

« Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal »
Cahier technique n° 38 - Publication AVRIL 2017



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Michel GLANDY



SOMMAIRE

10. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES DES PIEUX EN BÉTON ARMÉ. 113

10.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX	113
10.2. DÉFINITIONS DES ZONES SPÉCIFIQUES.....	114
10.3. BÂTIMENTS DCL.....	116
10.4. BÂTIMENTS DCM	117
10.5. SYNTHÈSE	120
10.6. AUTRES TYPES DE PIEUX.....	120
10.7. BARRETTES DE FONDATION	122
10.8. PAROI MOULÉE	123



PRINCIPES GÉNÉRAUX



PRINCIPES GENERAUX

.

L'EC8-5 et son annexe nationale contiennent des dispositions spécifiques aux fondations, aux ouvrages de soutènement et aux aspects géotechniques.



PRINCIPES GÉNÉRAUX

Par ailleurs, le Fascicule de Documentation FD P 06-031 donne des explications et des interprétations aux documents précédemment cités.

« La prescription « de comportement élastique » d'un pieu est une façon de formuler l'exigence qu'il n'y a pas de rotules plastiques le long du pieu. »



PRINCIPES GÉNÉRAUX

Commentaire : Dans certaines conditions, qui nécessiteront une étude spécifique, et comme le prévoit la clause (7) du § 5.4.2 de l'EC8-5, la formation d'une rotule plastique en tête de fondation peut être autorisée.

Il convient alors de dimensionner les zones de formation potentielle de rotules plastiques conformément au § 5.8.4 de l'EC8-1.

Dans le présent Guide, qui concerne uniquement les bâtiments à risque normal, nous n'avons ni retenu ni étudié ce cas de rotule plastique.



PRINCIPES GÉNÉRAUX

On doit donc toujours faire les calculs définis au chapitre 9 pour dimensionner le pieu vis-à-vis de la résistance des matériaux (STR) en fonction des efforts inertiels et cinématiques.

En plus, on propose de définir des armatures minimales à mettre en œuvre dans des zones particulières quels que soient les résultats des calculs, cela en termes de longueur de la cage et en termes de composition.



ZONES SPÉCIFIQUES



ZONES SPÉCIFIQUES



DEFINITIONS DES ZONES SPÉCIFIQUES

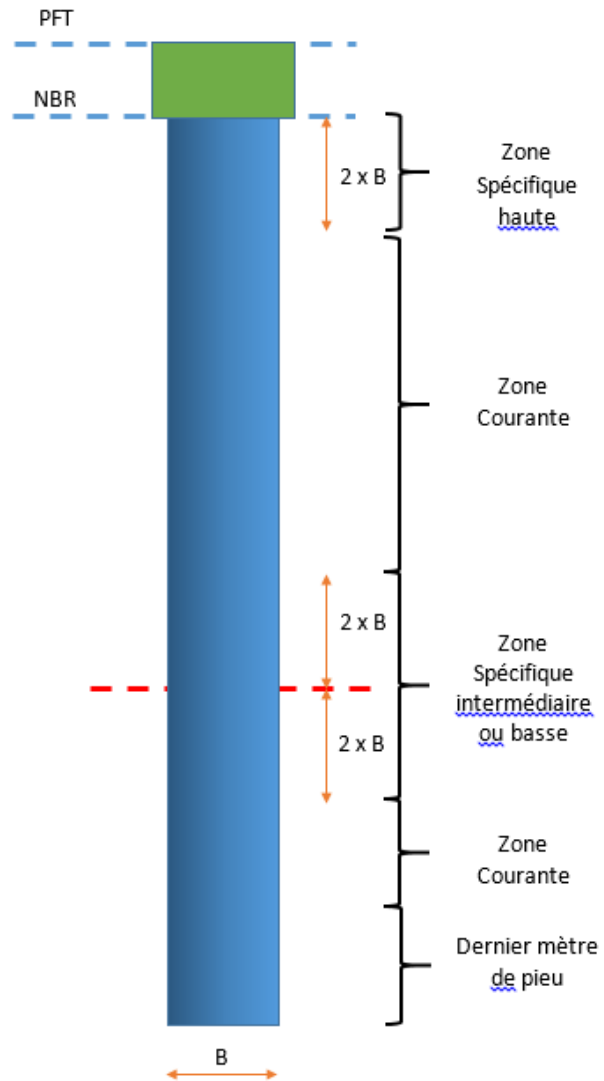
Conformément à la clause 1 du § 5.1.2 de l'EC8-1, la définition d'une zone critique est la suivante :

« Zone critique : région d'un élément sismique primaire où apparaissent les combinaisons les plus défavorables des effets (M, N, V, T) des actions et où des rotules plastiques peuvent se produire ».

Par application de l'exigence d'absence de rotule plastique dans les pieux que nous nous sommes fixés dans ce Guide, il n'y a donc pas de zone critique dans les pieux mais des zones spécifiques.



ZONE SPÉCIFIQUE - RÉCAPITULATIF



ZONE SPÉCIFIQUE HAUTE

La « zone spécifique haute » s'étend sur une distance correspondant à deux fois la dimension de la section transversale B du pieu, à partir de la face inférieure de la semelle sur pieu.

Commentaire : On attire l'attention que les zones de moments max ne sont pas considérées comme une zone spécifique haute



ZONE SPÉCIFIQUE INTERMÉDIAIRE OU BASSE

Les « zones spécifiques intermédiaires ou basses » se situent, sur une distance $2.B$, de part et d'autre d'une interface entre deux couches de sol présentant des rigidités au cisaillement sensiblement différentes (c'est-à-dire avec un rapport de modules de cisaillement supérieur à 6).



ZONES COURANTES

Les zones « courantes » concernent toutes les autres zones.



BÂTIMENT DCL



BÂTIMENT DCL

Les pieux des bâtiments de classe DCL peuvent être conçus sans dispositions constructives particulières [Cf. EC8-1 § 5.2.1 (2)] **autres que les dispositions constructives des normes d'exécution et de la norme NF P 94-262.**

Il n'y a donc pas de notion de zones « spécifiques » dans les pieux.

La reprise des efforts cinématiques et des efforts inertiels est menée conformément à l'EC2 et à la norme NF P 94-262.



BÂTIMENT DCL

Sous le calcul des efforts inertiels, plusieurs cas peuvent se présenter :

Cas 1 : Le pieu reste entièrement comprimé.

Au sens de la norme NF P 94-262, il pourrait ne pas être armé.

Néanmoins, les pieux seront armés au minimum sur 4 m sous le niveau de recépage avec un ferrailage au moins égal au minimum requis par les normes d'exécution (valeurs rappelées au § 10.4.2.1).



BÂTIMENT DCL

Sous le calcul des efforts inertiels, plusieurs cas peuvent se présenter :

Cas 2 : Le pieu est mis en traction sous les sollicitations sismiques

Il doit être armé jusqu'à sa base.

Cependant, afin de préserver la qualité du pieu, les pieux pourront ne pas être armés sur le dernier mètre.

.



BÂTIMENT DCL

Cas 3 : Le calcul conduit à la mise en place d'une cage de longueur supérieure à 4 m.

En cas de renfort d'armatures longitudinales par rapport au minimum requis par les normes d'exécution, ce renfort doit :

- * s'étendre sur une longueur minimale de 4 mètres sous le NBR.
- * être prolongé jusqu'à la tête de la cage d'armatures dans le cas de pieux articulés en tête.



BÂTIMENT DCL

La section maximale est égale à 3 % de « A_c » avec « A_c » surface de béton de la section transversale du fût du pieu.

.



BÂTIMENT DCM



*10.4.1. Longueur minimale de la cage
d'armatures en DCM*

*10.4.2. Caractéristiques minimales des
armatures longitudinales*

*10.4.3. Caractéristiques des armatures
transversales.....*

LONGUEURS MINIMALES DES CAGES



BÂTIMENT DCM : LONGUEUR MINIMALE DES CAGES

Lorsque le pieu peut être mis en traction sous les sollicitations sismiques (cas fréquent au moins pour les pieux périphériques d'un groupe de pieux sous structure globalement rigide), il doit être armé jusqu'à sa base.

Sinon, il doit être armé selon les dispositions constructives du tableau n° 21 suivant :

•



BÂTIMENT DCM : LONGUEUR MINIMALE DES CAGES

Catégorie d'importance <u>Classe de sol</u>	Zones sismiques 2 et 3				Zones sismiques 4 et 5			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
A		Min (7 m ; <u>10.B</u>)*	Toute <u>hauteur</u>				Toute <u>hauteur</u>	
B								
C		15 m*						
D		30 m*						
E		30 m*						
S1		30 m*						
S2		**						

(*) sous NBR (niveau de béton recépé), ou profondeur atteinte par le pieu si celle-ci est inférieure.

(**) après traitement anti-liquéfaction, la classe de sol doit être réévaluée par le Géotechnicien au plus tard en G2 PRO.



BÂTIMENT DCM : LONGUEUR MINIMALE DES CAGES

Sur les profondeurs dépassant ces longueurs, on peut ne pas armer les pieux sous réserve :

- * Qu'ils soient entièrement comprimés.
- * Que la contrainte de cisaillement « τ_{cp} » soit inférieure
 - * à $f_{cvd}/10$ lorsque la contrainte à l'ELU Sismique « N_{Ed} / A_c » dépasse $0,3 \cdot f_{ck}$ *
 - * sinon à f_{cvd} avec f_{cvd} = résistance de calcul en cisaillement



BÂTIMENT DCM : LONGUEUR MINIMALE DES CAGES

Cependant, afin de préserver la qualité du pieu, et dans tous les cas de figure, les pieux (y compris en traction) pourront ne pas être armés sur le dernier mètre.

.



CARACTÉRISTIQUES MINIMALES DES CAGES

ARMATURES LONGITUDINALES



BÂTIMENT DCM : CARACTÉRISTIQUE MINIMALE DES CAGES

Hors zone spécifique haute (armatures longitudinales)

Même si le calcul conduit à une section d'acier inférieure, il faut mettre en place un ferrailage au moins égal au minimum requis **par les normes d'exécution**, de longueur définie dans le Tableau n° 21.

Tableau n° 22 : Section minimale des armatures longitudinales hors « zone spécifique haute »

Section nominale du pieu : A_c	Section des armatures longitudinales : A_s
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5 \% \cdot A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s = 25 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25 \% \cdot A_c$



BÂTIMENT DCM : CARACTÉRISTIQUE MINIMALE DES CAGES

En zone spécifique haute (armatures longitudinales)

La section minimale des armatures longitudinales en « zone spécifique haute » est conforme au Tableau suivant sur une distance correspondant à deux fois la dimension de la section transversale du pieu « Φ », à partir de la face inférieure de la semelle sur pieu.

Section nominale du pieu : A_c	Section des armatures longitudinales : A_s
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 1 \%$ A_c
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s = 50 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5 \%$ A_c



BÂTIMENT DCM : CARACTÉRISTIQUE MAXIMALE DES CAGES

Toute zone (armatures longitudinales)

La section maximale est égale à 3 % de « A_c ».



CARACTÉRISTIQUES MINIMALES DES CAGES

ARMATURES TRANSVERSALES



Toute zone (armatures transversales)

Seule la clause 1 du § 6.2.1 de l'annexe nationale de l'EC8-2 interdit les spires dans les zones de rotules plastiques.

Etant donné que, dans ce Guide, tout comme dans § 5.8.4 du Fascicule de Documentation FD P06-031, le principe de formation de rotules plastiques dans les pieux n'est pas retenu (déformation du béton limitée à $e_{cu2} = 0,0035$) sauf exception (Cf. § 10.1.b de ce Guide), **les armatures transversales peuvent être composées de spires sur toute la hauteur armée.**



BÂTIMENT DCM : CARACTÉRISTIQUE MINIMALE DES CAGES

Hors zone spécifique haute (armatures transversales)

Il n'y a pas de dispositions minimales propres au séisme. On applique **les dispositions constructives des normes d'exécution et celles de la norme NF P 94-262.**



BÂTIMENT DCM : CARACTÉRISTIQUE MINIMALE DES CAGES

Zone spécifique haute (armatures transversales)

On doit respecter les dispositions suivantes :

L'espacement maximal des armatures transversales d'axe à axe (et de nu à nu si les armatures transversales sont groupées) est de **12 fois le diamètre minimal des barres longitudinales « d_{bL} »**.

Il sera limité à 250 mm.



Zone spécifique haute (armatures transversales)

Le rapport mécanique en volume des armatures de confinement est de $w_{wd} = 8 \%$:

$$w_{wd} = \frac{\text{volume des armatures de confinement} \times f_{yd}}{\text{volume du noyau fretté en béton} \times f_{cd}}$$

f_{yd} : valeur de calcul de la limite d'élasticité de l'acier.

f_{cd} : valeur de calcul de la résistance à la compression du béton.



SYNTHÈSE



BÂTIMENT DCM et DCL : SYNTHÈSE

Type structure	Coefficient de comportement	Dimensionnement en capacité, valeur de γ_{Ed} Ω	Lg cage minimum	Armatures longitudinales		Armatures transversales	
				Zone spécifique haute	Autres zones	Zone spécifique haute	Autres zones
DCL	$g \leq 1,5$ (BA)	Sans objet	4 m (Cf. § 10.3)	Cf. Tableau n° 22		Cas 1	
DCM	$g \leq 1,5$	1	Cf. Tableau n° 21	Cf. Tableau n° 23	Cf. Tableau n° 22	Cas 1	
DCM	$g > 1,5$	Cf. Tableau n° 8				Cas 2	Cas 1

Cas 1 : minimum des normes d'exécution (NF EN 1536, NF EN 12699, NF EN 14199) et de la norme NF P 94-262. (Cf. § 10.4.3.1 de ce Guide).

Cas 2 : minimum décrit au § 10.4.3.2 de ce Guide.



CONCLUSIONS

**Pas de dispositions
constructives en DCL sauf sur
4 m sous NBR**

**Zone critique supprimée et
remplacée par des zones
spécifiques en DCM**



Spires autorisées toute hauteur sauf si calcul en rotule plastique

Renforcement ferrailage transversal et longitudinal sur 2 diamètres sous NBR dans la zone spécifique haute

