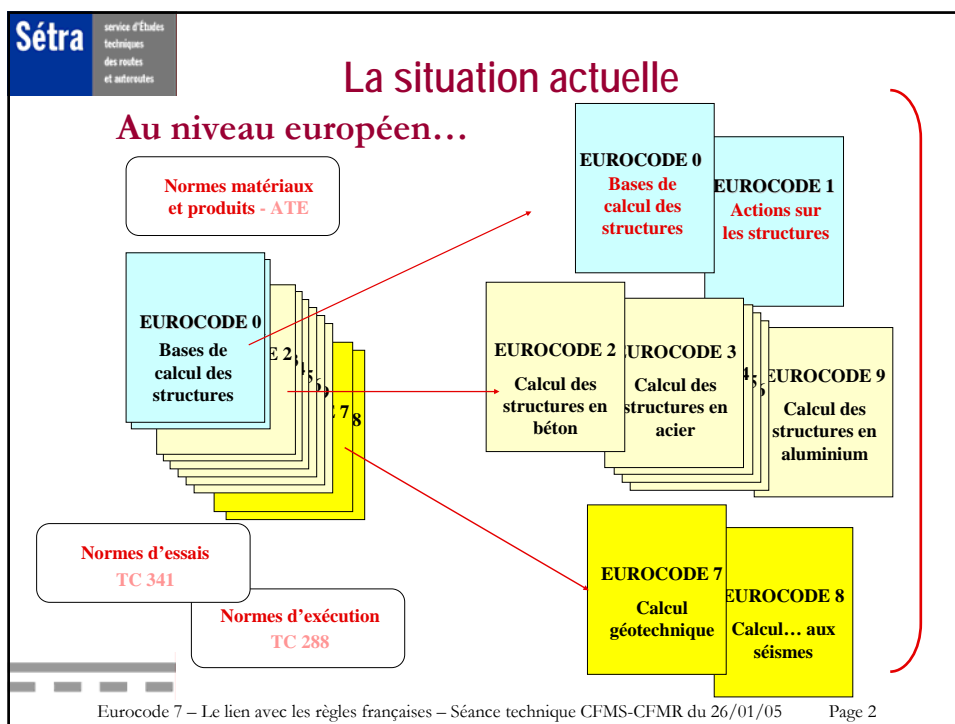


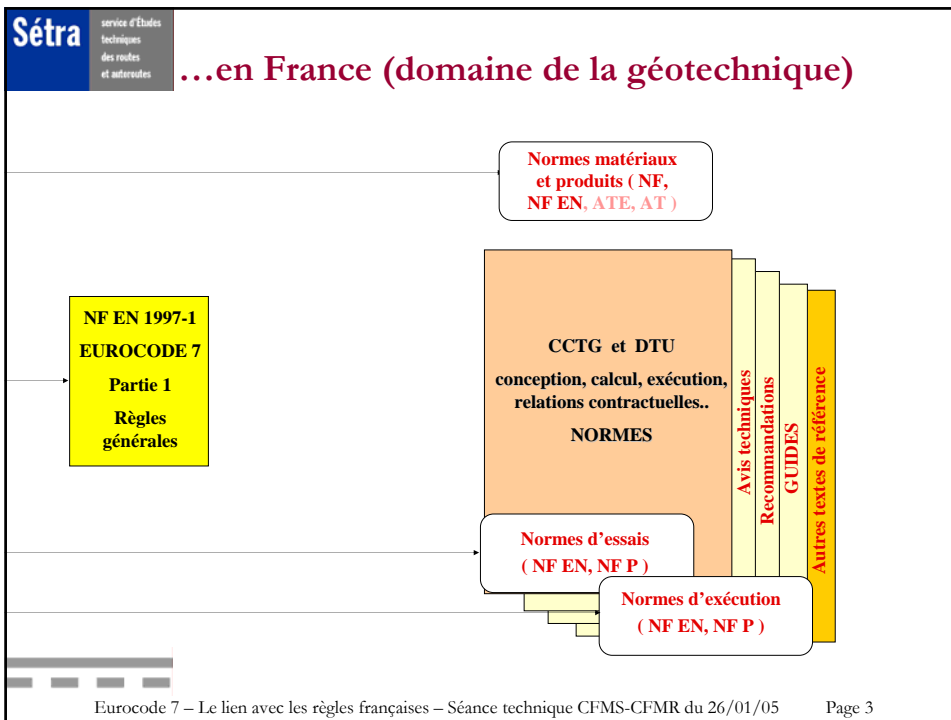
Setra service d'études techniques des routes et autoroutes

EUROCODE 7 : CALCUL GEOTECHNIQUE

Le lien avec les règles françaises

G. Haiun - SETRA





Sétra service d'Études techniques des routes et autoroutes

1 - Les essais géotechniques

- Prélèvement des sols
- Essais en laboratoire
- Essais en place
 - résistance, déformabilité
 - hydraulique
- Structures géotechniques
- Auscultation et contrôle des ouvrages géotechniques
- Exécution des terrassements

CEN/TC341

Eurocode 7 – Le lien avec les règles françaises – Séance technique CFMS-CFMR du 26/01/05 Page 4

Sétra service d'études techniques des routes et autoroutes

BNSR Bureau

Les normes du TC 341 et les normes d'essais françaises

B.2.

Pr EN ISO 22477-1 (P 94-522-1)

Pr EN ISO 22477-2 (P 94-522-2)

Pr EN ISO 22477-3 (P 94-522-3)

Pr EN ISO 22477-4 (P 94-522-4)

Pr EN ISO 22477-5-1 (P 94-522-5-1)

GÉOTECHNIQUE

Liste des normes françaises de géotechnique

Ce document annule et remplace la mise à jour précédente du 11-2004

N.B : Les normes du domaine des granulats¹ et des géosynthétiques ne sont pas répertoriées dans cette publication.

Note : Les modifications par rapport à la version précédente s'affichent en rouge à l'écran et apparaissent avec un trait vertical en marge sur le tirage papier.

¹ A noter que les normes européennes du domaine des granulats ont remplacé les normes françaises traitant du même sujet depuis le 1^{er} juin 2004.

L.R.E.P. 319, Avenue Georges Clémenceau - Vaux-le-Petit - B.P. 505 - 77015 MELUN Cedex

BUREAU DE NORMALISATION SOLS ET ROUTES
membre du réseau national de Normalisation Française
agréé par décision interministérielle du 10 juin 1989

res géotechniques. ssion. Échéancier : tion EN 02/2007

res géotechniques. 2006 ; Publication

res géotechniques. 2006 ; Publication

res géotechniques. /2006; Publication

res géotechniques. formel : 09/2005 ;

Eurocode 7 – L

01/05 Page 5

Sétra service d'études techniques des routes

A.4 Exécution des travaux géotechniques spéciaux

NF EN 1536 (P 94-310) (E)	10/99	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés.	79
NF EN 12699 (P 94-311) (E)	03/01	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux avec refoulement du sol.	48
NF EN 1538 (P 94-320) (E)	05/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Parois moulées	48
NF EN 1537 (P 94-321) (E)	04/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Tirants d'ancrage	59
NF EN 12063 (P 94-322) (E)	08/99	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Rideaux de palplanches	76
NF EN 12715 (P 94-330) (E)	10/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Injection	52
NF EN 12716 (P 94-331) (E)	10/01	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Colonnes, panneaux et structures de sol-ciment réalisés par jet	38

BUREAU DE NORMALISATION SOLS ET ROUTES
membre du réseau national de Normalisation Française
agréé par décision interministérielle du 10 juin 1989

Eurocode 7 – Le lien avec les règles françaises – Séance technique CFMS-CFMR du 26/01/05 Page 6

Sétra service d'Études techniques des routes et autoroutes

A.4 Exécution des travaux géotechniques spéciaux

NF EN 1536 (P 94-322) (E)	10/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés.	79
NF EN 12715 (P 94-330) (E)	10/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux avec parois moulées	48
NF EN 12716 (P 94-331) (E)	10/01	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Parois moulées	48
NF EN 12715 (P 94-330) (E)	10/00	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Palplanches	76
NF EN 12716 (P 94-331) (E)	10/01	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Tirants d'ancrage	52
NF EN 12716 (P 94-331) (E)	10/01	Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Panneaux et structures	38

Eurocode 7 – Le lien avec les règles françaises – Séance technique CFM

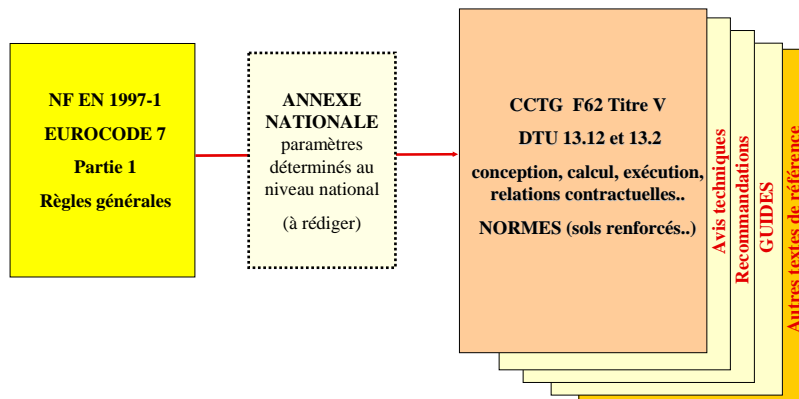
Sétra service d'Études techniques des routes et autoroutes

Exemples de textes de références actuels pour l'exécution des ouvrages géotechniques

Ouvrage	Principaux textes de référence
Micropieux	Forever
Pieux forés/refoulants	Fascicule 68 du CCTG / DTU 13.2
Parois moulées	Fascicule 68 du CCTG
Rideaux de palplanches	Fascicule 68 du CCTG
Tirants d'ancrage	T.A 95
Remblais renforcés	Recommandations Terre armée SETRA-LCPC
Clouage	Clouterre 1 & 2

Eurocode 7 – Le lien avec les règles françaises – Séance technique CFMS-CFMR du 26/01/05 Page 8

3 - Le calcul géotechnique



Eurocode 7 : Calcul géotechnique

Partie 1 : Règles générales

« Le CEN/TC 250 accepte le principe que l'EN 1997-1 puisse être consacré exclusivement aux règles fondamentales du calcul géotechnique et soit complété par des normes nationales » - Résolution N 87, Paris le 6 septembre 1996.

Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais géotechniques

Cette partie est dédiée aux essais de laboratoire et en place. Elle ne couvre pas la normalisation des essais géotechniques qui relève du Comité Technique 341 du CEN .

Première version de décembre 2002 (en anglais).

EN 1997-1 – Règles générales

- Section 1 - Généralités
- Section 2 - Bases du calcul géotechnique
- Section 3 - Données géotechniques
- Section 4 - Surveillance de l'exécution des travaux, suivi et entretien
- Section 5 - Mise en œuvre des remblais, rabattement de nappe et renforcement des terrains
- Section 6 - Fondation superficielles
- Section 7 - Fondations profondes
- Section 8 - Ancrages
- Section 9 - Ouvrages de soutènement
- Section 10 - Rupture hydraulique
- Section 11 - Stabilité d'ensemble
- Section 12 - Remblais

Annexes

Annexe A (normative) : Facteurs partiels et de corrélation pour les E.L.U. et valeurs recommandées.

Annexe nationale à la norme EN 1997-1 (Avant propos)

« ...il convient de doter la norme nationale transposant la norme en 1997-1 d'une annexe nationale contenant toutes les valeurs des Paramètres Déterminés au niveau National.....

Un choix national est autorisé dans la norme EN 1997-1 par les alinéas :..... »

En fait le choix national porte essentiellement sur les choix, pour chaque type d'ouvrage géotechnique, de l'approche de calcul retenue et des facteurs partiels et de corrélation pour les ELU.

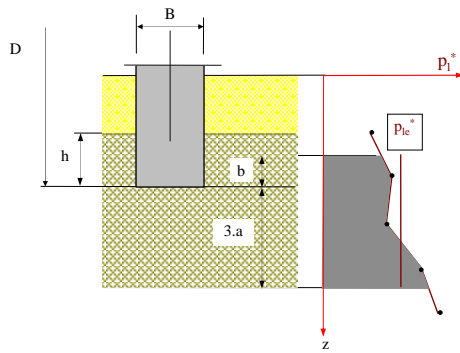
Le lien avec les règles françaises : quelques aspects généraux

- Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques
- Etats limites ultimes
- Etats limites de service

Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques (art. 2.4.5.2)

- (1) P Le choix des valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques doit s'appuyer sur les valeurs déduites des essais en place et en laboratoire, **complétées par les enseignements de l'expérience.**
- (2) P La valeur caractéristique d'un paramètre géotechnique doit être une estimation prudente de la valeur qui influence l'occurrence de l'état limite.
- (10) **Si l'on utilise des méthodes statistiques** pour choisir les valeurs caractéristiques des propriétés du terrain.....

Fondations sur pieux - Exemple du F 62 – Titre V
Pression limite nette équivalente p_{le}^* (Annexe E.2)
(formation porteuse homogène $\Rightarrow p_{l\max}^* \leq 2 \cdot p_{l\min}^*$)



$$p_{le}^* = \frac{1}{b + 3a} \cdot \int_{D-b}^{D+3a} p_l^*(z) \cdot dz$$

- a = 0,50 m ou B/2 si B > 1 m
- b = min (a ; h)
- h hauteur du pieu dans la formation porteuse

Etats limites ultimes (art. 2.4.7)

2.4.7.1(1) P – Il est nécessaire de vérifier que les états limites suivants ne sont pas dépassés, lorsqu'ils sont pertinents

EQUILIBRE STATIQUE	EQU
STRUCTURE (rupture - déformations)	STR
GEOTECHNIQUE (rupture - déformations)	GEO
SOULEVEMENT GLOBAL (vis à vis des sous - pressions)	UPL
SOULEVEMENT LOCAL (renard, 'boulance',...)	HYD

Etats limites de service (art. 2.4.8)

- (1) P – la vérification par rapport aux ELS dans le sol ou dans une section, un élément ou une connexion de la structure, peut soit exiger que :
- (1) $E_d \leq C_d$ (valeur limite de calcul de l'effet de l'action)
soit (4) ci - dessous
- (4) On peut vérifier qu'une fraction suffisamment faible de la résistance du sol est mobilisée pour maintenir les déformations dans les limites admissibles pour l'ouvrage en service, à condition que cette approche simplifiée soit limitée aux situations de calcul où :
- Il n'est pas exigé de valeur de la déformation pour vérifier les ELS
 - Une expérience comparable bien établie existe pour un terrain, une structure et une méthode de construction semblables.

Valeurs limites des mouvements des fondations (art. 2.4.9 et Annexe H)

Le lien avec les règles françaises : Le calcul des ouvrages géotechniques

- Les fondations superficielles et profondes
- Les murs de soutènement de type « poids » (murs en béton armé, murs poids traditionnels, murs cellulaires..)
- Les écrans (rideaux et parois)
- Les massifs en remblai renforcé et les massifs cloués

Les fondations (superficielles et profondes)

Fondations pour les ponts		+ fondations semi-profondes (annexe D)
Fascicule 62 – Titre V	Règles pour le calcul des fondations superficielles	
	Règles pour le calcul des fondations profondes	
Fondations pour les bâtiments		
P 11-711 (DTU 13-12)	Règles pour le calcul des fondations superficielles	
	P 11-212 (ex DTU 13-2)	Fondations profondes pour le bâtiment

Pratiquement rien de changé sur le fond (géotechnique) pour ceux qui pratiquent déjà les justifications aux états-limites avec coefficients partiels type Fascicule 62 Titre v du CCTG, si on retient comme approche de calcul l'approche 2 de l'Eurocode 7 (...adaptation des coefficients partiels aux ELU fondamentaux)

Facteurs partiels pour STR et GEO - ANNEXE A § 3

Approches	Combinaisons	Action (γ_p)	Symbole	A1	A2
1	A1 + M1 + R1	Permanente	γ_{Gmax} γ_{Gmin}	1,35 1,00	1,00 1,00
	A2 + M2 + R1	Défavorable Favorable			
2	A1 + M1 + R2	Variable	γ_Q γ_Q	1,50 0	1,30 0
3	A1 ou A2 + M2 + R3	Défavorable Favorable			

Exemple de l'approche 2 (combinaison unique)

les facteurs partiels sont appliqués aux actions ou aux effets des actions et aux résistances du terrain

Exemple : fondations superficielles

Paramètre de sol (γ_M)	Symbole	M1	M2
Angle frottement interne	γ_ϕ	1,00	1,25
Cohésion effective	γ_c	1,00	1,25
Cohésion non drainée	γ_{cu}	1,00	1,40
Compression simple	γ_{qu}	1,00	1,40
Poids volumique	γ_γ	1,00	1,00

Résistance (γ_R)	Symbole	R1	R2	R3
Portance	γ_{Rv}	1,00	1,4	1,00
Glissement	γ_{Rh}	1,00	1,1	1,00

Les murs « poids »

Il n'y a pas de texte à caractère réglementaire les concernant, mais il existe des guides qui définissent des règles qui sont assez largement utilisées (généralement calculs de type ELS, c.a.d. sans coefficients partiels).

Le calcul des murs (aujourd'hui)	
Béton armé T renversé	Guide SETRA, CERIB, UTI, logiciels,... MUR 2001,
Mur poids	
Multi cellulaires	+ méthodes « accompagnant » certains procédés

NF EN 1990

NF EN 1991 (actions)

NF EN 1992-2 (béton)

NF EN 1993-5 (acier)

NF EN 1997-1 & NF P 94 280

NF EN 1998-5 (séisme)



Les écrans (rideaux et parois)

Il n'y a pas aujourd'hui de méthodes ni de règles de calcul « nationales », mais des pratiques assez « convergentes » (de type ELS, c.a.d. sans coefficients partiels) qui s'appuient sur certains logiciels (en particulier calcul au module de réaction).

Le calcul des parois moulées et des rideaux de palplanches aujourd'hui		
- non ancré	Méthodes pratiques (+logiciels)	Equilibres limites
- un niveau d'ancrage		Interaction Sol Structure (k ; ...E.F)
- plusieurs niveaux d'ancrage		Interaction Sol Structure (k ; ...E.F)



NF EN 1990

NF EN 1991 (actions)

NF EN 1992-2 (béton)

NF EN 1993-5 (acier)

NF EN 1997-1 & NF P 94 280

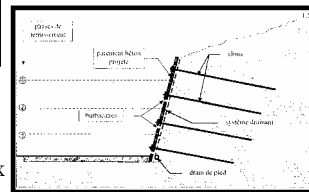
NF EN 1998-5 (séisme)

Les remblais renforcés et les massifs cloués (ouvrages de soutènement composites?)

Ouvrages en sols rapportés renforcés par armatures ou nappes peu extensibles et souples	
NF P 94-220-0	Justification du dimensionnement
NF P 94-220-1	Renforcement par des armatures métalliques en bandes
NF P 94-220-2	Renforcement par des armatures métalliques en treillis



Soutènements et talus en sols en place renforcés par des clous	
XP P 94-240	Justification du dimensionnement



Pratiquement rien de changé sur le fond pour les ouvrages relevant de ces normes qui sont basées sur une approche et des coefficients partiels très similaires à ceux de l'approche 3 de l'Eurocode 7.

Structure probable à terme du corps de normes françaises pour la géotechnique

Niveau	Conception et calcul géotechnique	Essais	Exécution	Adm.
1	Eurocode 7 et Annexe nationale	Normes	Normes	Textes officiels
2	Fondations	Ouvrages de Soutènement	Ouvrages en terre	
	Normes + annexes au texte + annexes informatives ?			
DTU CCTG	Documents traitant des divers aspects des projets et de l'exécution des ouvrages, y compris les relations contractuelles (exemples : ouvrages simples, fondation de bâtiment, etc.)			

Avis techniques, recommandations, guides.....

Aujourd'hui on peut donc penser que le nouveau corps de textes de référence pour la géotechnique centré autour de l'Eurocode 7 ...

- facilitera les relations entre les différents intervenants de l'acte de construire car il constituera un référentiel unique, public, connu et reconnu ...
- n'amènera pas de révolution dans les pratiques actuelles du dimensionnement des ouvrages géotechniques ni de leur exécution

En remerciant Yves CANEPA qui m'a autorisé à utiliser certaines de ses diapositives, dont cette dernière.