

16 décembre 2020

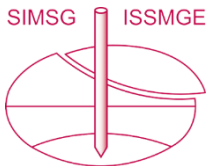
10h à 11h (UTC+1)

Visioconférence

Challenge de dimensionnement géotechnique francophone



ISSMGE
YMPG



Présentation : Alexandre Lopes
Ahmed Hamza Mridakh
Fahd Cuira
Jérôme Racinais
Julien Habert

(CFMS Jeunes)
(CMMSG)
(CST CFMS)
(CST CFMS)
(CNJOG)

Sommaire

- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations

Sommaire

- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations

Rappel du contexte

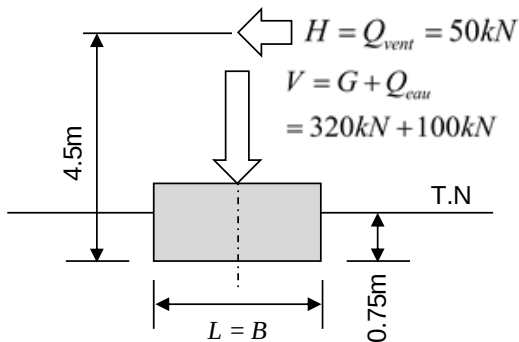
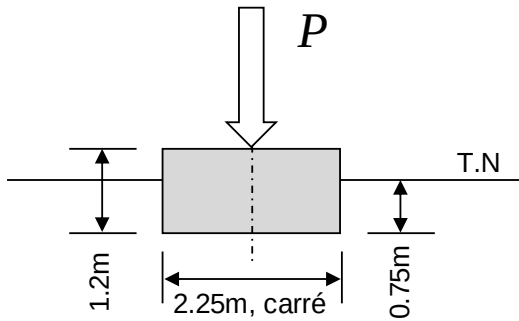
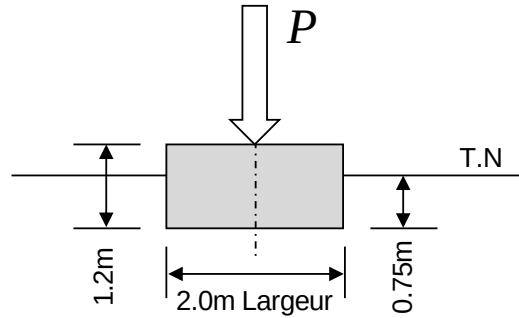
- ▶ L'enquête internationale « *Are we overdesigning?* » lancée en 2019 par la CAPG (*Corporate associates presidential Group*) de l'ISSMGE (Société Internationale de Mécanique des Sols et Géotechnique):
 - 10 problèmes de calcul simples
 - Profils de sable et d'argile
 - Prévision et dimensionnement
- ▶ Objectifs:
 - Evaluer la cohérence des modèles de calcul et des méthodes de dimensionnement
 - Comparer les résultats avec des essais de chargement de grandeur réelle et des analyses de fiabilité

Rappel du contexte

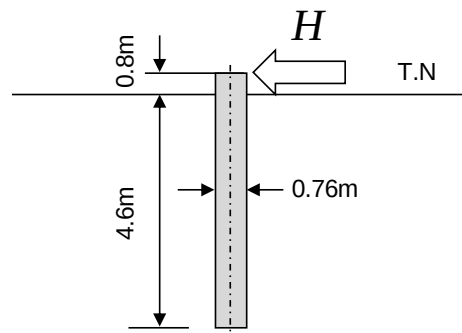
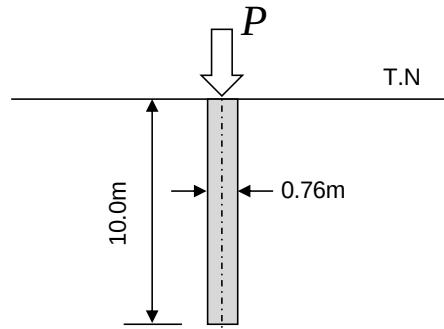
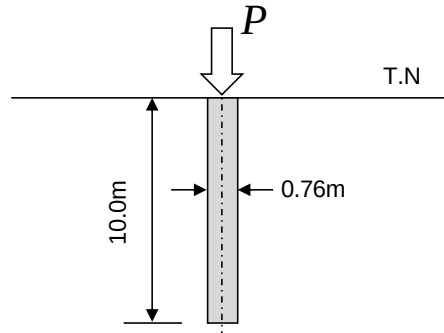
- ▶ Collaboration entre le CFMS Jeunes (France) et le CMMSG (Maroc)
- ▶ Lien avec le YMPG (groupe jeunes de l'ISSMGE) et la CAPG
 - ⇒ Mise en place de l'événement francophone
- ▶ Autres événements similaires programmés :
 - African Geotechnical Design Challenge
 - Australia/ New Zealand Geotechnical Design Challenge
 - South East Asia Geotechnical Design Challenge
 - Latin America Geotechnical Design Challenge
 - Canadian Edition – Design Challenge

Les exercices proposés

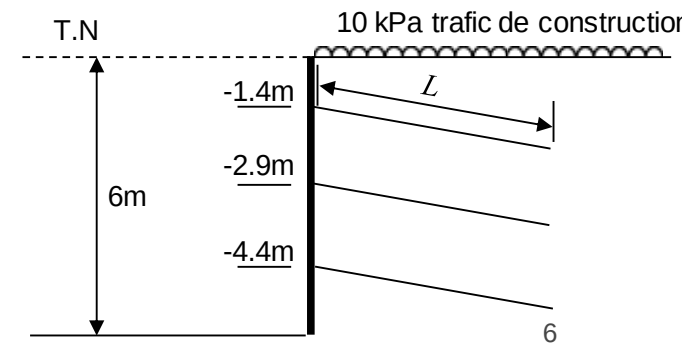
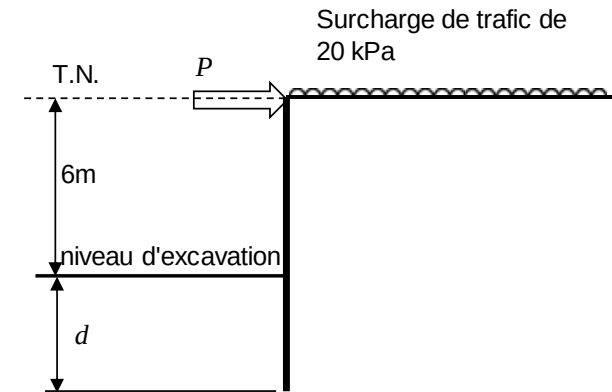
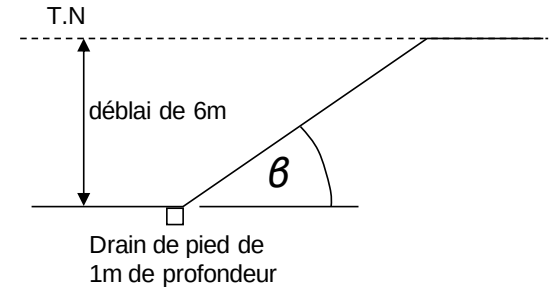
Fondations superficielles



Fondations Profondes

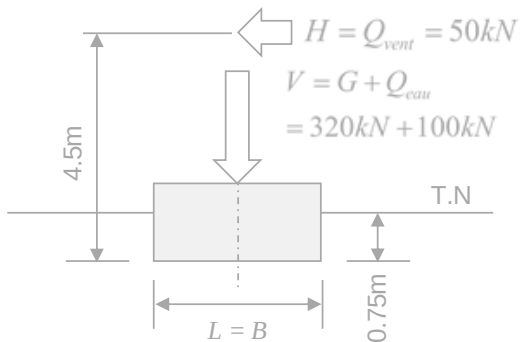
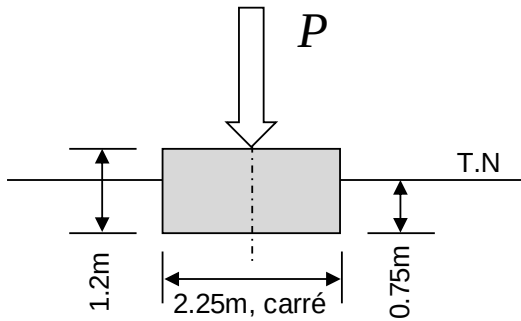
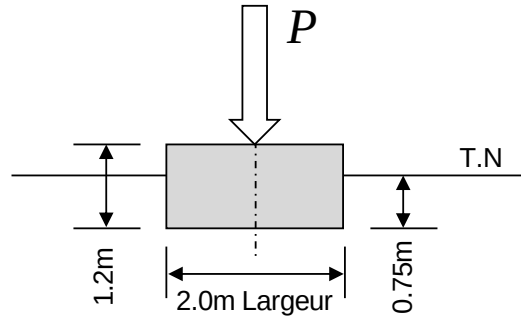


Excavations

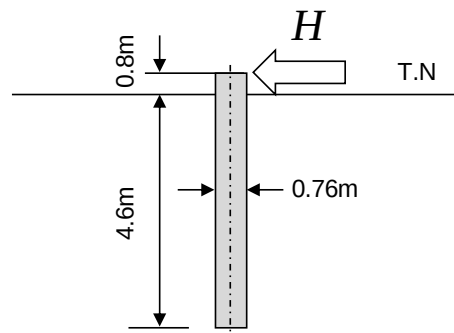
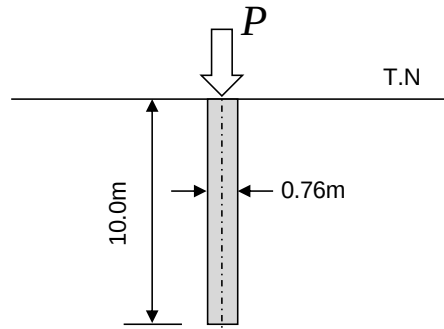
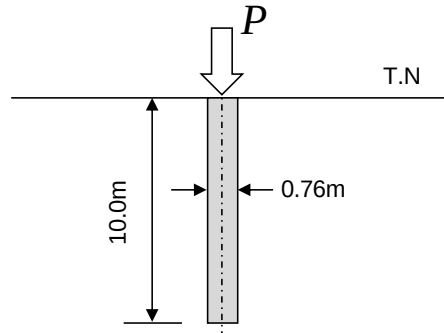


Les exercices de prévision

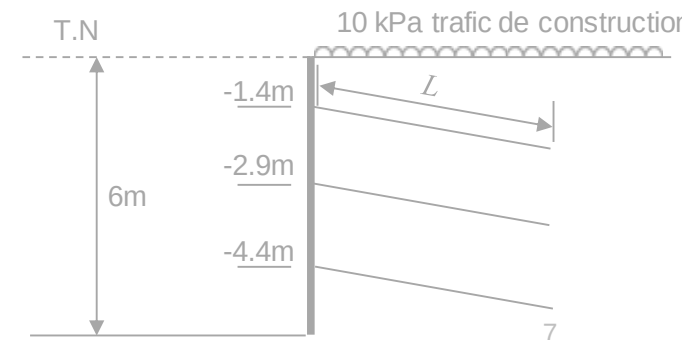
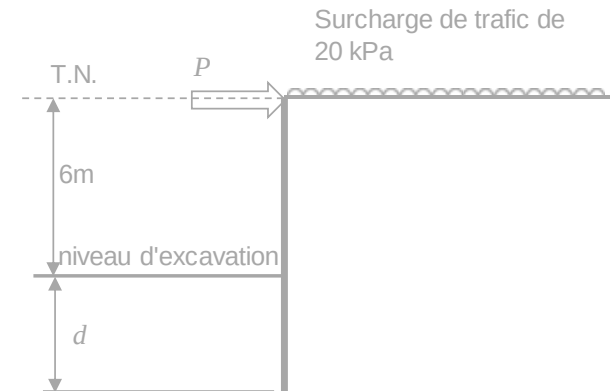
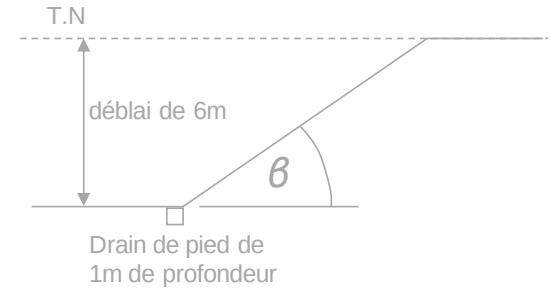
Fondations superficielles



Fondations Profondes

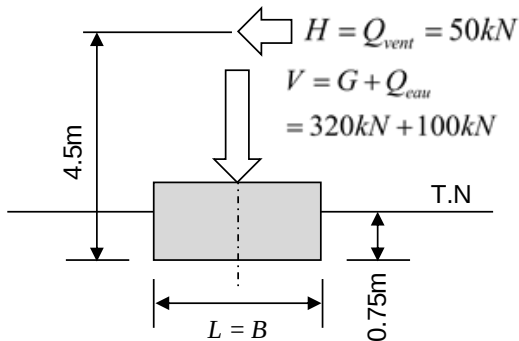
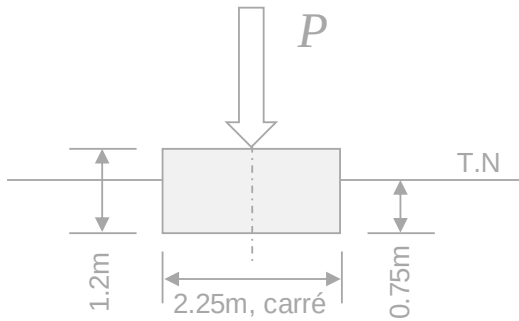
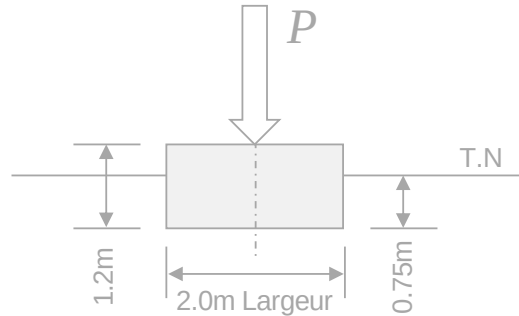


Excavations

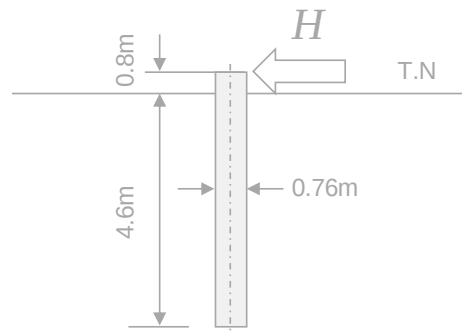
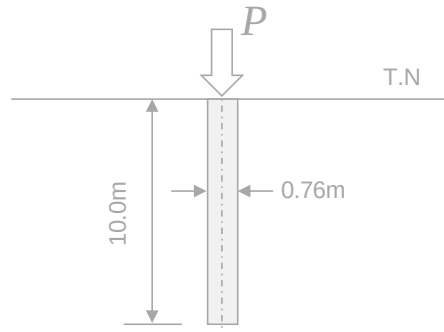
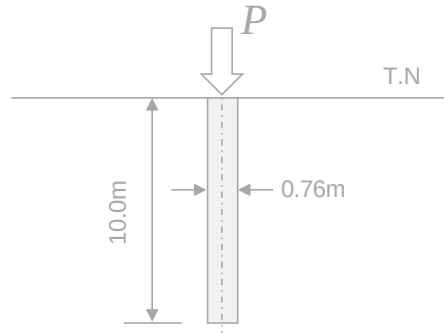


Les exercices de dimensionnement

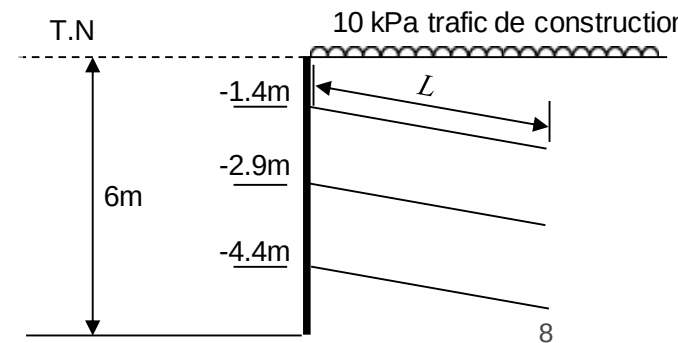
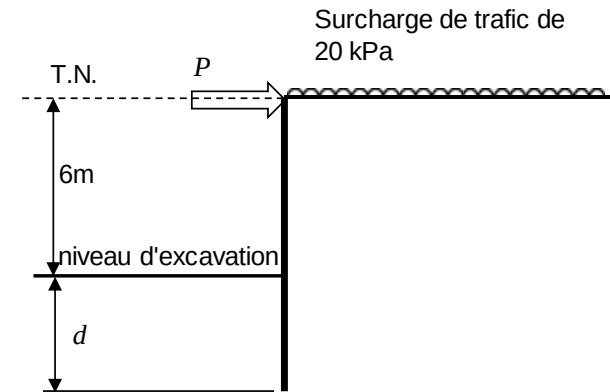
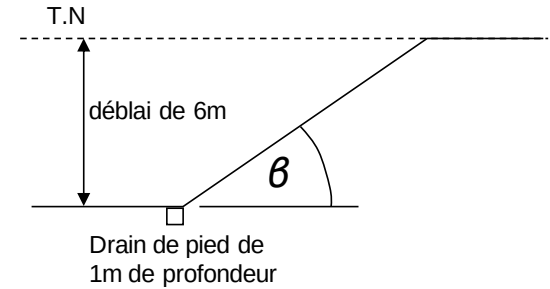
Fondations superficielles



Fondations Profondes

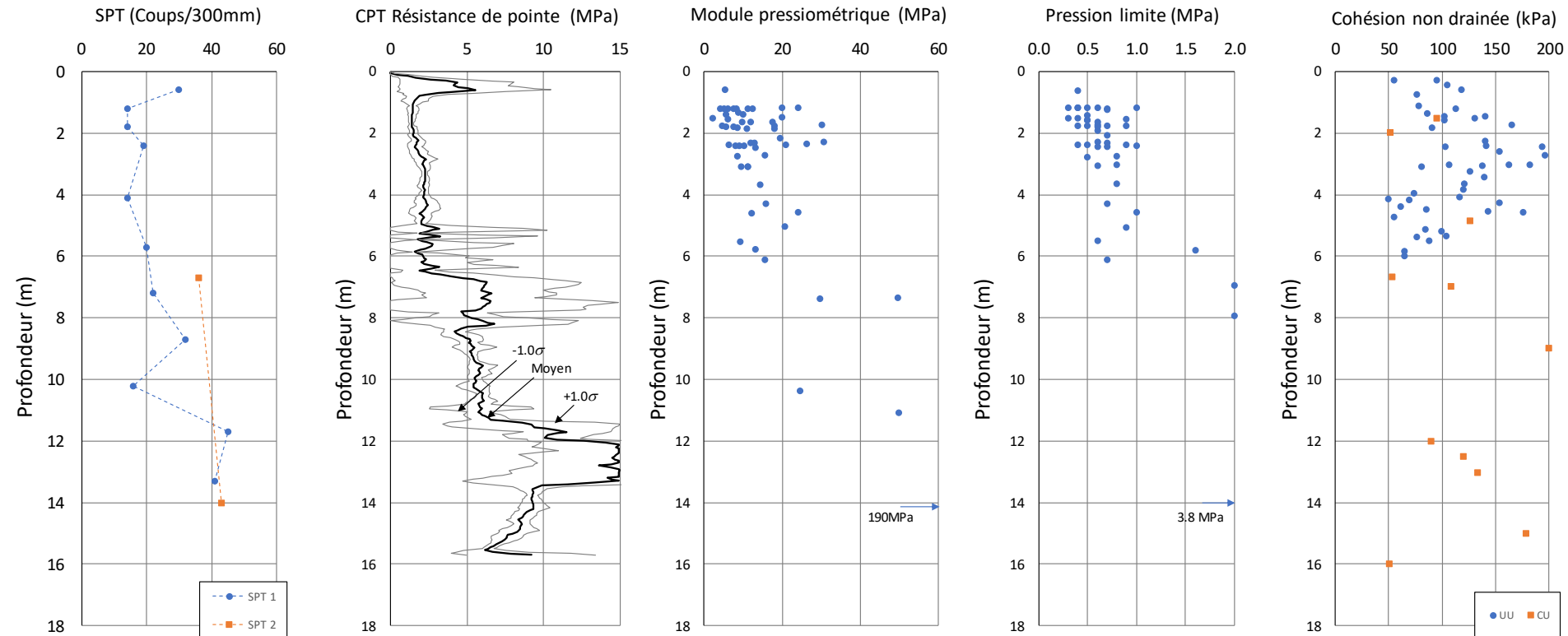


Excavations



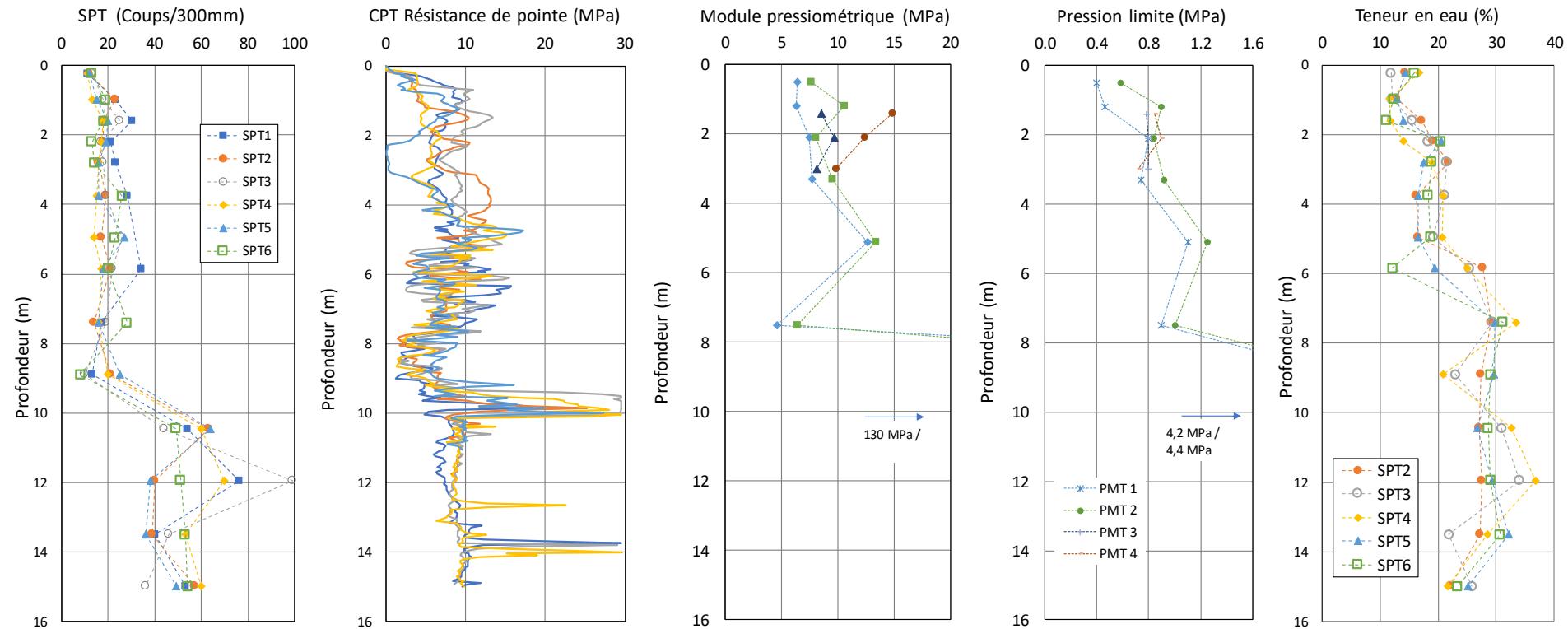
Contexte géotechnique

► Terrain argileux : essais in-situ et de laboratoire



Contexte géotechnique

► Terrain sableux : essais in-situ et de laboratoire

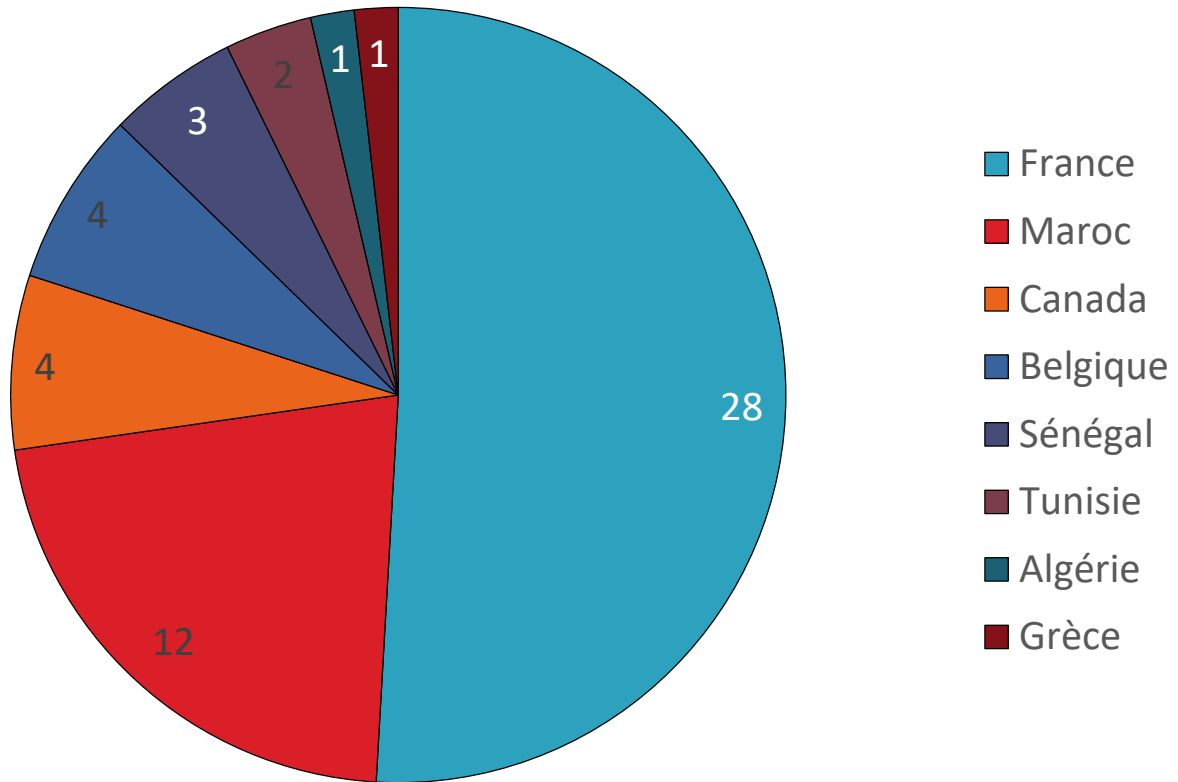


Sommaire

- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations

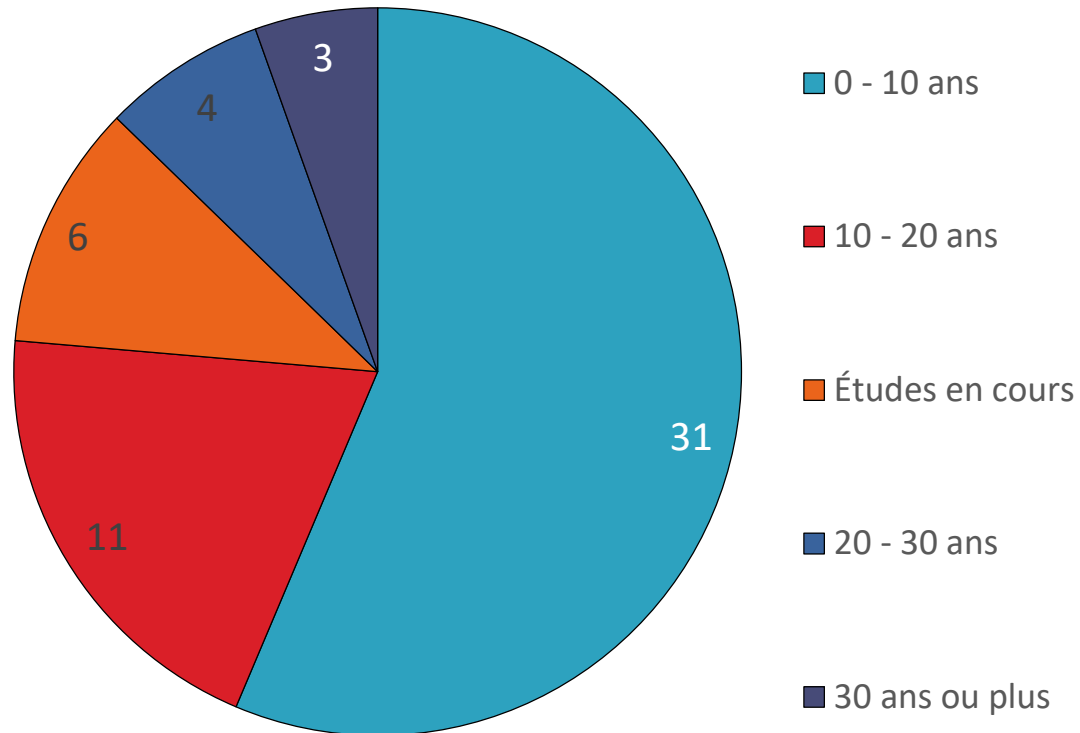
Les participants

- ▶ 55 réponses
- ▶ 8 pays



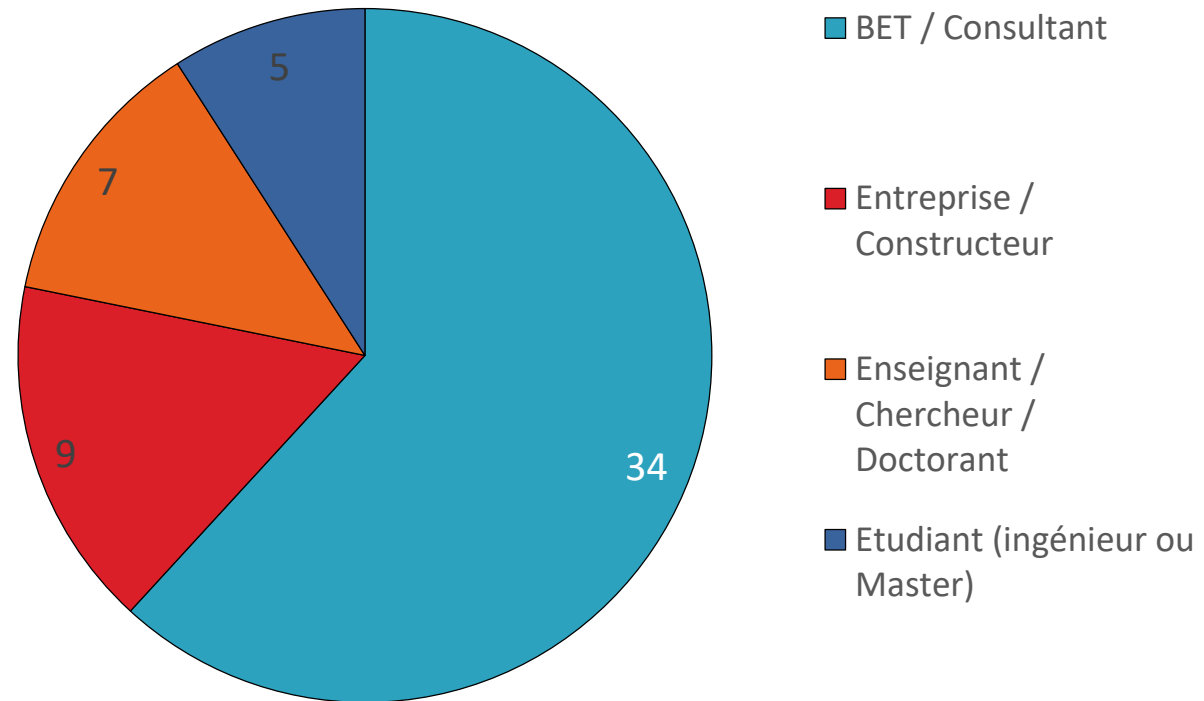
Les participants

- ▶ Plus de 50% ont moins de 10 ans d'expérience



Les participants

- ▶ Plus de 50% travaillent dans des bureaux d'études

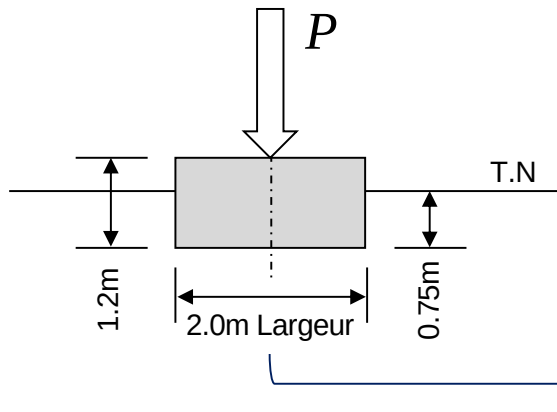


Sommaire

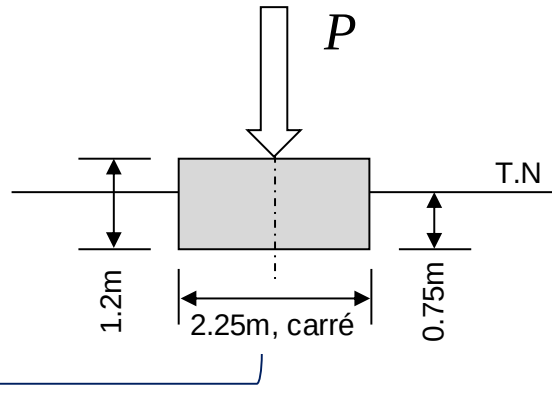
- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations

Les fondations superficielles

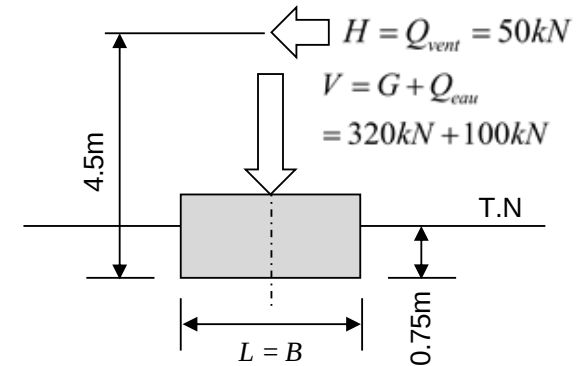
Semelle filante sur terrain argileux



Semelle carrée sur terrain sableux



Semelle carrée sur terrain sableux



Prévision de capacité portante
sous chargement vertical

Dimensionnement sous
chargement combiné

25 réponses
 $P_{ult} = 110 \text{ à } 7000 \text{ kN !}$

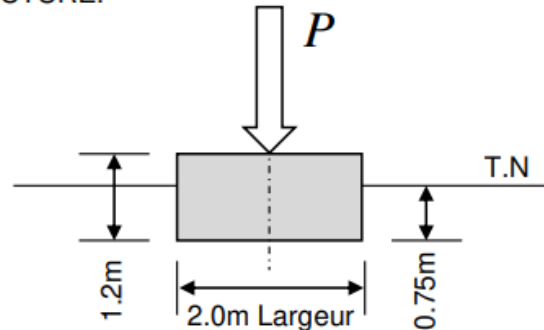
24 réponses
 $P_{ult} = 1880 \text{ à } 8500 \text{ kN !}$

13 réponses
 $B_{min} = 1,7 \text{ à } 3,3 \text{ m}$

Les fondations superficielles

► Semelle filante sur terrain argileux (prévision)

STRUCTURE:



- une semelle filante en béton de 2,0 m de largeur fondée sur l'argile à 0,75 m sous le niveau du terrain naturel.
- P est la charge appliquée centrée sur la semelle (en excluant son poids).

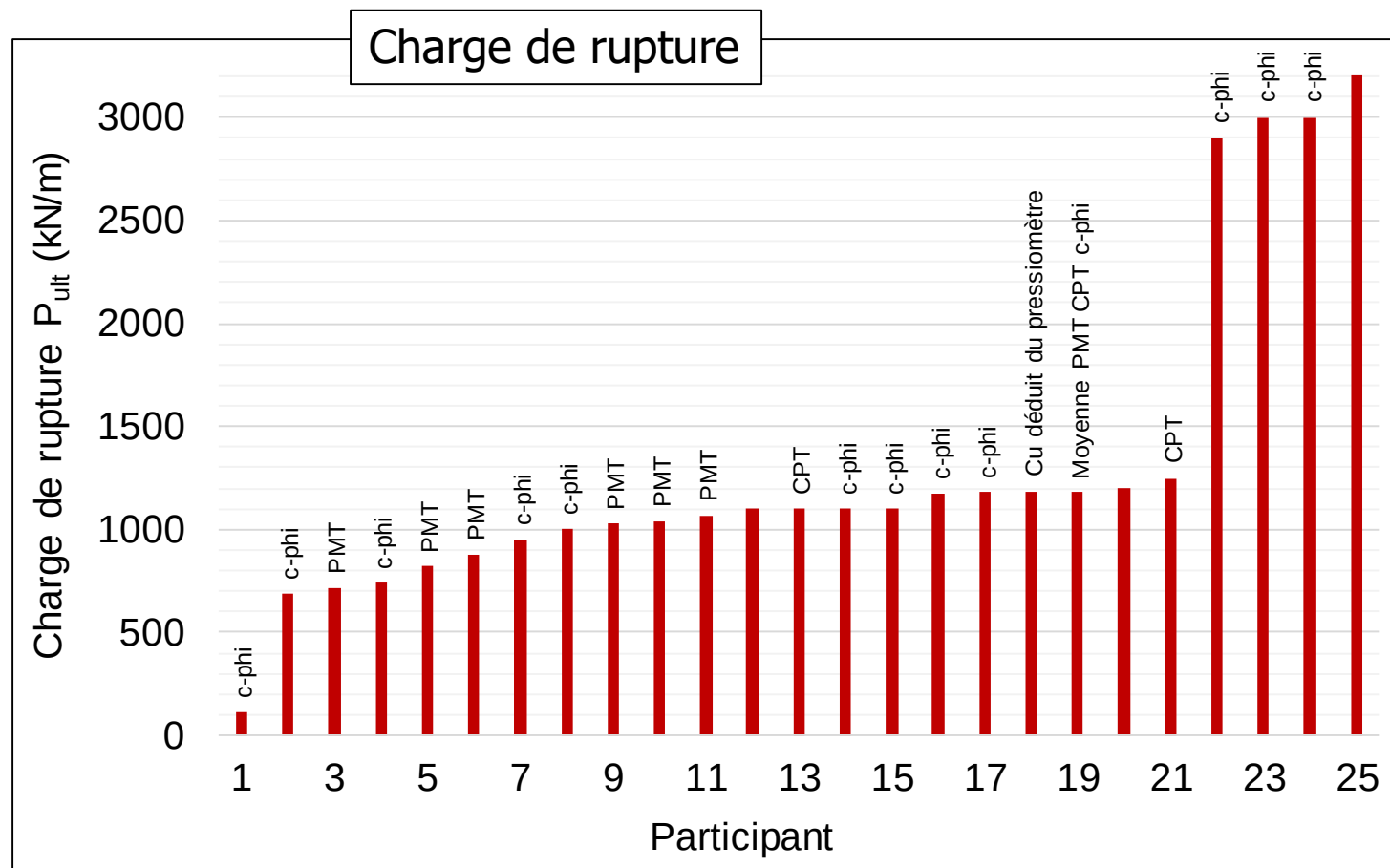
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement de la semelle.

1. Estimer la charge à la rupture appliquée sur la semelle, P_{ult} (kN/m).
2. Estimer la charge appliquée P_{25mm} (kN/m) qui entraînera le tassement de la semelle de 25 mm à long terme.
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour la semelle lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

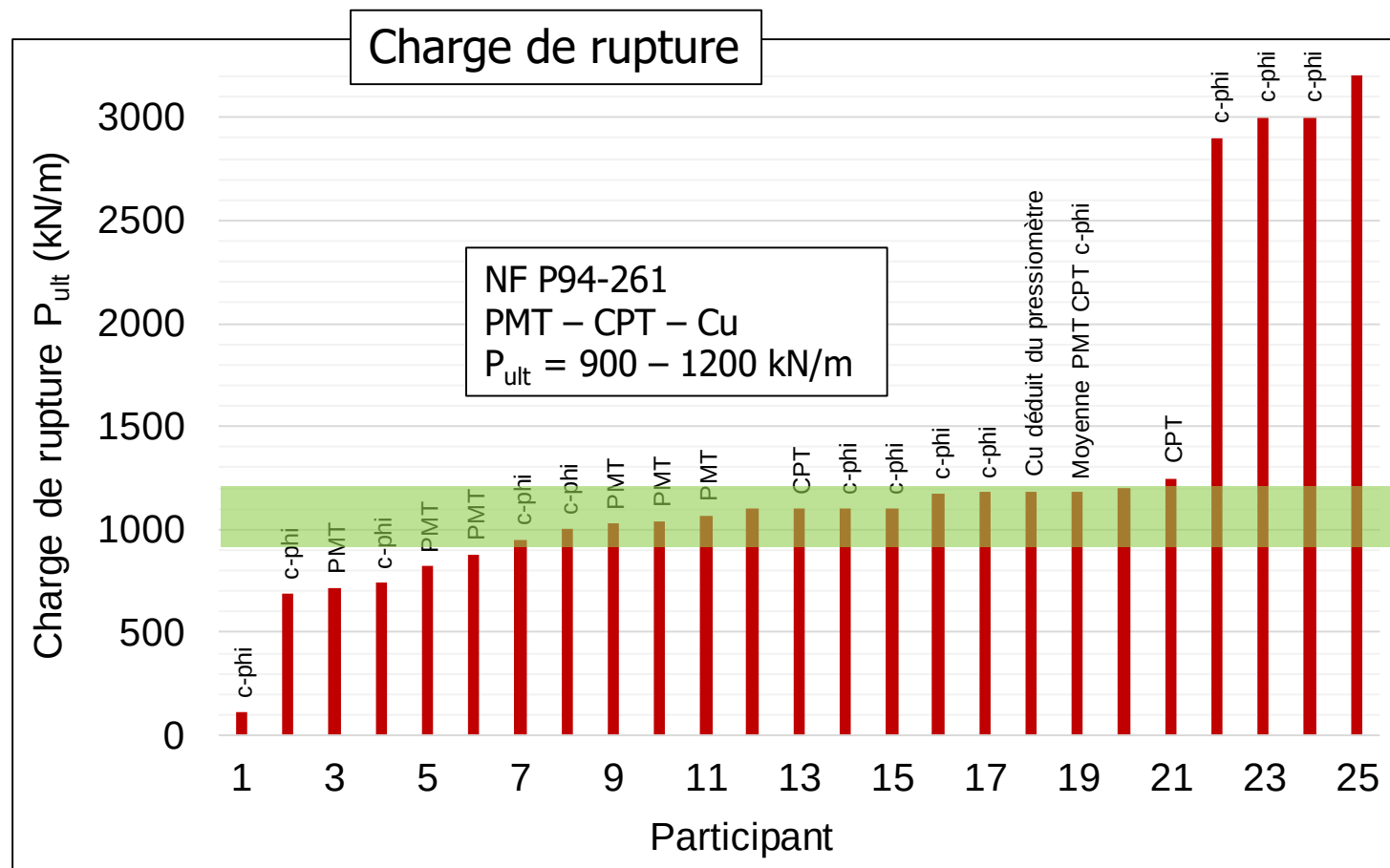
Les fondations superficielles

- ▶ Semelle filante sur terrain argileux (prévision)



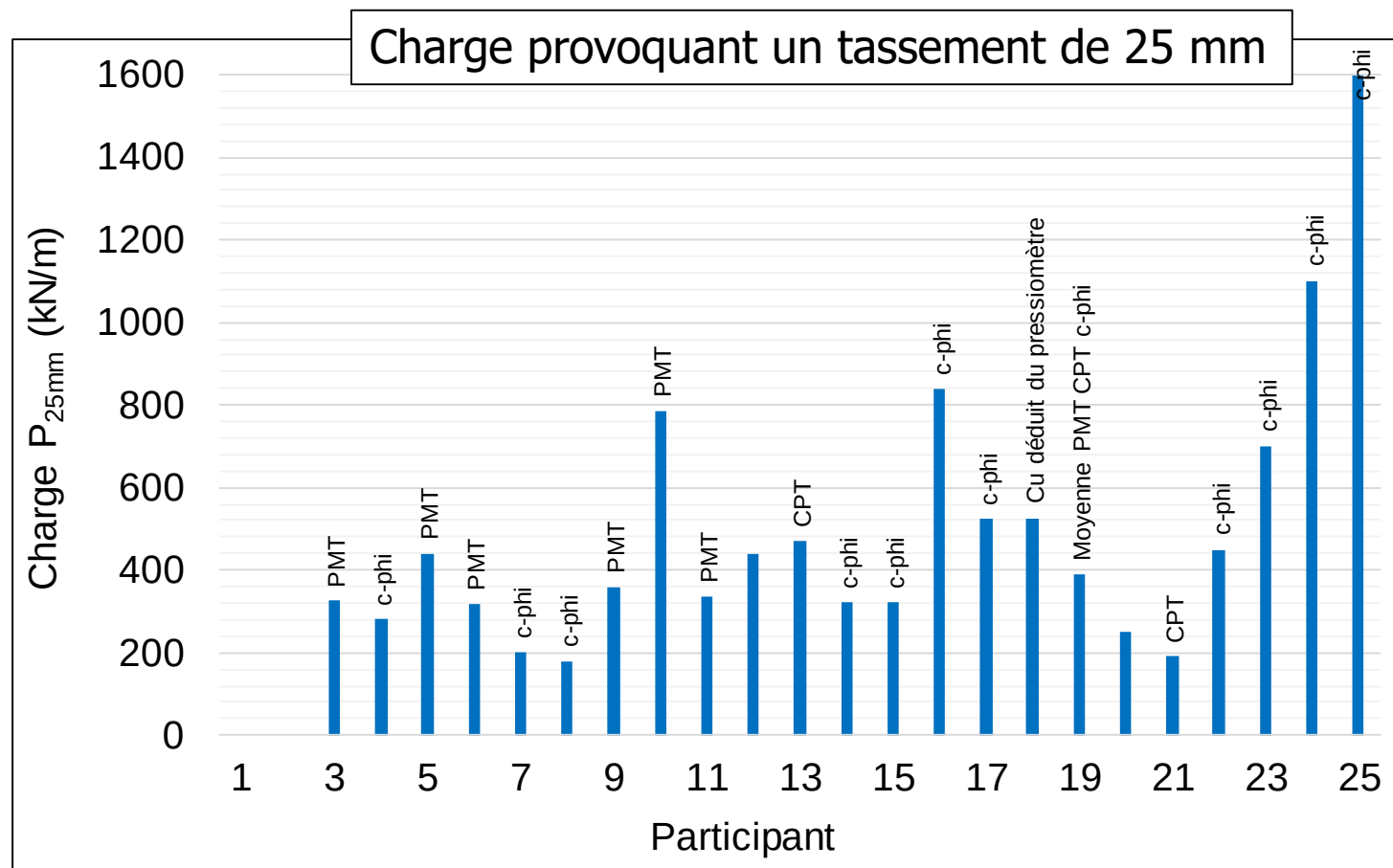
Les fondations superficielles

- ▶ Semelle filante sur terrain argileux (prévision)



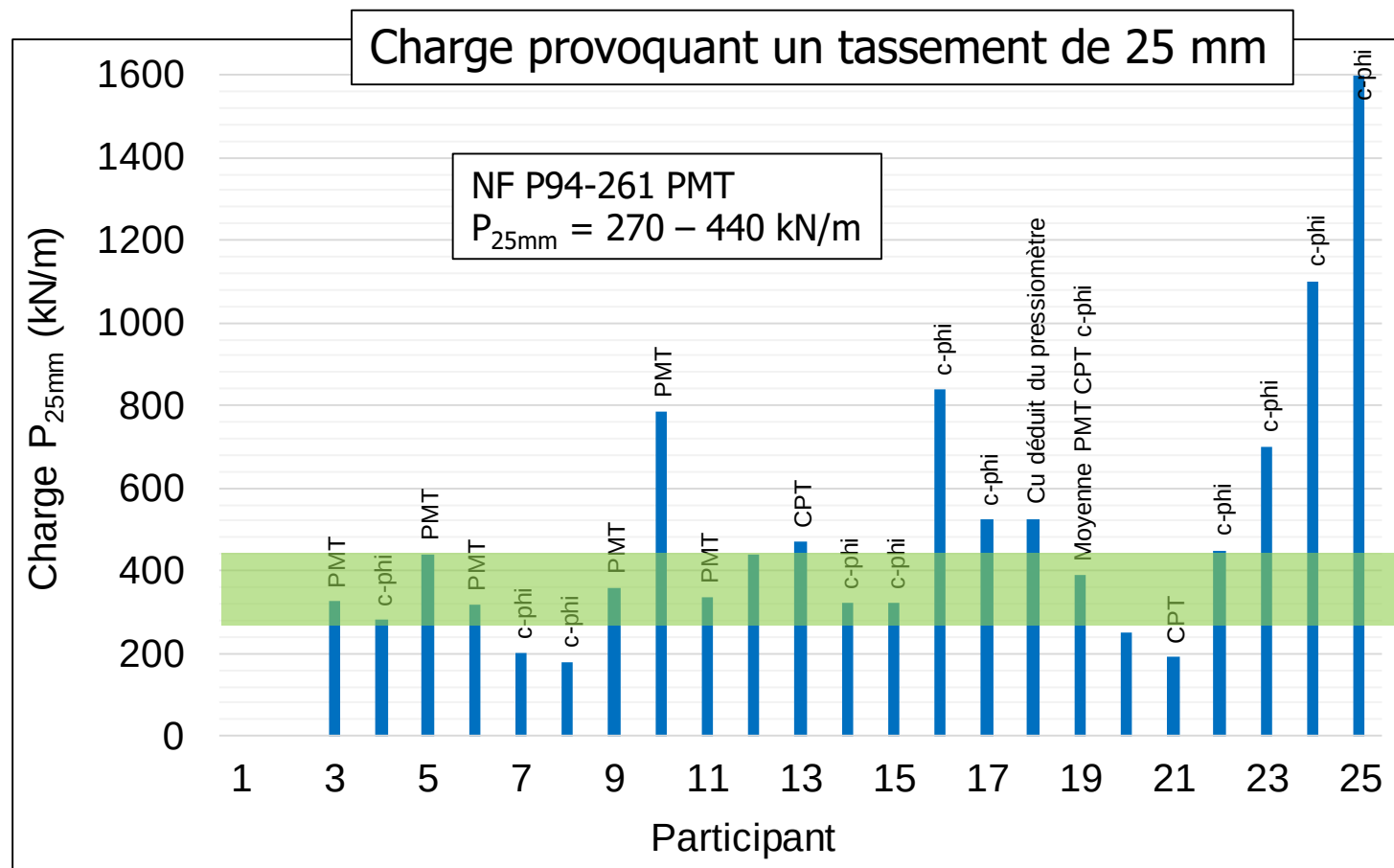
Les fondations superficielles

- Semelle filante sur terrain argileux (prévision)



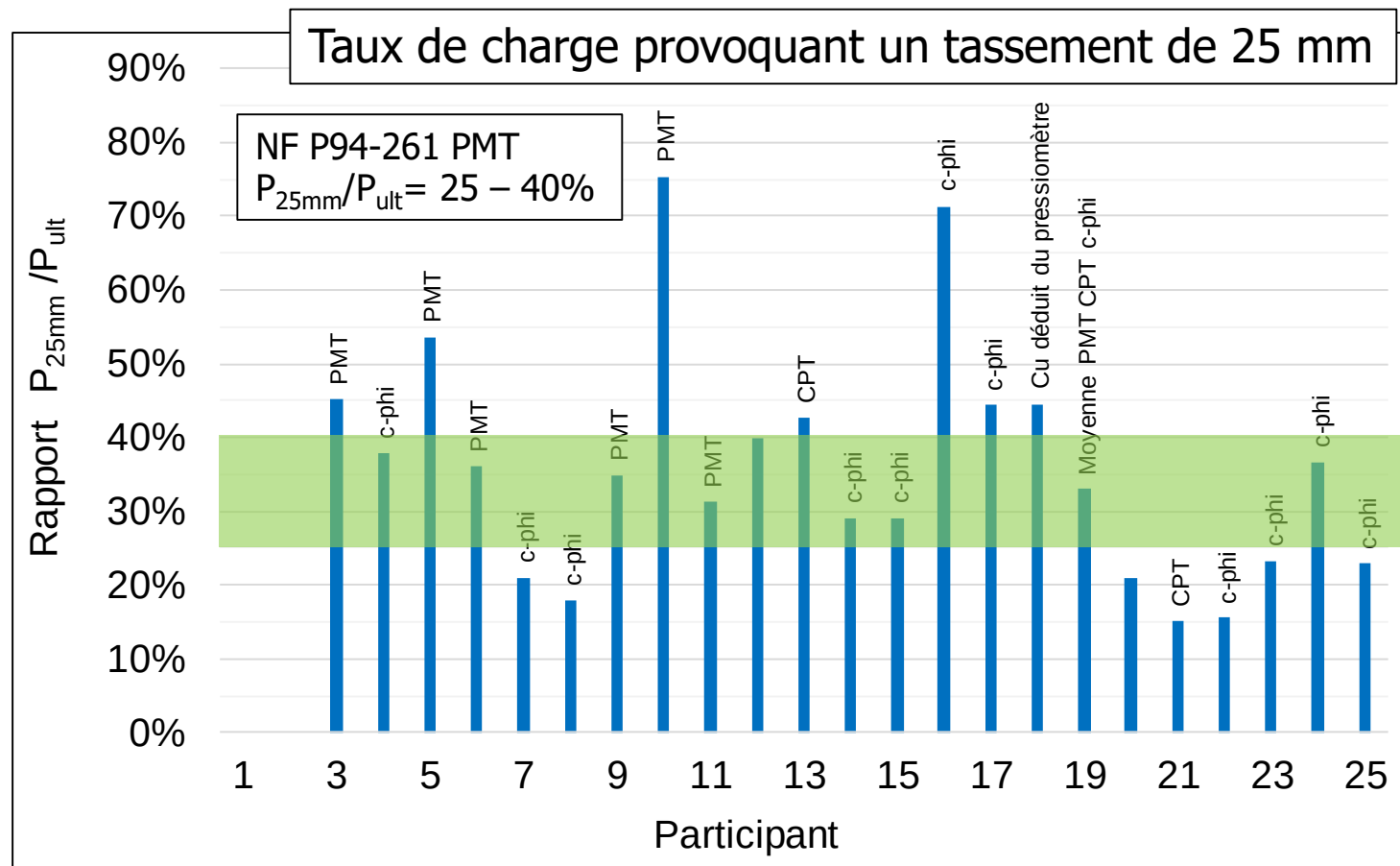
Les fondations superficielles

- Semelle filante sur terrain argileux (prévision)



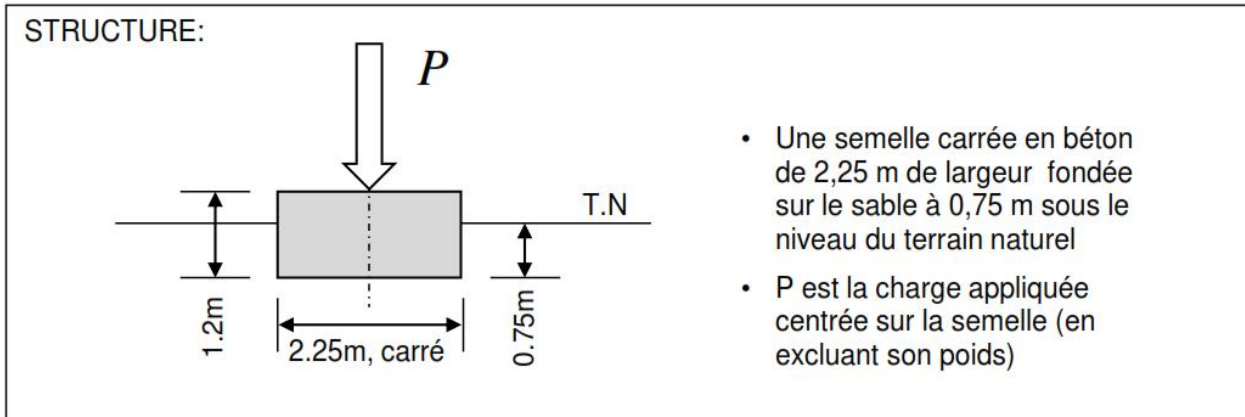
Les fondations superficielles

- Semelle filante sur terrain argileux (prévision)



Les fondations superficielles

► Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



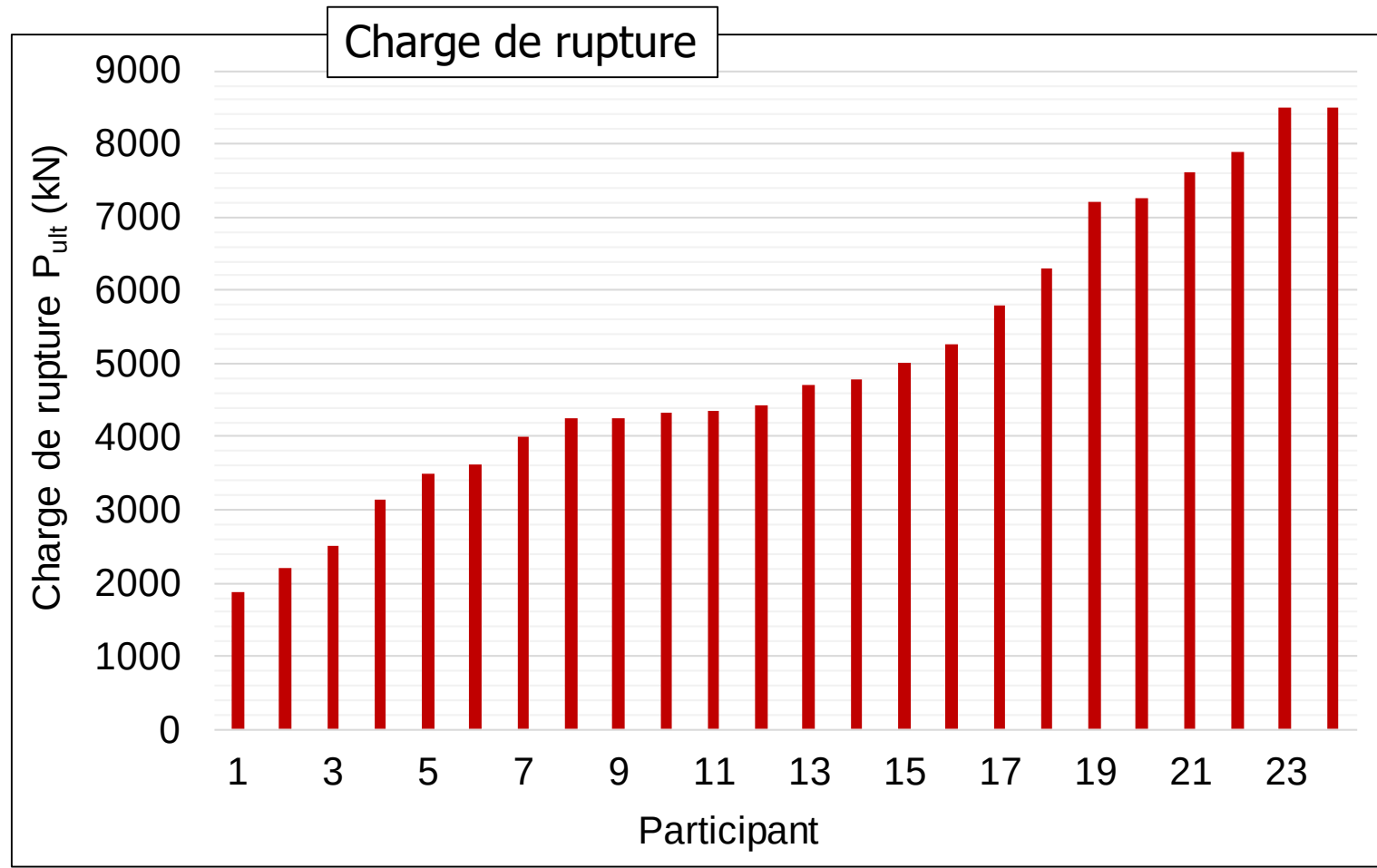
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement de la semelle.

1. Estimer la capacité portante de la semelle P_{ult} .
2. Estimer la charge appliquée $P_{25\text{ mm}}$ (kN / m) qui entraînera le tassement de la semelle de 25 mm à long terme.
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour la semelle lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

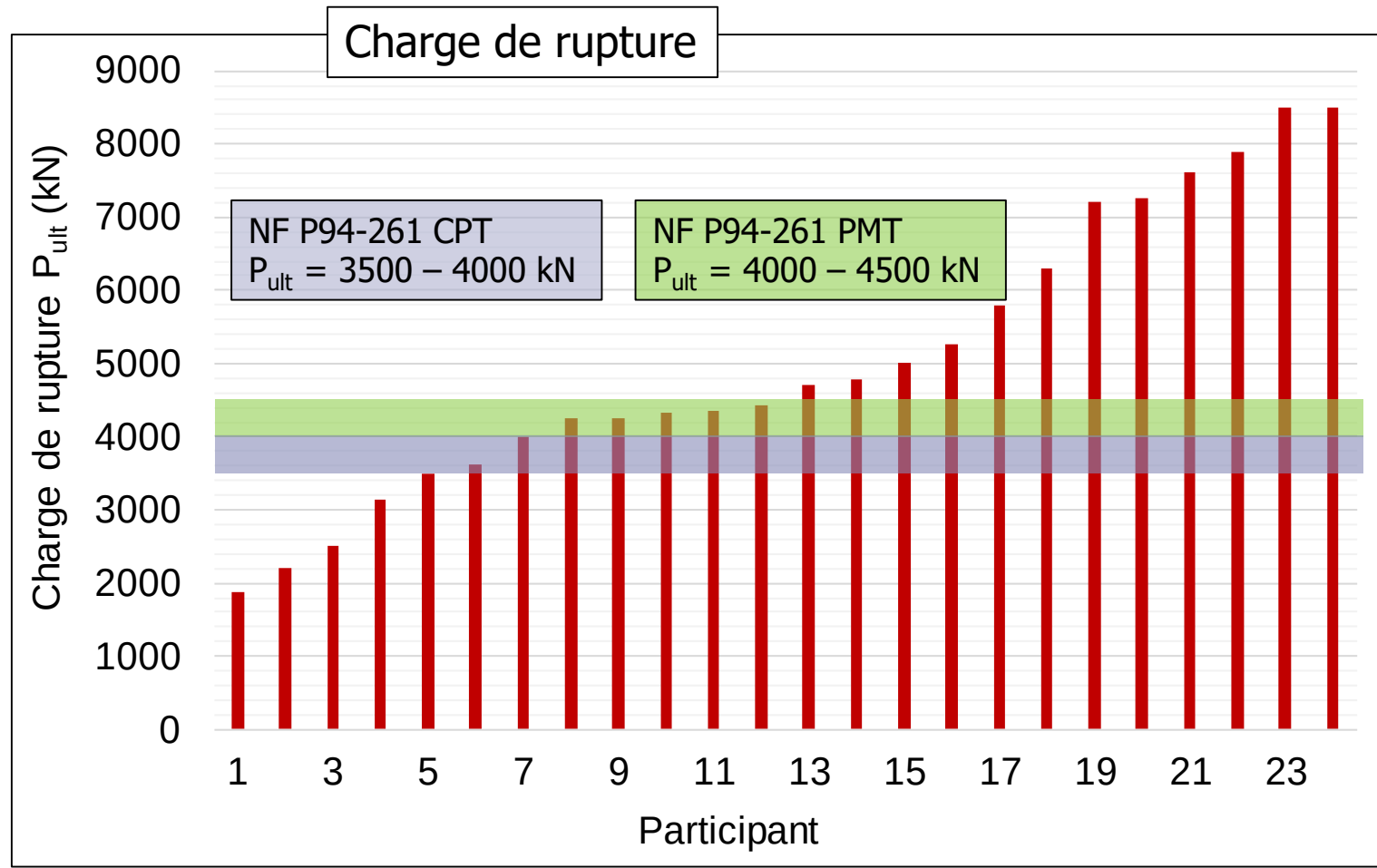
Les fondations superficielles

- Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



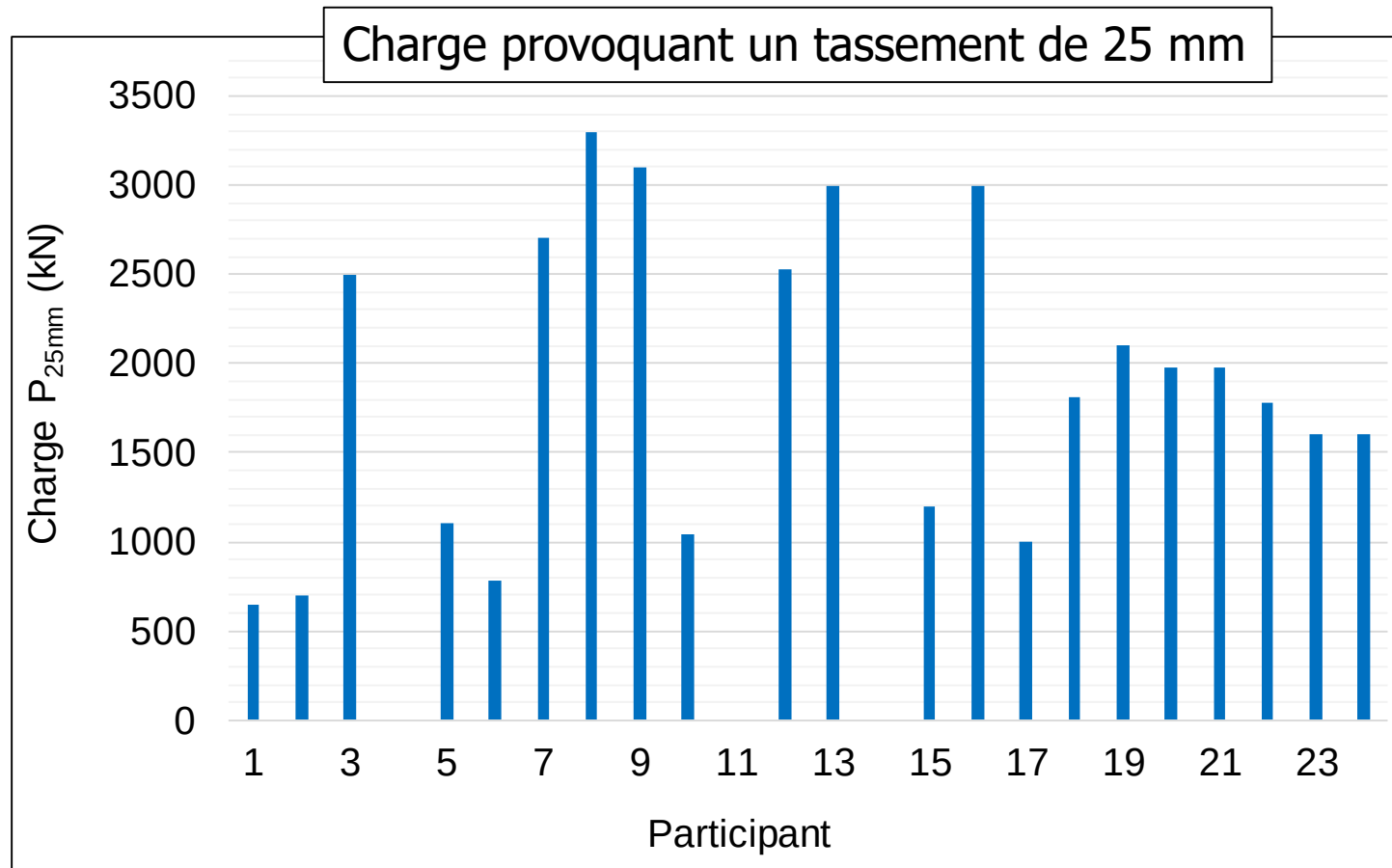
Les fondations superficielles

- Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



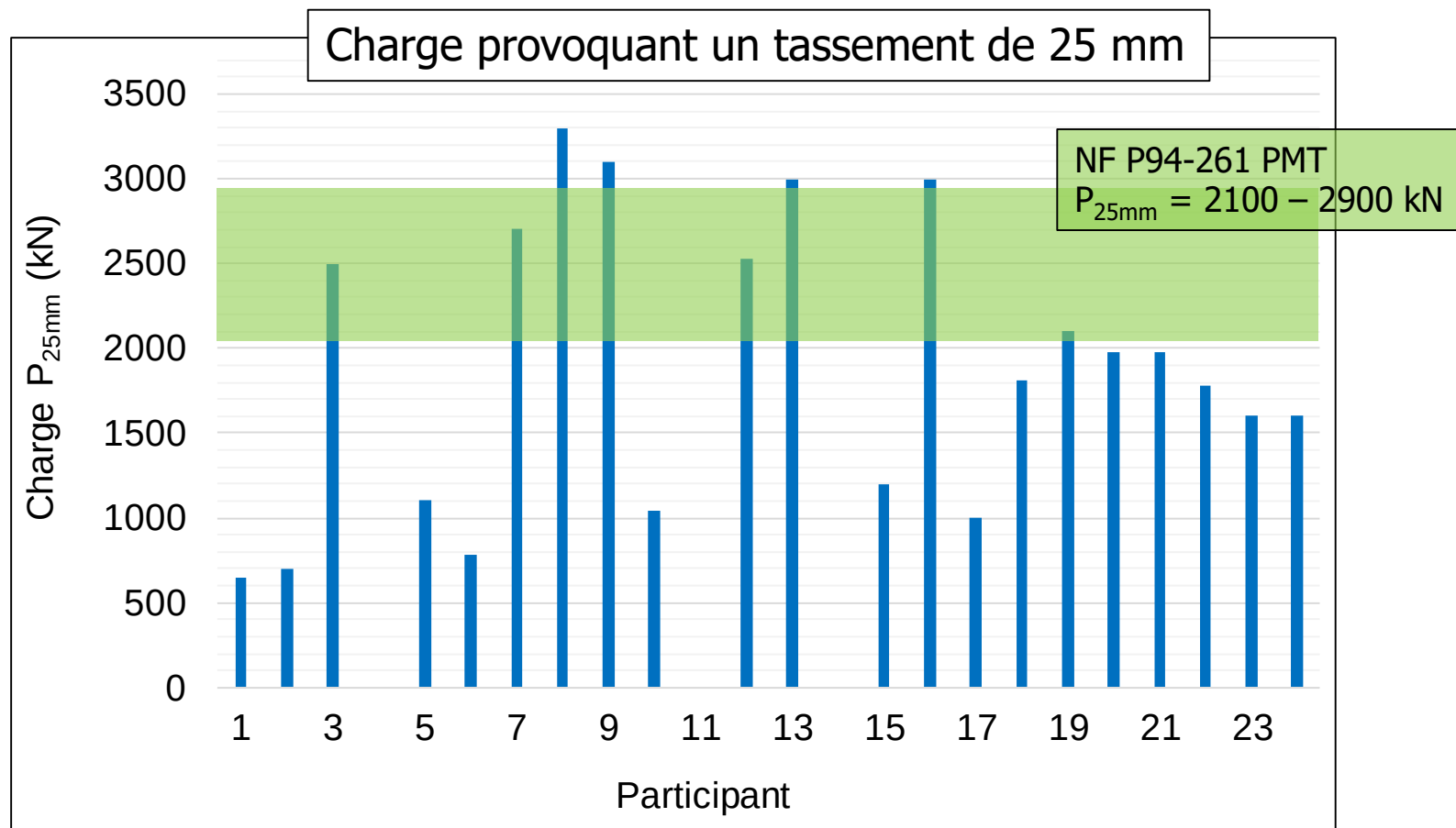
Les fondations superficielles

- ▶ Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



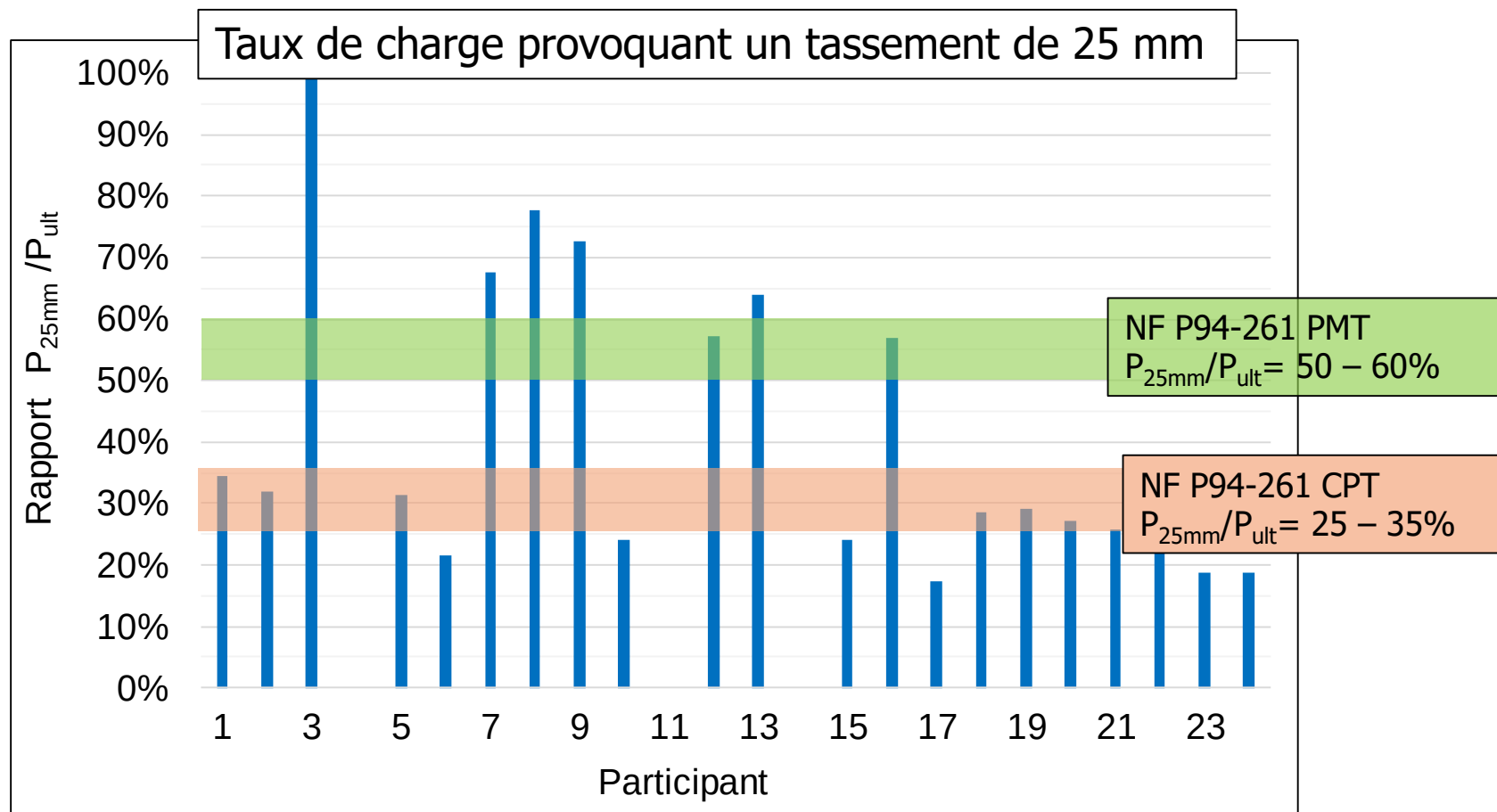
Les fondations superficielles

- ▶ Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



Les fondations superficielles

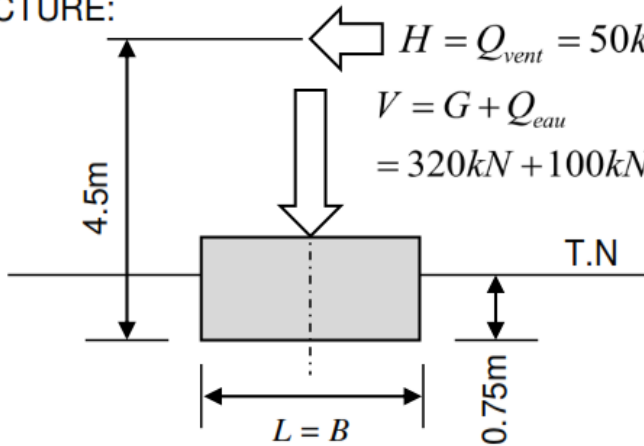
- ▶ Semelle carrée sur terrain sableux (prévision)



Les fondations superficielles

► Semelle carrée sur terrain sableux (dimensionnement)

STRUCTURE:



- Il s'agit de la fondation pour un réservoir d'eau
- La charge verticale V comprend la charge permanente G (en excluant le poids de la semelle) et le poids du réservoir d'eau Q_{eau} .
- La charge horizontale H est uniquement due au vent Q_{vent} (elle peut agir dans n'importe quelle direction).
- Les charges sont données sous forme de valeurs caractéristiques.

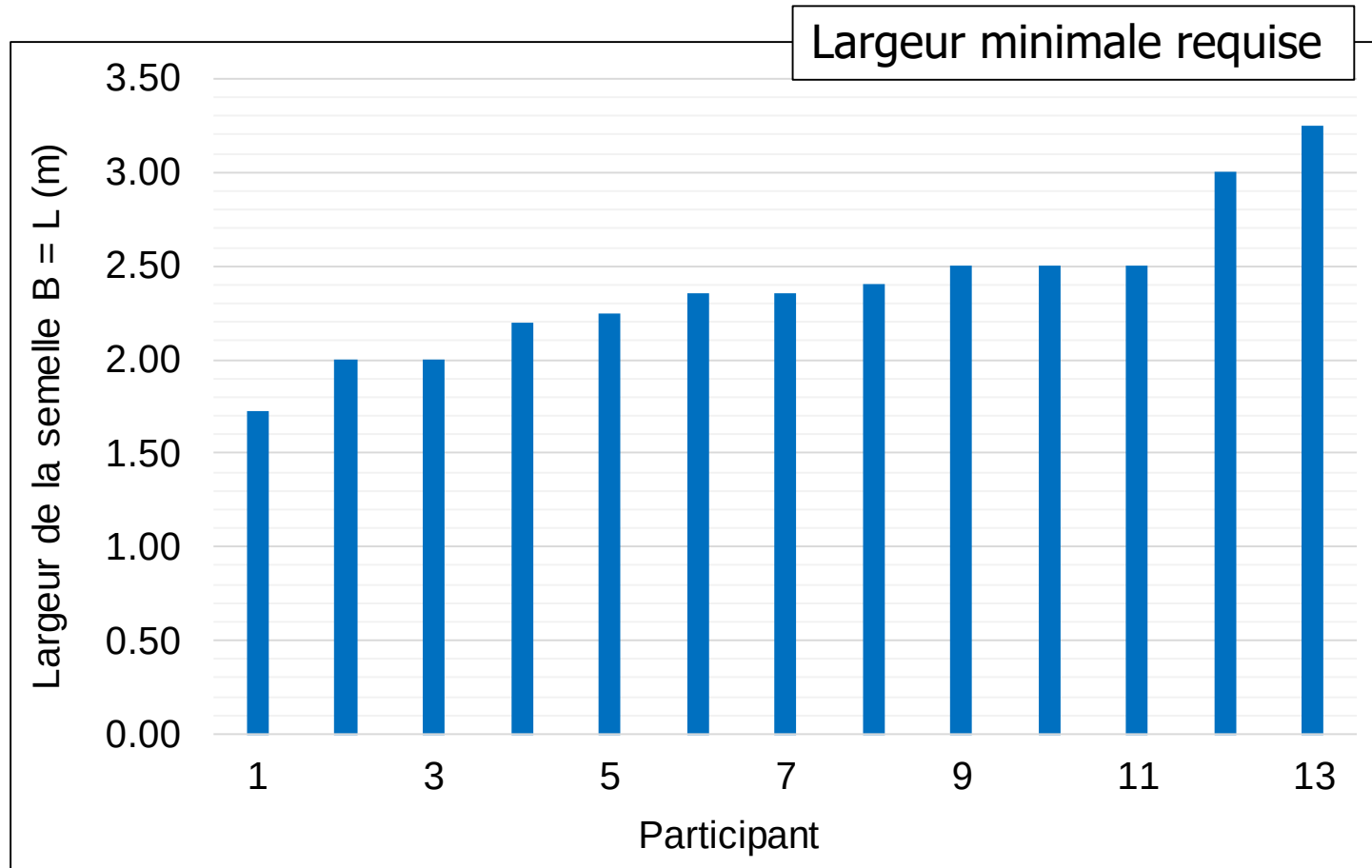
PROBLÈME:

Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la taille de la semelle pour la construction.

1. Déterminez la taille de la semelle ($L = B$).

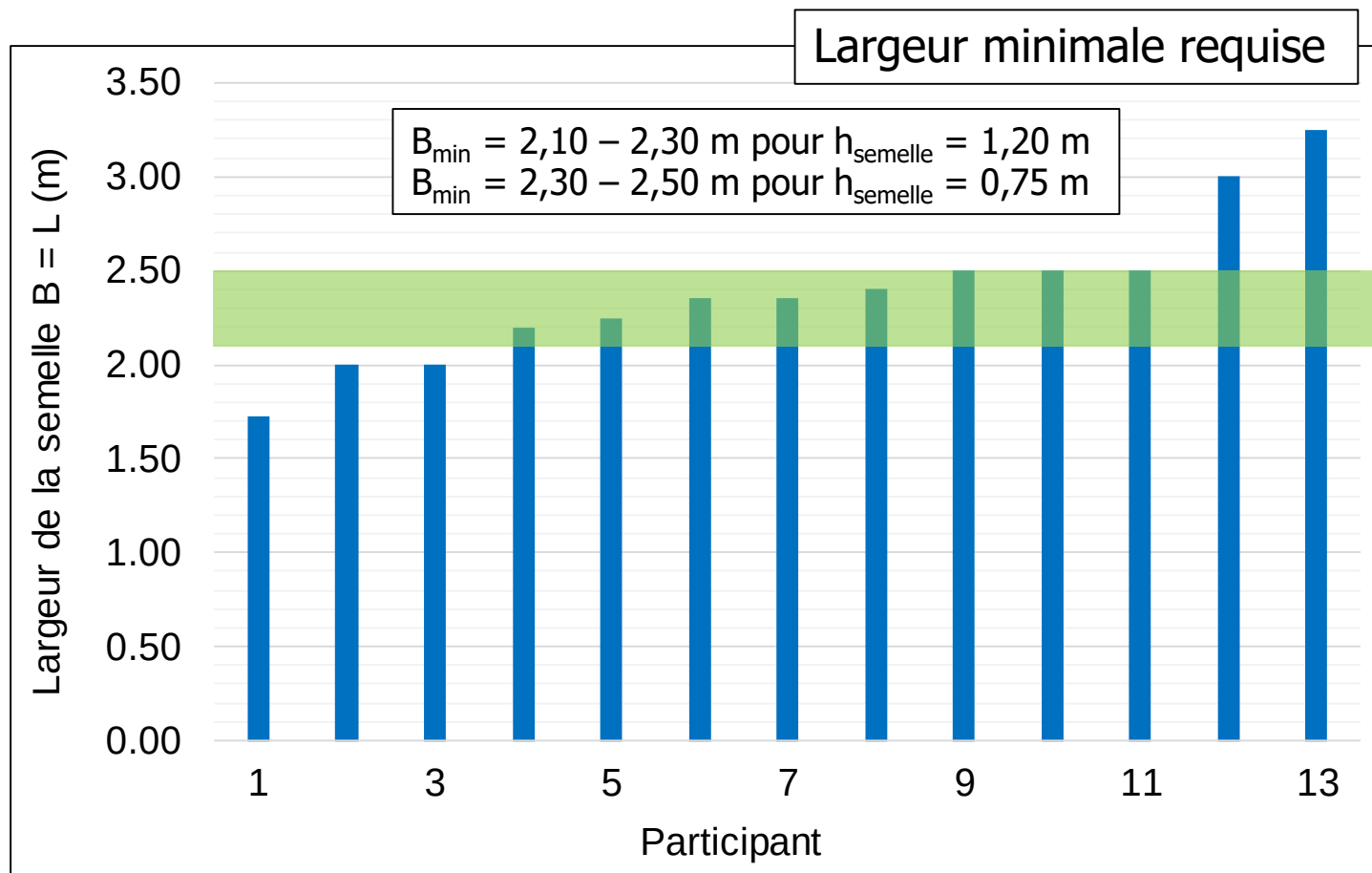
Les fondations superficielles

- ▶ Semelle carrée sur terrain sableux (dimensionnement)



Les fondations superficielles

- Semelle carrée sur terrain sableux (dimensionnement)



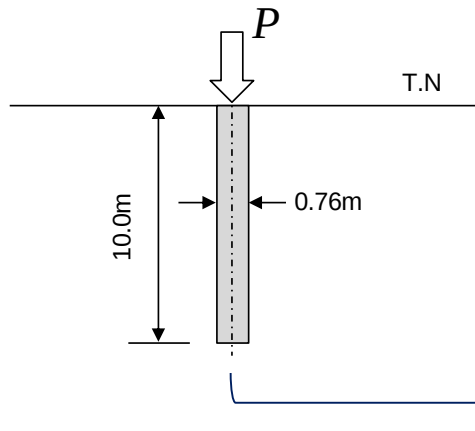
Sommaire

- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations



Les fondations profondes

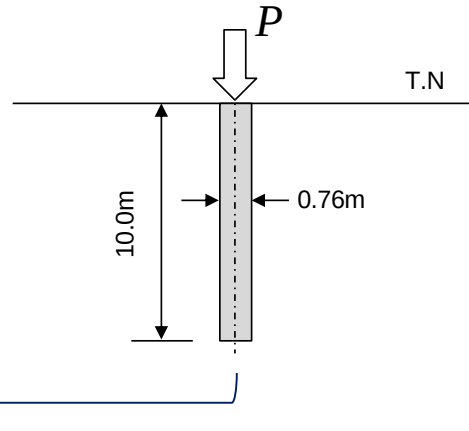
Pieu foré dans un terrain argileux



Prévision de la courbe de
chargement vertical

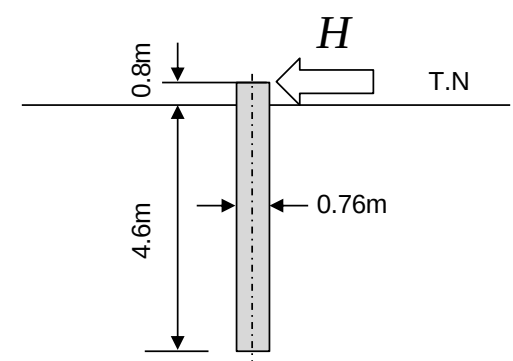
16 réponses
 $P_{ult} = 1500 \text{ à } 5000 \text{ kN}$

Pieu foré dans un terrain sableux



16 réponses
 $P_{ult} = 1100 \text{ à } 5800 \text{ kN}$

Pieu foré dans un terrain argileux

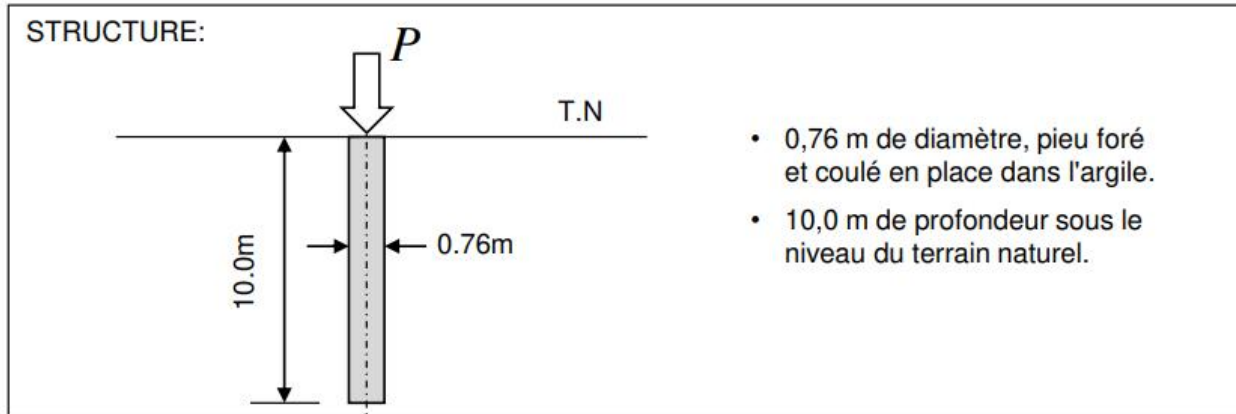


Prévision de la courbe de
chargement transversal

12 réponses
 $P_{ult} = 100 \text{ à } 930 \text{ kN}$

Les fondations profondes

► Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



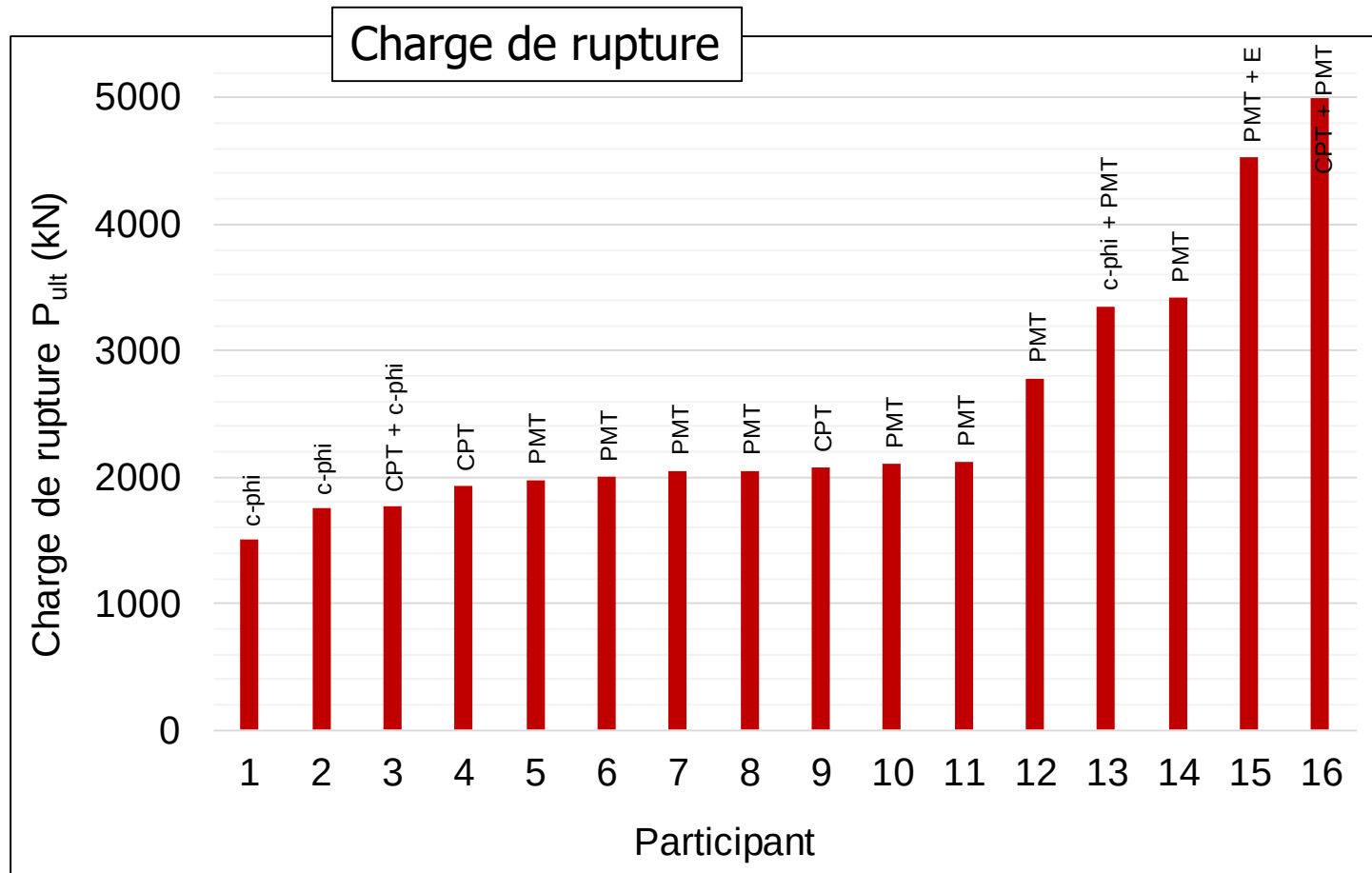
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu.

1. Estimer la capacité portante du pieu P_{ult} .
2. Si la méthode utilisée sépare la résistance en frottement et en pointe, indiquer, $P_{ult}(\text{frottement})$ et $P_{ult}(\text{pointe})$.
3. Estimer la courbe de chargement-enfoncement jusqu'à la rupture.
4. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

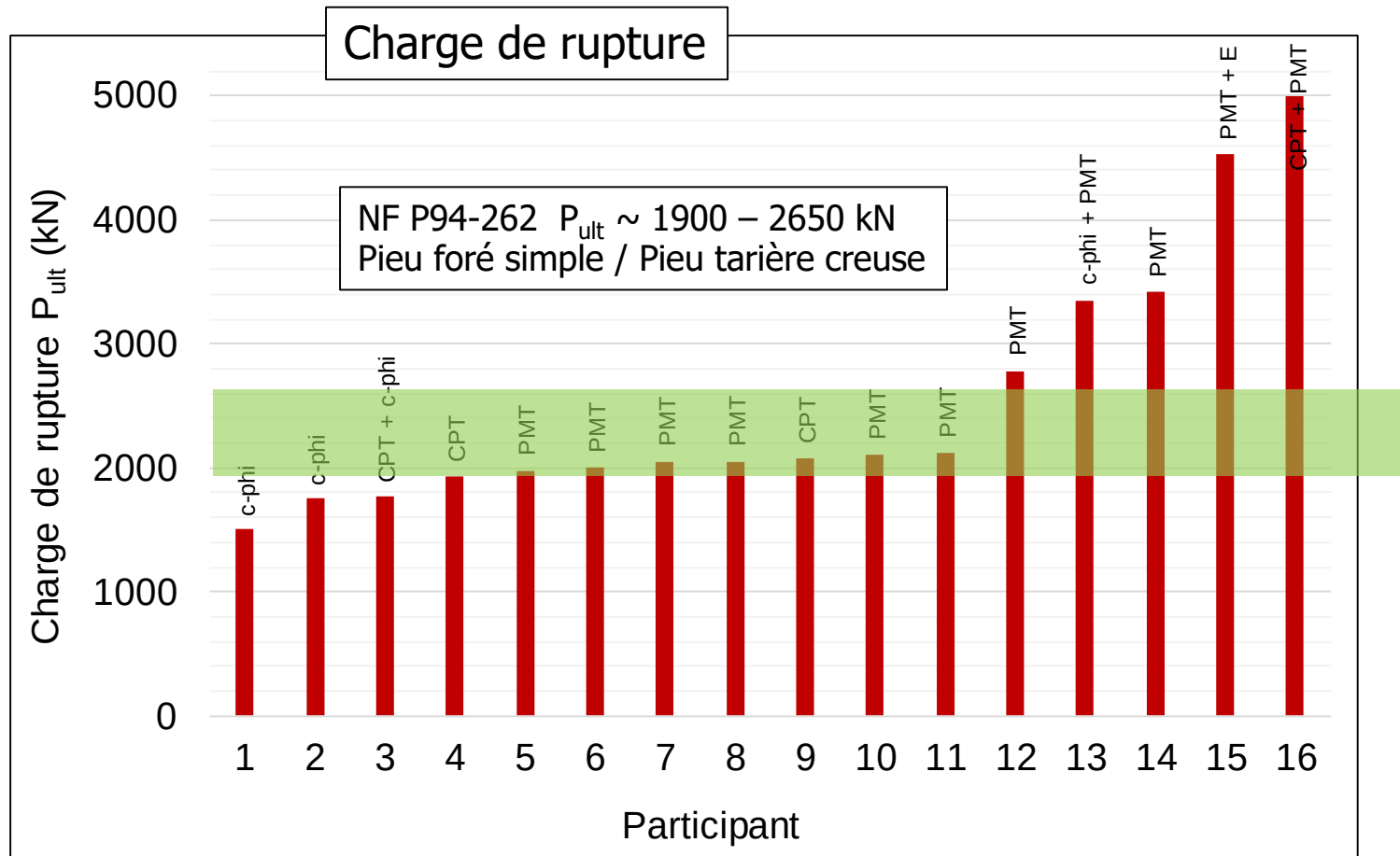
Les fondations profondes

- ▶ Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



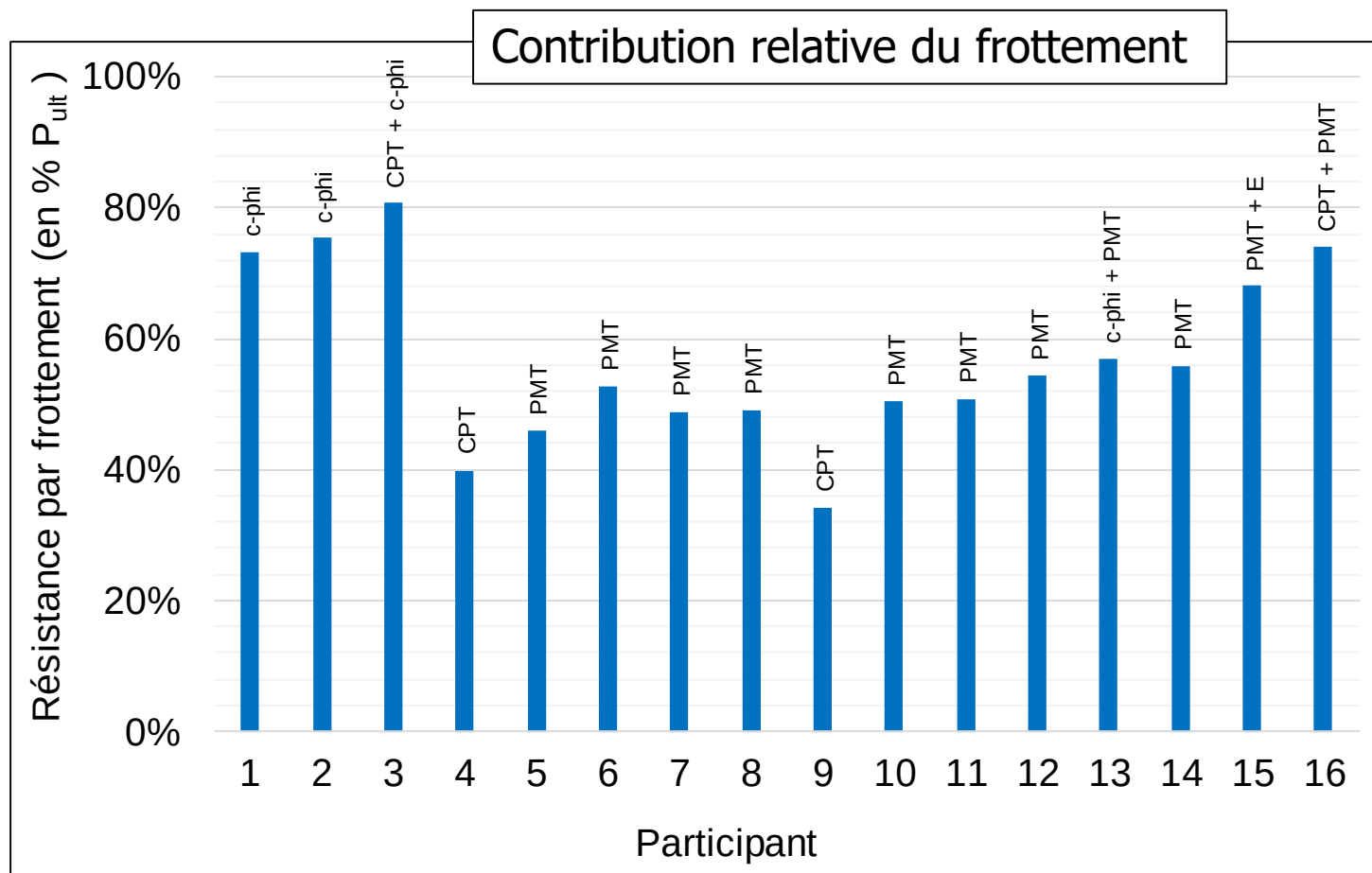
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



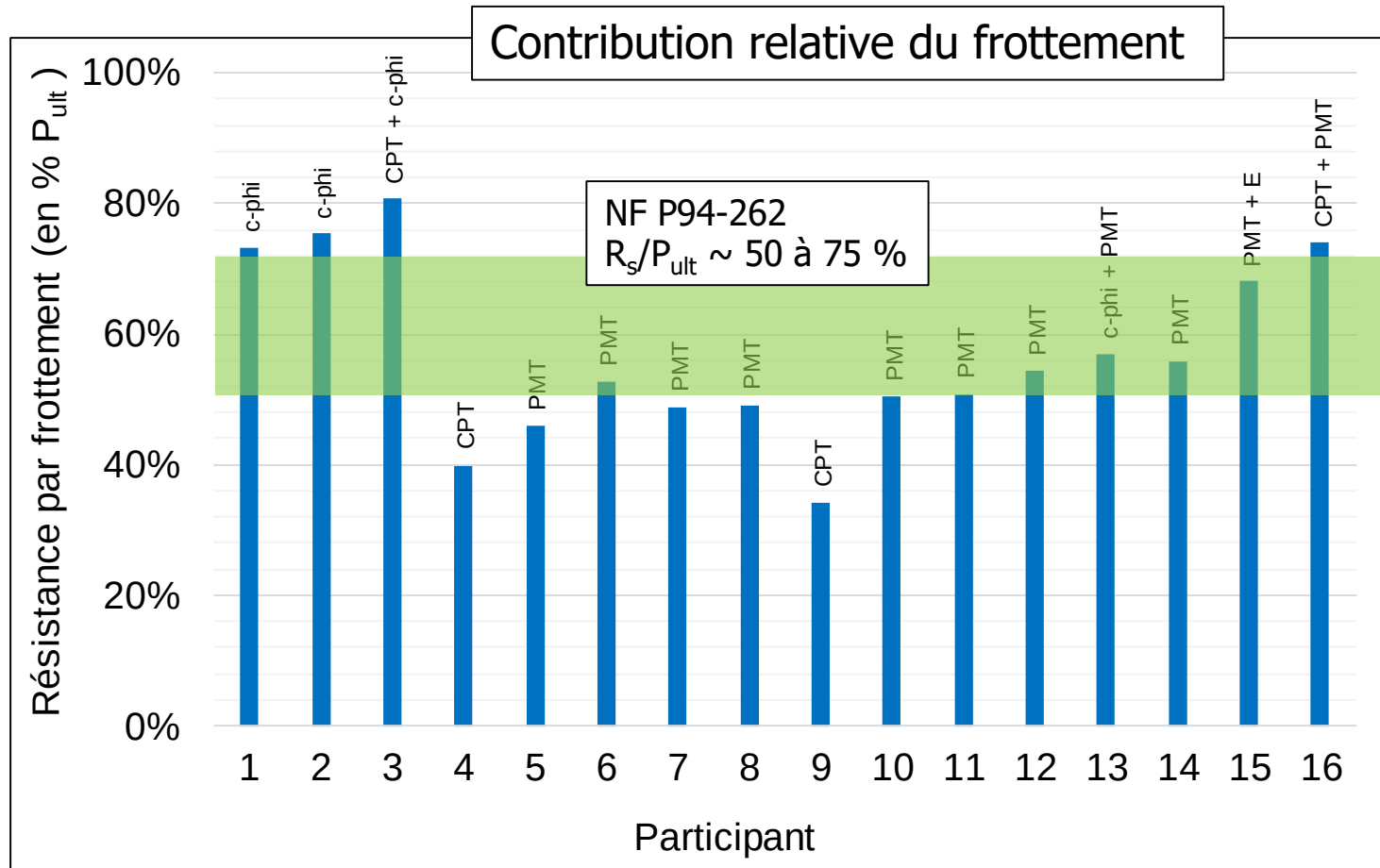
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



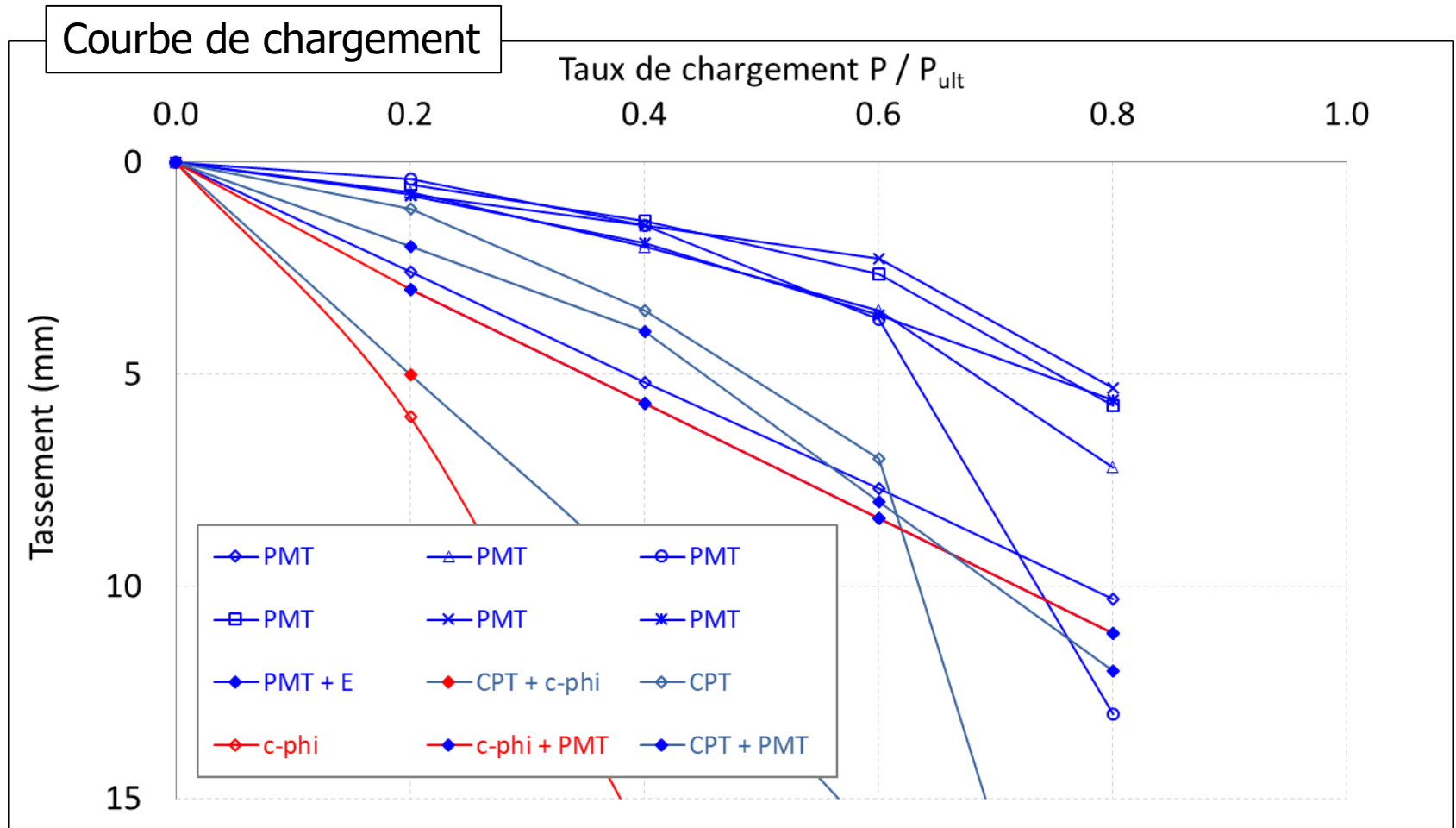
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



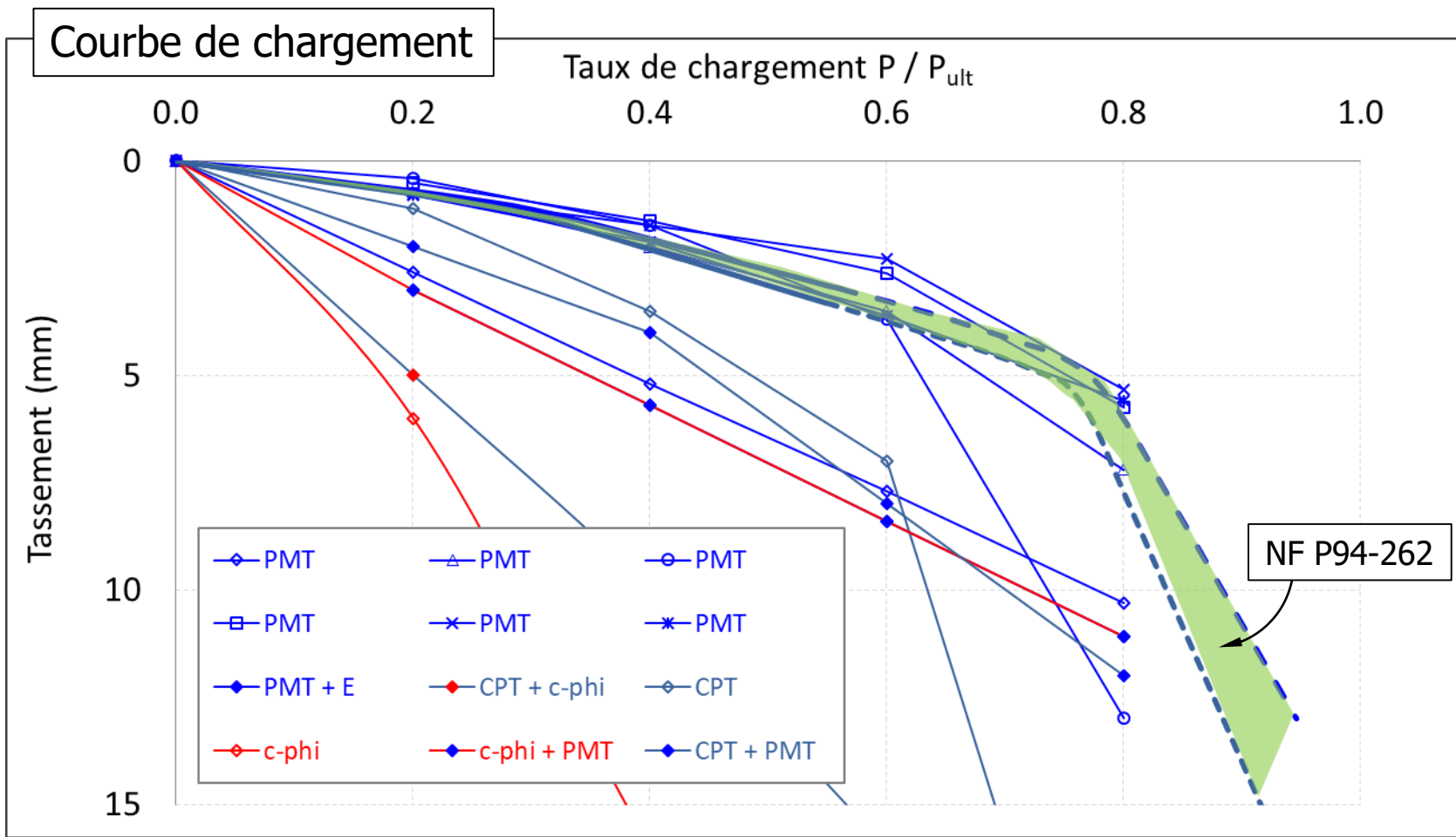
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



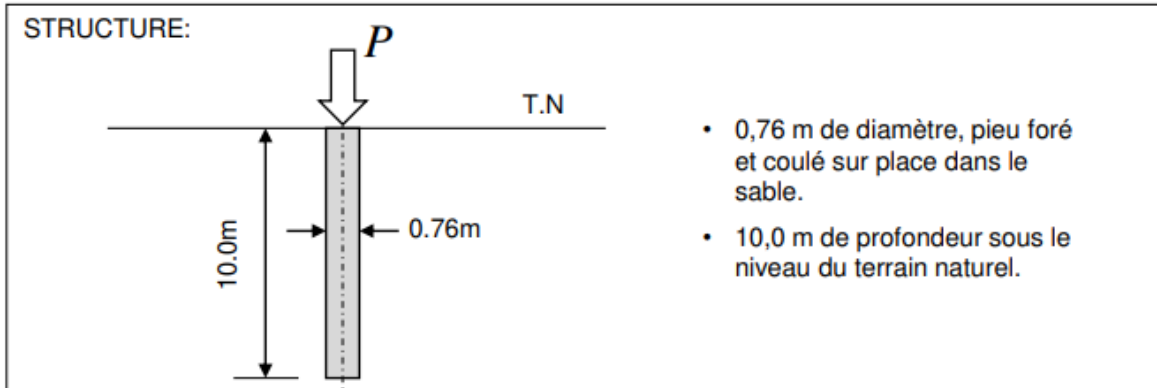
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain argileux (prévision)



Les fondations profondes

► Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



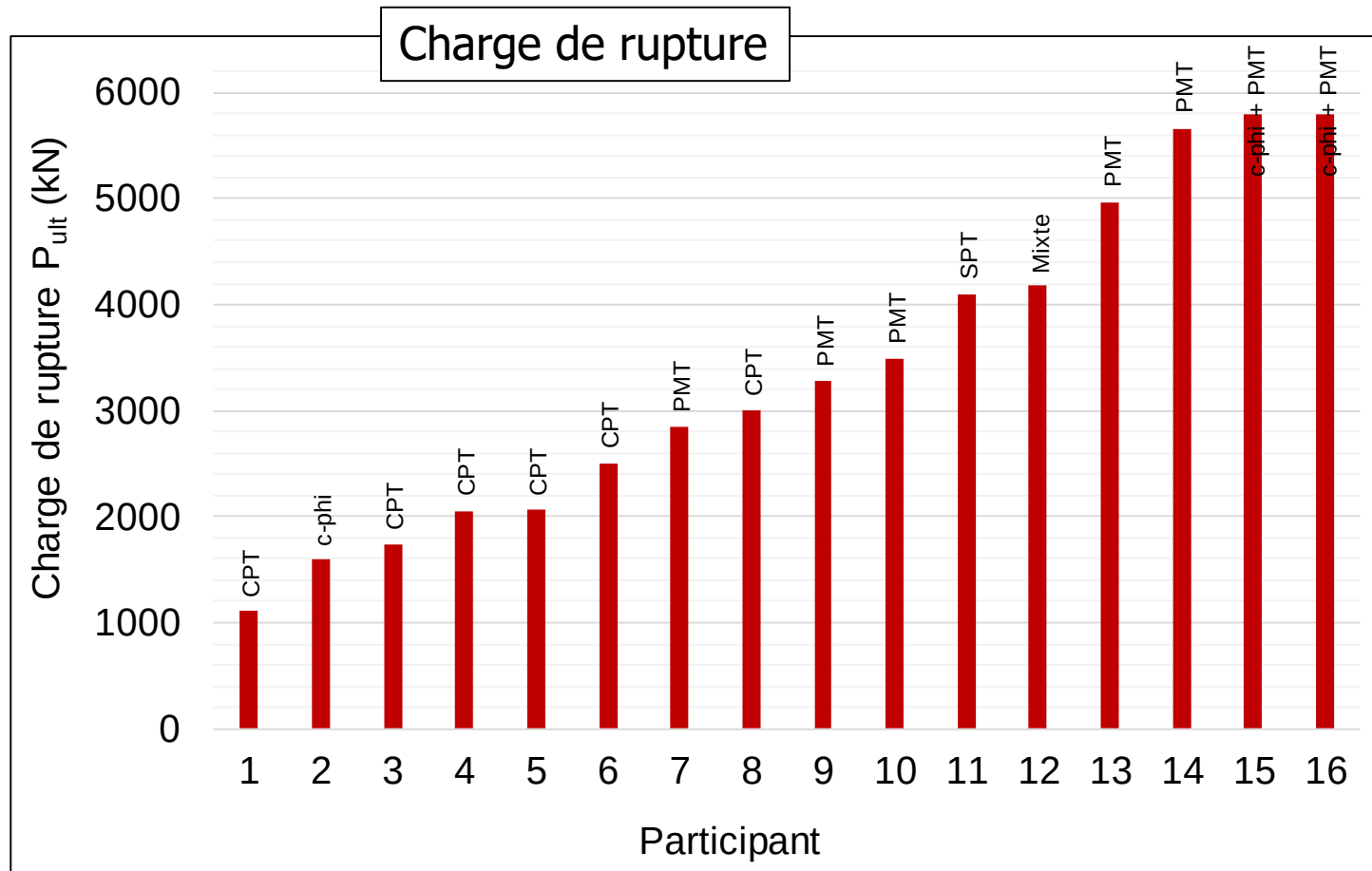
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu

1. Estimer la capacité portante du pieu P_{ult} .
2. Si la méthode utilisée sépare la résistance en frottement et en pointe, indiquer, P_{ult} (frottement) and P_{ult} (pointe).
3. Estimer la courbe de chargement-tassement jusqu'à la rupture.
4. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

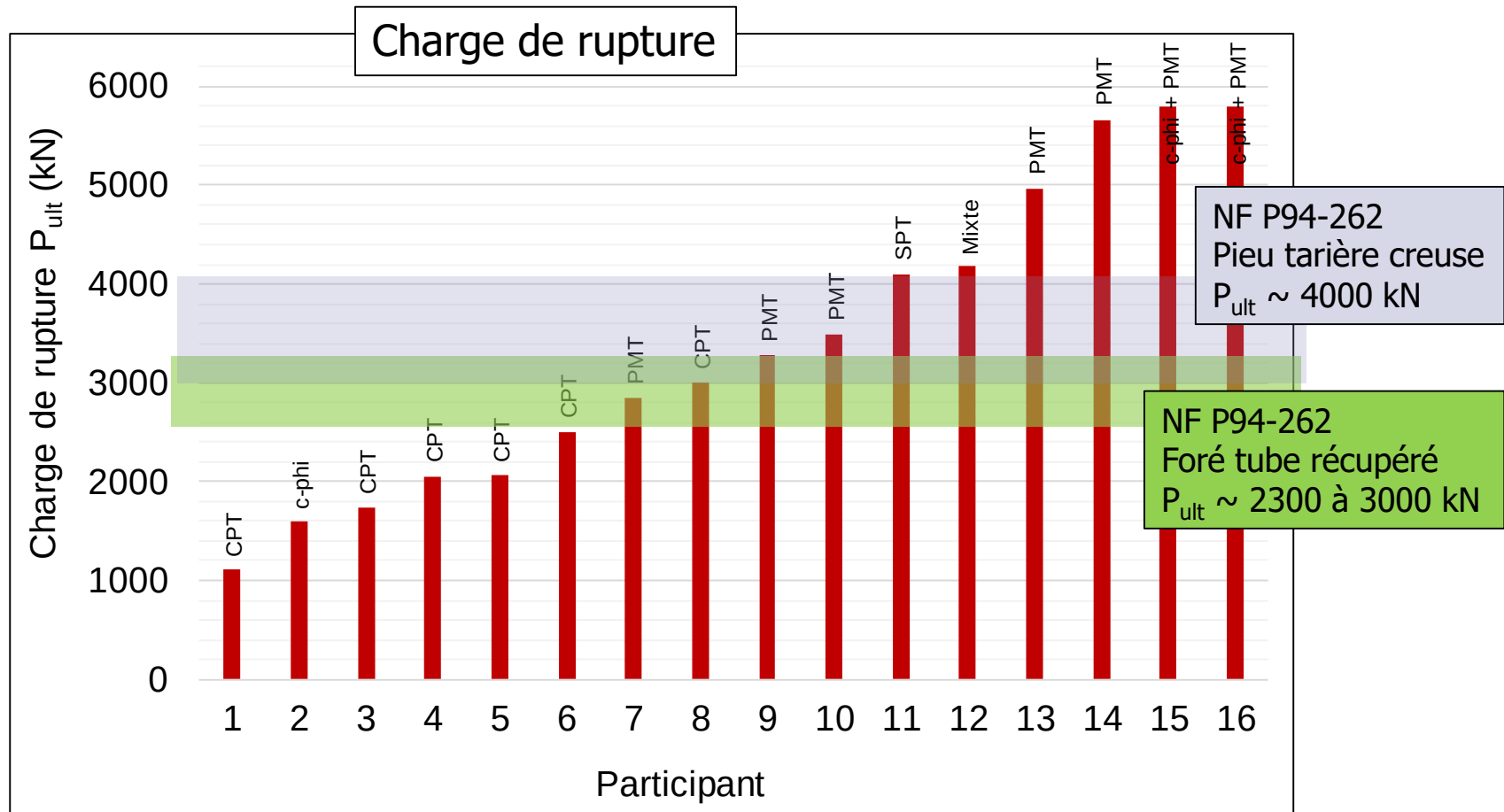
Les fondations profondes

- ▶ Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



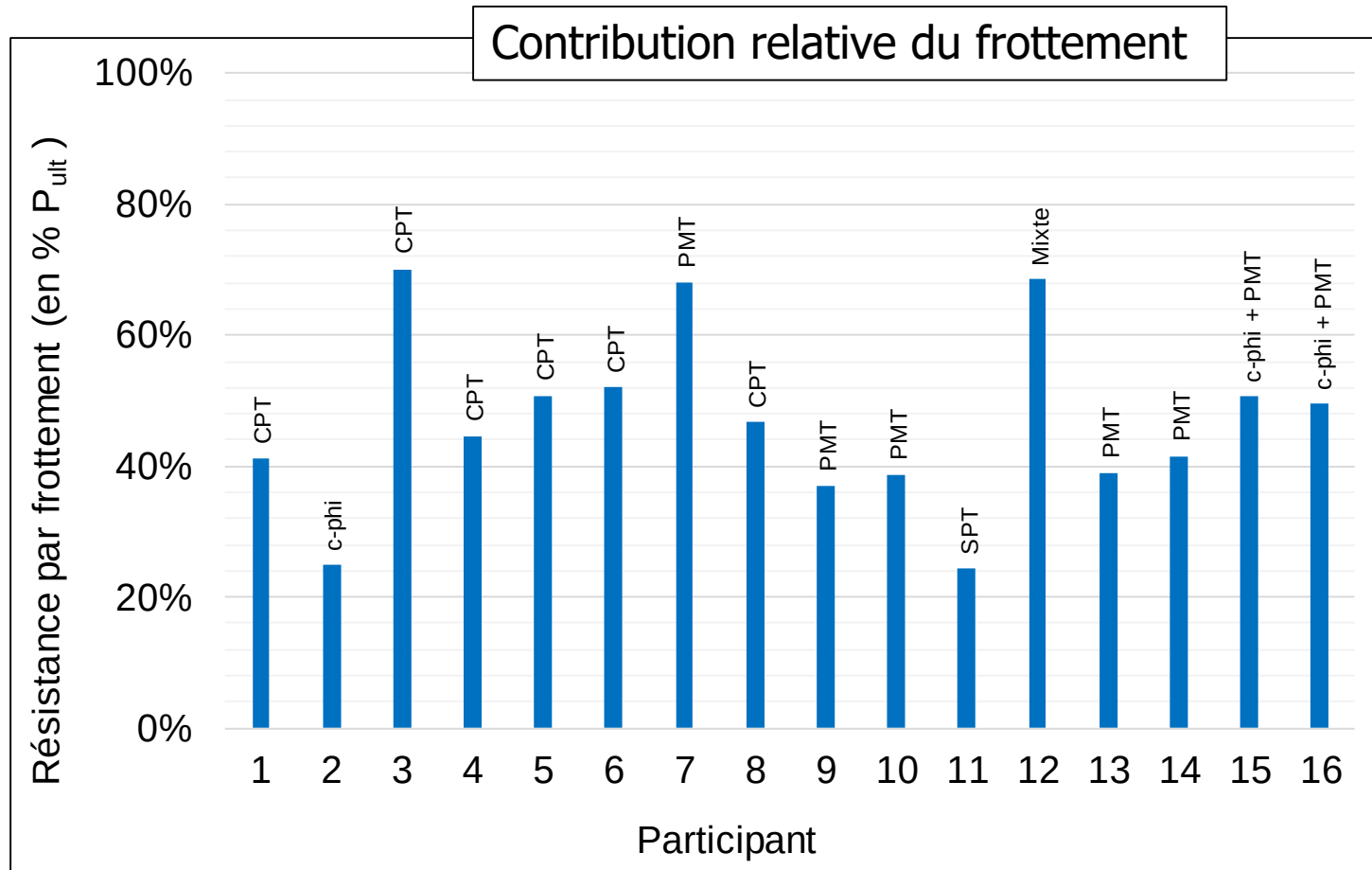
Les fondations profondes

- ▶ Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



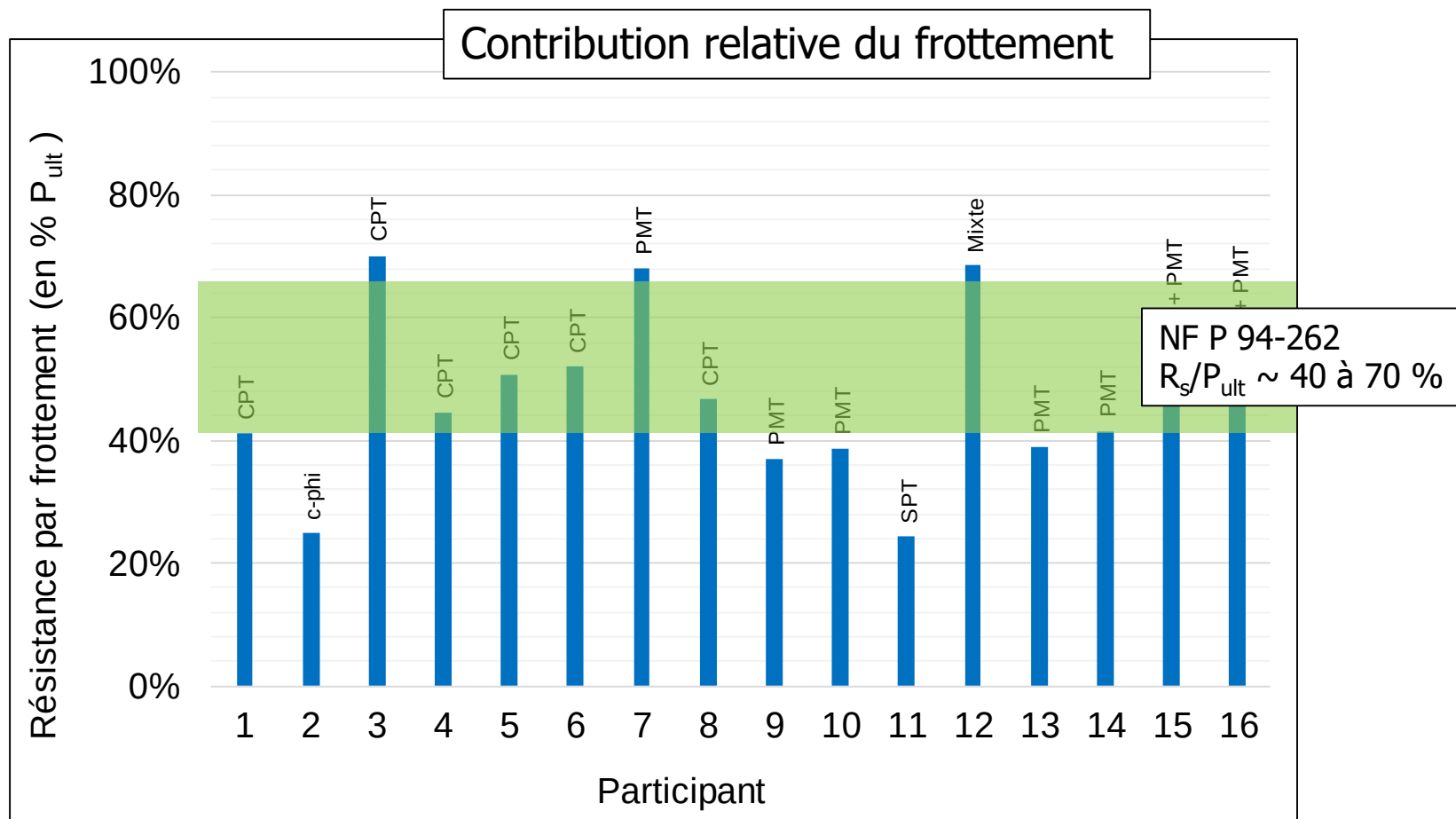
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



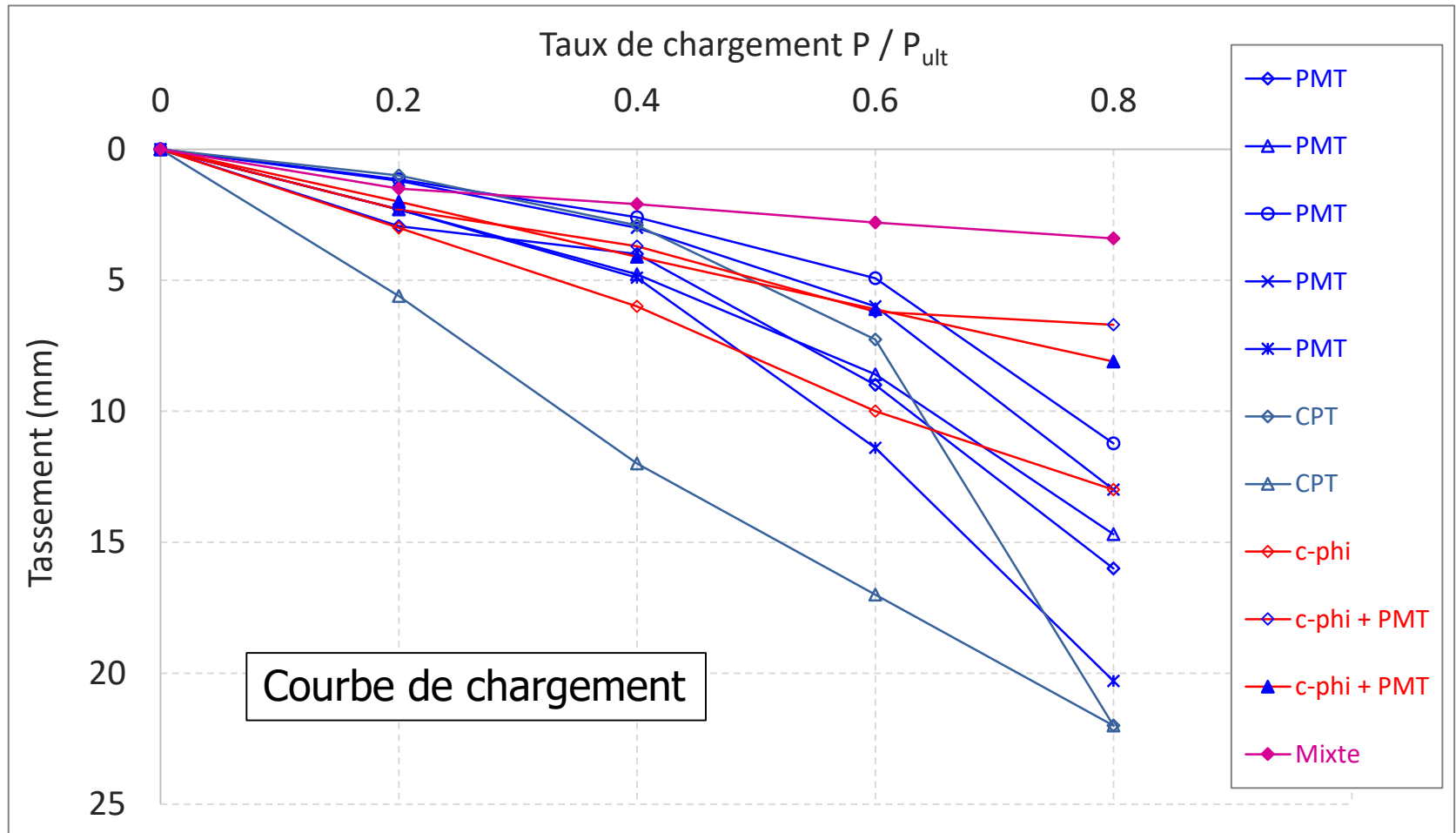
Les fondations profondes

- Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



Les fondations profondes

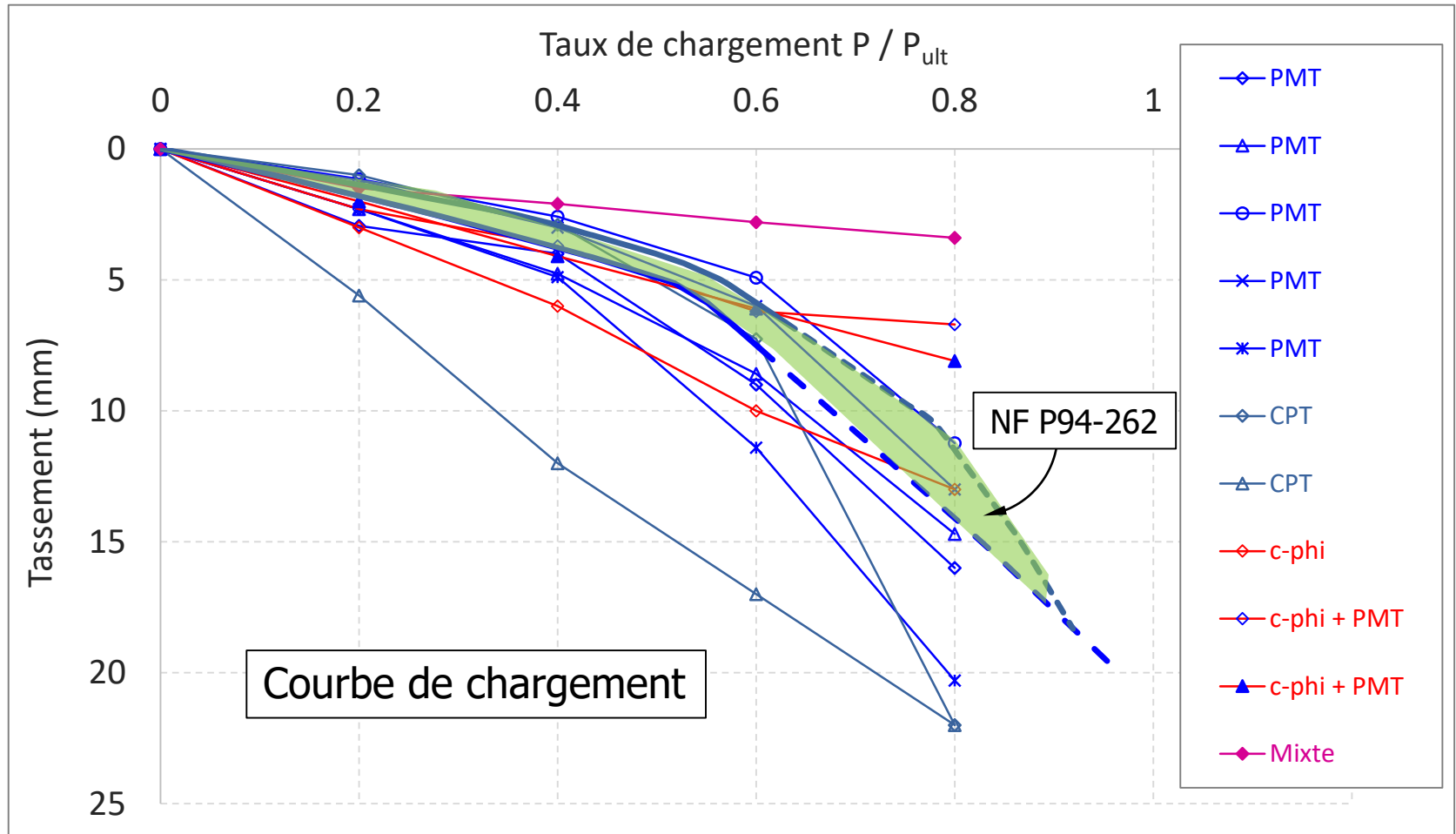
► Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



Courbe de chargement

Les fondations profondes

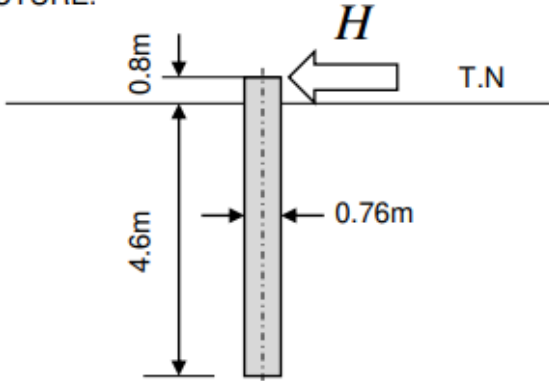
► Pieu foré dans un terrain sableux (prévision)



Les fondations profondes

► Pieu sous chargement transversal (prévision)

STRUCTURE:



- 0,76 m de diamètre, pieu foré et coulé sur place dans l'argile
- 4,6 m de profondeur sous le niveau du terrain naturel
- Charge appliquée à 0,8 m au-dessus du niveau du terrain naturel
- Armatures suffisantes pour empêcher la rupture par flexion ou cisaillement du pieu.

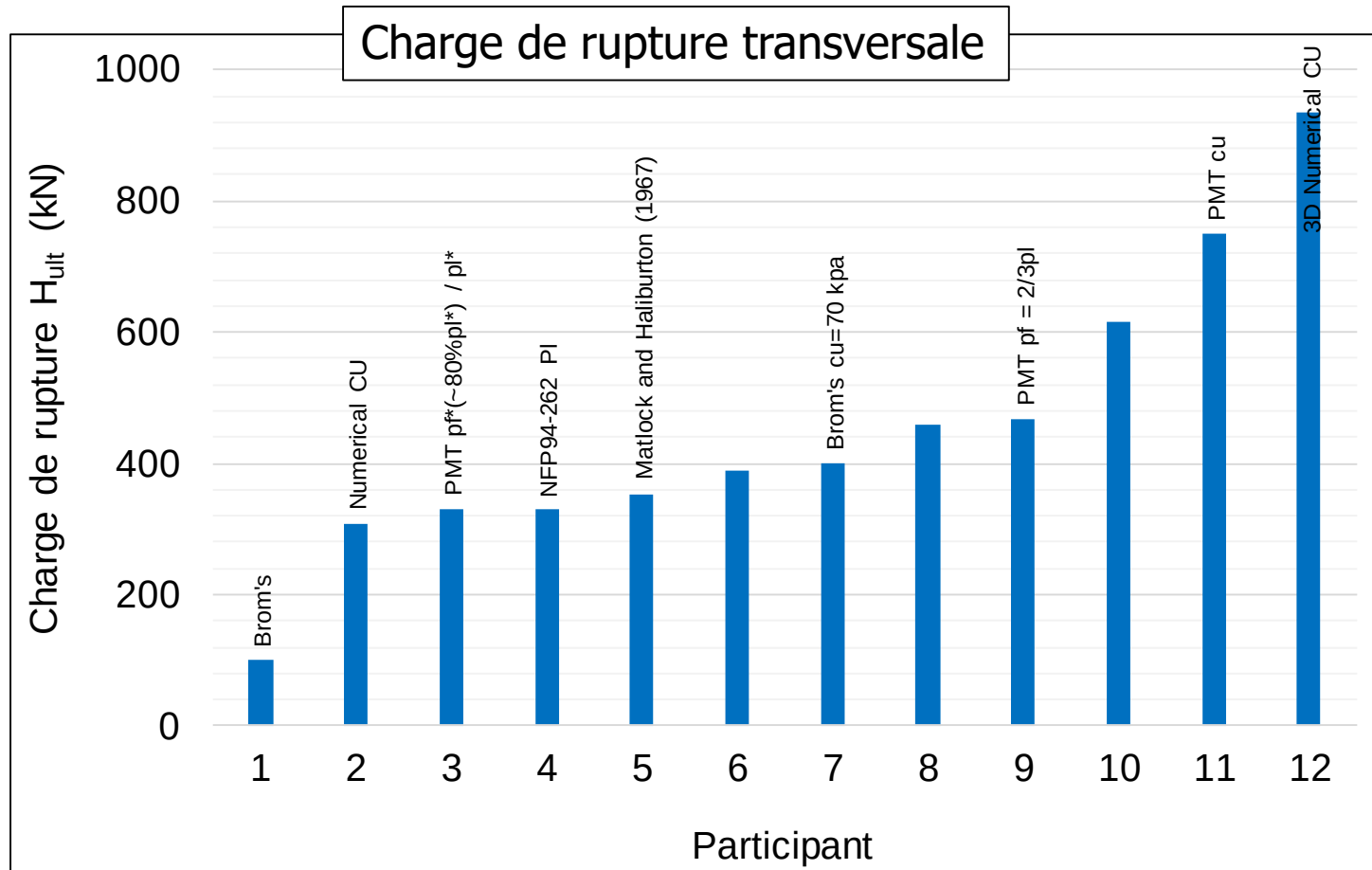
PROBLÈME:

Ce problème nécessite la prévision du comportement du pieu.

1. Estimer la charge limite du pieux H_{ult} .
2. Estimer la courbe charge-déplacement à long terme jusqu'à la rupture..
3. NOTA: Estimer le comportement qui serait attendu pour le pieu lors d'un essai de chargement, et non pas pour une évaluation sécuritaire de dimensionnement (pas de coefficients de sécurité à prendre en compte dans ce cas)

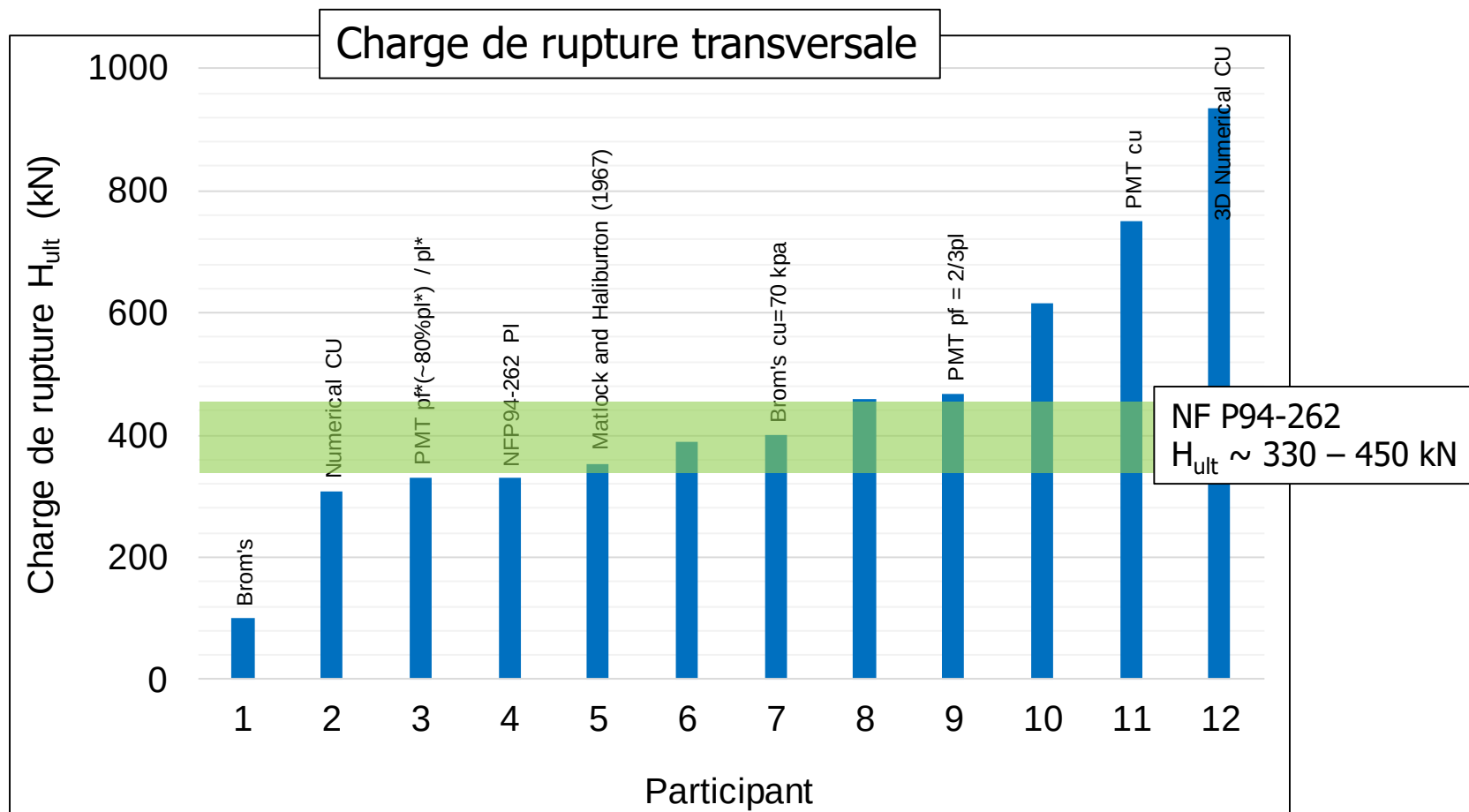
Les fondations profondes

► Pieu sous chargement transversal (prévision)



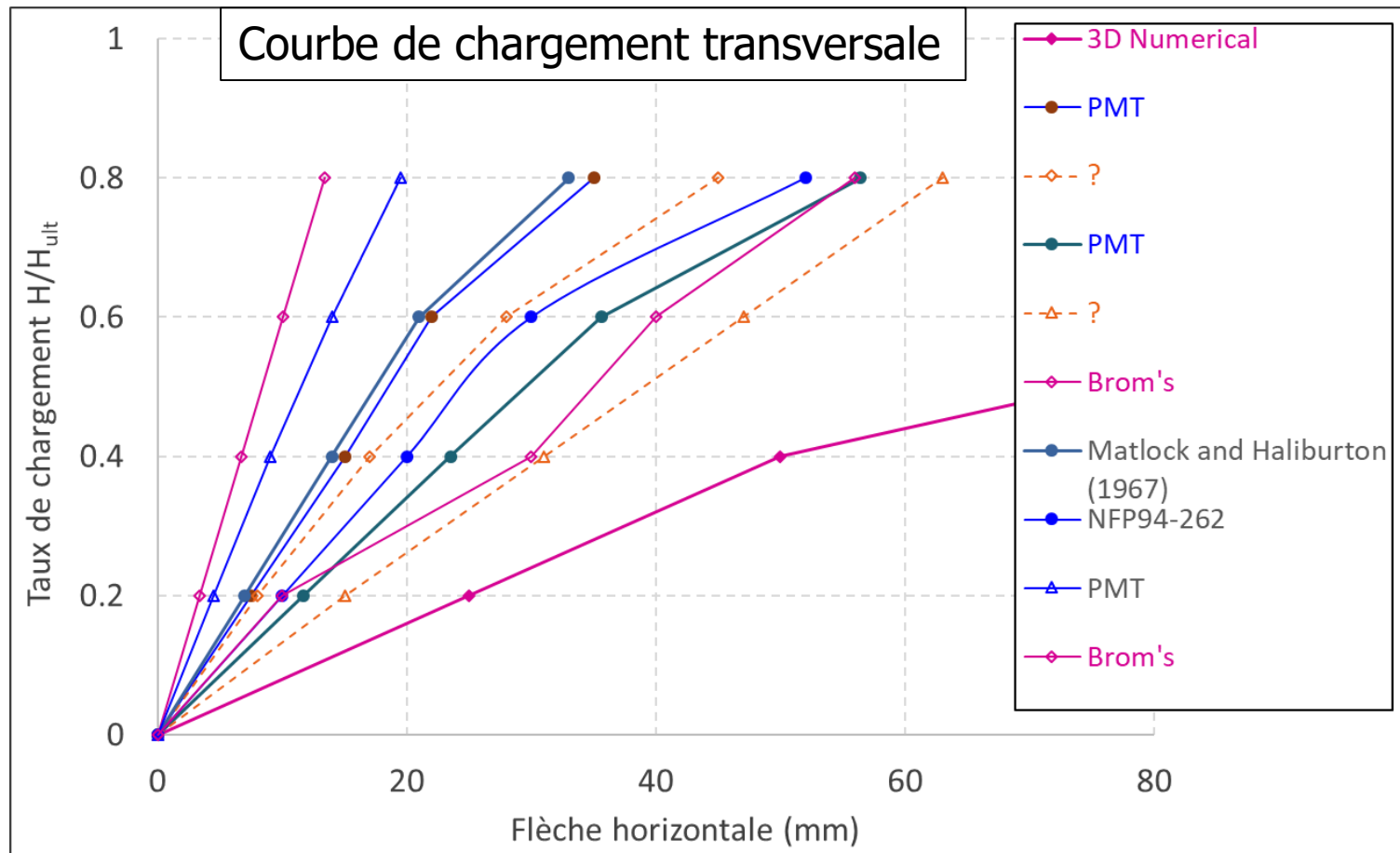
Les fondations profondes

► Pieu sous chargement transversal (prévision)



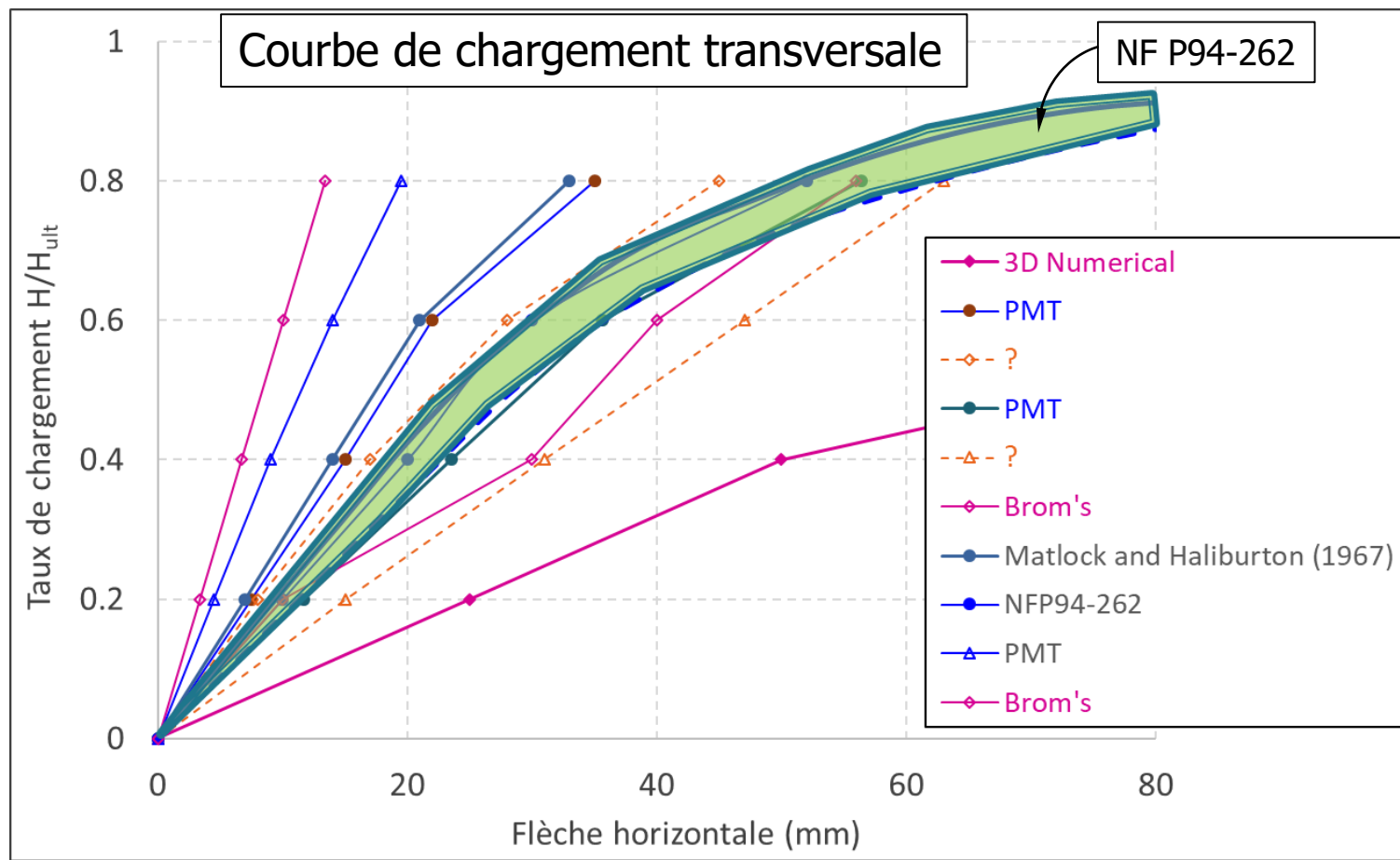
Les fondations profondes

► Pieu sous chargement transversal (prévision)



Les fondations profondes

► Pieu sous chargement transversal (prévision)



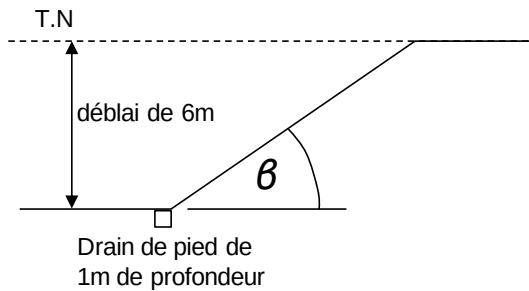
Sommaire

- ▶ Rappel du contexte
 - Les problèmes proposés
 - Les données de terrain
- ▶ Bilan des participants
- ▶ Résultats et discussion
 - Fondations superficielles
 - Fondations profondes
 - Excavations



Les excavations

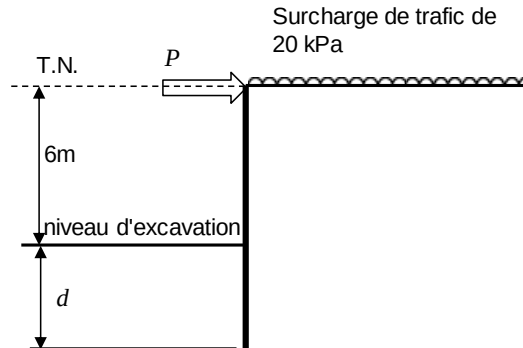
Déblai dans un terrain argileux ou sableux



Dimensionnement de la pente du talus

16 réponses
 $\beta = 15$ à 39° (Argiles)
 $\beta = 20$ à 27° (Sables)

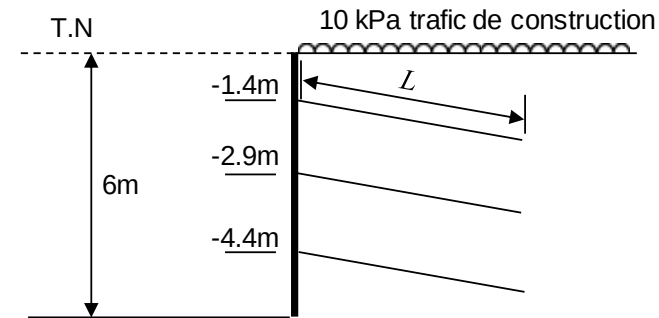
Excavation à l'abri d'un écran butonné



Dimensionnement de la fiche de l'écran

12 réponses
 $d = 2,3$ à $9,0$ m
 $P = 50$ à 290 kN/m

Excavation à l'abri d'une paroi clouée



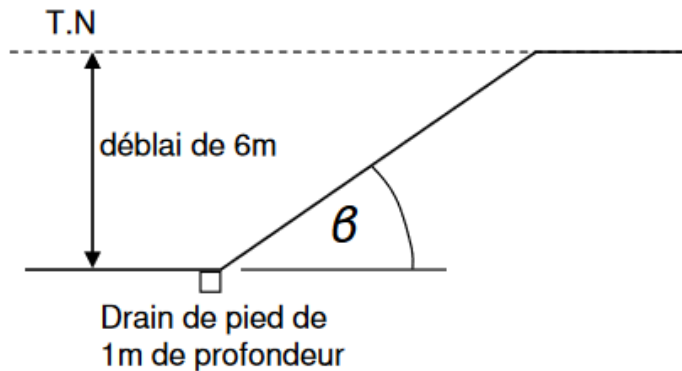
Dimensionnement du linéaire de clous

8 réponses
 $L = 6$ à 11 m
 $Esp = 1,5$ à $2,2$ m

Les excavations

► Déblai permanent dans un terrain argileux

STRUCTURE:



- Déblai permanent pour une voie publique.
- Aucune surcharge.

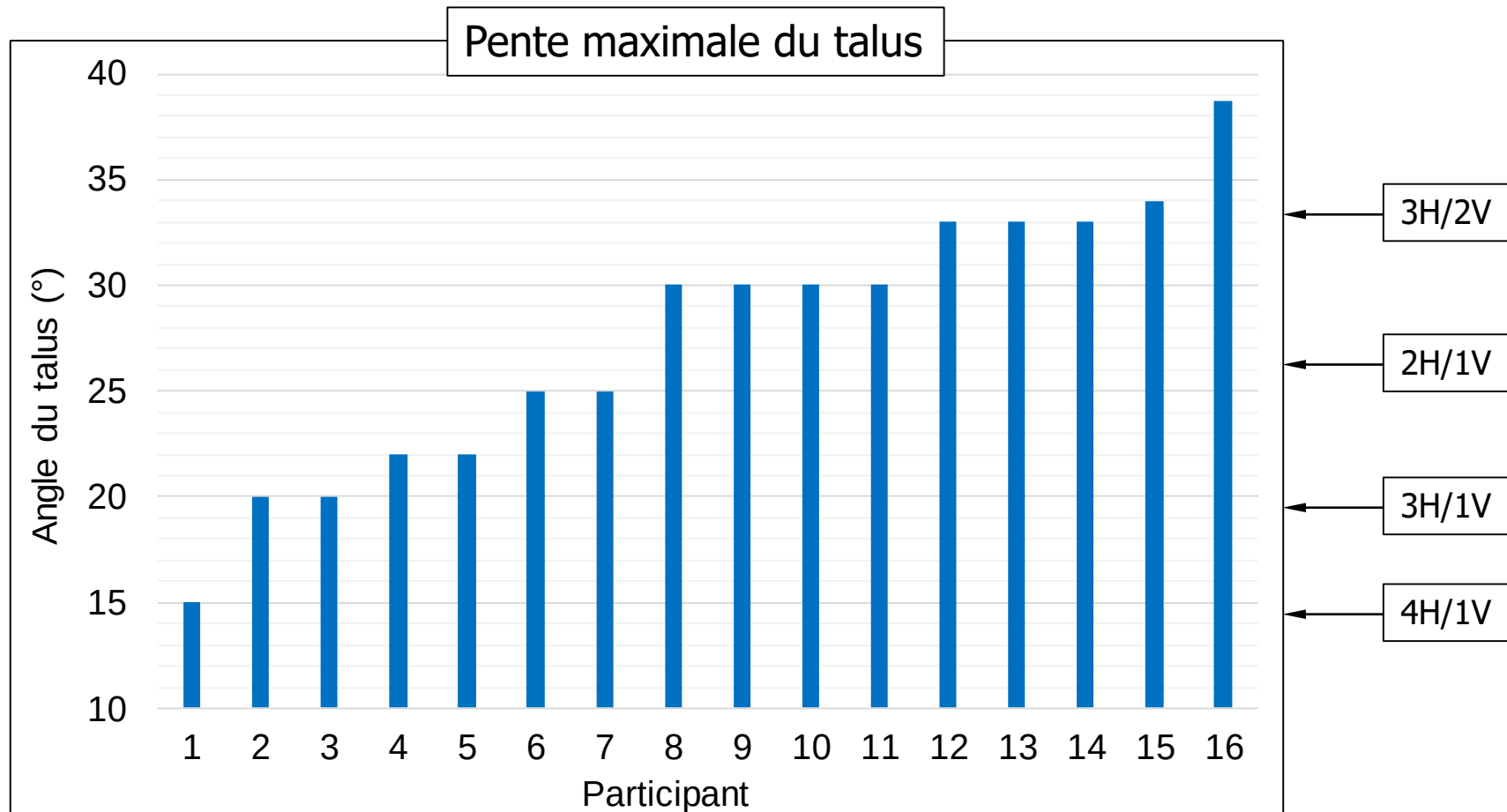
PROBLÈME:

Ce problème de dimensionnement nécessite la spécification de l'angle d'inclinaison du talus.

1. Déterminer l'angle θ du talus de déblai

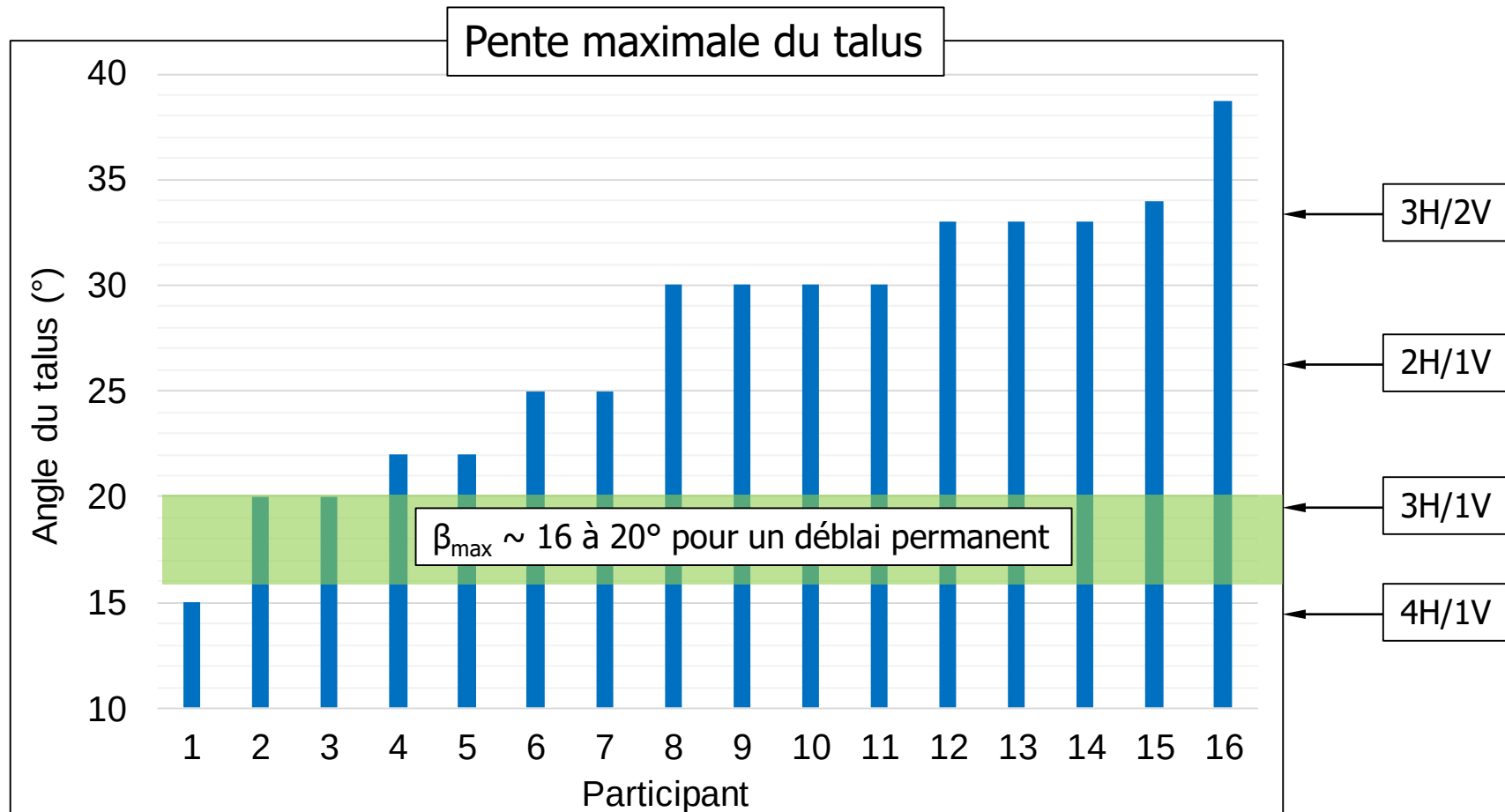
Les excavations

- ▶ Déblai permanent dans un terrain argileux



Les excavations

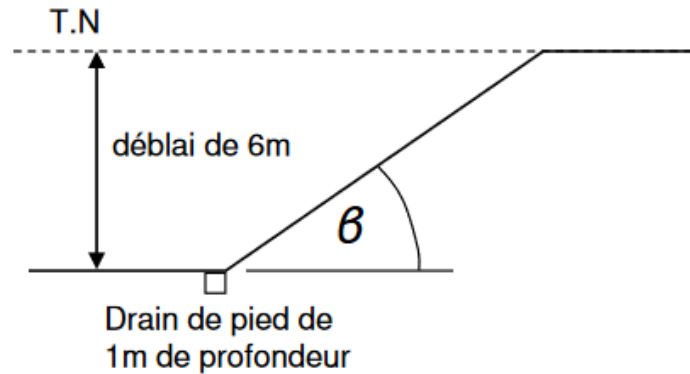
- ▶ Déblai permanent dans un terrain argileux



Les excavations

► Déblai permanent dans un terrain sableux

STRUCTURE:



- Déblai permanent pour une voie publique.
- Aucune surcharge

PROBLÈME:

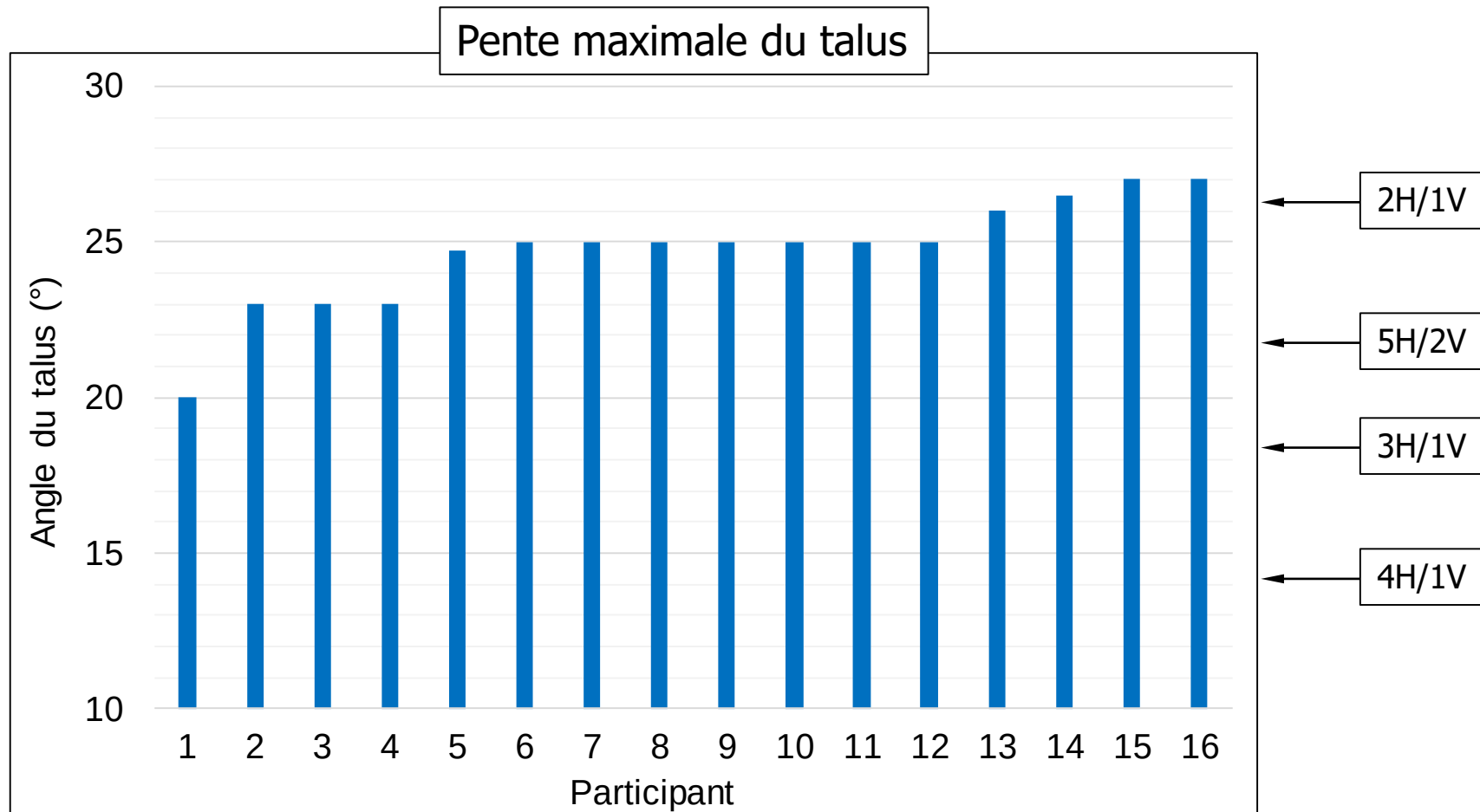
Ce problème de dimensionnement nécessite la détermination de l'angle d'inclinaison du talus.

1. Déterminer l'angle θ du talus de déblai



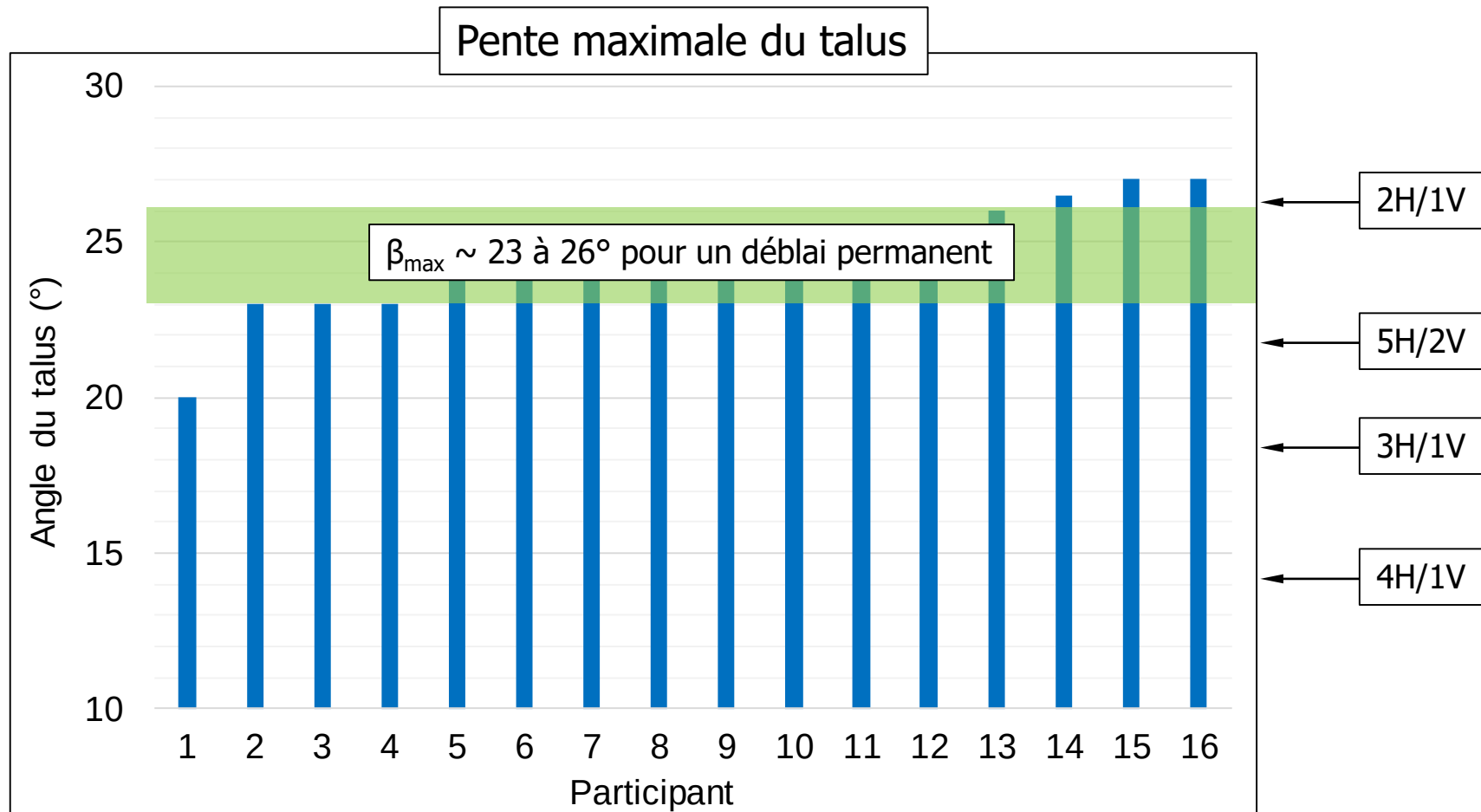
Les excavations

- ▶ Déblai permanent dans un terrain sableux



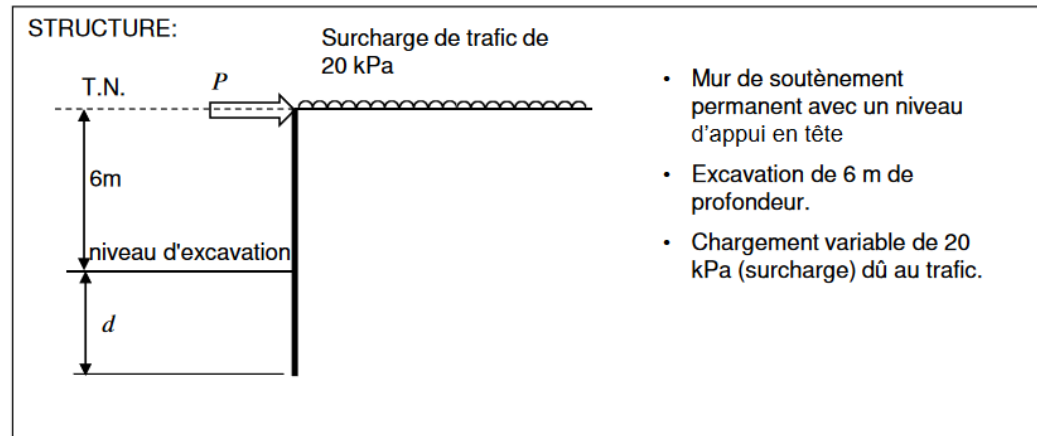
Les excavations

- ▶ Déblai permanent dans un terrain sableux



Les excavations

► Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



PROBLÈME::

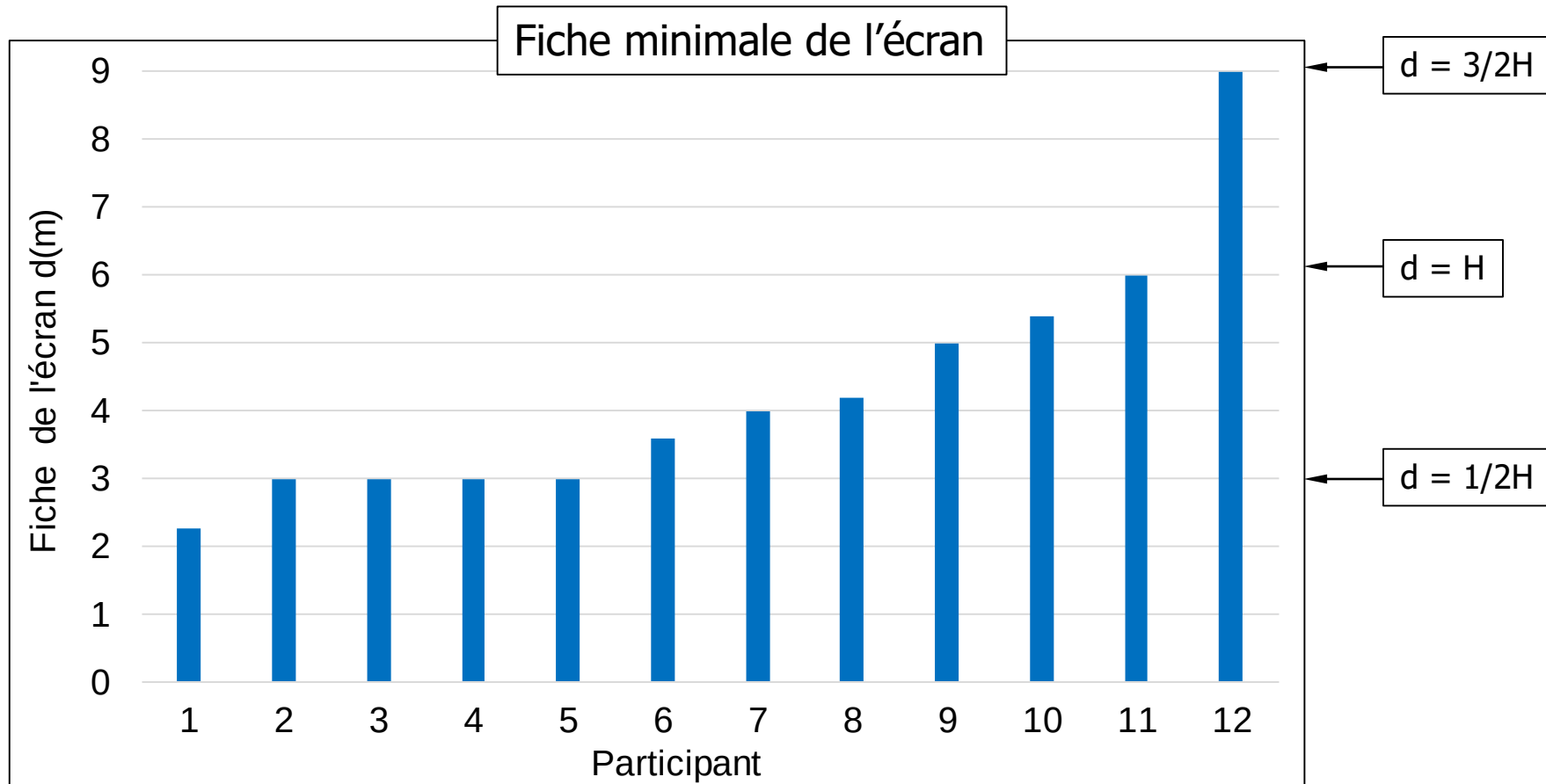
Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la géométrie du mur, de la force d'appui P (kN/m) et de la résistance du mur en flexion.

1. Déterminer la profondeur de la fiche nécessaire d (m).
2. Déterminer la force d'appui P (kN/m).
3. Déterminer le moment résistant minimum du mur M_m (kNm/m).

Le dimensionnement doit être basé sur la stabilité du mur en équilibre limite ultime, sans examiner les exigences de limitation des déplacements

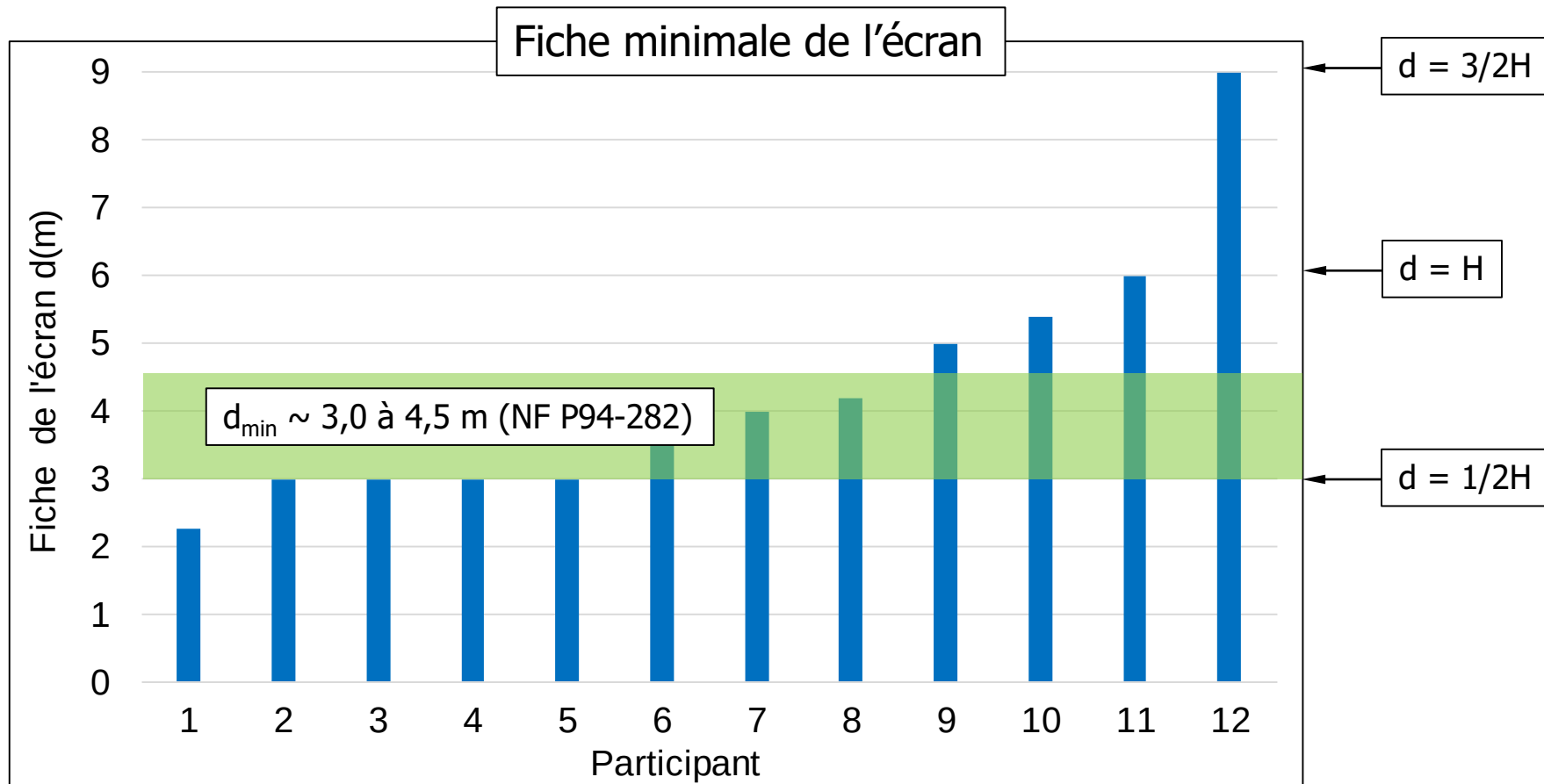
Les excavations

- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



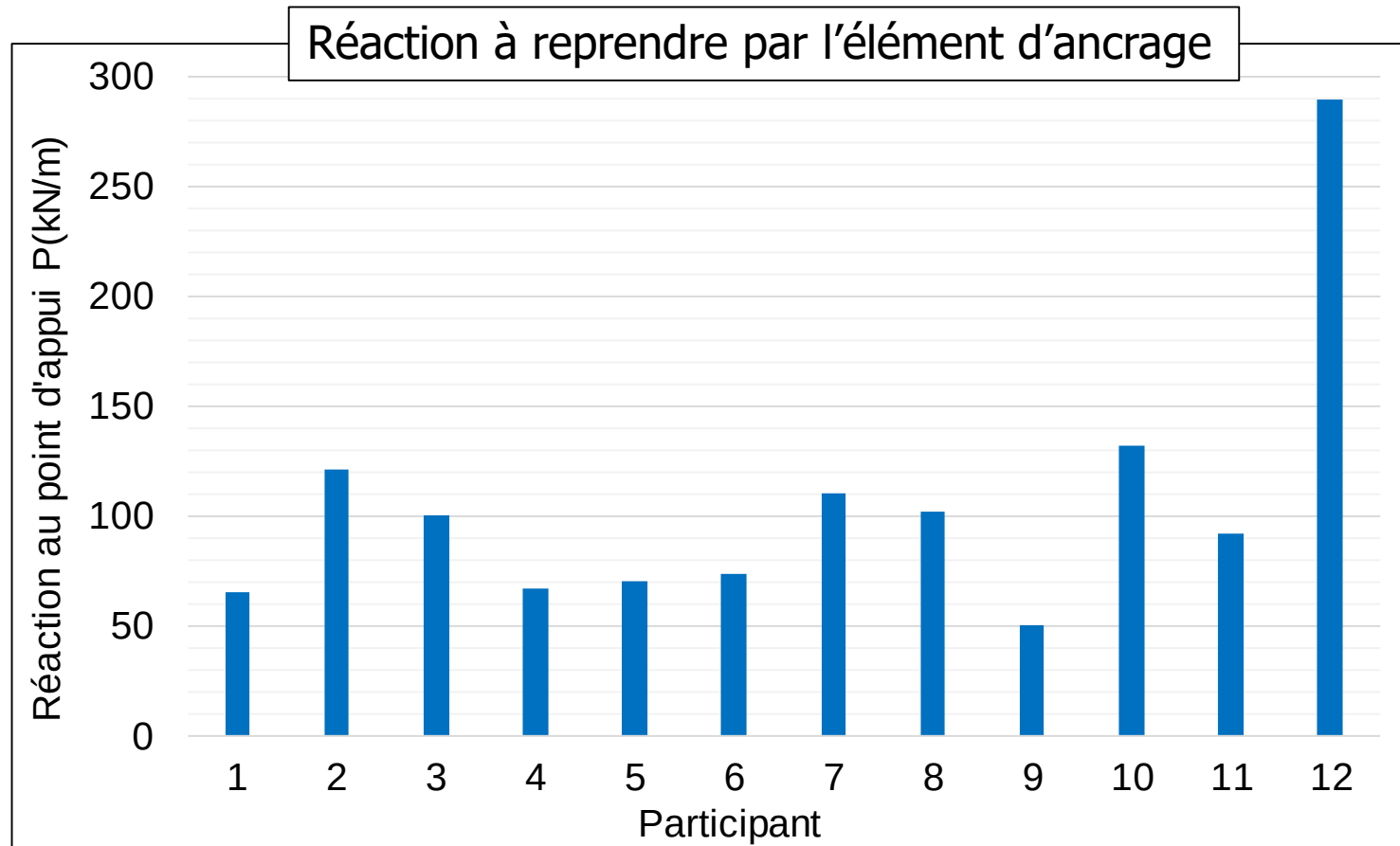
Les excavations

- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



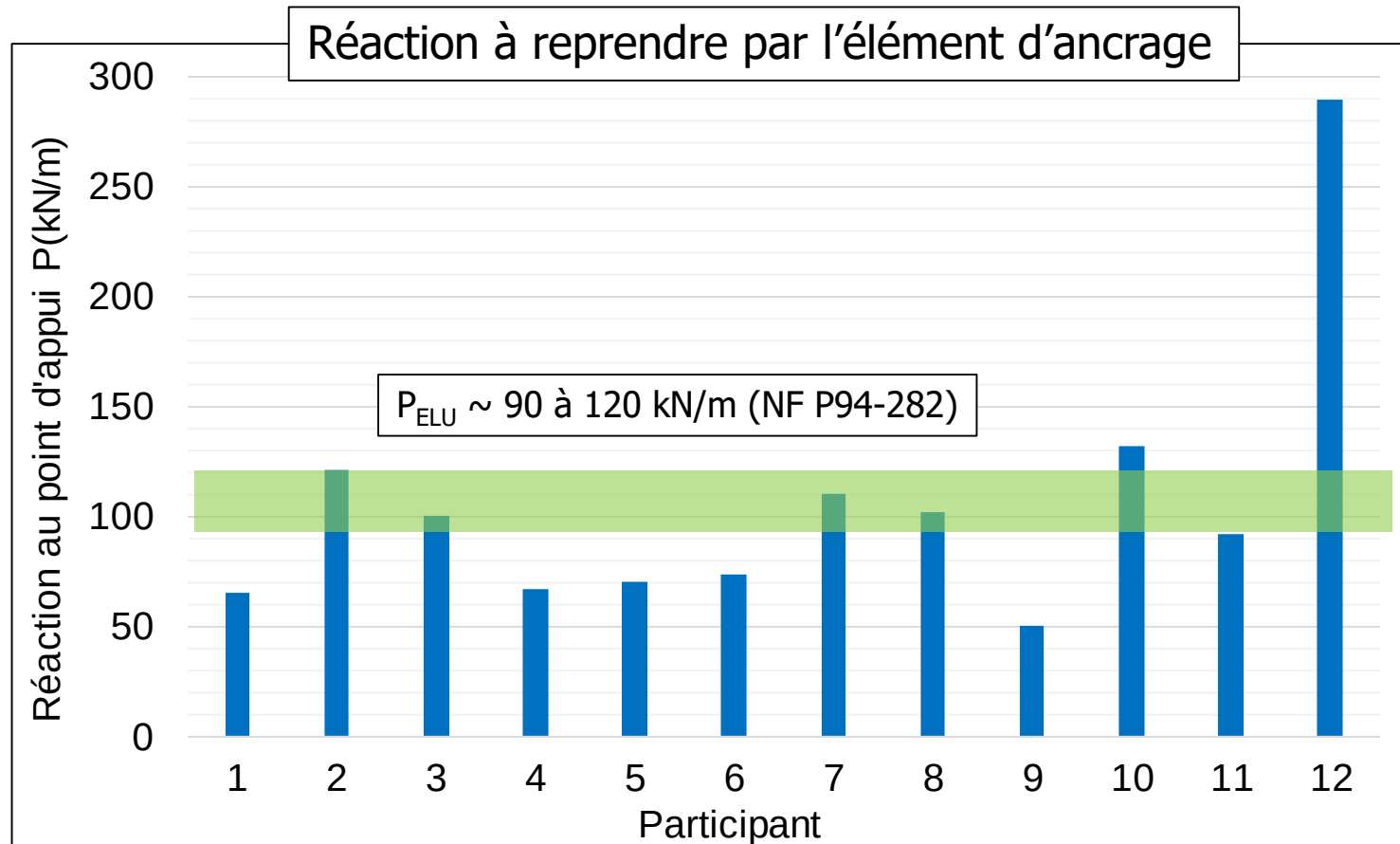
Les excavations

- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



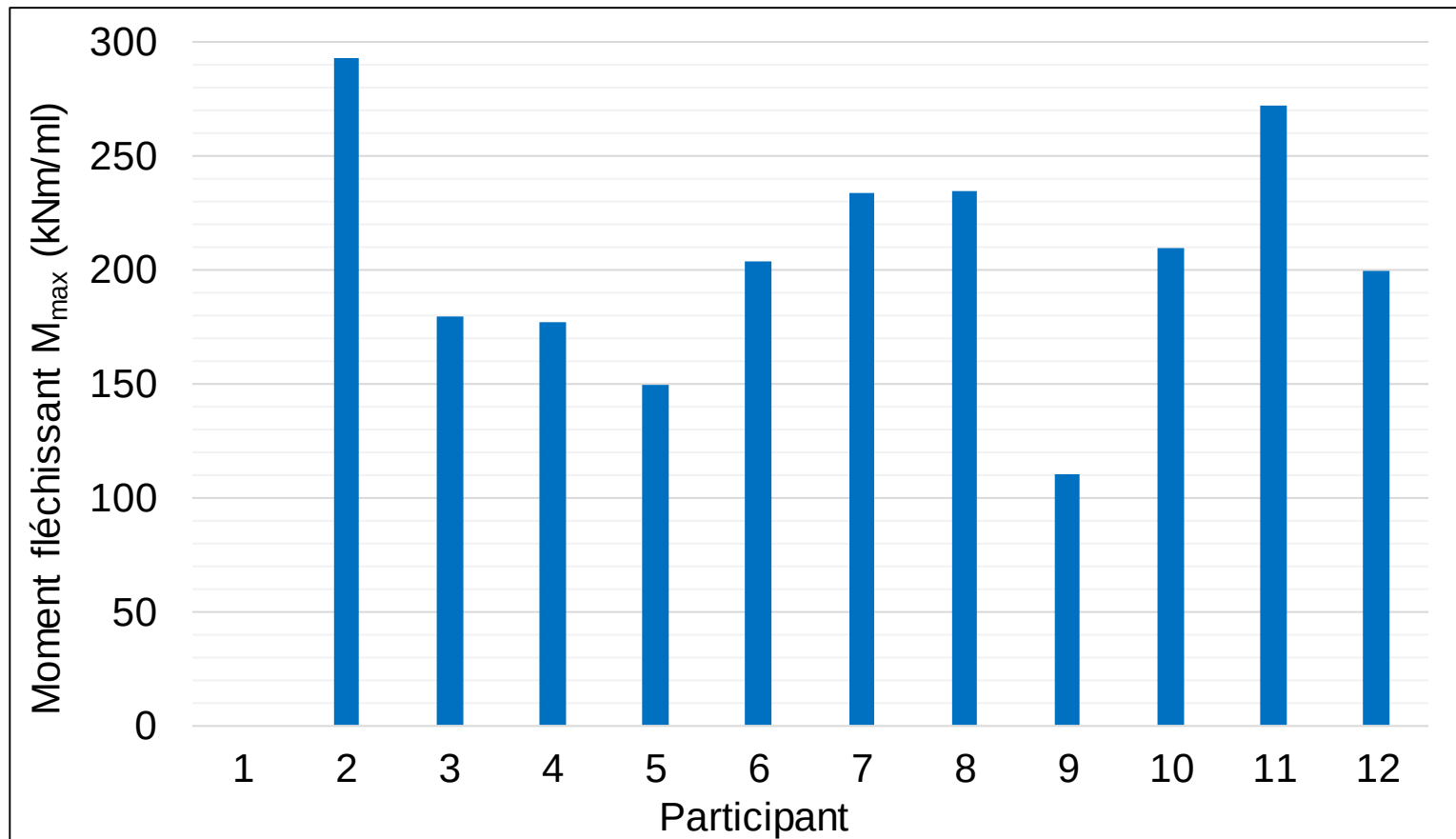
Les excavations

- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



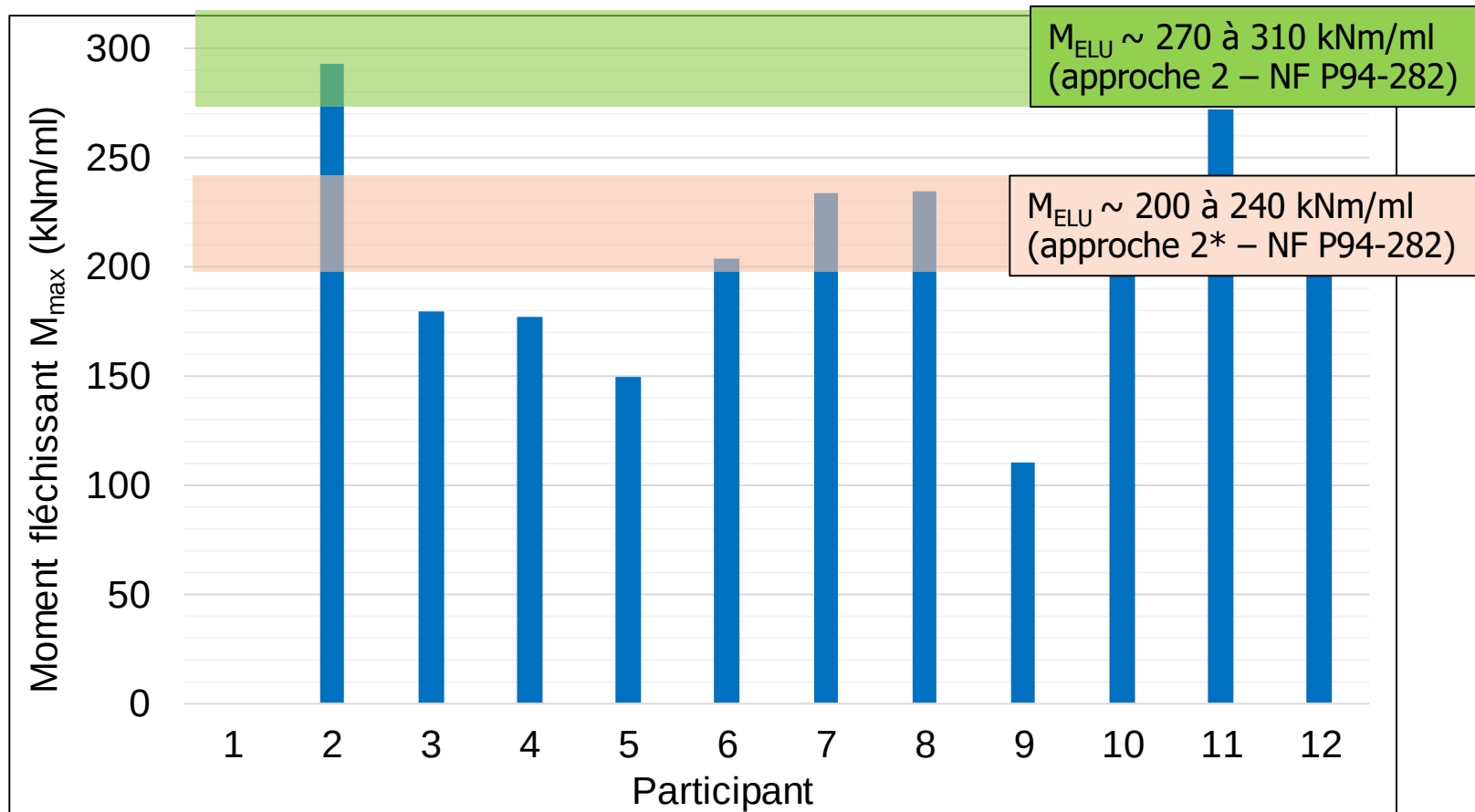
Les excavations

- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



Les excavations

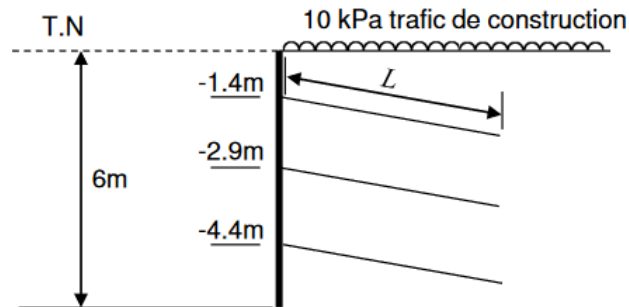
- Ecran de soutènement permanent dans un terrain sableux



Les excavations

► Paroi clouée provisoire dans un terrain sableux

STRUCTURE:



- Paroi clouée provisoire
- Chargement variable de 10 kPa (trafic de construction).
- Inclinaison des clous de 10°
- Clous de 20 mm : $F_y = 140\text{kN}$.
- Tous les clous ont la même longueur L m.

PROBLÈME:

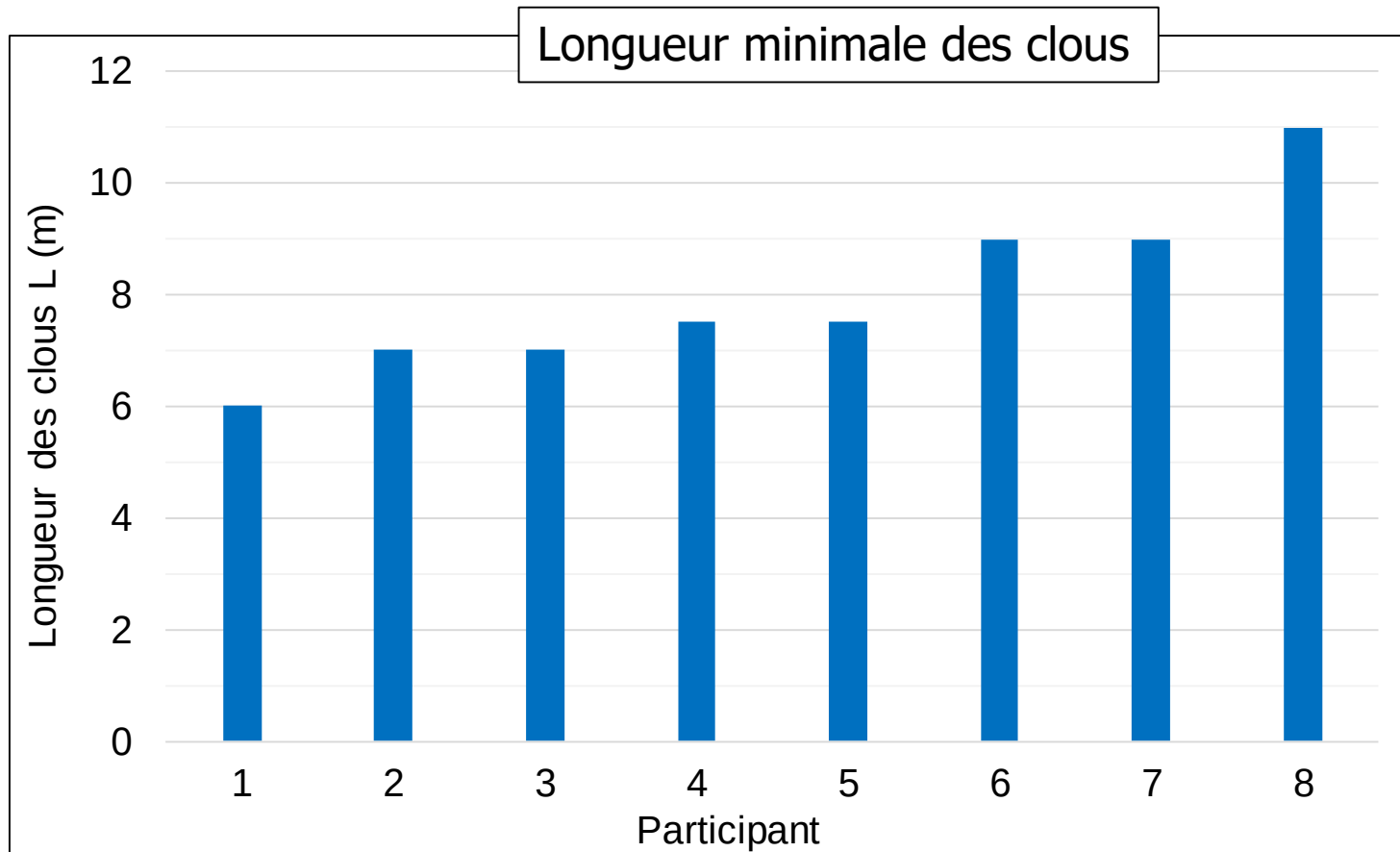
Il s'agit d'un problème de dimensionnement nécessitant la détermination de la longueur des clous et de leur espacement horizontal.

1. Déterminer la longueur requise des clous (L).
2. Déterminer l'espacement horizontal (S_H).

Le dimensionnement doit être basé sur la stabilité du mur en équilibre limite ultime, sans examiner les exigences de limitation des déplacements

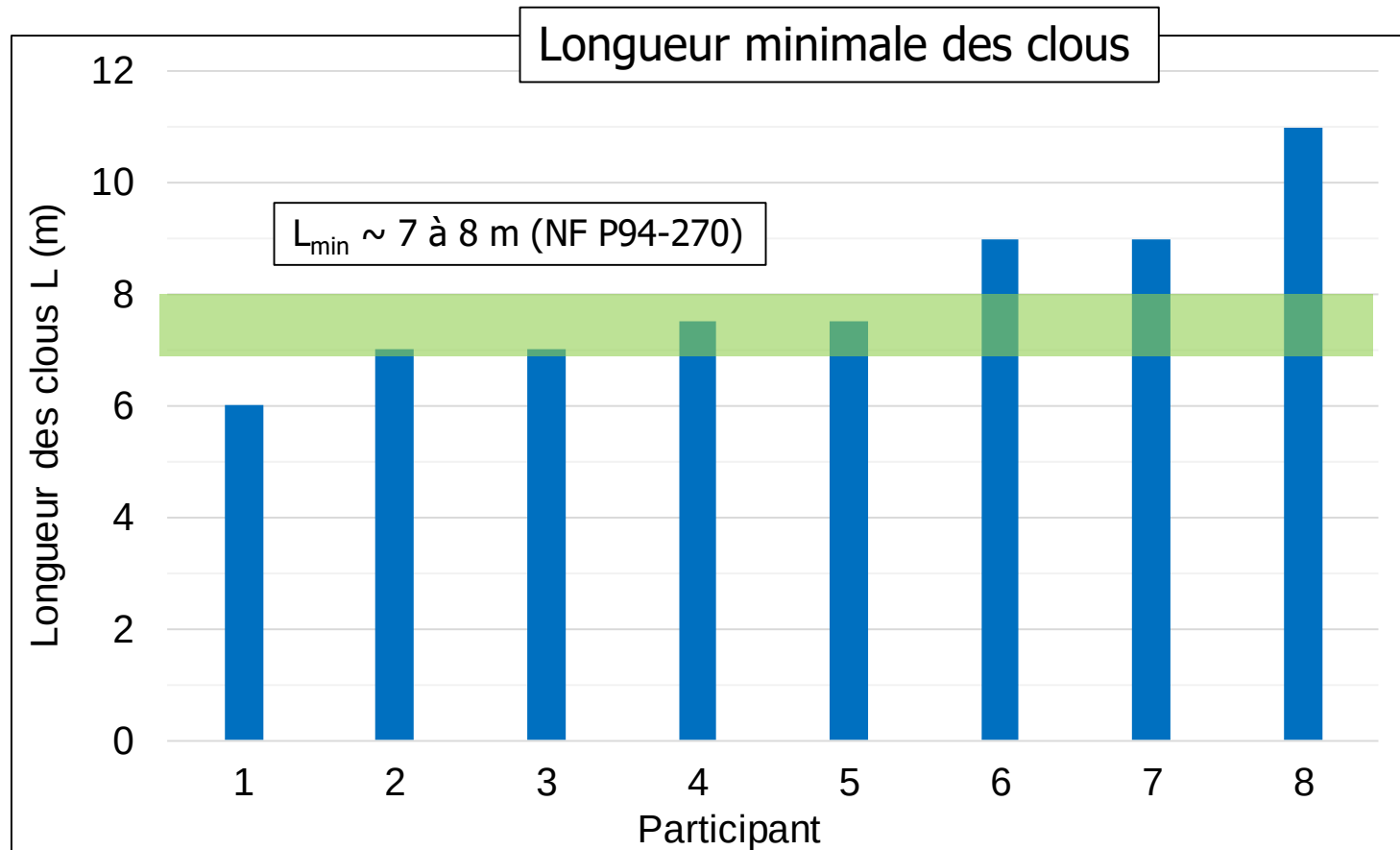
Les excavations

- ▶ Paroi clouée provisoire dans un terrain sableux



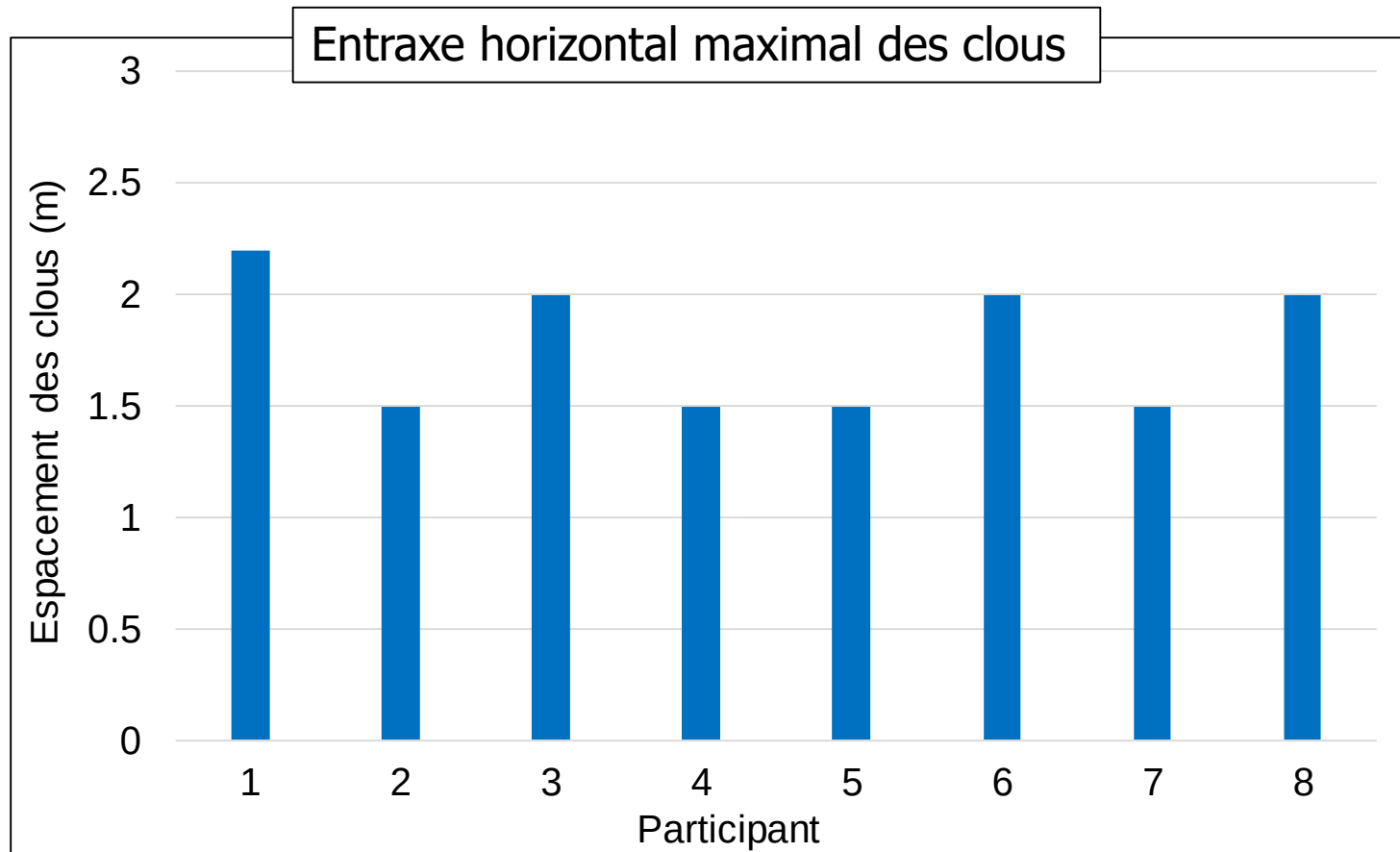
Les excavations

- ▶ Paroi clouée provisoire dans un terrain sableux



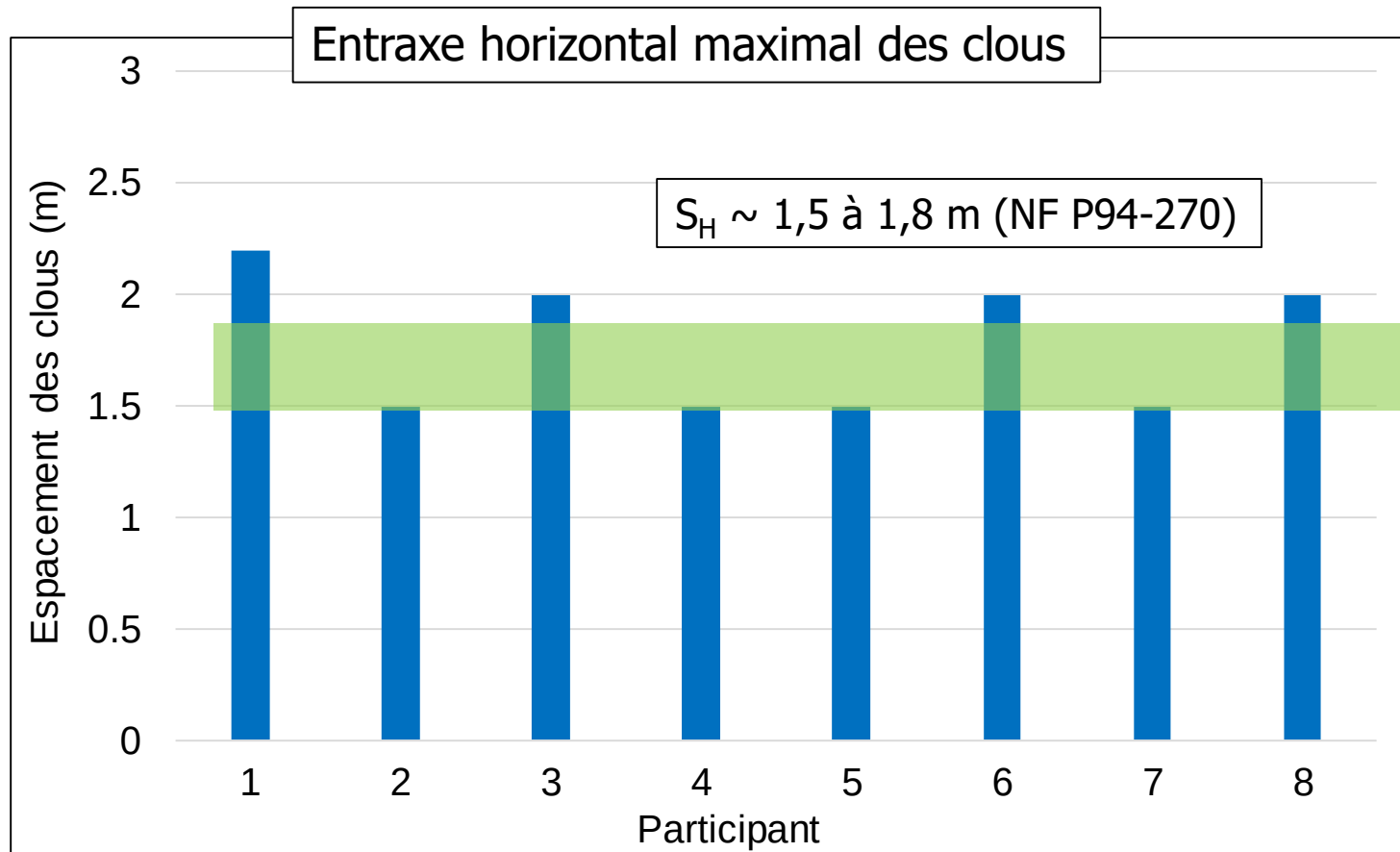
Les excavations

- ▶ Paroi clouée provisoire dans un terrain sableux



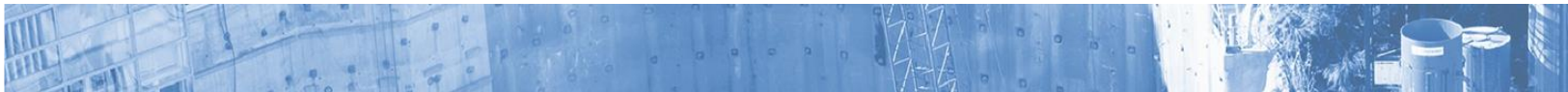
Les excavations

- ▶ Paroi clouée provisoire dans un terrain sableux



Conclusions

- ▶ Dispersion notable dans certains cas
 - Interprétation du dossier géotechnique
 - Le formalisme de calcul: méthode, hypothèses, sécurité
- ▶ Rendez-vous à Sydney 2022
- ▶ Confrontation avec des essais en vraie grandeur
- ▶ Comparaison avec les résultats obtenus dans d'autres pays



Remerciements

- ▶ Un grand merci à nos invités
 - Roger Frank
 - Fahd Cuira
 - Jérôme Racinais
 - Julien Habert
- ▶ Le CFMS, le CMMMSG, le YMPG et le CAPG
- ▶ Aux membres jeunes qui ont contribué à cet événement
 - Jean de Sauvage
 - Minh Tuan Hoang
- ▶ A tous les participants !

