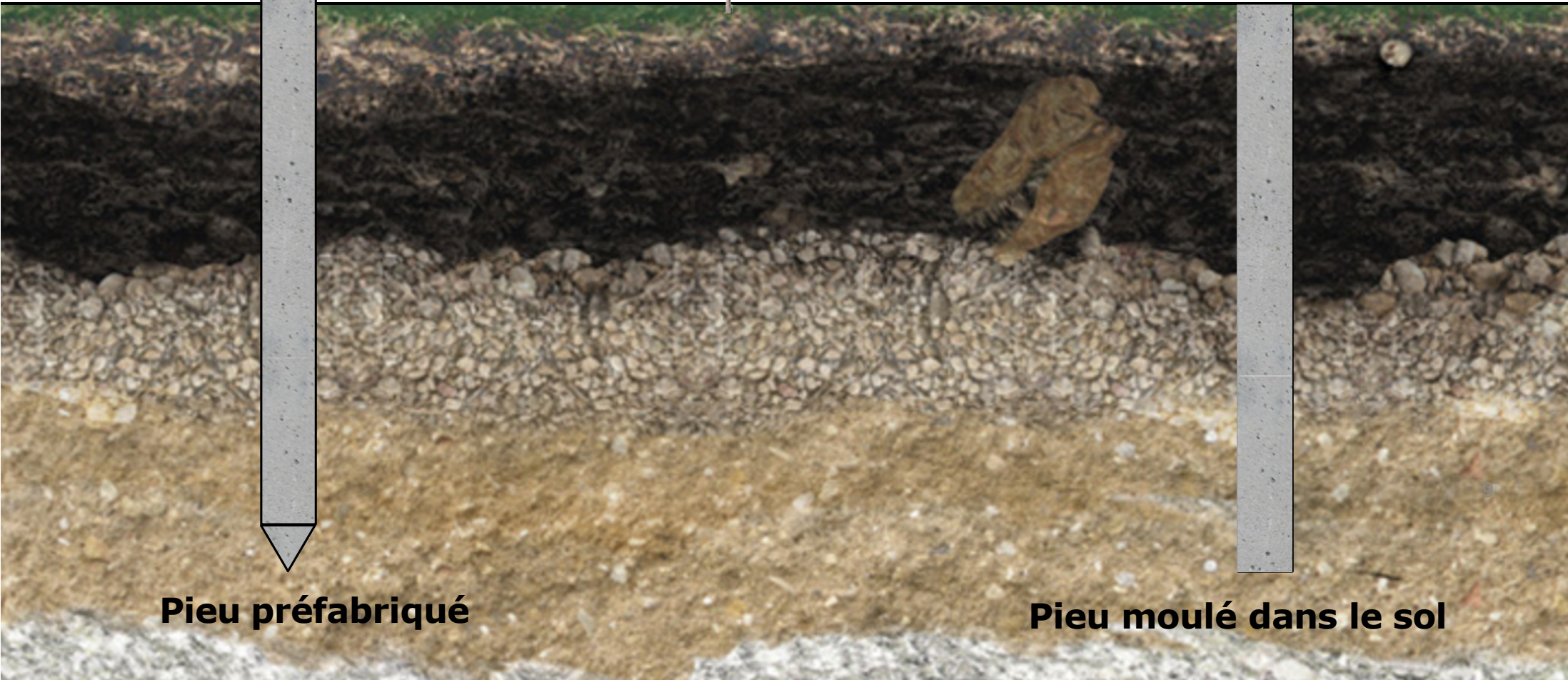
Construction **lors de** la mise en place



Pieu préfabriqué



Pieu moulé dans le sol



Classification selon la méthode de mise en œuvre

- Battage

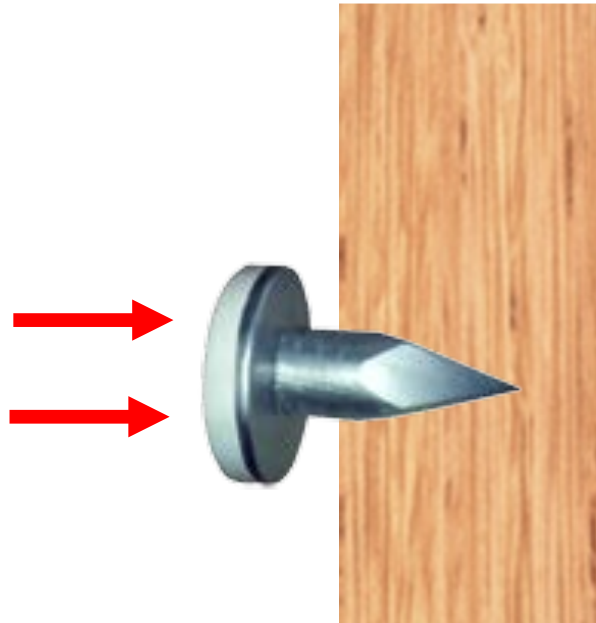


Depuis toujours...



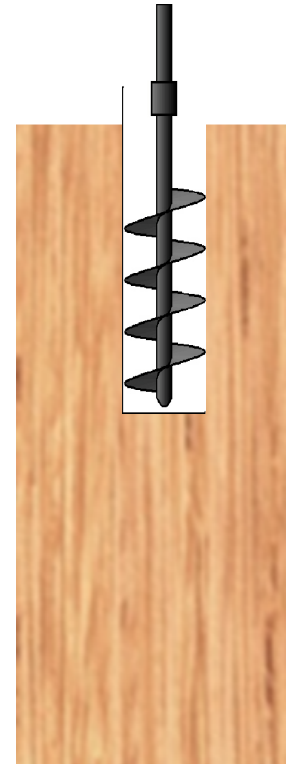
- Fonçage

XX^{ème} siècle



- Forage

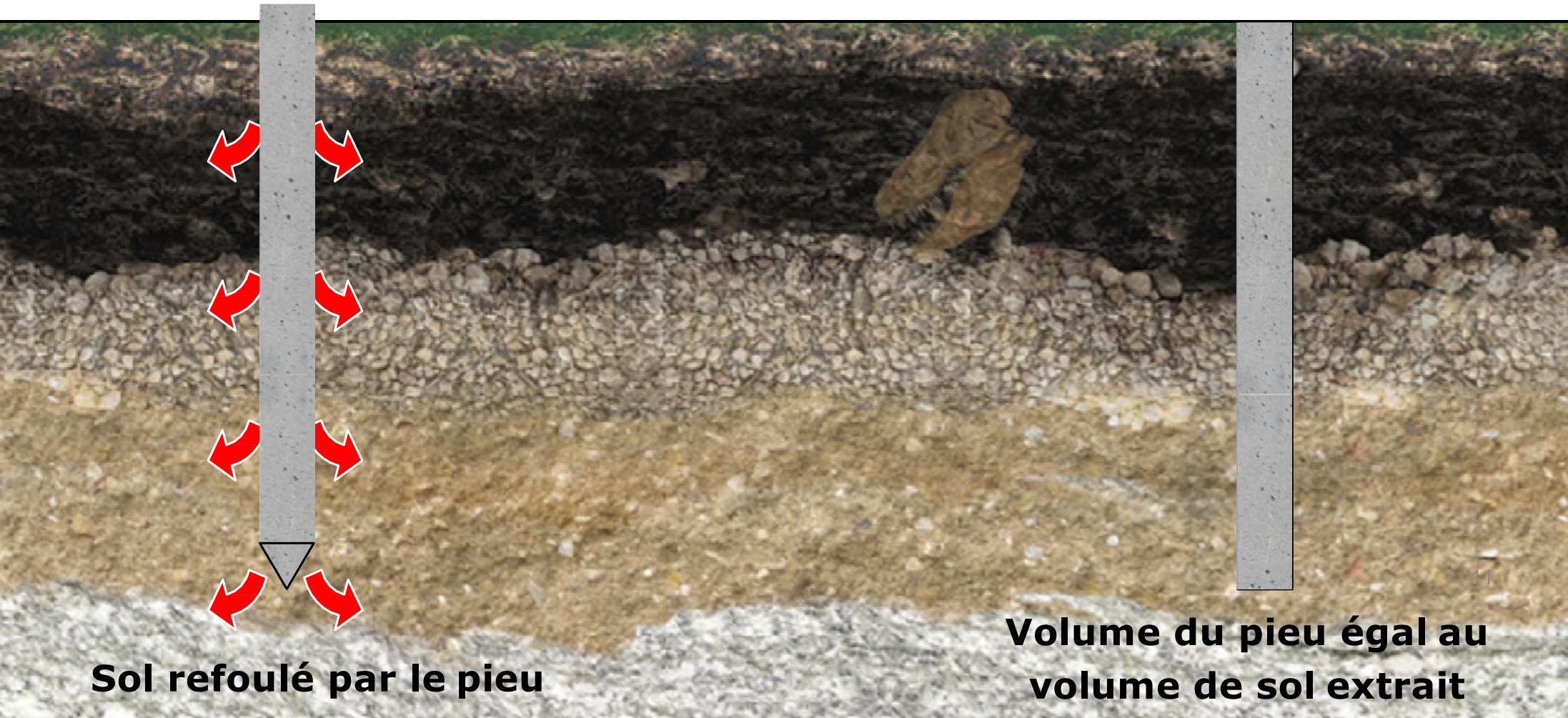
XX^{ème} siècle



Classification selon l'effet sur le terrain encaissant

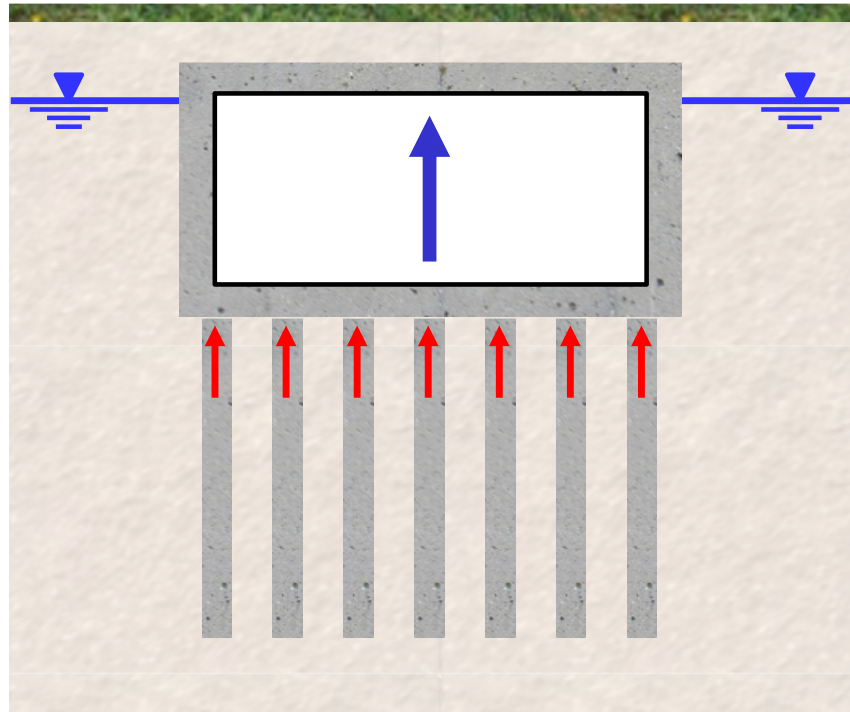
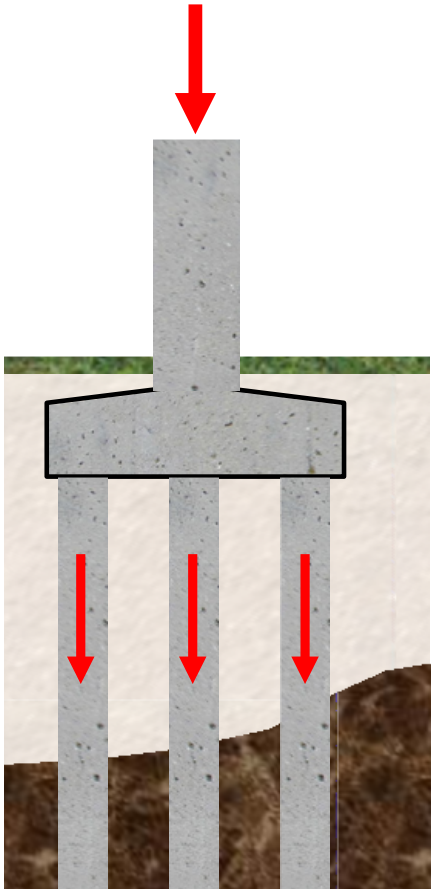
- Pieu **à** refoulement

Pieu **sans** refoulement



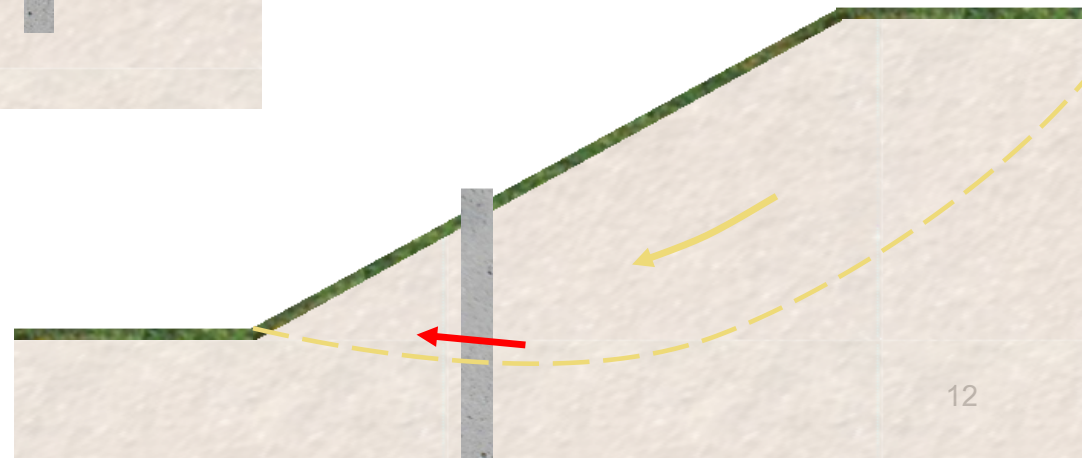
Classification selon le mode de travail du pieu

pieux en compression



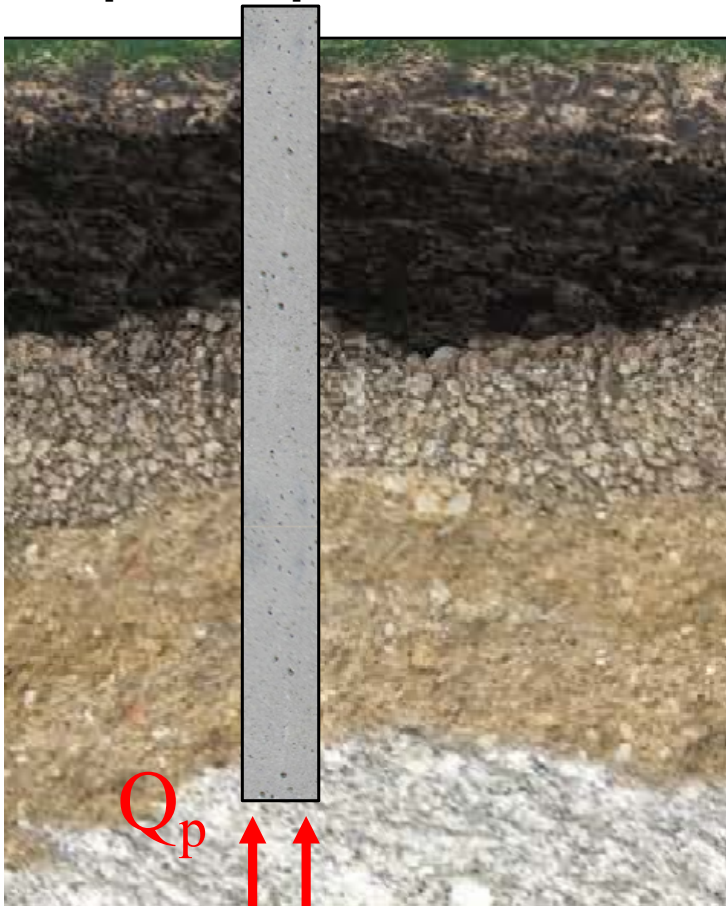
**pieux
en traction**

pieux en cisaillement

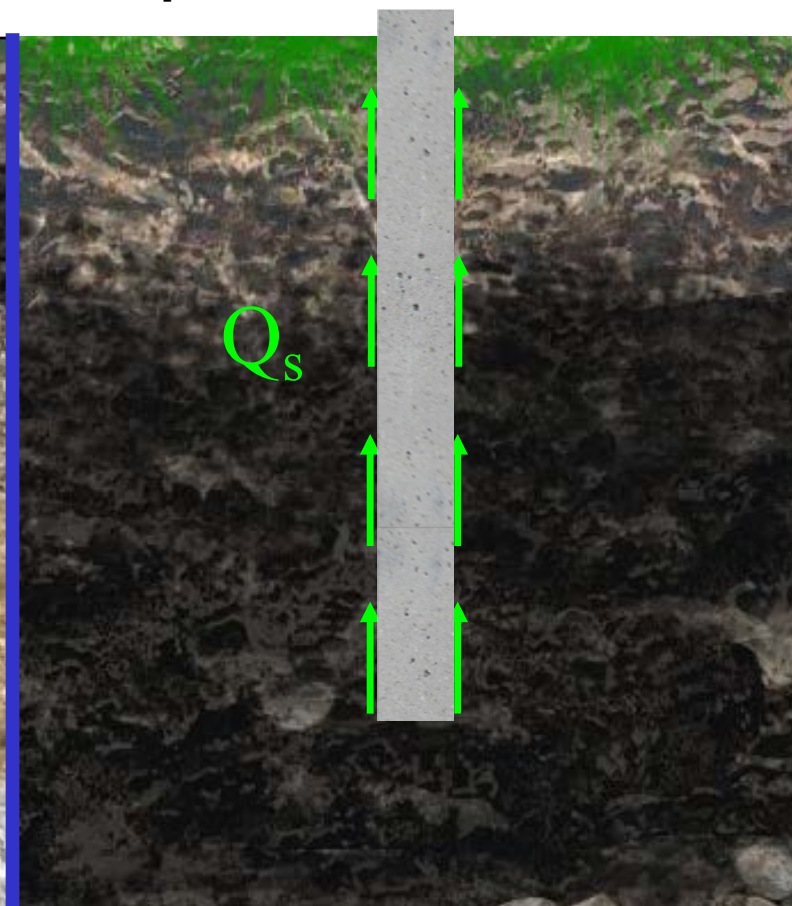


Classification selon le mode de transmission des efforts au massif de fondation

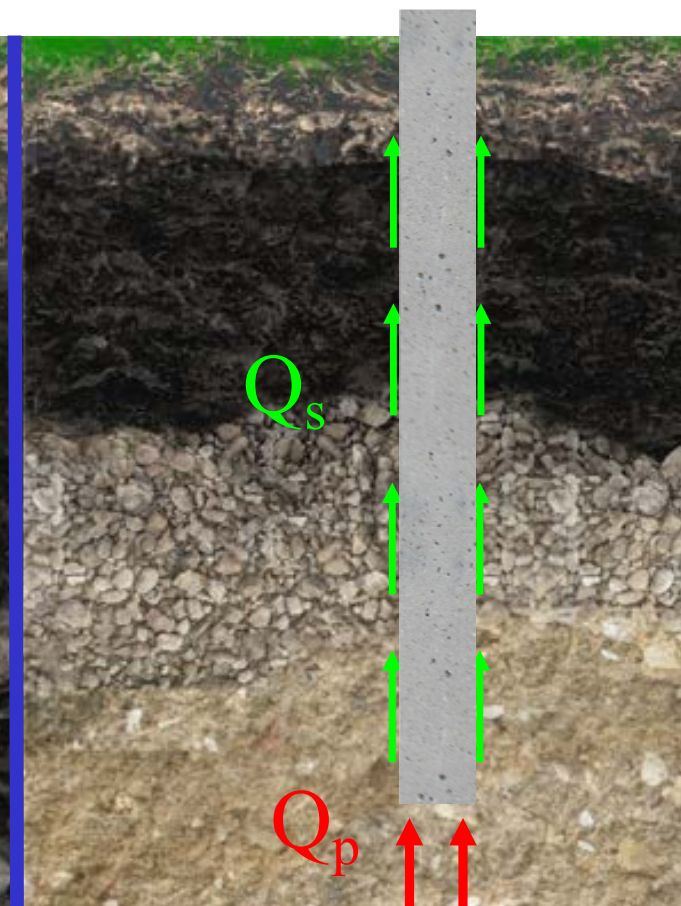
pieu colonne
ou
pieu de pointe



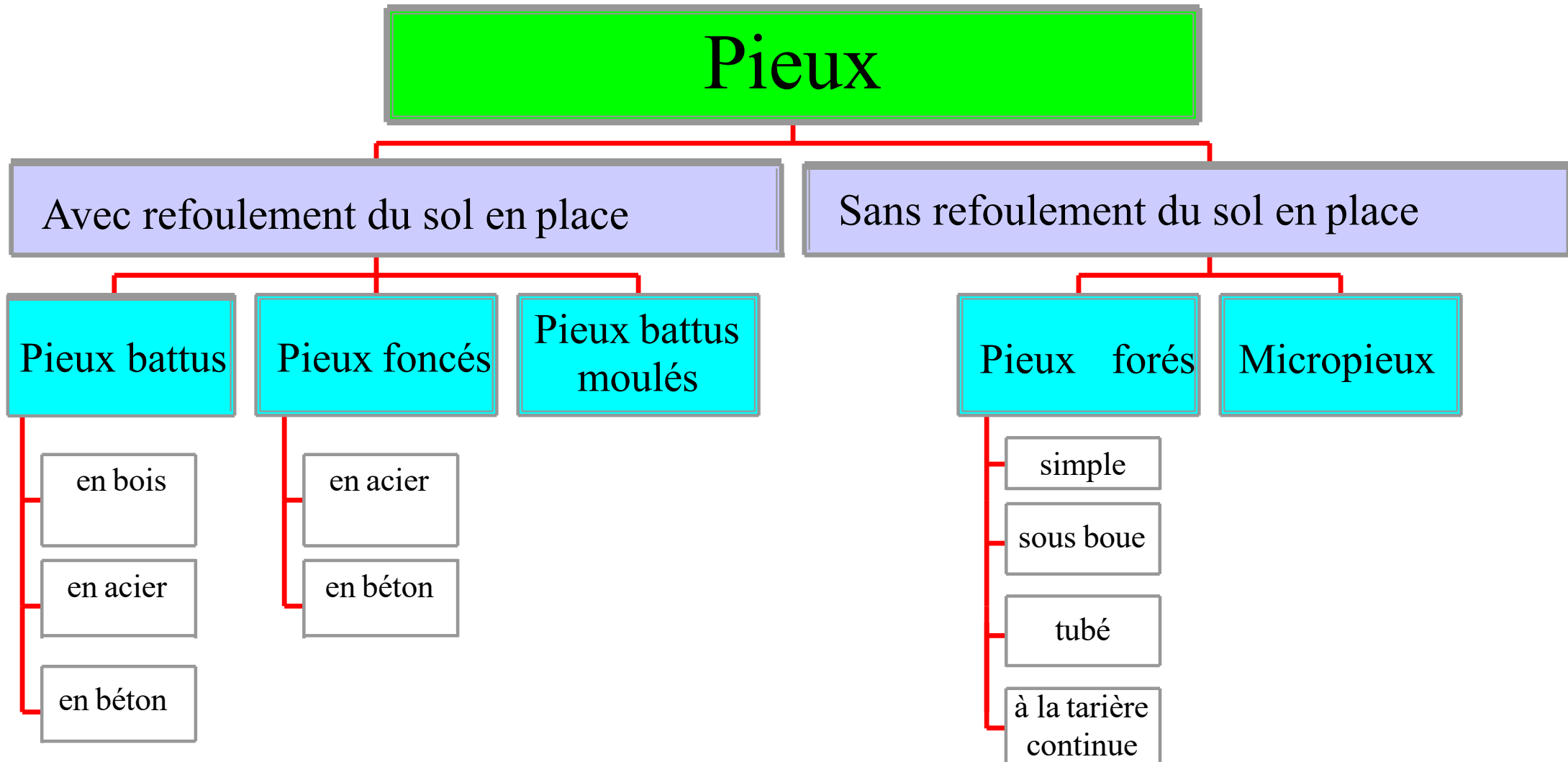
pieu flottant
ou
pieu de frottement



**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

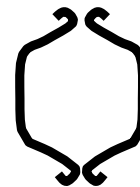
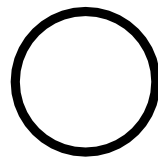
Types de pieux battus

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

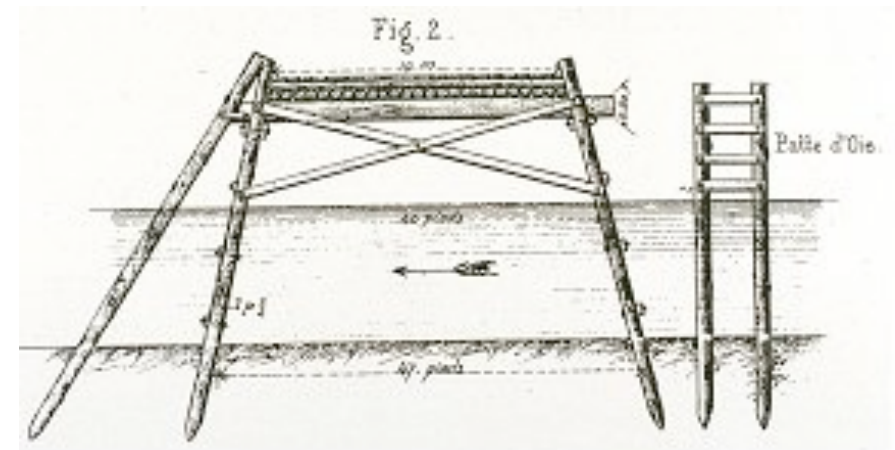
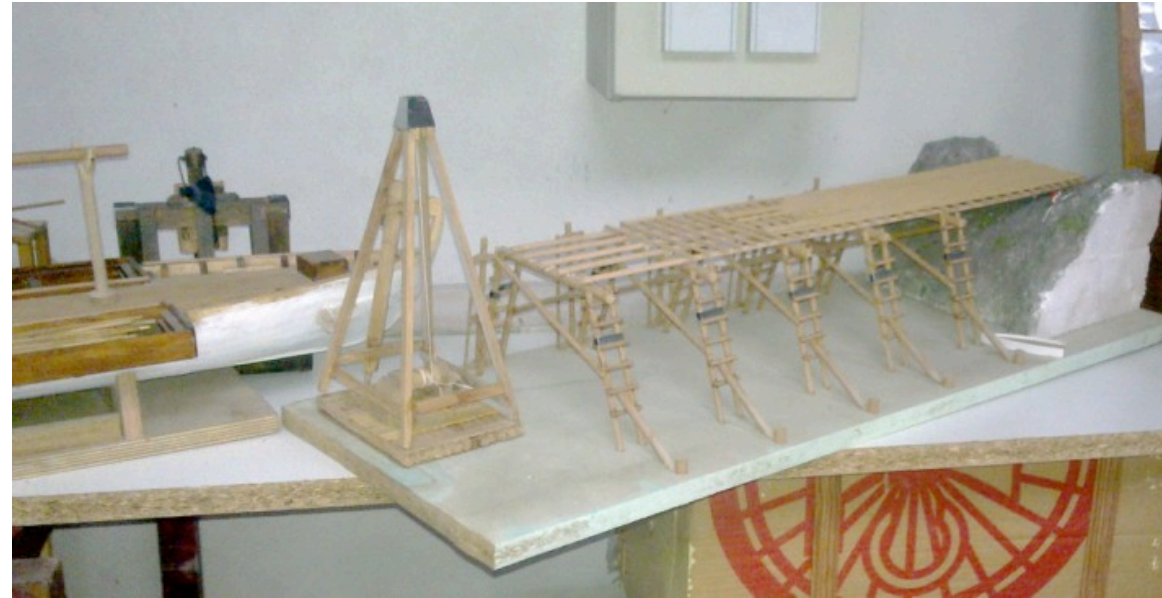
Sonette de battage sur radeau

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°) 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

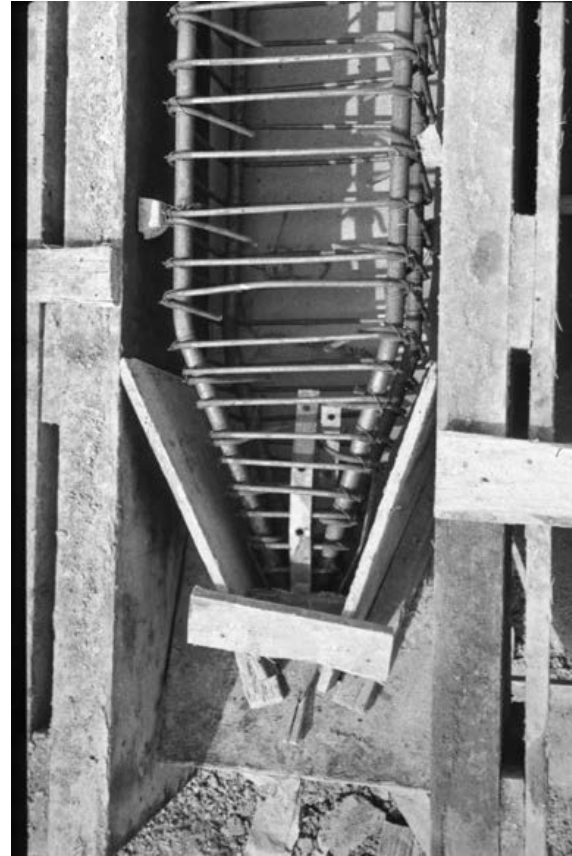
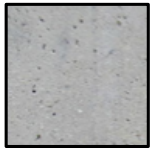


Ponton
pour le
port
de
Morges

Types de pieux battus

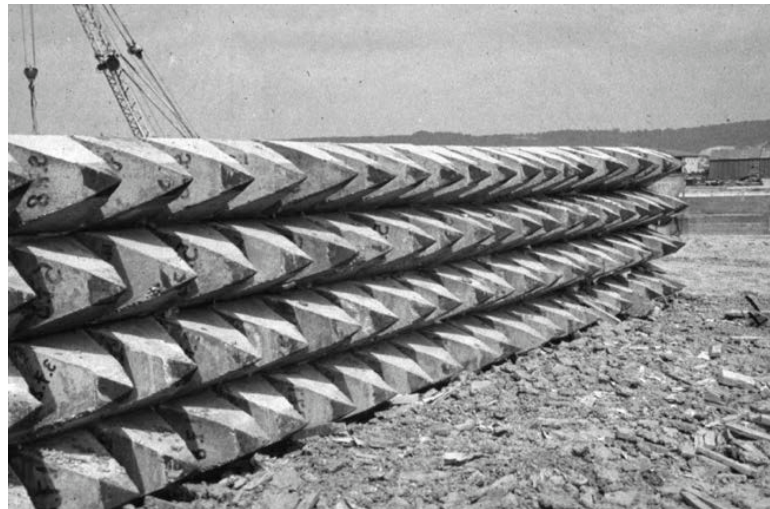
En béton armé

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

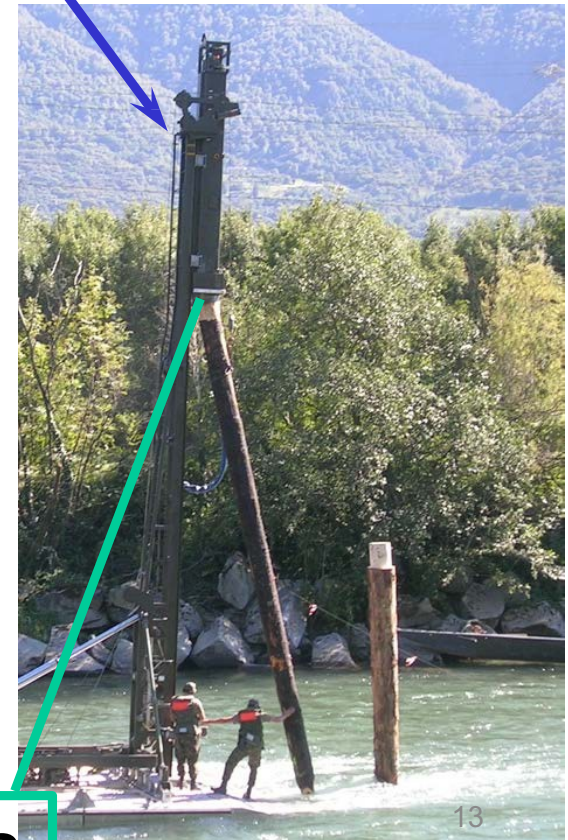
sur ponton flottant





Mode de battage

Mouton



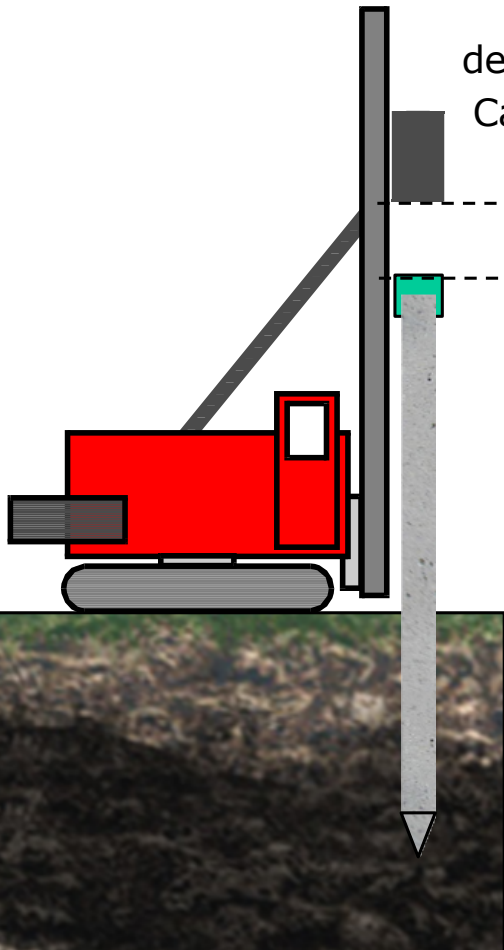
Casque

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

$h = 0.5 \text{ à } 1.5 \text{ m}$

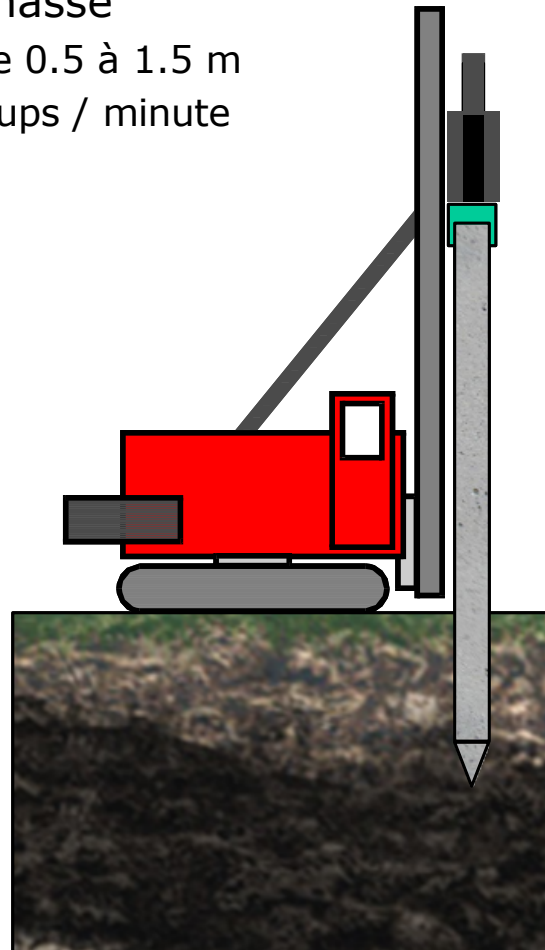


Actuellement

Moutons

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

Cadence ≈ 150 coups / minute



Vibro-fonçage de tubes et profilés métalliques

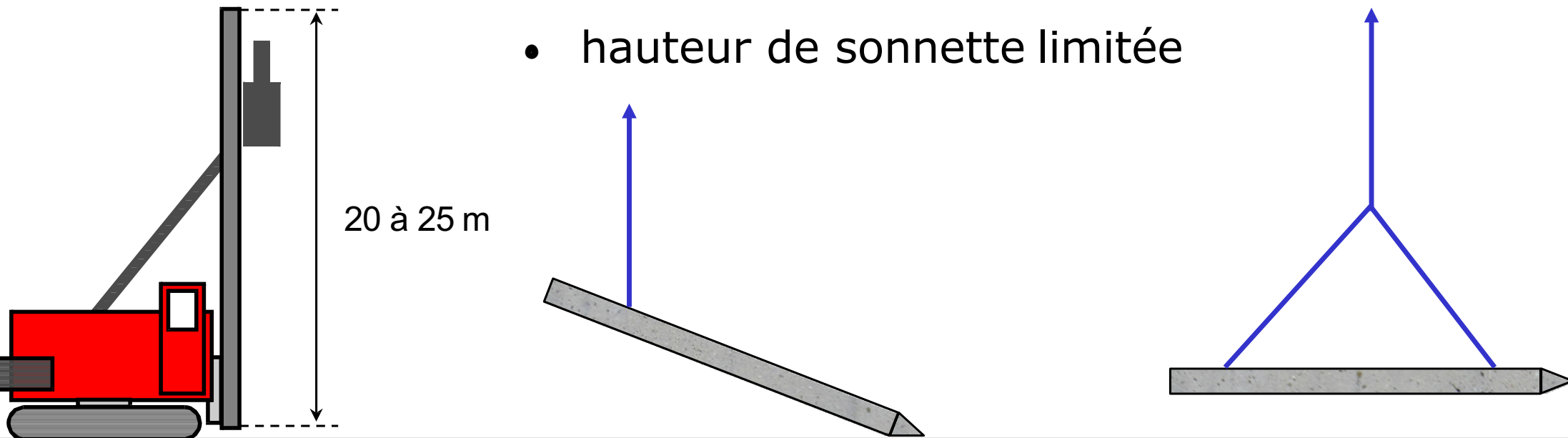
Masse vibrante avec moment excentrique
→ mise en place et arrachage d'éléments métalliques



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

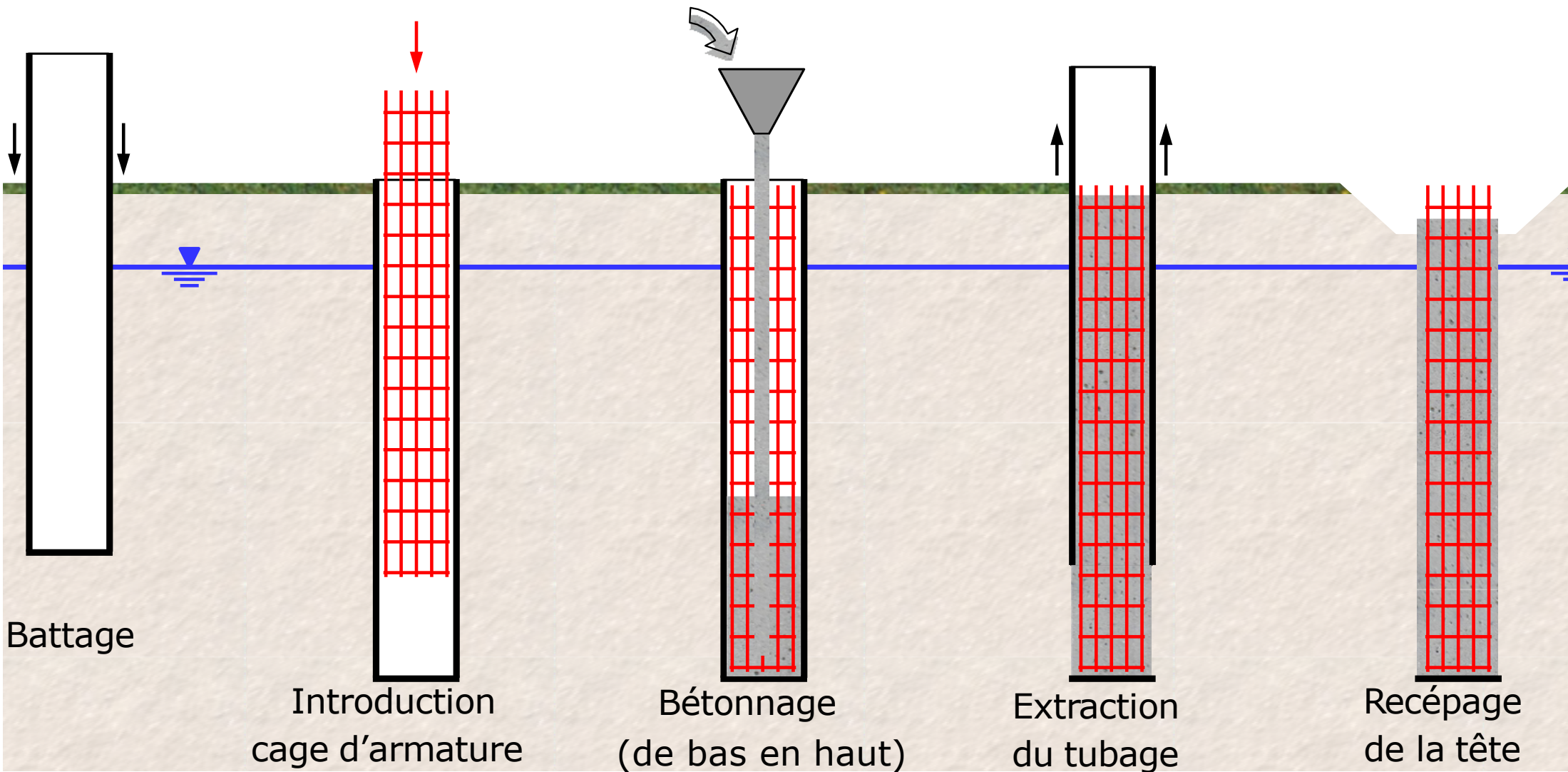
- Bruits, vibrations (moindres si vibro-fonçage)
- Risque d'endommagement lors de la mise en place (destruction de la tête ou du pied)
- Manutention difficile
 - \Rightarrow longueur et section limitées \Rightarrow capacité portante limitée

AUTRES PIEUX AVEC REFOULEMENT DU SOL

Fondations sur pieux

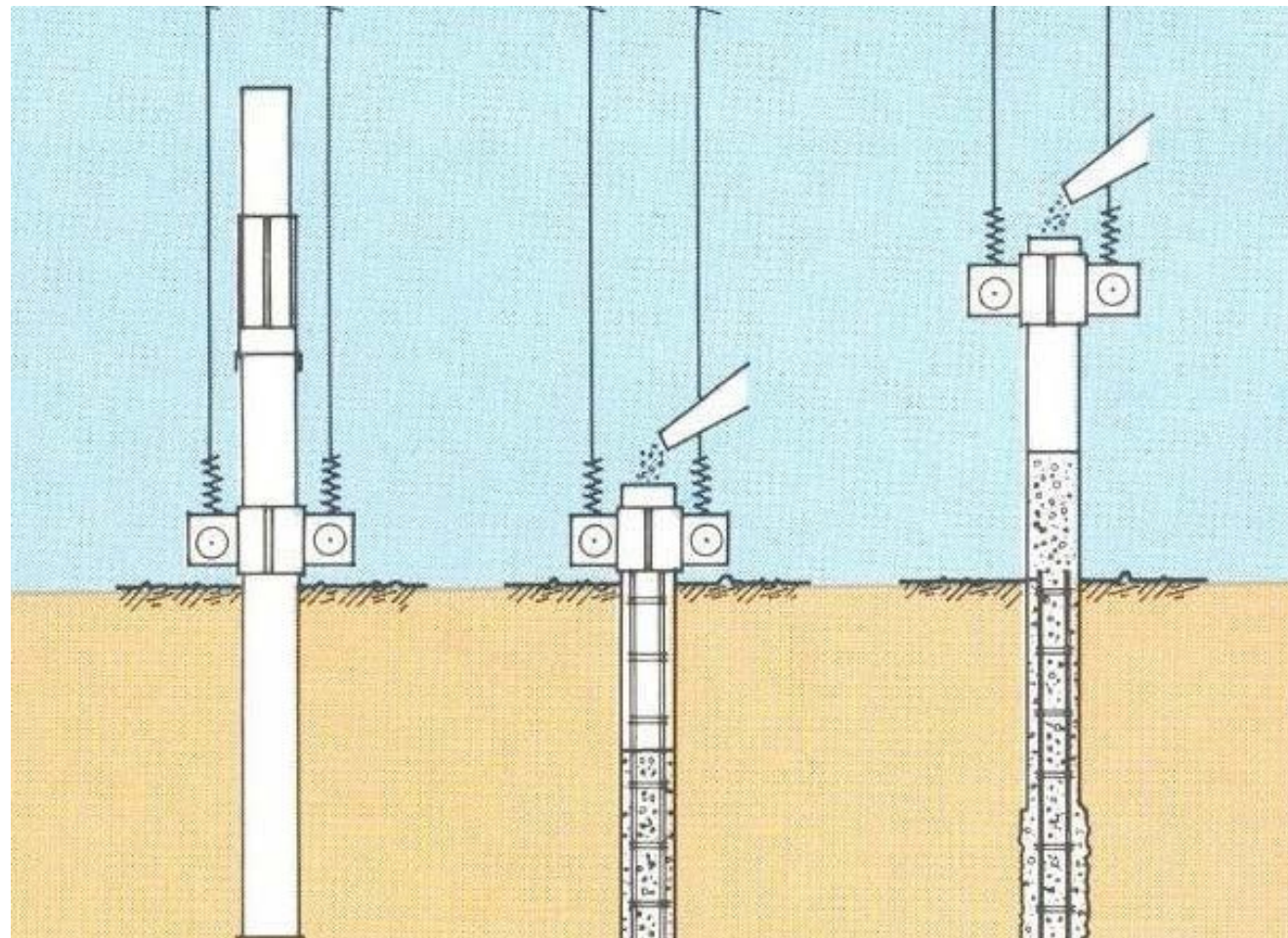
1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
 1. Pieux avec refoulement du sol
 1. Pieux battus
 2. **Autres pieux à refoulement**
 2. Pieux sans refoulement du sol
 1. Pieux forés
 2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

Exécution des pieux battus moulés

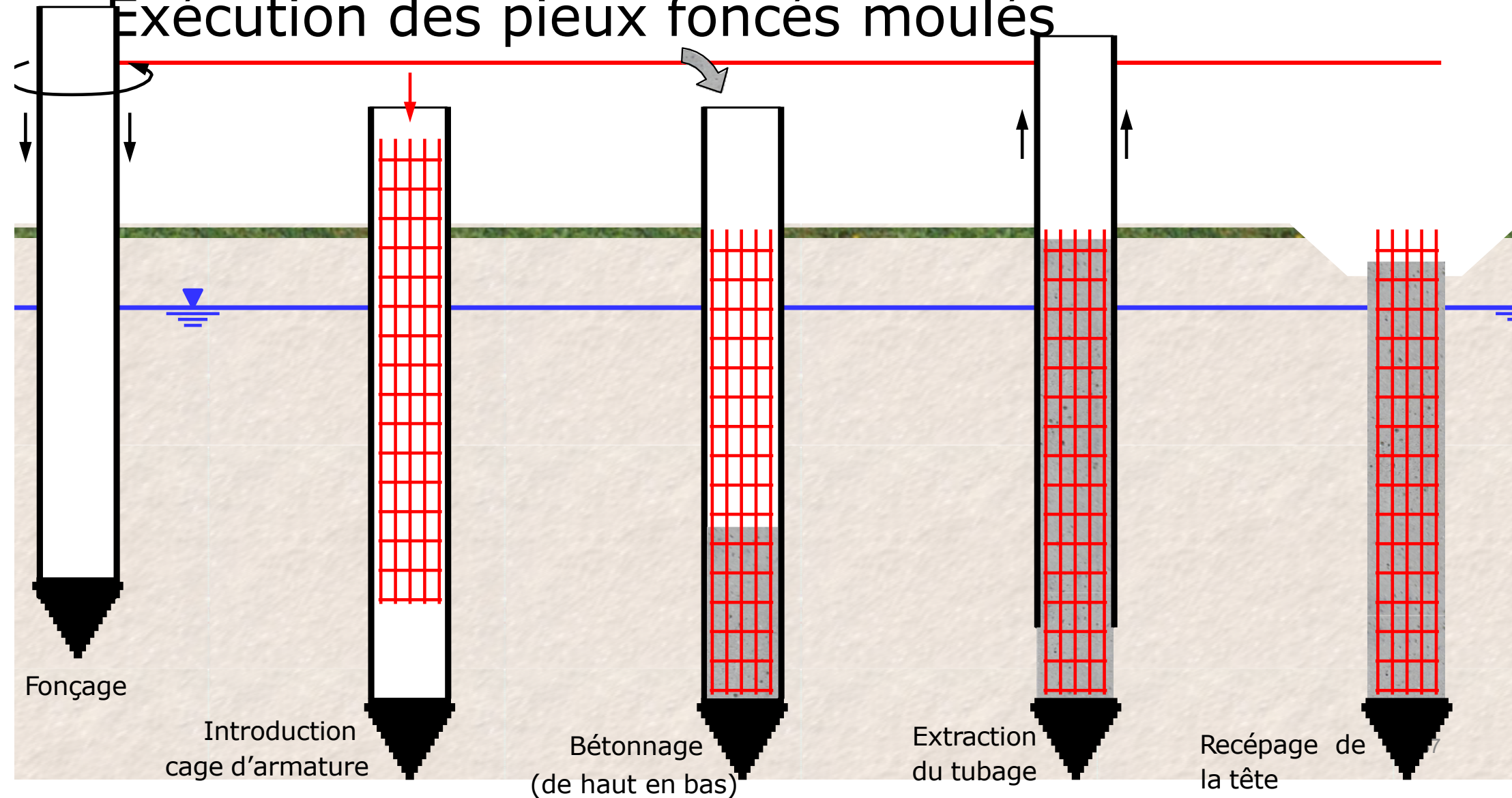


Pieux vibrés moulés

Pieux Vibrex



Exécution des pieux forcés moulés



Pieux foncés moulés



Pieux Fundex
Learning Center EPFL



Pieux foncés moulés



Pieux Fundex
Learning Center EPFL



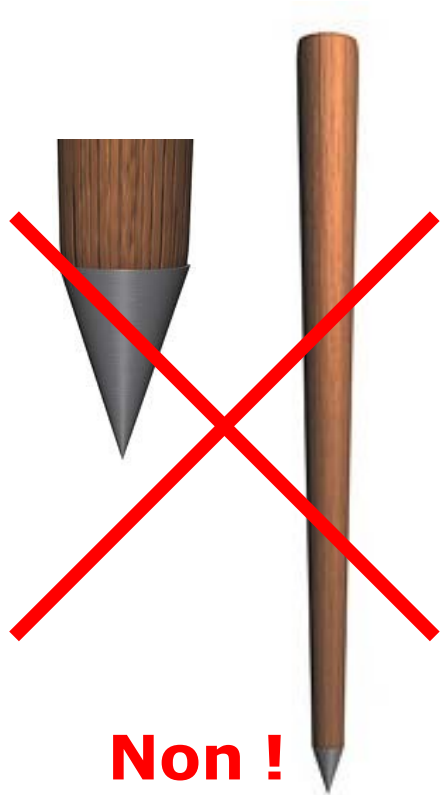
DESCRIPTION DES PIEUX FORÉS

Fondations sur pieux

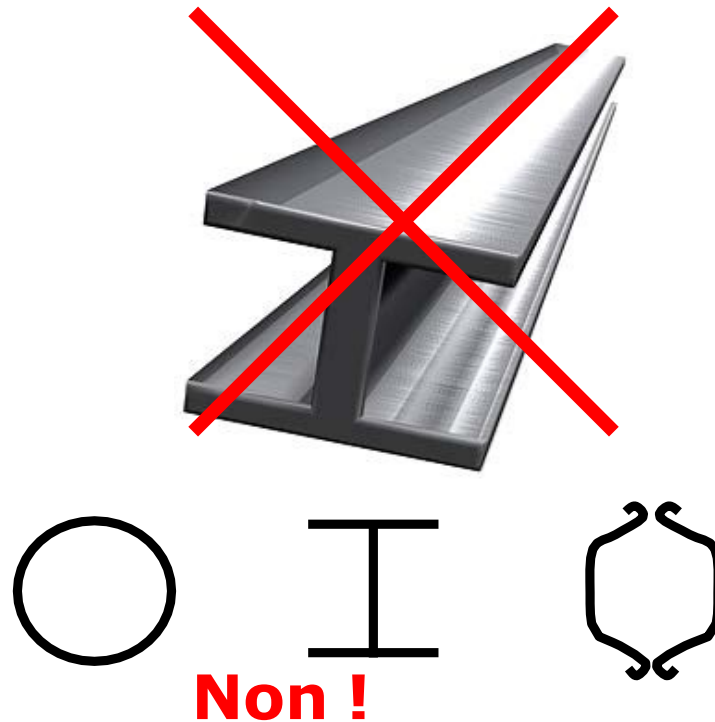
1. Critères de choix du type de fondations
2. Classification des pieux
3. Description
 1. Pieux avec refoulement du sol
 1. Pieux battus
 2. **Autres pieux à refoulement**
 2. Pieux sans refoulement du sol
 1. Pieux forés
 2. Micropieux
4. Calculs pieu isolé
5. Groupe de pieux

Type de matériau pour les pieux forés

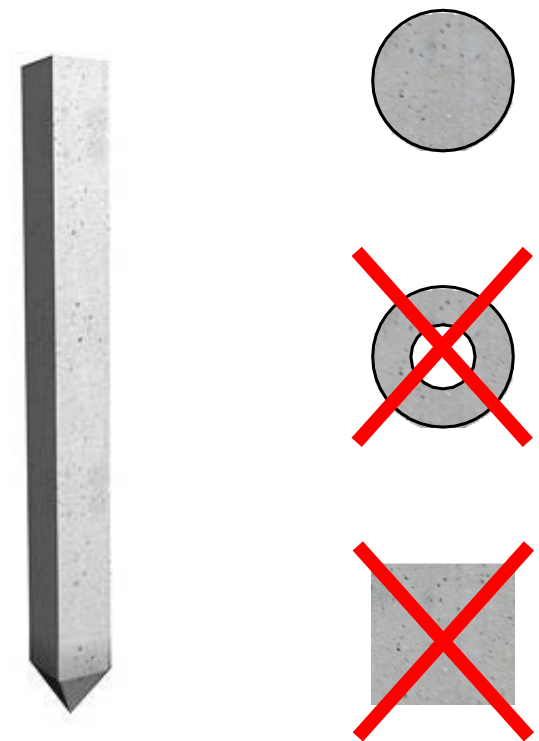
En bois



En acier

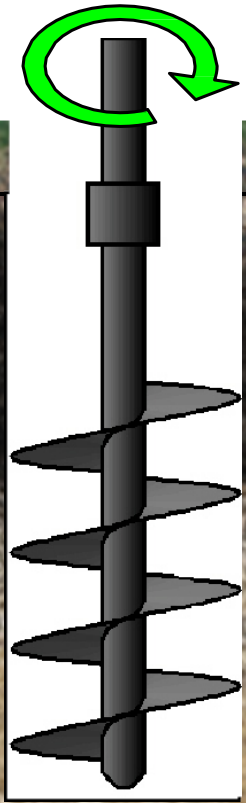


En béton armé ? ou précontraint ?

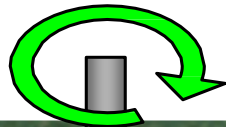


⇒ pieux avec une section pleine en béton armé

Outils de forage

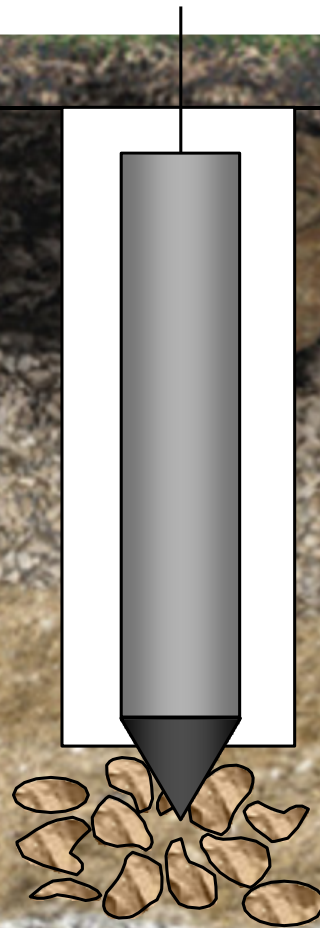


tarière

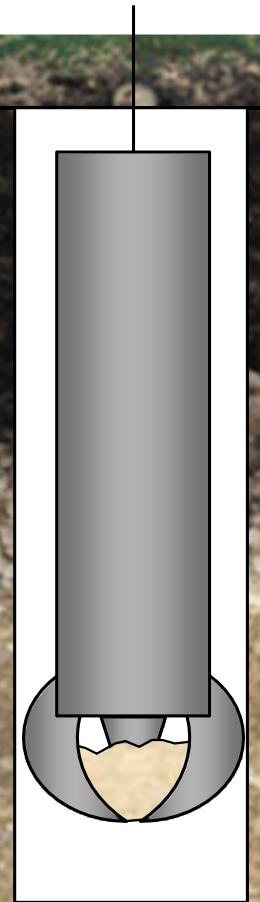


benne

trépan

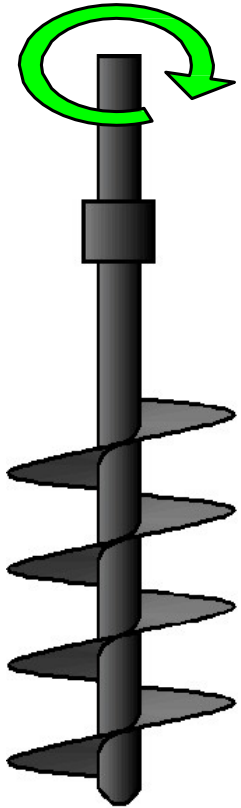


grappin



Outils de forage

tarières



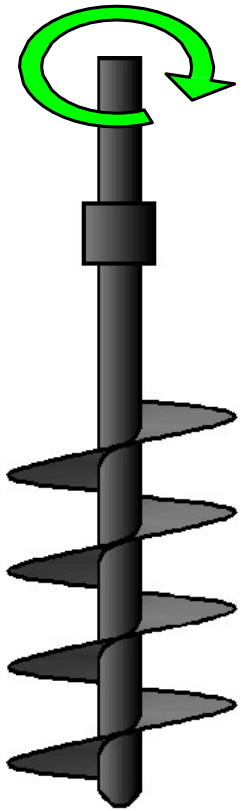
Outils de forage



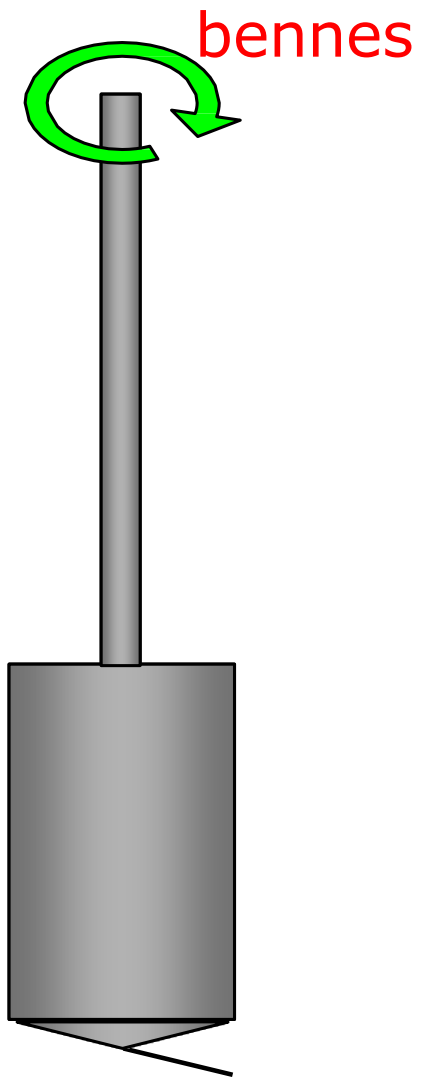
- Tarière continue

Outils de forage

tarières



Outils de forage



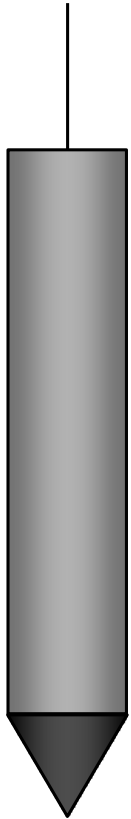
Outils de forage

Variante de benne
(pour rocher)



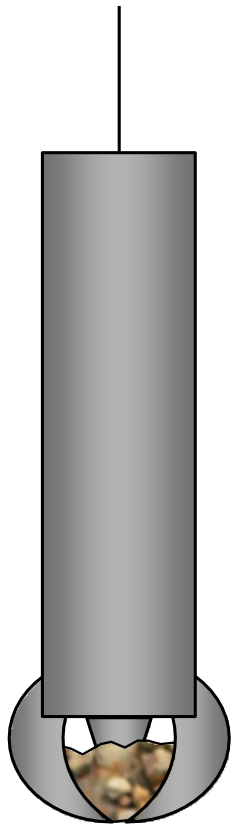
Outils de forage

trépan



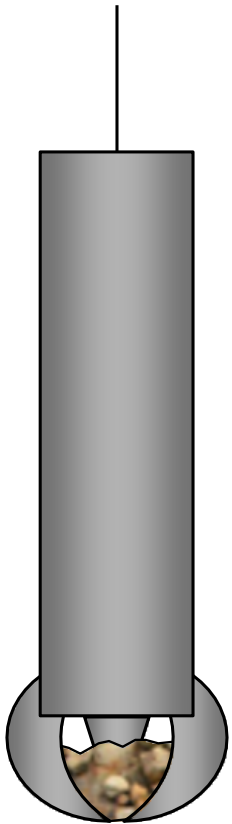
Outils de forage

grappin



Outils de forage

grappin



CCR - EPFL

Pieux forés
tubés type «
Benoto »
EPFL



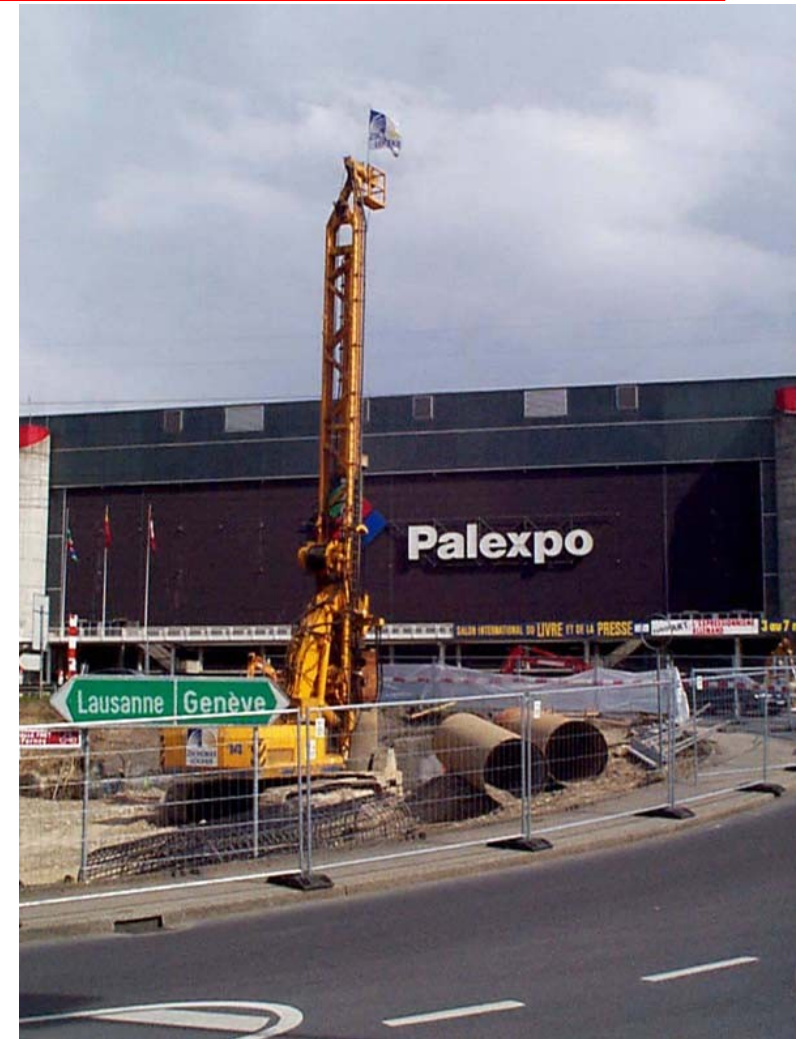
Méthode de mise en œuvre

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**

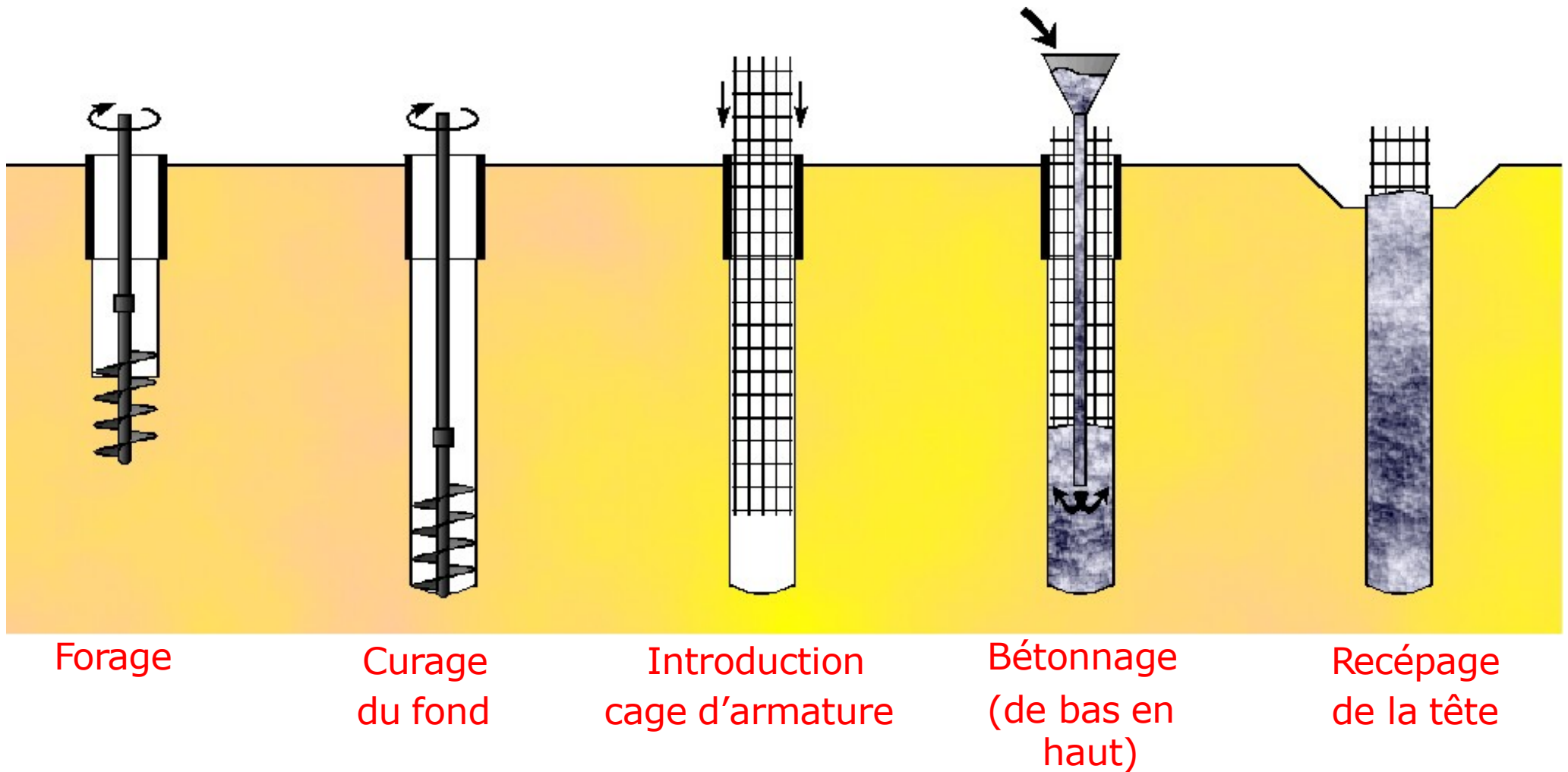


- **trou de forage stabilisé par un tubage métallique**

- **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

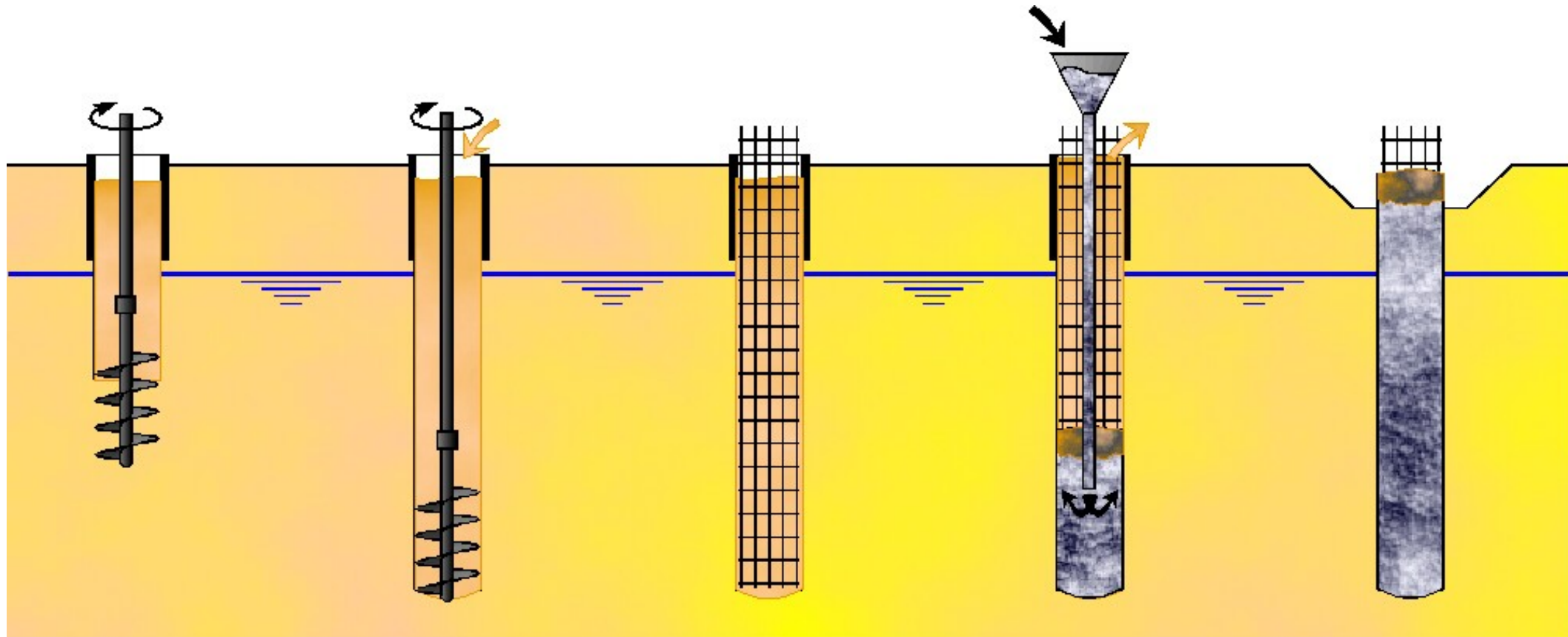


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- 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

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

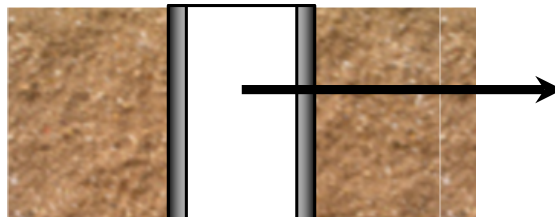
⇒ terrains cohérents ou légèrement cohérents en-dessus de la nappe phréatique

- sous boue



- trou de forage stabilisé par de la boue bentonitique

- **tubé**

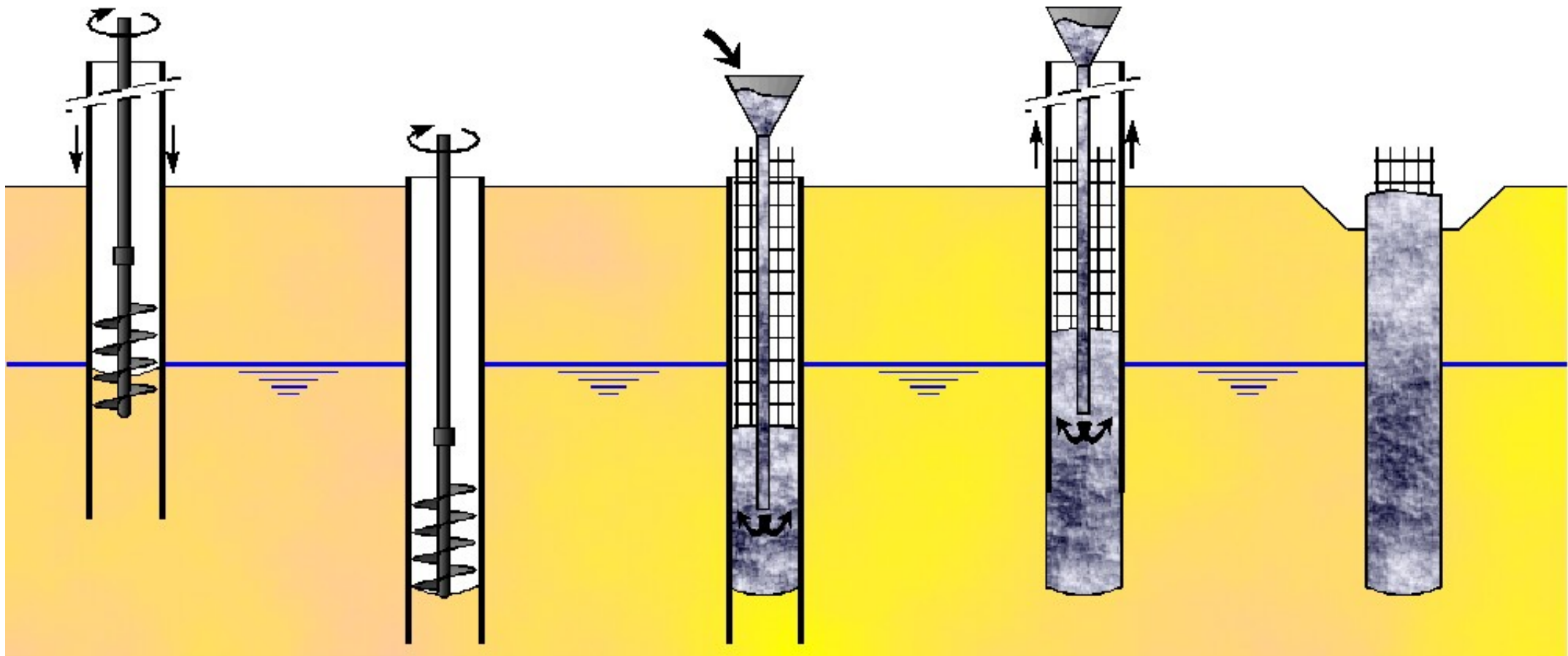


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

- 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



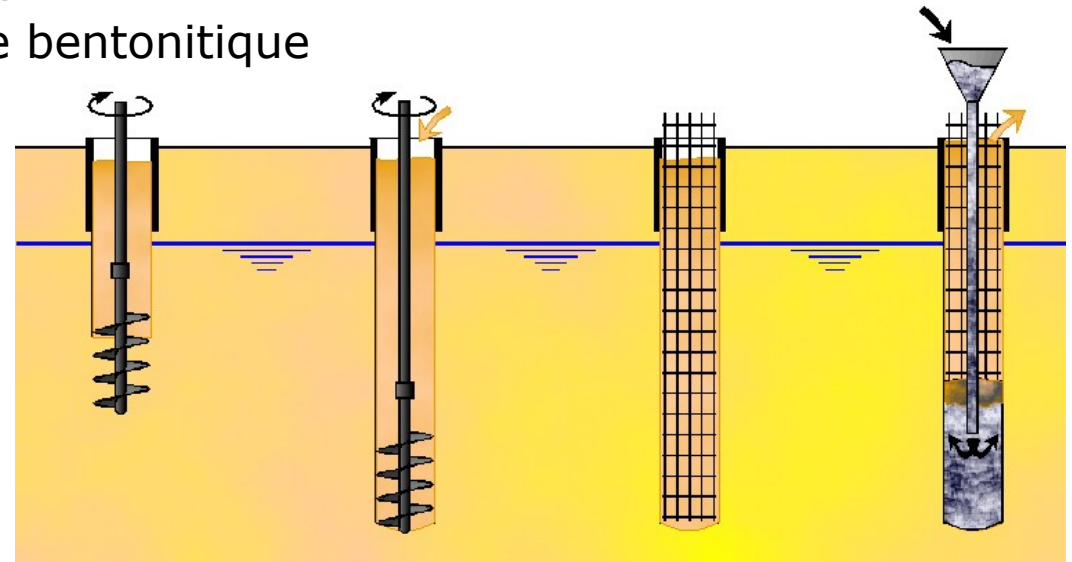
Site EPFL

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

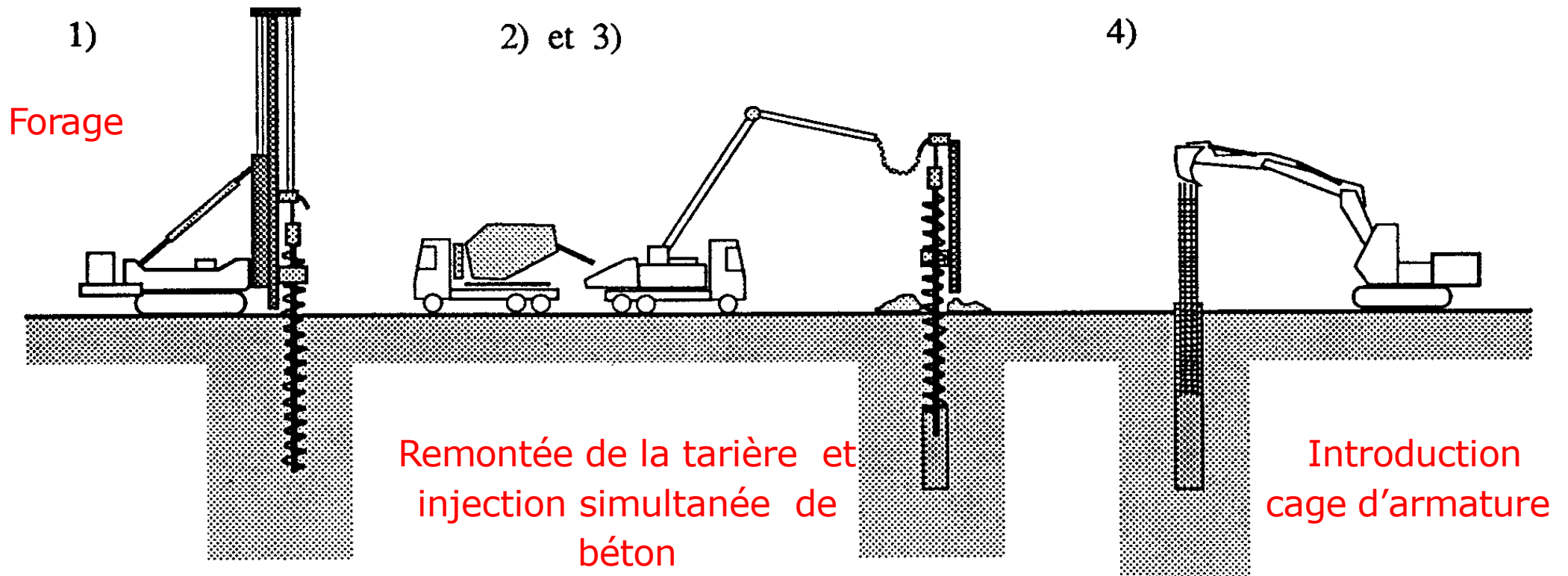


- trou de forage stabilisé par un tubage métallique

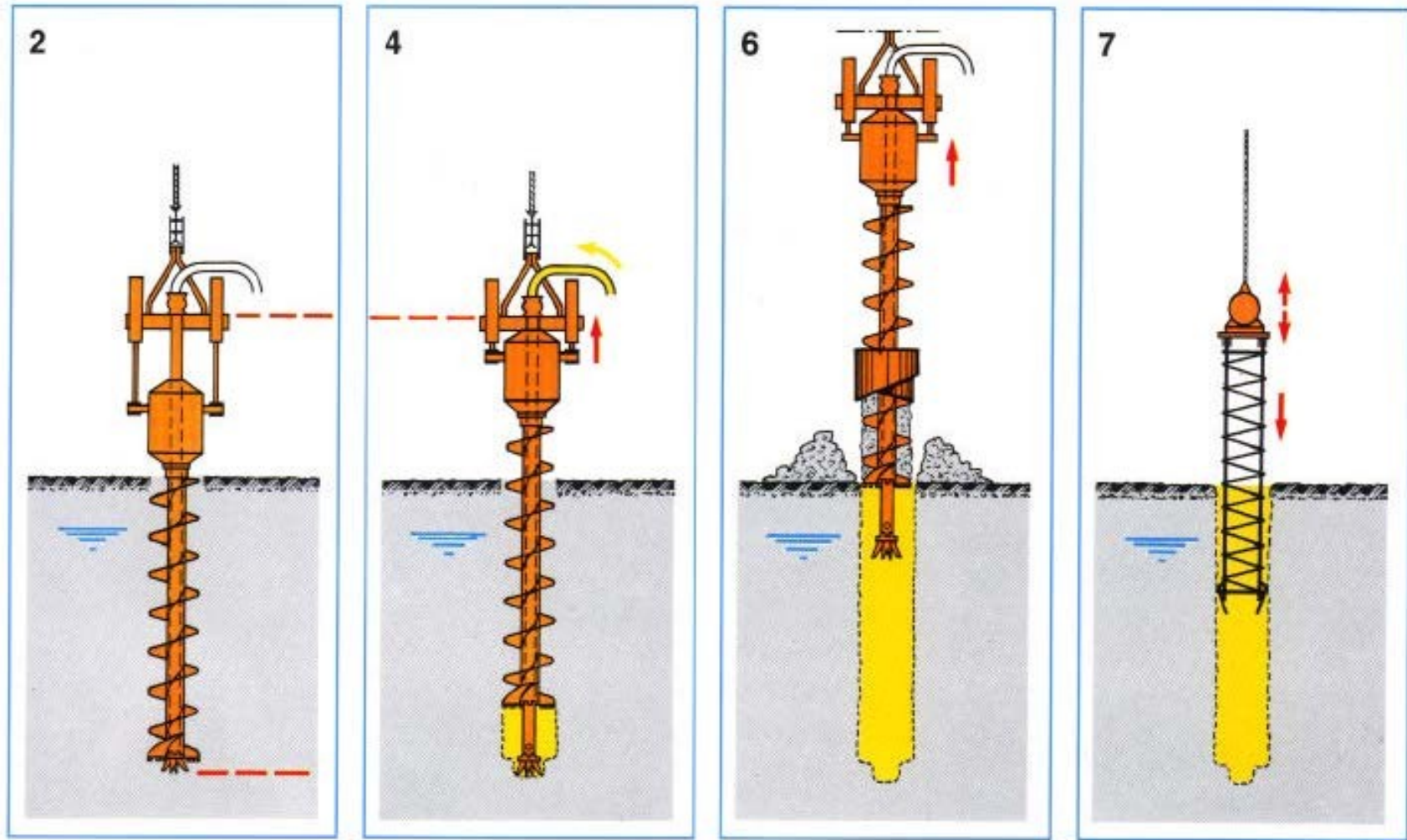
- à la tarière continue

- 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 [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)

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