

**dispositions technologiques
concernant la protection parasismique
des ouvrages de fondation**

technological provisions concerning seismic protection
of foundations works

R. SOULOUMIAC

Chef de la Division BAP au bureau VERITAS*
Secrétaire de rédaction des Règles P.S. 86
Membre du comité de rédaction de l'Eurocode n° 8

D'après un texte de J. DESPEYROUX

Président de l'Association Française
du Génie Parasismique**

Résumé

Les futures règles parasismiques, dites P.S. 86, présentent l'incontestable originalité par rapport aux autres codes de proposer un chapitre complet comportant des règles propres aux problèmes de sols et de fondations.

Ce chapitre propose au concepteur des méthodes simplifiées lui permettant de dimensionner les fondations, et prescrit des dispositions technologiques minimales à respecter, qui font l'objet de la présente note.

Abstract

The tentative new P.S. 86 Code compared to others existing codes, provides undoubtedly an original and specific contribution concerning soil behaviour and foundation design.

This contribution concerns mainly simplified foundation design methods and minimal construction requirements which might help the designer. Such methods and requirements are presented in this paper.

* 92077 Paris La Défense - Cedex 44.

** A.F.P.S. - 9, rue La-Pérouse, 75784 Paris La Défense.

Les futures règles parasismiques, dites P.S. 86, présentent l'incontestable originalité par rapport aux autres codes de proposer un chapitre très complet comportant des règles propres aux problèmes de sols et de fondations.

Ce chapitre propose au concepteur des méthodes simplifiées lui permettant de dimensionner les fondations, et prescrit des dispositions technologiques minimales à respecter, qui font l'objet de la présente communication.

Il convient de signaler que l'Eurocode n° 8 prévoit dans le chapitre « Specific rules for foundations and retaining walls » des dispositions technologiques identiques car l'équipe française qui était chargée de la rédaction de ce texte a proposé celui des P.S. 86 à la Communauté Européenne. D'autre part, le seul autre code prescrivant des dispositions constructives minimales est le projet de code californien, actuellement mis à l'enquête, et intitulé « Tentative lateral force requirements, October 1985 » ; les propositions de ce code sont très voisines de celles préconisées par le règlement français, et seront comparées point par point dans la communication.

1. LIAISONS

1.1. Solidarisation des points d'appui

Les points d'appui d'un même bloc de construction doivent être en règle générale solidarisés par un réseau bidimensionnel de longrines (ou tout autre système équivalent) tendant à s'opposer à leur déplacement relatif dans le plan horizontal.

Cette règle s'applique suivant les modalités ci-après :

— la solidarisation des points d'appui est obligatoire dans le cas de fondations sur pieux, à moins qu'il ne soit disposé sous chaque appui un groupe d'au moins trois pieux (non alignés), centré sur la charge verticale ;

— elle est obligatoire dans le cas de fondations sur barrettes à moins que ces barrettes ne forment elle-même le réseau bidirectionnel demandé ;

— on ne peut se dispenser de réaliser cette solidarisation que sous la double condition que les déplacements différentiels soient sans conséquence pour les éléments non structuraux et qu'ils soient pris en compte dans le calcul de la structure ;

— aucune précaution particulière n'est exigée dans le cas de semelles convenablement engravées dans un sol rocheux ou de consistance rocheuse non fracturé et non délité.

1.1.1. Les longrines de solidarisation ou les éléments remplissant le même office, ainsi que les éléments d'ossature concourant à l'équilibre, doivent être calculés en supposant les points d'appui réunis par la longrine concernée soumis à des forces opposées, dans un sens puis dans l'autre, égales à :

$$F = \pm \frac{a_N}{g} \tau \alpha W \geq 20 \text{ kN}$$

et appliquées au niveau du centre de gravité des semelles dans le cas de fondations superficielles, et au niveau de l'interface avec la structure dans le cas de fondations profondes.

Dans l'expression ci-dessus les notations sont les suivantes :

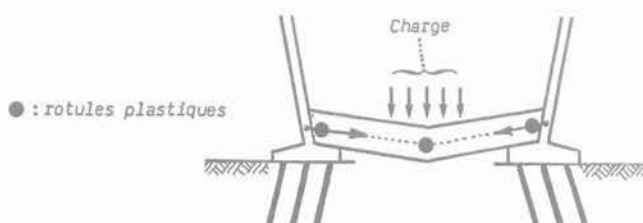
- a_N = accélération nominale.
- τ = coefficient d'amplification topographique.
- W = moyenne des valeurs des charges verticales apportées par les points d'appui reliés par la longrine considérée.
- α = coefficient dépendant de la nature du sol telle que définie en annexe et égal à :

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,3 \text{ dans les sols de catégorie a} \\ 0,4 \text{ dans les sols de catégorie b} \\ 0,6 \text{ dans les sols de catégorie c} \end{array} \right.$$

Les sollicitations résultant de la prise en compte des forces F sont à ajouter à celles résultant d'autres fonctions, en particulier, dans le cas de fondations sur pieux isolés ou groupes de pieux alignés, à celles dues aux écarts entre la position théorique de ces derniers et leur position réelle.

1.1.2. Les poutres du plancher inférieur d'une construction ne peuvent être considérées comme jouant le rôle de longrines que si elles sont situées à une distance de la ligne d'action des forces F inférieure à 1,20 m.

1.1.3. Dans le cas de locaux en rez-de-chaussée de type industriel ou commercial susceptibles de recevoir des charges d'exploitation importantes, toutes dispositions doivent être prises pour que les longrines ou les éléments en tenant lieu ne puissent exercer de traction sur les points d'appui suite à la formation de mécanismes.



1.2. Liaisons entre la fondation et la structure

Il doit être réalisé entre les éléments de fondation et la structure des liaisons capables d'équilibrer les efforts tranchants horizontaux et éventuellement les efforts verticaux de traction apportés par cette dernière.

Lorsque les efforts verticaux exercés par les structures sur la fondation sont des efforts de compression, il convient ce nonobstant de réaliser une liaison capable d'équilibrer un effort de traction égal à 10 % de la charge verticale apportée sur le point d'appui.

Dans le cas où les fondations ne font pas partie intégrante de la structure (puits, pieux, barrettes), il doit être établi entre la structure et ses fondations une liaison tendant à s'opposer à leur déplacement relatif.

2. FONDATIONS PROFONDES

2.1. Dispositions générales

2.1.1. L'emploi de pieux inclinés est interdit.

2.1.2. Des longrines de solidarisation formant un réseau bidirectionnel et conformes aux prescriptions de l'article 11 doivent être disposées dans le cas d'appuis reposant sur des pieux isolés, des groupes de deux pieux, et plus généralement dans le cas de groupes de pieux délimitant en plan un contour dont l'une des dimensions est faible par rapport à l'autre.

De telles liaisons sont à prévoir aussi dans le cas des barrettes à moins que ces dernières ne forment en plan un réseau continu dans les deux directions.

2.2. Pieux en béton moulés dans le sol

Ils doivent être armés sur toute leur longueur de la manière indiquée ci-après :

2.2.1. Armatures longitudinales

SEAOC

- Nombre minimal de barres : 6 4
- Diamètre minimal : $\varnothing = 12$ mm $\varnothing = 20$ mm
- Section totale rapportée à la section nominale du pieu

minimum :		0,5 %	0,5 %
sols de type a ou b (*)	0,5 %		
sol de type c (*)	0,6 %		
maximum :		3 %	

Dans le cas où le pieu doit traverser des couches de sols de types différents, le ferrailage longitudinal le plus important doit être prolongé au-delà de l'interface des couches concernés sur une longueur au moins égale à la plus grande des deux longueurs suivantes :

- deux fois le diamètre nominal du pieu ;
- cinquante fois le diamètre des barres constitutives.

2.2.2. Armatures transversales

Elles doivent être composées de spires et/ou de cerces répondant aux conditions ci-après :

SEAOC

- diamètre minimal : $\varnothing = 6$ mm $\varnothing = 10$ pour $B \leq 0,50$
- pourcentage minimal en volume $\varnothing = 12$ pour $B > 0,50$

(*) Cf. annexe.

- { 0,6 % en partie courante
- { 0,8 % en zone critique
- espacement maximal du nu à nu des spires ou des cercles :

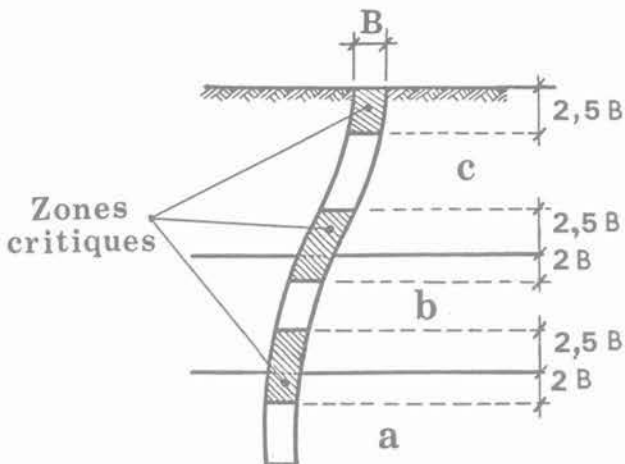
{ $s' = 12$ fois le diamètre des barres longitudinales en partie courante	8 \varnothing
{ $s' = 10$ cm en zone critique	7,5 cm

Sauf dispositions technologiques spéciales, sont considérées comme zones critiques en raison des courbures que les pieux sont exposés à y subir :

- la partie supérieure des pieux sur une longueur égale à 2,5 fois leur diamètre nominal ;
- les zones où les pieux traversent des sols de types différents.

Ces zones s'étendent sur une longueur égale à 2 fois le diamètre nominal des pieux dans le sol le plus résistant et à 2,5 fois le diamètre nominal des pieux dans le sol le moins résistant.

Dans le cas où le béton est mis en place dans une chemise ou une gaine métallique abandonnée dans le sol après coulage, la section d'acier de cette chemise ou de cette gaine peut, déformée par la pression de l'épaisseur de métal susceptible de se corroder pendant la durée de vie de l'ouvrage, être prise en compte dans l'évaluation de la quantité d'armatures transversales définies ci-dessus sans avoir cependant pour effet de réduire ces armatures de plus de 50 %.



2.3. Barrettes en béton moulé dans le sol

Les prescriptions qui suivent concernent les éléments faisant partie d'un ensemble comportant des barrettes placées orthogonalement (ou dans des directions convenables) et constituant un système complet de fondation.

Les barrettes dont la déformation latérale n'est pas limitée par leur disposition d'ensemble, doivent être armées en suivant les mêmes prescriptions que celles édictées en 2.2.1. pour les pieux de section circulaire.

Les barrettes doivent être armées sur chacune de leurs grandes faces d'un quadrilatère d'armatures horizontales et verticales à l'espacement maximal de 35 cm.

La section totale des armatures verticales ne doit pas être inférieure à 0,25 % de la section horizontale des barrettes lorsque celle-ci est supérieure à 1 m² et à 0,5 % de cette section lorsque celle-ci est égale ou inférieure à 1 m². Elle ne doit pas excéder 3 % de la section.

Les armatures horizontales doivent être dessinées de façon à assurer leur participation à la résistance aux efforts tranchants agissant suivant la grande dimension horizontale de la barrette et à s'opposer au flambement des armatures verticales disposées sur les petites faces ; à défaut, elles doivent être complétées par une armature appropriée.

Les deux nappes doivent être reliées par des armatures transversales susceptibles, entre autres fonctions, de s'opposer au flambement des armatures comprimées.

La section des armatures horizontales doit être au moins 0,1 % de la section verticale transversale des barrettes.

Les armatures transversales doivent représenter un pourcentage d'au moins 0,1 % de la section verticale longitudinale des barrettes.

2.4. Pieux de fondation préfabriqués en béton armé

SEAOC

La section totale des armatures longitudinales des éléments de fondation préfabriqués en béton armé doit être au moins égale à 1 % de la section droite de ces éléments et inférieure à 3 % de cette section.

1 %

Toutes les autres dispositions relatives au nombre minimal de barres et aux armatures transversales spécifiées dans les articles 22 et 23 restent applicables à ces éléments préfabriqués selon leur forme.

PS · 86

Paramètres d'identification des Sols

Annexe

TYPE DE SOL		Pénétré- mètre Statique: résis- tance (MPa)	Pressiomètre		Résis- tance Compres- sion simple (MPa)	SPT Nombre de coups	Densité relative (%)	Indice de compres- sion C_c	Vitesse des ondes de cisail- lement (m/s)	Vitesse des ondes longitudinales	
			Module résis- tance (MPa)	Pression limite (MPa)						Sous la nappe (m/s)	hors nappe (m/s)
ROCHERS	Rochers sains et Craies dures		> 100	> 5	> 10				> 800		> 2500
a Sols de bonne à très bonne résis- tance mécanique	Sols granulaires compacts	> 15	> 20	> 2		> 30	> 60		> 400	> 1800	> 800
	Sols cohérents (argiles ou marnes dures)	> 5	> 25	> 2	> 0,4			< 0,02			> 1800
b Sols de résis- tance mécanique moyenne	Rocher altéré ou fracturé		50 à 100	2,5 à 5	1 à 10				300 à 800		400 à 2500
	Sols granulaires moyennement compacts	5 à 15	6 à 20	1 à 2		10 à 30	40 à 60		150 à 400	1500 à 1800	500 à 800
	Sols cohérents moyen- nement consistants et Craies tendres	1,5 à 5	5 à 25	0,5 à 2	0,1 à 0,4			0,02 à 0,10			1000 à 1800
c Sols de faible résistance mécanique	Sols granulaires lâches	< 5	< 6	< 1		< 10	< 40		< 150	< 1500	< 500
	Sols cohérents mous (argiles molles ou vases) et craies altérées	< 1,5	< 5	< 0,5	< 0,1	< 2		> 0,10			