



Journée d'hommage à Michel Bustamante
23 octobre 2025



CNJOG

Les évolutions récentes du cadre normatif

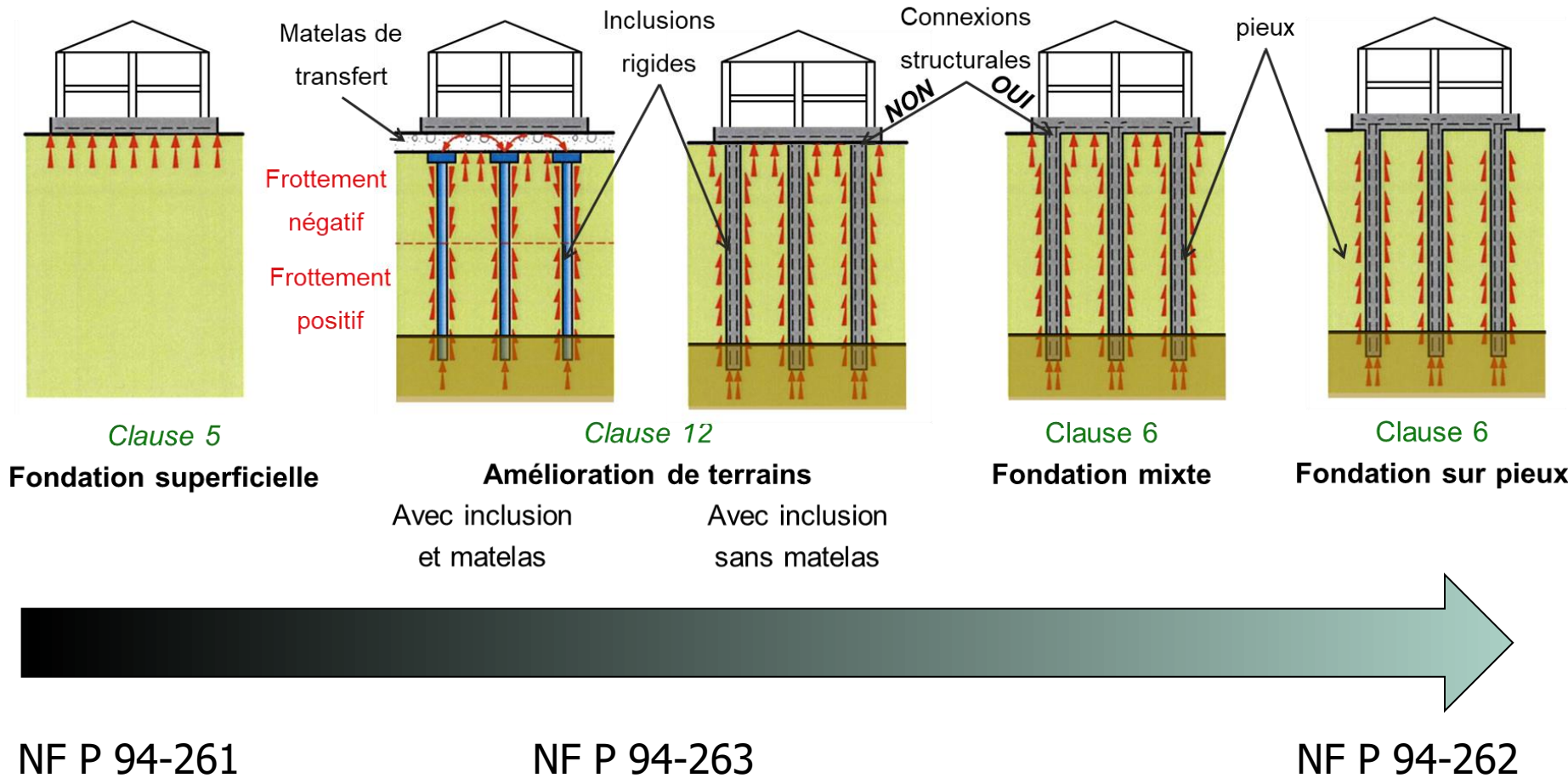
Présentation par :

- Jean-Paul VOLCKE EXPERT (ex FRANKI FONDATION)
- Gilles VALDEYRON CEREMA – CNJOG

Sommaire

- Les nouveautés du futur Eurocode 7 (2027)
- Les évolutions de la norme NF P94-262

Le futur Eurocode 7



Le futur Eurocode 7

- Une norme sur les améliorations des terrains (NF P94-263) :

- La norme NF P94-263 couvrira :

⇒ Les différentes techniques d'amélioration : vibrocompactage, injection solide, colonnes ballastées, jet grouting, inclusions rigides etc.

- de nombreuses années après les travaux novateurs de M. Bustamante

Norme NF P94-262 et innovation

- (7) Des procédés de fondations profondes non décrits dans le présent document, soit en termes d'exécution, soit en termes de matériaux constitutifs, pourront être utilisés à condition qu'ils aient fait l'objet d'un cahier des charges particulier comprenant les spécifications d'exécution détaillées, ainsi que les valeurs adéquates des paramètres de résistance de pointe, de résistance de frottement et de résistance des matériaux. Ces valeurs sont basées sur des justifications expérimentales...

NF P94-262 : les règles de béton armé

- Les nouvelles dispositions pour le BA dans la norme NF P94-262 :

- Règle du $0,35 f_{ck}^*$

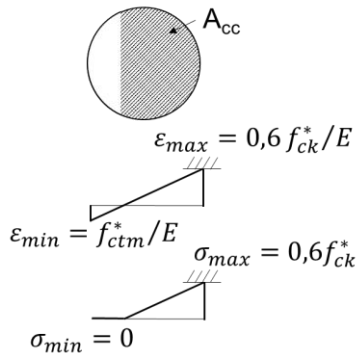
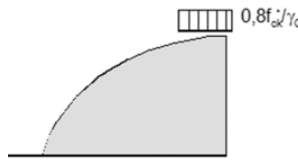
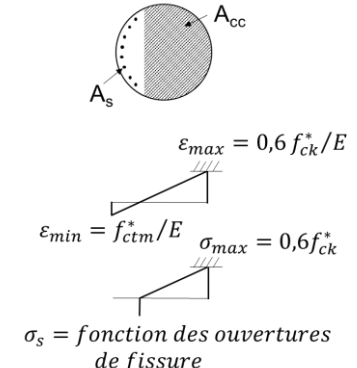
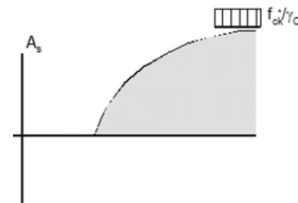
⇒ Pour les fondations profondes moulées en place, sous combinaisons caractéristiques à l'ELS, la valeur de la contrainte moyenne (σ_{cmoy}) de compression du béton sous composante verticale de la sollicitation (Note 1) ne doit pas dépasser, quelle que soit la classe d'exposition, la valeur suivante :

$$\sigma_{cmoy} \leq 0,35f_{ck}^*$$

NOTE 1 – Cette contrainte est le rapport N_{ed} / A_c où A_c est l'aire de la section du pieu.

NF P94-262 : les règles de béton armé

- Justification des sections non-armées :

	ELS CARA	ELU
Diagramme des contraintes	Elastique	Parabole-rectangle total ou partiel
Section non armée	 <p> $\varepsilon_{max} = 0,6 f_{ck}^* / E$ $\varepsilon_{min} = f_{ctm}^* / E$ $\sigma_{max} = 0,6 f_{ck}^*$ $\sigma_{min} = 0$ </p>	 <p> $0,8 f_{ck}^* / \gamma_c$ </p>
Section armée	 <p> $\varepsilon_{max} = 0,6 f_{ck}^* / E$ $\varepsilon_{min} = f_{ctm}^* / E$ $\sigma_{max} = 0,6 f_{ck}^*$ $\sigma_s = \text{fonction des ouvertures de fissure}$ </p>	 <p> f_{ck}^* / γ_c A_s </p>

NF P94-262 : intégration des pieux en bois

- Intégration de règles pressiométrique et pénétrométriques basées sur :
 - ⇒ Des essais de chargement statiques
 - ⇒ Des modélisations numériques (validation des lois de Frank et Zhao)

- Intégration d'une annexe spécifique relative à la durabilité et à la mise en œuvre de ces fondations

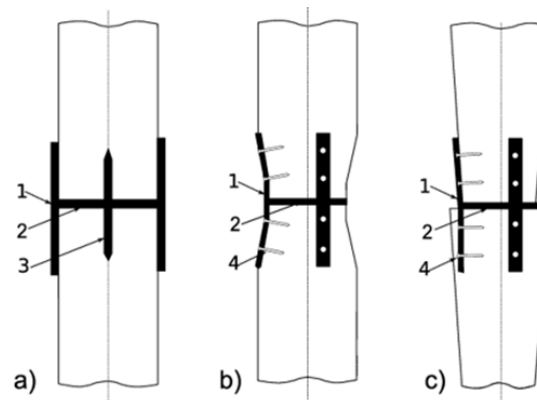


Figure P.6 - Exemples de techniques d'aboutage : (a) avec goujon métallique, (b) avec éclisses sur éléments équarris, (c) avec éclisses sur éléments bruts

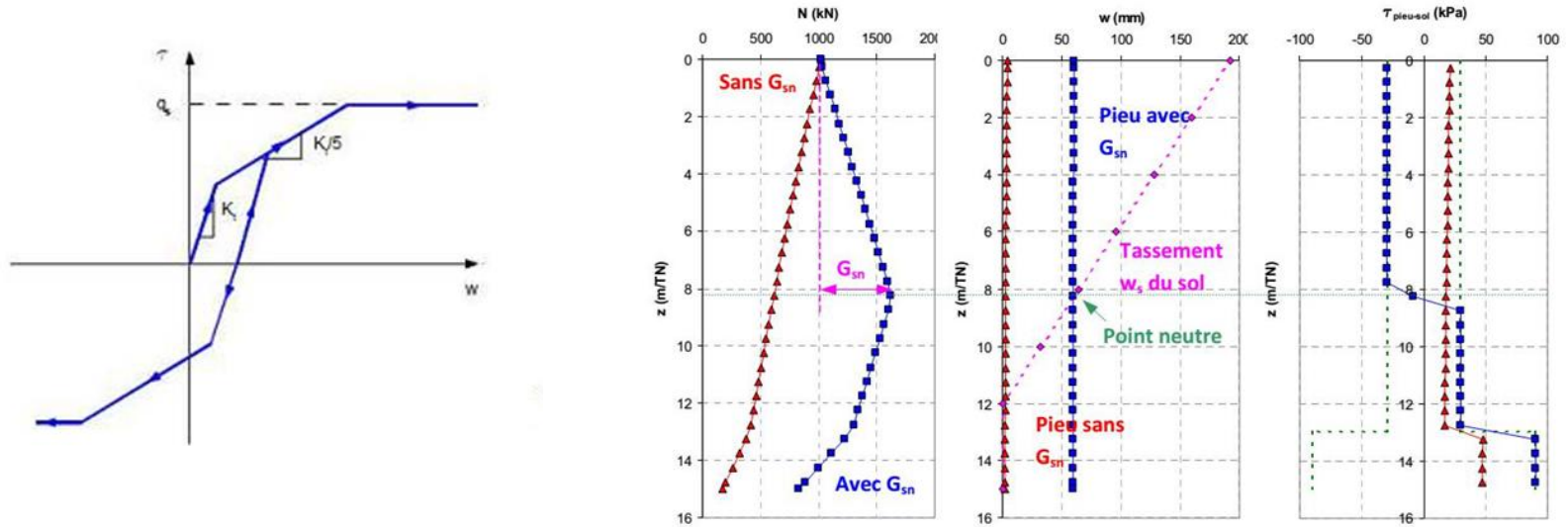
NF P94-262 : frottement négatif

- Sur l'estimation du frottement négatif (G_{sn}) :
 - ⇒ Vérifications géotechniques intègrent G_{sn} aux ELS uniquement
 - ⇒ Vérifications structurales intègrent G_{sn} aux ELS et ELU
 - ⇒ 3 méthodes de calcul proposées de raffinement croissant (méthode simplifiée, 1 modélisation ISS sans itération, modélisation ISS avec itération)
- Les 3 méthodes d'estimation du frottement négatif (G_{sn}) :
 - ⇒ Méthode simplifiée (sans calcul de tassement du pieu) :

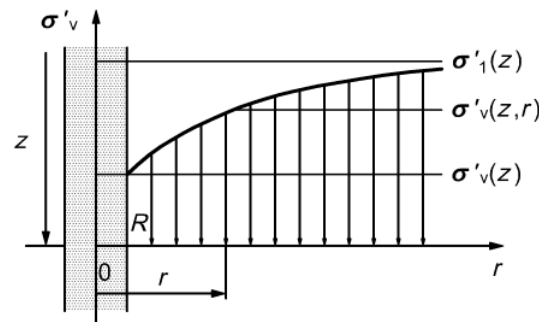
$$G_{sn} = P \int_0^{z_{comp}} \min(q_s(z); q_{sn}(z)) dz$$

NF P94-262 : frottement négatif

⇒ Méthode ISS et tassement libre du sol (estimé en l'absence de la fondation)



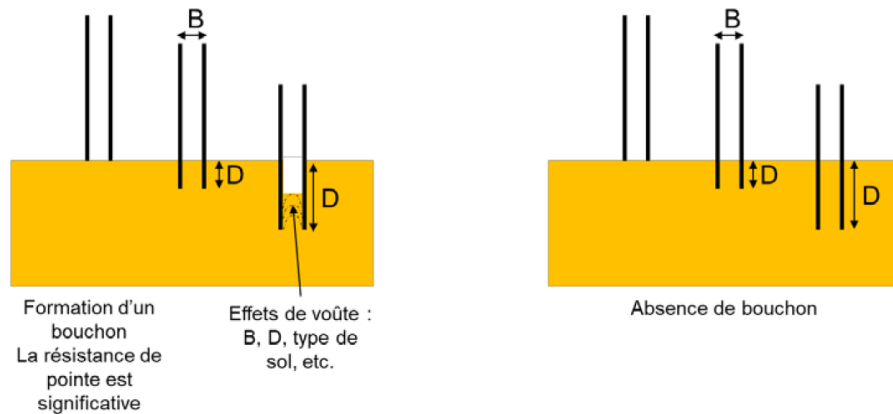
⇒ Méthode ISS et interaction entre tassement du sol et du pieu



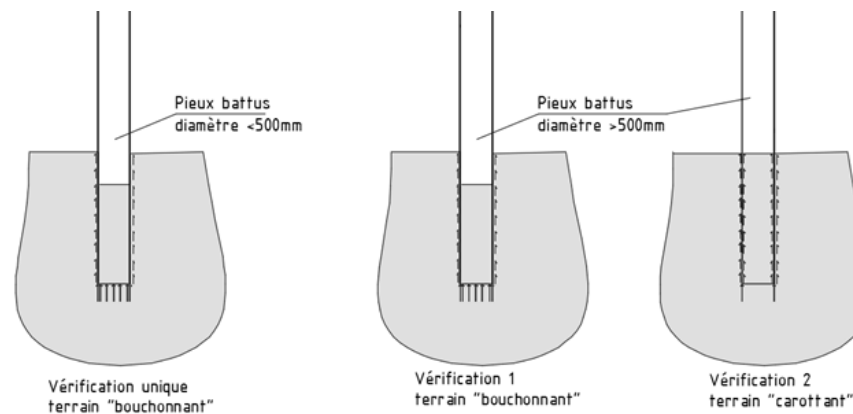
NF P94-262 : pieux BAO

- Précisions sur les pieux battus ouverts :

⇒ Limites liées à la méthode pressiométrique pour les pieux de $B > 500$ mm



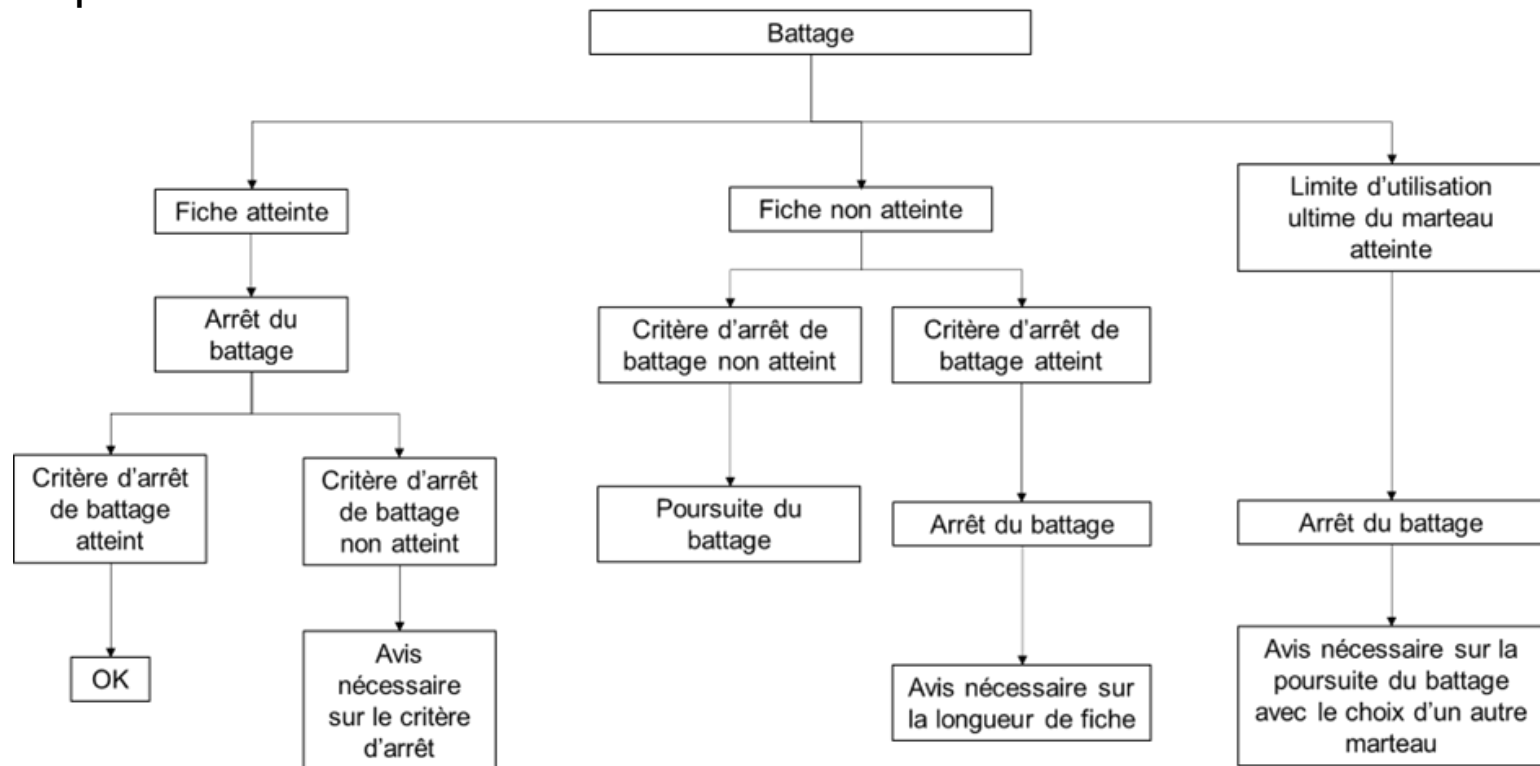
⇒ Ajout d'une vérification de la stabilité du bouchon



NF P94-262 : pieux BAO

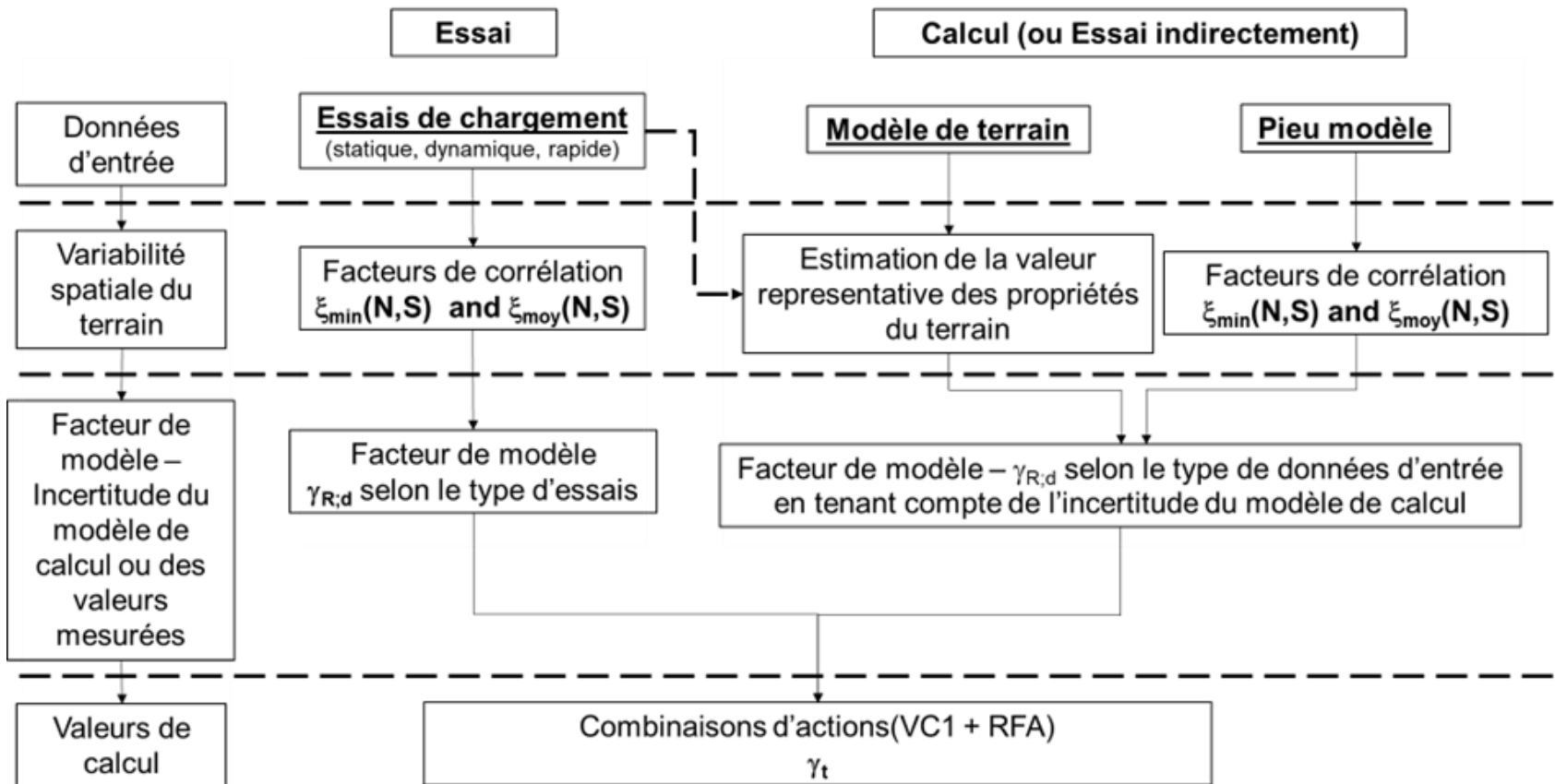
- Sur les pieux battus ouverts :

⇒ Intégration d'une annexe « Élément d'appréciation de la portance des pieux battus ouverts »



NF P94-262 : format de sécurité

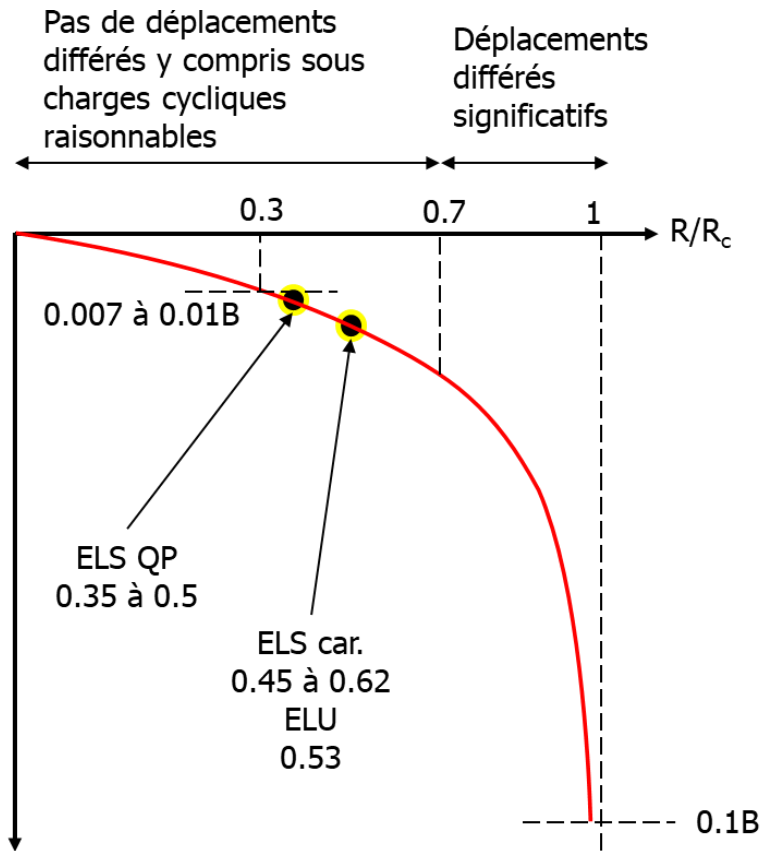
- Le format de sécurité :



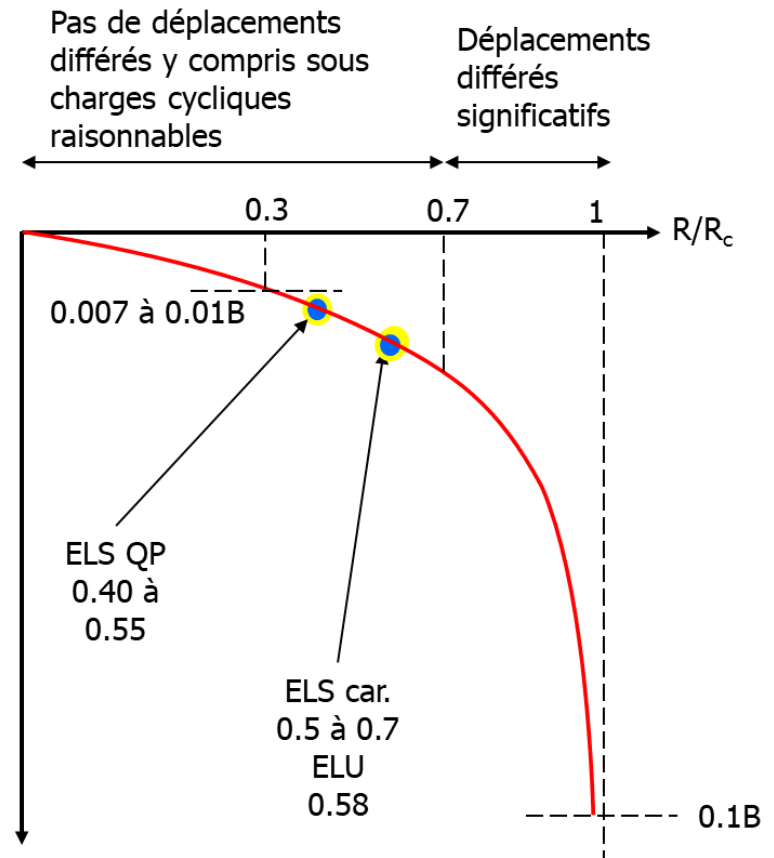
NF P94-262 : la sécurité

- En termes de taux de mobilisation

NF P94-262 actuelle ($\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2} \cdot \gamma_R \cdot \gamma_G$)



NF P94-262 en 2027 ($\gamma_{Rd} \cdot \xi_0 \cdot \gamma_t \cdot \gamma_G$)



NF P94-262 : la sécurité

- Le format de sécurité selon l'Eurocode 7 et la norme NF P94-262 :

Tableau 9.1 — Facteurs partiels de résistance (γ_{cr}) pour les fondations profondes - ELS - Combinaisons caractéristiques

Type de vérification	Type de configuration	Symbole	RFA ^(a)
Résistance en compression (portance)	<u>pieu isolé</u>	γ_{cr}	0,9 (0,8)
	<u>pieu en groupe</u>		0,9 (0,8)
	<u>fondation mixte</u>		0,9 (0,8)
Résistance en traction	<u>pieu isolé</u>		1,1
	<u>pieu en groupe</u>		1,1
	<u>fondation mixte</u>		1,1

^a les valeurs entre parenthèses sont applicables sous les réserves décrites au 9.1.2 (2) et (3)

Tableau 9.2 — Facteurs partiels de résistance (γ_{cr}) pour les fondations profondes - ELS - Combinaisons quasi-permanentes

Type de vérification	Type de configuration	Symbole	RFA ^(a)
Résistance en compression (portance)	<u>pieu isolé</u>	γ_{cr}	1,1 (0,9)
	<u>pieu en groupe</u>		1,1 (0,9)
	<u>fondation mixte</u>		1,1 (0,9)
Résistance en traction	<u>pieu isolé</u>		1,5
	<u>pieu en groupe</u>		1,5
	<u>fondation mixte</u>		1,5

^a les valeurs entre parenthèses sont applicables sous les réserves décrites au 9.1.2 (2) et (3)

(2) Il est permis d'utiliser les valeurs des facteurs partiels réduits (valeurs entre parenthèses) indiquées dans les Tableaux 9.1 et 9.2 sous réserve de vérifier que les déplacements admissibles de la structure portée ont été définis et ne sont pas dépassés, que le volume de reconnaissances géotechniques est suffisant notamment en ce qui concerne les modules d'élasticité du terrain, que la méthode de calcul utilisée rende compte des niveaux de déformation atteints et que l'exécution des pieux fassent l'objet de missions de supervision et d'inspection.



Journée d'hommage à Michel Bustamante
23 octobre 2025



CNJOJG

Merci pour votre attention

Questions ?