

Principes de calcul des Eurocodes

Contenus de l'Eurocode 7 et de la norme « Ecrans »

Yves Canépa
D.R.E.I.F (LREP)
Melun

Roger Frank
C.E.R.M.E.S (ENPC-LCPC)
Cité Descartes, Champs-sur-Marne

Les Eurocodes

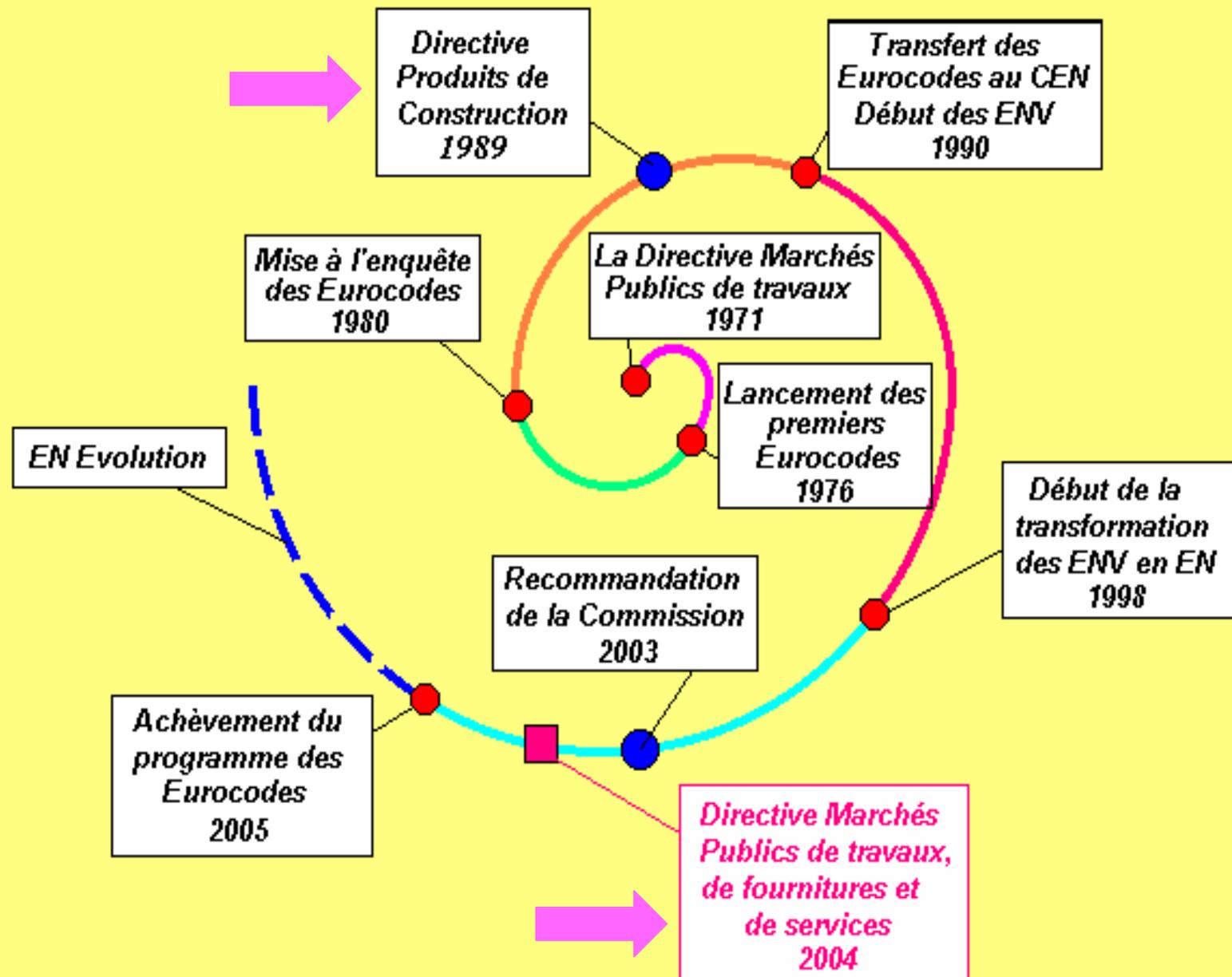
- Origine et objet
- Codification des vérifications

L'Eurocode 7

- Aspects particuliers « écran »

La norme « Ecrans »

- Contenu général et vérifications



Le « décor normatif » européen

***Normes de conception et de calcul :
les Eurocodes***

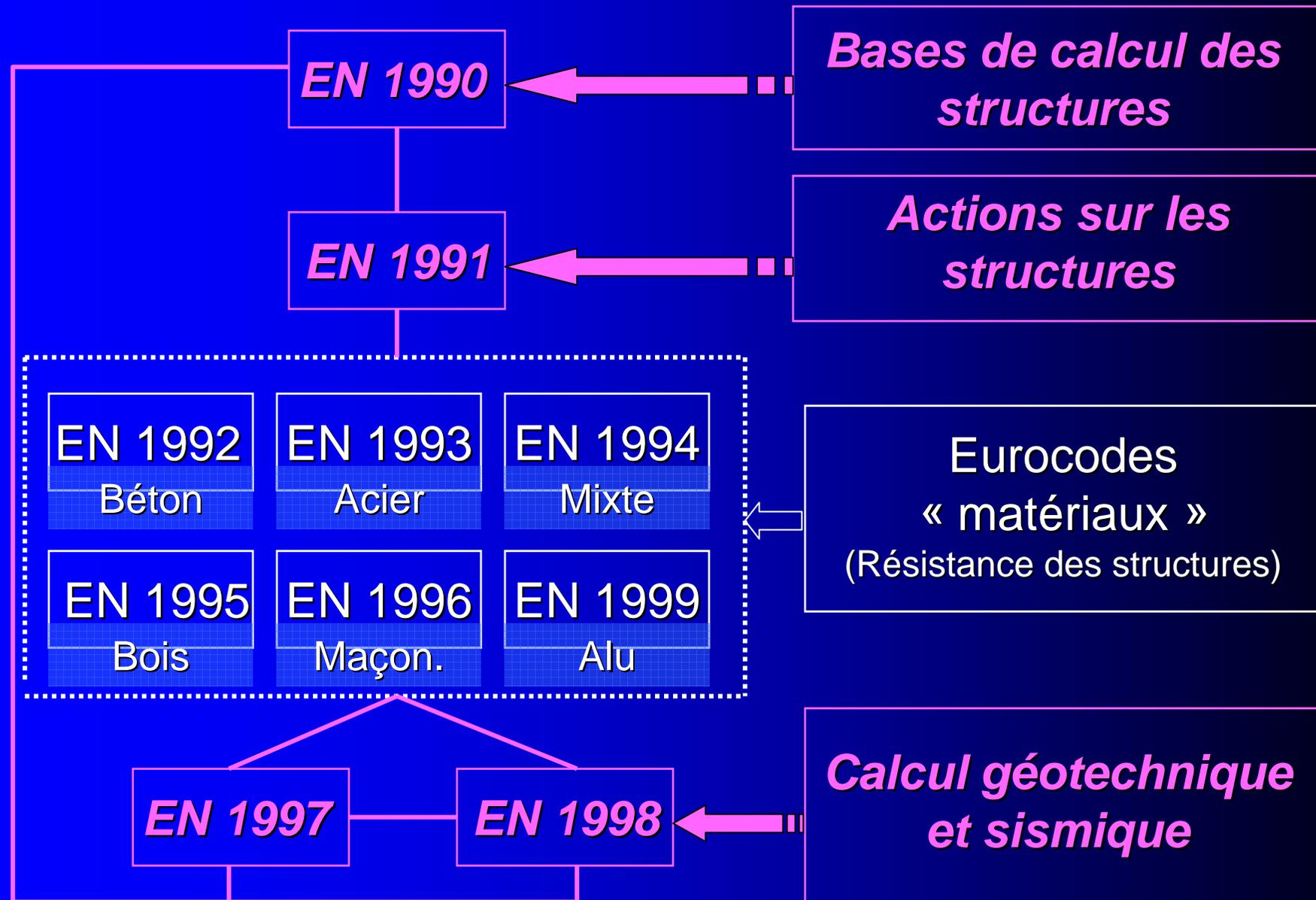
Normes de matériaux
(aciers, béton, etc.) et
de produits (appareils
d'appui, dispositifs de
retenue, etc.)

Agréments techniques
(joints de chaussée,
précontrainte, etc.)

Normes d'exécution

Normes d'essais

Liens entre les Eurocodes



L'Eurocode 7 – Calcul géotechnique

NF EN 1997-1 : Règles générales
(juin 2005)

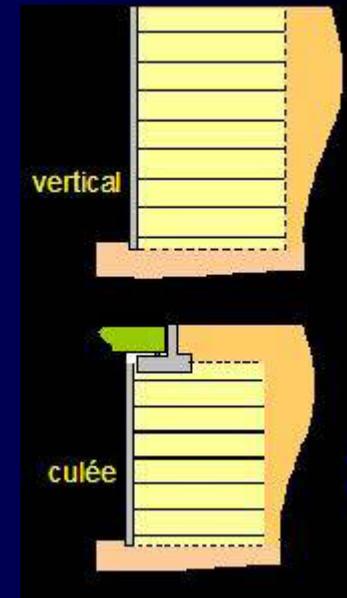
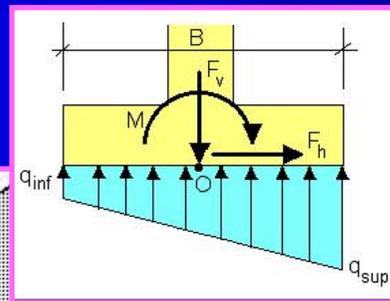
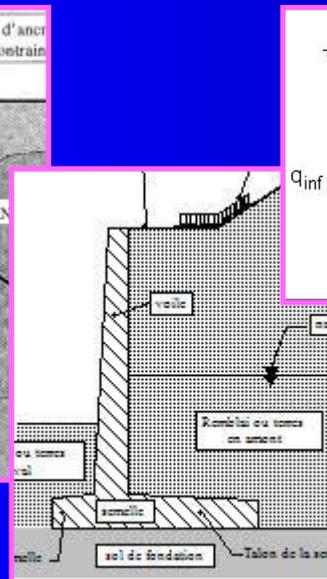
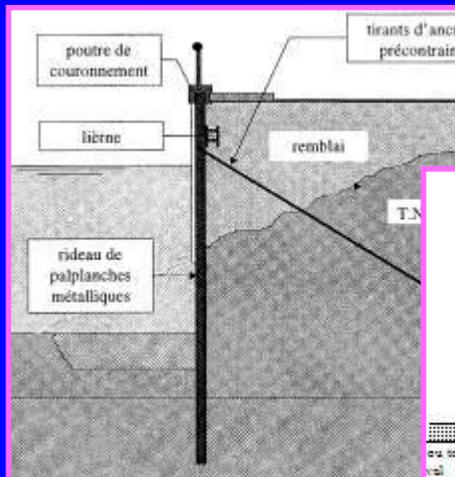
EN 1997-1/NA : Annexe Nationale
(septembre 2006)

NF EN 1997-2 : Reconnaissance des terrains
et essais géotechniques
(ratifié 12 juin 2006
promulgué en mars 2007)

FONDATIONS

SOUTÈNEMENT

OUVRAGES EN TERRE



L'objet de l'Eurocode 7

Résolution N87 CEN/TC250/SC7

EN 1997-1 est consacrée exclusivement aux règles fondamentales du calcul géotechnique et pourra être complétée par des normes nationales

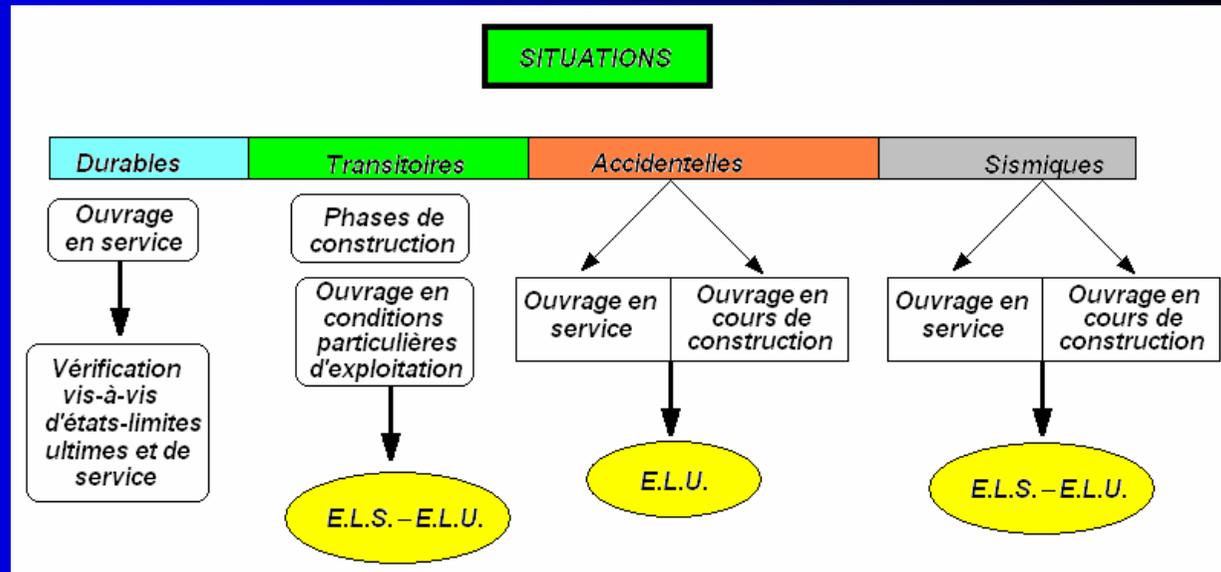
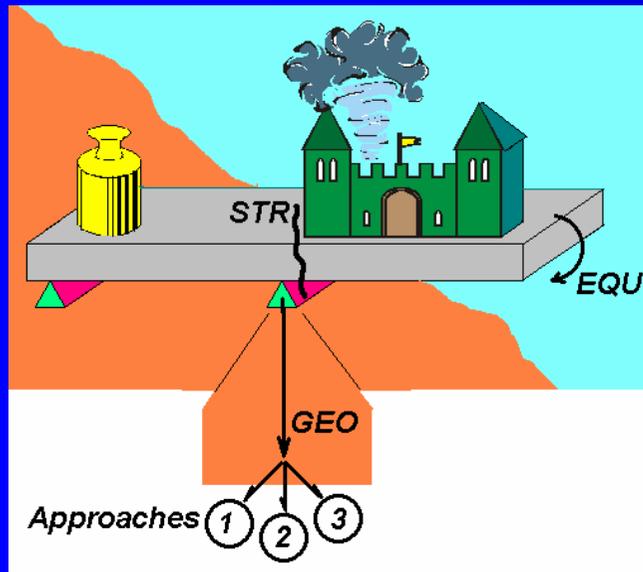
EN 1997-2 est consacrée aux exigences essentielles pour les appareillages et les procédures d'essais, pour la présentation des résultats, et pour l'interprétation des paramètres mesurés
Elle donne des exemples sur la manière de déduire des valeurs de paramètres géotechniques

Structure à terme du corps de normes françaises pour la géotechnique

Niveau	<i>Dimensionnement</i>				Essais	Exécution	Administr.
1	<i><u>NF EN 1997-1 (Eurocode 7) + Annexe nationale + NF EN 1997-2</u></i>				Normes	Normes	Textes officiels
2	<i>Normes</i> P94-261 Fondations Superfic.	<i>Complément.</i> P94-262 Fondations Profondes	<i>Nationales</i> P94-270 Ouvrages en sols renforcés	<i>de la norme</i> P94-281 Murs de soutènement	<i>NF EN 1997-1</i> P94-282 Écrans de soutènement	P94-290 Ouvrages en terre	
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..)						

Codification des vérifications

La codification des vérifications



ETATS-LIMITES ULTIMES

sécurité des personnes et/ou la sécurité de la structure, incluant éventuellement les états précédant un effondrement structural

- ❖ **perte d'équilibre** du tout ou d'une partie de la structure considérée comme un corps rigide
- ❖ défaillance due à une **déformation excessive**, à une **rupture**, à une **perte de stabilité** de tout ou partie de la structure, y compris ses appuis et fondations ;
- ❖ défaillance provoquée par la **fatigue** ou d'autres effets dépendant du temps.

ETATS-LIMITES DE SERVICE

- ❖ fonctionnement de la structure ou des éléments structuraux en utilisation normale,
- ❖ confort des personnes,
- ❖ aspect de la construction

$$F_d = \gamma_F F_k \text{ ou } E_d = \gamma_E E_k \text{ et } R_d = R_k / \gamma_R \text{ et } X_d = X_k / \gamma_M$$

Calcul géotechnique - ELU

2.4.7.1 (P) Les états-limites ultimes suivants doivent être vérifiés lorsqu'il y a lieu :

- ❖ **ÉQUILIBRE (EQU)** : $E_{d,dst} < E_{d,stb}$
- ❖ **STRUCTURE (STR)** : $E_d < R_d$
- ❖ **GEOTECHNIQUE (GEO)** : $E_d < R_d$
- ❖ **SOULÈVEMENT (UPL)** : $V_{dst,d} < G_{stb,d} + R_d$
- ❖ **HYDRAULIQUE (HYD)** : $S_{dst,d} < G'_{stb,d}$

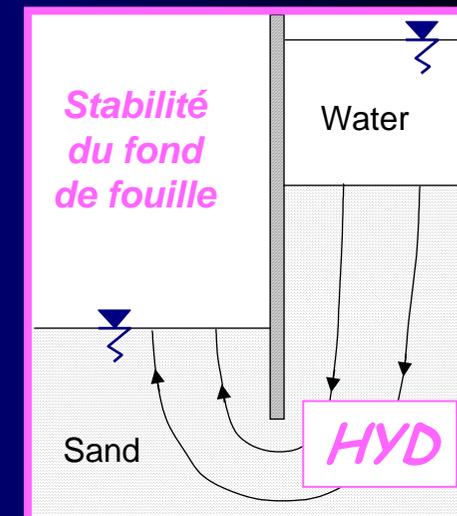
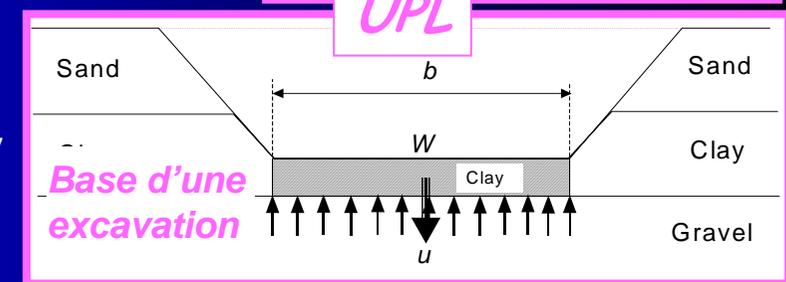
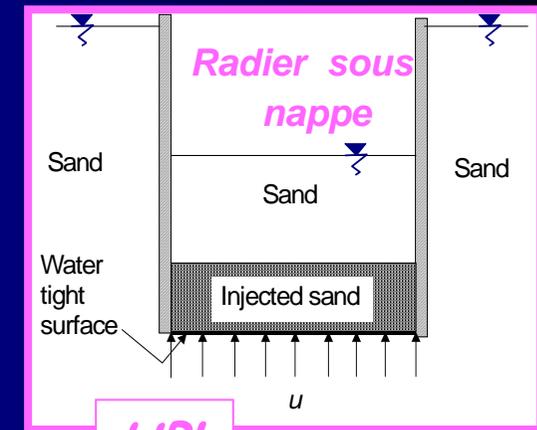
EQU : perte d'équilibre statique de la structure ou du terrain

STR : rupture interne ou déformation excessive des éléments constituant la structure

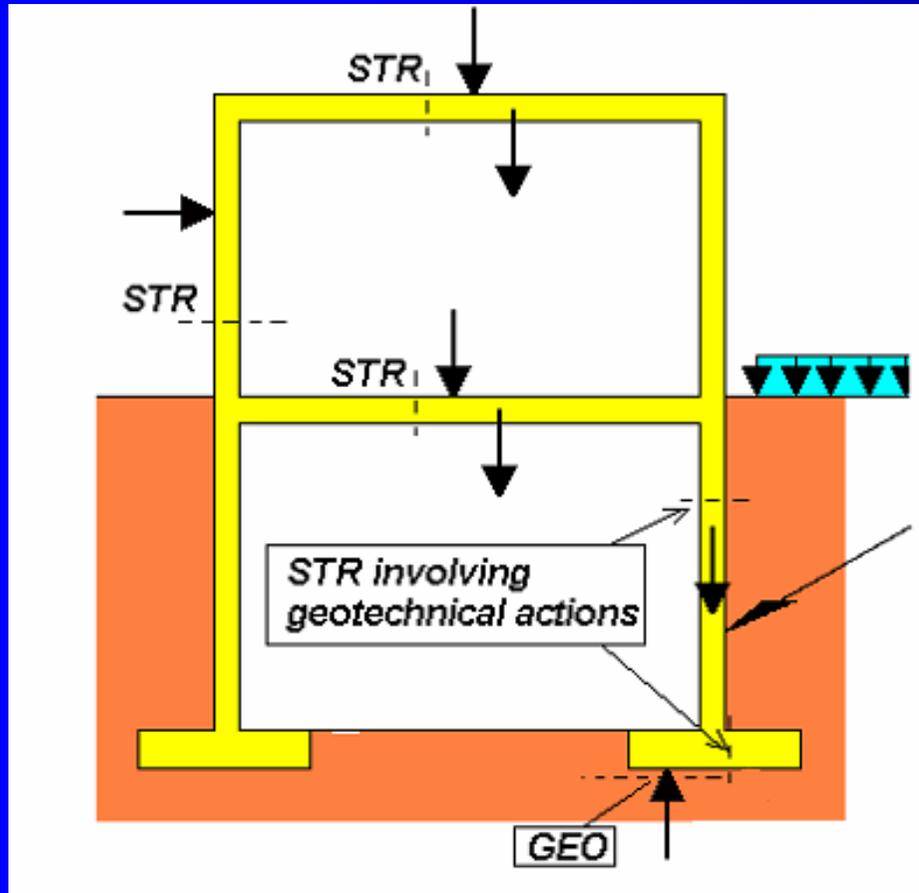
GEO : rupture ou déformation excessive du terrain

UPL : rupture par soulèvement dû à des forces verticales

HYD : rupture causée par les gradients hydrauliques dans le terrain



Actions et résistances géotechniques



Les actions géotechniques (la poussée par exemple) peuvent dépendre des résistances (du terrain)

Les résistances géotechniques (la réaction du terrain par exemple) peuvent dépendre des actions

Les ELU fondamentaux

Situations de projet durables et transitoires

A.1.3.1 (5) Il convient de vérifier le dimensionnement des éléments structuraux (semelles, pieux, murs de soubassement, etc.) (STR) soumis à des actions géotechniques, et la résistance du terrain (GEO, voir 6.4.1), en utilisant l'une des trois approches suivantes complétées, pour les actions géotechniques et les résistances, par l'EN 1997 :

Approches : 1 - 2 - 3

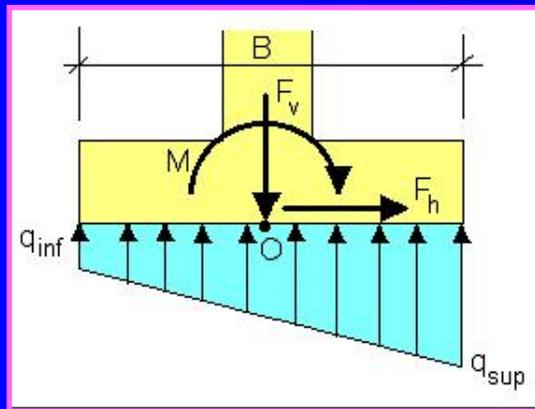
- ❖ *La façon d'appliquer les facteurs partiels sur les actions ou Forces (γ_F), les propriétés du terrain ou Matériau (γ_M) et les Résistances (γ_R) est déterminée par le choix de l'une des trois approches de calcul*

Les ELU fondamentaux *STR/GEO*

Situations de projet durables et transitoires

Approche de calcul	Actions sur/de la structure	Actions et resistances géotechniques
1	A1	M1
	A2	M2 ou R4
2	A1	R2
3	A1	M2

NF EN 1997-1/NA



A1 : 1,35 ($G_{dét}$) ; 1,5 ($Q_{dét}$) ; 1,0 (G_{fav}) ; 0 (Q_{fav})

A2 : 1,0 ($G_{dét}$) ; 1,3 ($Q_{dét}$) ; 1,0 (G_{fav}) ; 0 (Q_{fav})

M1 : 1,0 (c' et $\tan \varphi'$) ; 1,0 (c_u) ; 1,0 (γ)

M2 : 1,25 (c' et $\tan \varphi'$) ; 1,4 (c_u) ; 1,0 (γ)

R2 : 1,4 (portance FS) ; 1,1 (glissement FS)

R4 : *uniquement pour les pieux et les ancrages précontraints*

L'Eurocode 7

Calcul géotechnique

EN 1997 Partie 1 – Contenu

*Section 2 - Bases du calcul géotechnique
(16 pages)*

...

Section 8 - Ancrages (6 pages)

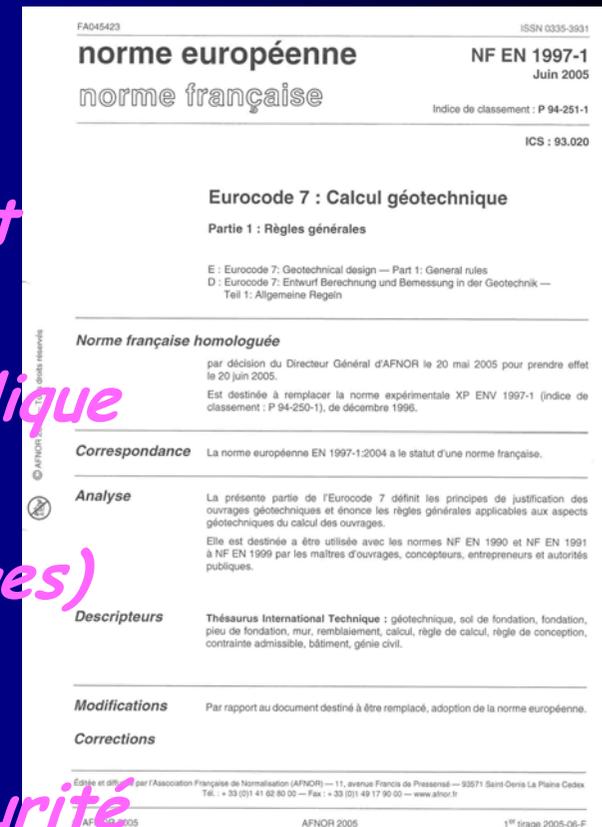
*Section 9 - Ouvrages de soutènement
(14 pages)*

*Section 10 - Rupture d'origine hydraulique
(6 pages)*

Section 11 - Stabilité générale (6 pages)

...

*Annexe A - Facteurs partiels de sécurité
pour les états limites ultimes
(8 pages)*

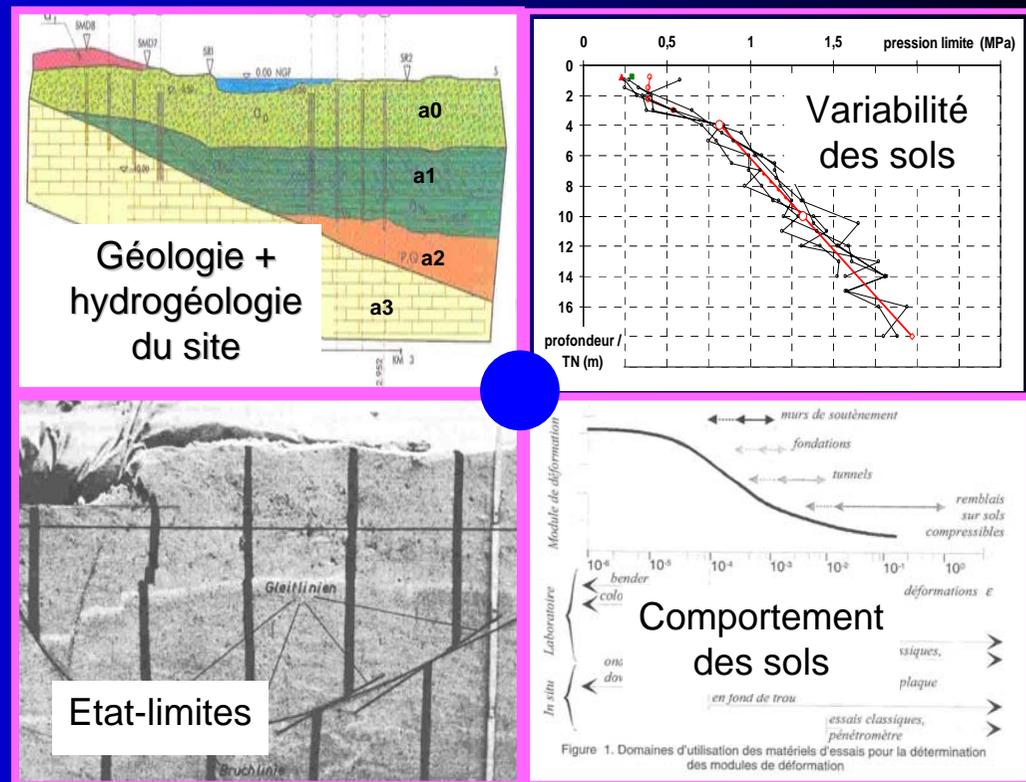


Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques

article 2.4.5.2

(2)P La valeur caractéristique d'un paramètre géotechnique sera une estimation prudente de la valeur affectant l'état-limite considéré.

(9) Si des méthodes statistiques sont utilisées pour sélectionner les valeurs caractéristiques des propriétés des terrains, il convient ...



Quelques aspects de la Section 9

9.3 - Données géométriques (surface du terrain, niveaux d'eau)

ELU défaut de butée : Le niveau de la surface du terrain excavé à considérer est fonction du degré de contrôle

($\Delta a = 0$ si contrôle, sinon $\Delta a > 0$)

Niveaux d'eau à considérer doivent être fondés sur les conditions hydrauliques et hydrogéologiques du site

($\Delta a = 0$)

Nota : La variabilité des niveaux d'eau est pris en compte par les différentes situations de calcul considérées

Section 9 (suite)

9.5 - Poussée-Butée des terres

L'intensité et la direction de la pression des terres doivent être déterminées en considérant :

- l'amplitude et la direction du mouvement écran-terrain
- l'équilibre horizontal et vertical de l'ensemble de l'ouvrage

Bornes d'inclinaisons recommandées :

$\alpha < 2/3 \varphi$ (palplanches métalliques) ; $\alpha < \varphi$ (béton coulé en place)

Procédures admises :

Valeurs au repos K_0 (Jacky)

Valeurs limites (Caquot-Kérizel - cf Annexe C)

Valeurs intermédiaires (module de réaction, E.F)

Section 9 (fin)

9.7 - Calcul à l'état-limite ultime (des écrans)

a - Stabilité globale (section 11)

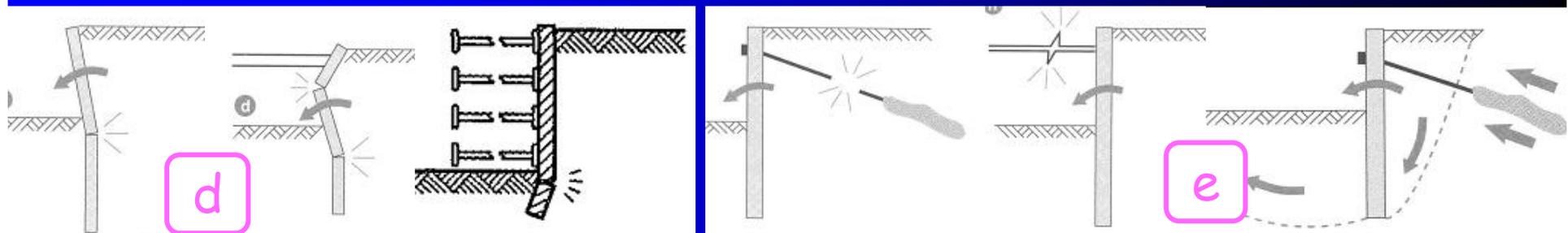
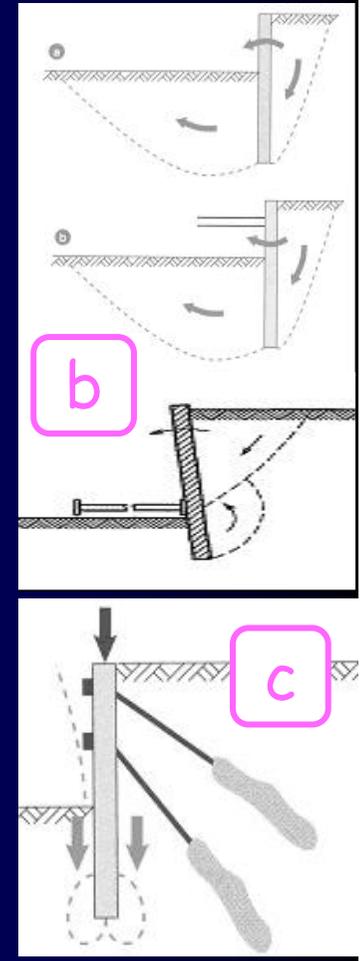
b - Rupture rotationnelle (défaut de butée)

c - Rupture verticale

d - Rupture des éléments de structure

e - Rupture par arrachement des ancrages

f - Rupture d'origine hydraulique (section 10)

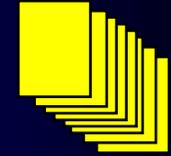


Pr NF P 94-282

(V2-070430)

Calcul des écrans de soutènement

Le texte



Domaine
d'application

Ouvrages & conditions de projet concernés (4 p.)

Bases de
calcul

Références, Définitions, Comportement, Actions, Matériaux, Situations, Combinaisons d'act. (40 p.)

Principes de
vérification

Approches de calcul ELU, ELS, Modèles de calcul (6 p.)

ELU

Vérifications à faire pour chaque risque de ruine de l'ouvrage (30 p.)

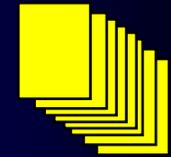
ELS

Vérifications à faire pour chaque risque d'inaptitude à la fonction de l'ouvrage (6 p.)

Rapports

Données justificatives à fournir (3 p.)

Les Annexes



Facteurs
partiels

Facteurs partiels γ et de corrélation ξ pour les ELU et situations durables et transitoires (6 p.)

« Poussée -
butée »

Ecran « composite », Poussée et butée, Charges localisées, Eau, Coefficient de réaction (45 p.)

Procédures
de calcul

Portance, Krantz, Résistance à l'arrachement des tirants (15 p.)

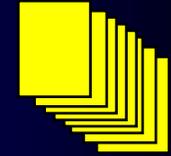
Propriétés
terrains

Reconnaissance des terrains et valeurs caractéristiques (10 p.)

Aides à la
conception

Catégories géotechniques, Actions particulières (gel, compactage), Déform. admissibles (20 p.)

Domaine d'application (Section 1)



Ouvrages

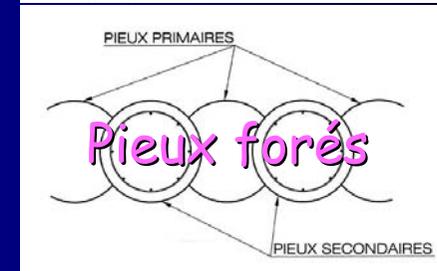
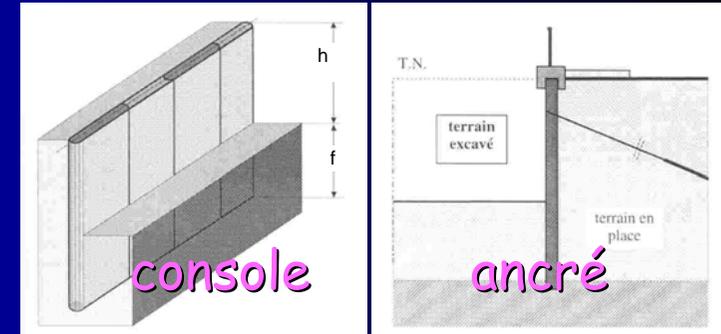
Écrans plans (parois moulées, rideaux de palplanches) auto-stables ou avec appuis

Écrans à inertie non uniforme (rideaux mixtes de palplanches métalliques, parois de pieux, écrans composites, parois au coulis, ...) conformes à Annexe B

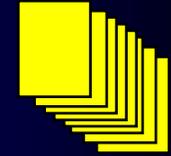
Conditions de projet

Catégorie géotechnique 2

Sollicitations statiques



Propriétés des matériaux (Section 6)



- Terrains en place

Annexes K.1 (reconnaissance) et K.2 (Propriétés)

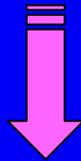
- Terrains rapportés (remblais)

Annexe K3 (Pré-dimensionnement)

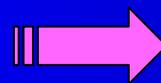
- Matériaux constitutifs de l'écran et des appuis

Acier de construction (cf EN 1993)

Béton (cf EN 1992 + k1, k2, k3)

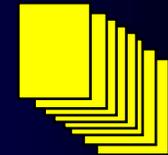


$$f_{ck}^* = \inf (f_{ck}(t); C_{\max}; f_{ck}) \frac{k_3}{k_1 k_2}$$



		C_{\max} Mpa	k_1	k_2	k_3
Ouvrages					
	Parois moulées	35 (1)	1,3 (2)	1 (3)	1 (4)
	Barrettes forées simples	35 (1)	1,3 (2)	1 (3)	1 (4)
	Béton projeté	25	1	1	1

Règles générales (Section 10)



Les états limites ultimes suivants doivent être vérifiés ($E_d < R_d$) lorsqu'il y a lieu :

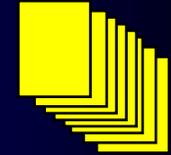
- ❖ Défaut de butée (Section 11)
- ❖ Résistances structurale (Section 13)
- ❖ Poinçonnement du sol support (Section 14)
- ❖ Résistance d'un ancrage (*) (Section 15)
- ❖ Résistance d'un appui (Section 15)
- ❖ Soulèvement du fond de fouille / Boulance / Erosion (Section 16)
- ❖ Stabilité générale (Section 18)

(*) Stabilité du massif d'ancrage (section 17)



		ELU type	Approche de calcul
Tous les écrans de soutènement			
	Stabilité générale	GEO	2/3
	Défaut de butée (1)	GEO	2
	Résistance de la structure	STR	2
	Stabilité du fond de fouille	GEO	2/3
Écrans porteurs			
	Poinçonnement du sol support	GEO	2
Écrans avec appuis			
	Stabilité du massif d'ancrage	GEO	2
	Résistance de l'ancrage (2)	STR/GEO	2
	Résistance de l'appui (3)	STR/GEO	2
Écrans concernés par les ruines d'origine hydraulique			
	Érosion interne ou régressive / Boulance (4)	HYD	-
	Soulèvement du fond de fouille (5)	UPL	-

Règles générales (Suite)



Les états limites de service suivants doivent être justifiés ($E_d < C_d$) lorsqu'il y a lieu (Sect. 19) :

- ❖ Déplacements
- ❖ Tirants d'ancrage
- ❖ Portance

Calcul des déplacements
 • peu fiable \Rightarrow contrôle



Tirants d'ancrage scellés
 • $P_d \leq R_{ac}$ (résistance critique fluage)

Le choix des modèles de calcul ⁽¹⁾

Etat-limite	Ouvrage	Modèle
Défaut de butée ⁽²⁾	Auto-stable	MEL
	1 appui	MEL ou MISS
	Multi-appuis	MISS
Portance ⁽³⁾	Tous	Fondation
Structure / Appui ⁽⁴⁾	Tous	MISS (P, M _r)

Les facteurs partiels sont appliqués aux actions (MEL) ou à leurs effets (MISS)

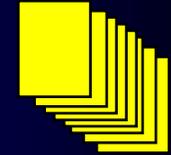
(1) La complexité du modèle doit être adaptée à celle du projet

(2) Peut être vérifié à partir d'un modèle d'équilibre limite (MEL) ou d'interaction sol structure (MISS)

(3) La portance doit être vérifiée en appliquant les principes du calcul des fondations

(4) L'effort dans un écran ou un appui est à déterminer à partir d'un modèle MISS

ELU - Défaut de butée (Section 11)



Méthode d'interaction sol-structure (MISS)

Vérification	Butée mobilisée ⁽¹⁾	Butée mobilisable
$B_{t;d} \leq B_{m;d}$	$1,35 B_{t;k}$	$B_{m;k} / 1,4$ ⁽²⁾

(1) La butée mobilisée caractéristique doit être déterminée en considérant comme actions défavorables les charges dirigées vers l'aval et comme actions favorables les actions dirigées vers l'amont et en prenant en compte les facteurs de pondération

(2) Pour les ouvrages temporaires ou les situations transitoires sans conséquence $B_{m;d} / 1,1$

(3) Il est admis dans certains cas $B_{m;k} / 1,4 \times 1,35$ ou $k_p / 2$

Actions		Facteur
permanente		1
Variable Q_{VGEO}	défavorable	1,11
	favorable	0
Variable Q_{HSTR}	défavorable	1

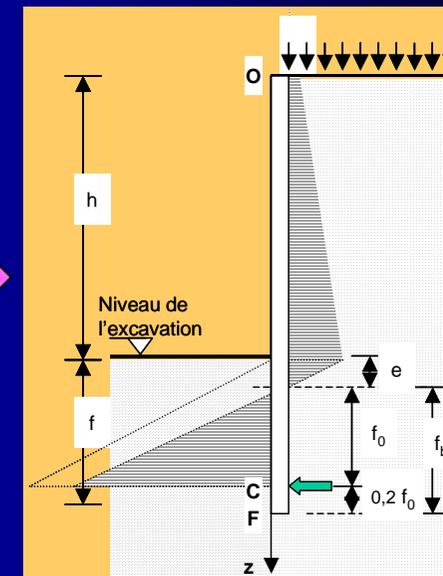
Méthode d'équilibre limite (MEL) ⁽¹⁾

Ouvrage	Vérifications
Non ancré	$f_b \geq 1,2 f_0$ & $C_{t;d} \leq C_{m;d}$ ⁽²⁾
1 niveau d'appui	$M_{dst;d} \leq M_{stb;d}$ ⁽³⁾

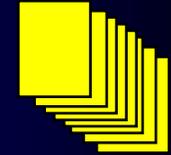
(1) Les vérifications sont à faire selon l'approche de calcul 2

(2) Lorsque les propriétés du sol ne s'améliorent pas avec z

(3) Par rapport au point d'ancrage

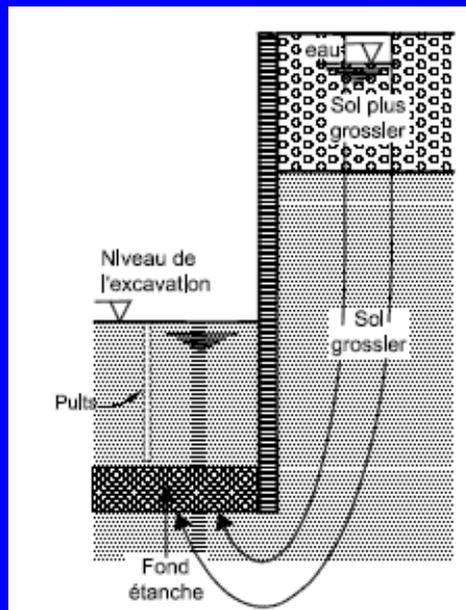


ELU Hydraulique (Section 16)

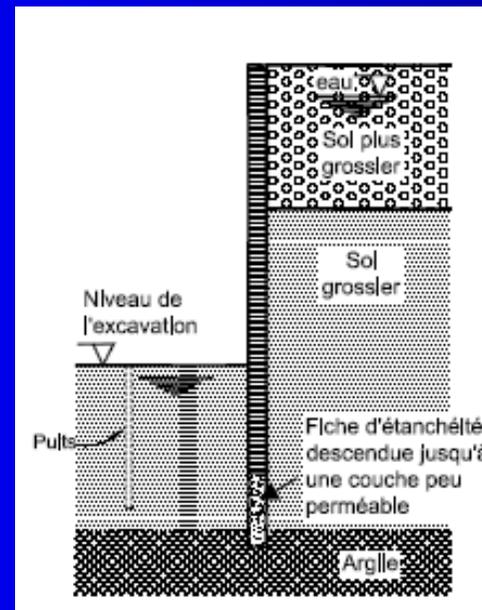


Principe général

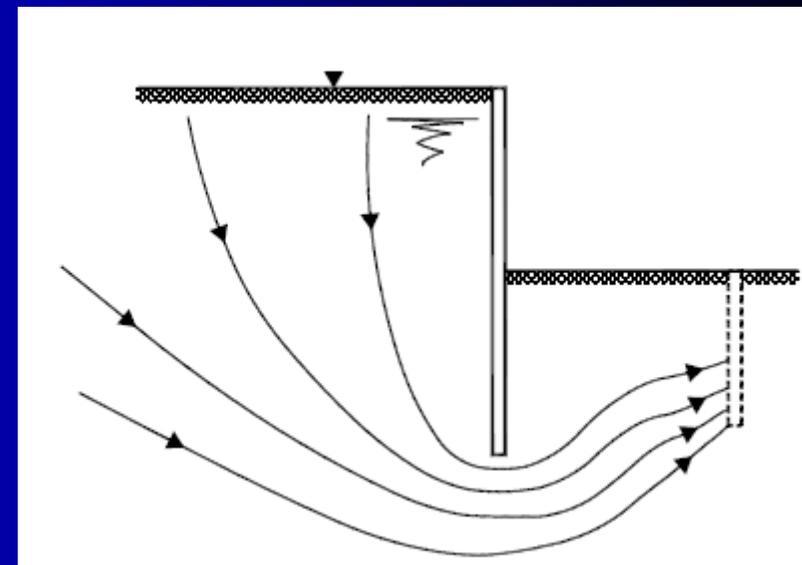
Lorsqu'un risque de ruine est possible par boullance, érosion interne, érosion régressive, il convient de prévoir des dispositions constructives appropriées pour éviter des écoulements ascendants coté excavation.



Fond étanche

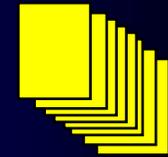


Fiche d'étanchéité



Pompage, Rabattement

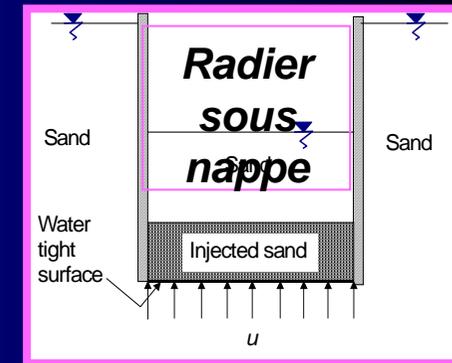
ELU Hydraulique (Section 16)



Soulèvement par pression d'eau (UPL)

$$1,0 G_{dst,k} \leq 0,9 G_{stb,k} + R_d$$

- *Pour les phases de constructions, il peut être admis un facteur partiel de 0,95 à la place de 0,9*
- *Les résistances additionnelles R_d au soulèvement (par exemple le frottement sol-structure) sont à déterminer en appliquant des coefficients partiels sur les propriétés du terrain*



Annulation des contraintes effectives (HYD)

$$1,35 S_{dst,k} \leq 0,9 G'_{stb,k}$$

Érosion interne

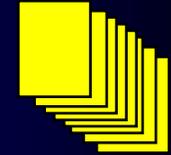
- *Gradients > Gradients critiques i_c ⇒ Dispositions : puits, ..*

Érosion régressive

- *Fissures existantes ou dues à un soulèvement ⇒ fiche hydr. , ..*

Résistance structurale des tirants

(Section 15)



Résistance structurale (STR) ⁽¹⁾

$$P_d \leq R_d$$

Matériau	Référence	Résistance à la traction R_d
Acier de construction	NF EN 1993-5	$R_d = \text{Min} (F_{tt,Rd} ; F_{tg,Rd})$ ⁽²⁾ $F_{tt,Rd} = 0,9 f_{ua} A_s / 1,25$ & $F_{tg,Rd} = f_y A_g / 1,0$
Acier de précontrainte	TA 95	$R_d = f_y A_s / 1,25$ ⁽³⁾

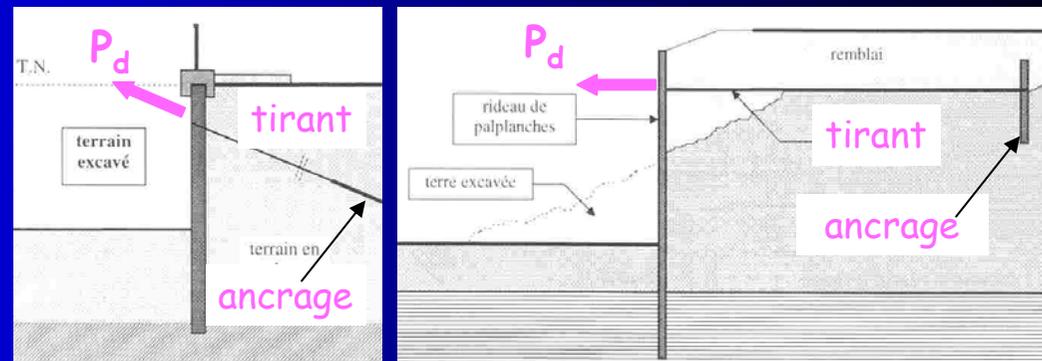
(1) L'effort P_d est à déterminer selon l'approche de calcul 2 à partir d'un modèle MISS

$$P_d = 1,35 P_k$$

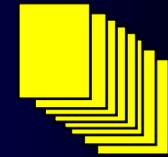
(2) $F_{tt,Rd}$; $F_{tg,Rd}$: résistance des parties filetées ; de la tige du tirant

(3) $T_s < 0,6 T_p$ avec $T_p = f_y A_p$ - Règle différente de EN 1992

La vérification de la résistance structurale est à faire selon la norme appropriée



Résistance à l'arrachement d'un ancrage scellé (Section 15)



Résistance à l'arrachement de l'ancrage (GEO) ⁽¹⁾ $P_d \leq R_{a;d}$

<i>Pré-dimensionnement</i>	<i>Il est admis de calculer $R_{a;d}$ (type T.A 95) avec FS global = 2,3</i>
<i>Justification ⁽²⁾</i>	$R_{a;k} = \text{Min} (R_{am, moy} / \xi_{a1} ; R_{am, min} / \xi_{a2})$ $R_{a;d} = R_{a;k} / 1,1$

n	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a1}	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
ξ_{a2}	1,4	1,2	1,05	1,0	1,0

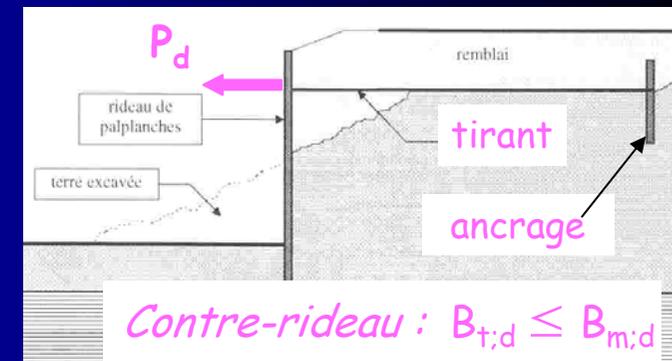
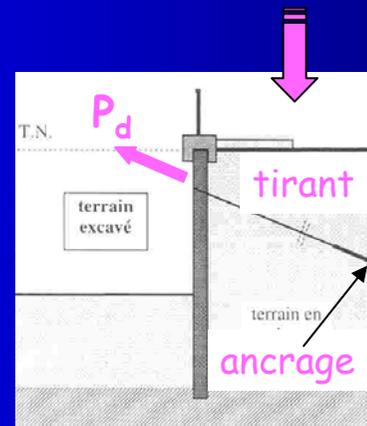
(1) L'effort P_d est à déterminer selon l'approche de calcul 2 à partir d'un modèle MISS ($P_d = 1,35 P_k$)

(2) La valeur de R_k des ancrages passifs ou précontraints vissés ou scellés dans le terrain doit être déterminée à partir d'essais d'arrachement réalisés par paliers.

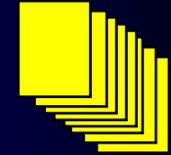
Règle TA95

$$T_s < T_u / 1,5$$

Le coefficient de sécurité global ($\xi \gamma_F \gamma_R$) est compris entre 1,6 et 2,1 selon le nombre d'essais

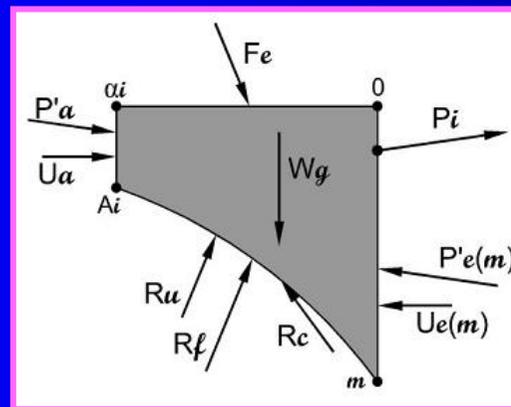
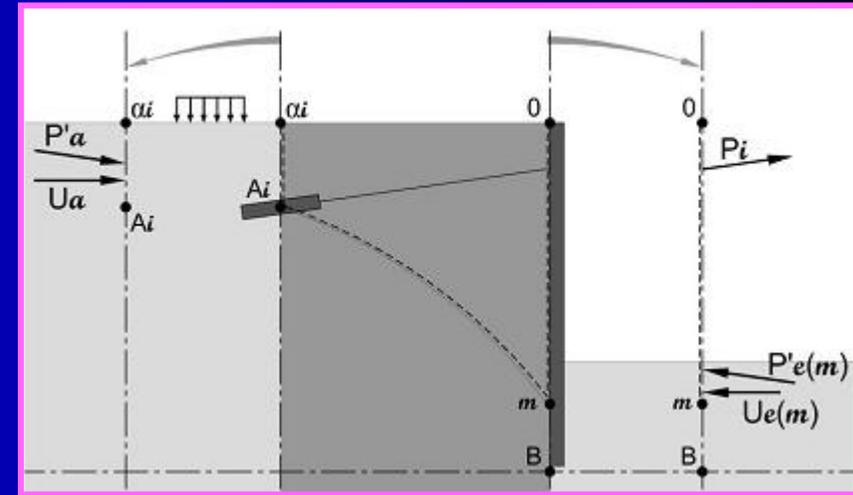


Stabilité massif d'ancrage (Section 17)



Objectif

Démontrer que la localisation des ancrages est acceptable et ne remet pas en cause la valeur des efforts considérés pour la vérification de la résistance et de la stabilité de l'écran et des appuis (c.à.d que les ancrages sont suffisamment éloignés de l'écran pour ne pas lui transmettre d'efforts supplémentaires).



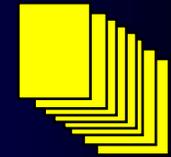
↑

Vérification de la stabilité du bloc αAmO

m : niveau d'effort tranchant nul ($T = 0$)

←

Stabilité « générale » (Section 18)



Principe général

Les ouvrages à édifier sur des pentes ou des versants dont la stabilité initiale ne satisfait pas aux conditions minimales normalement requises relèvent de la catégorie géotechnique 3.

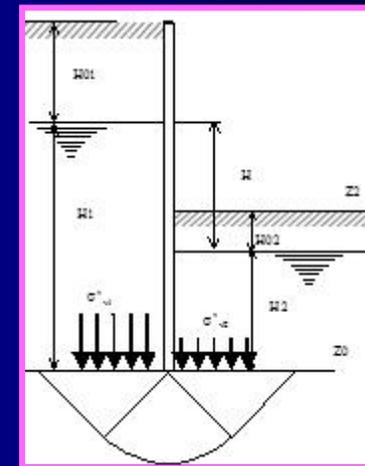
Porte de sortie sous certaines conditions

Stabilité initiale réduite mais stable

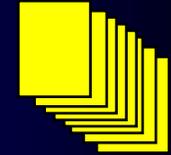
Démonstration qu'on ne diminue la stabilité en cours de construction et d'exploitation de l'ouvrage



« Renard solide » $\Rightarrow q'_{dst;d} \leq q'_{stb;d}$



Etat Limite de Service (Section 19)



Résistance à l'arrachement d'un ancrage scellé (GEO) ⁽¹⁾ $P_d \leq R_{ac;d}$

<i>Justification ⁽²⁾</i>	$R_{a;k} = \text{Min} (R_{ac, moy} / \xi_{a1} ; R_{ac, min} / \xi_{a2})$ $R_{ac;d} = R_{ac;k} / 1,0$
-------------------------------------	--

n	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a1}	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
ξ_{a2}	1,4	1,2	1,05	1,0	1,0

(1) L'effort P_d est à déterminer selon l'approche de calcul 2 à partir d'un modèle MISS ($P_d = P_k$)

(2) La valeur de R_k des ancrages scellés dans le terrain doit être déterminée à partir d'essais de contrôle ou de mise en tension réalisés par paliers.

Règle TA95

$$T_s < T_c / 1,25$$

Le coefficient de sécurité global ($\xi \gamma_F \gamma_R$) est compris entre 1,1 et 1,4 selon le nombre d'essais



Merci de votre attention !

Annexes !

Objectif des Eurocodes

Les Etats Membres de l'Union Européenne et de l'AELE reconnaissent les EUROCODES comme documents de référence :

- ❖ ***pour prouver la conformité des ouvrages de bâtiment et de génie civil aux exigences essentielles*** de la Directive de la Commission 89/106/EEC :
 - en particulier, l'exigence essentielle n° 1 – résistance mécanique et stabilité
 - et, en partie, l'exigence essentielle n° 2 – sécurité en cas d'incendie ;
- ❖ ***pour l'établissement des contrats*** pour les constructions et les services d'ingénierie ;
- ❖ ***pour l'établissement de spécifications techniques*** harmonisées relatives à des produits de construction (EN et ATE)

Le calcul n'est pas un but ...

(2) La connaissance des conditions de sol en géotechnique dépend de l'importance et de la qualité des reconnaissances géotechniques.

***Normes
d'essais***

Cette connaissance et le contrôle de la qualité de réalisation des travaux sont plus importants pour satisfaire les exigences fondamentales que la précision des modèles de calcul et des coefficients partiels.

***Normes
d'exécution***

Reconnaissance et essais (de laboratoire)

Normes publiées (4)

NF EN ISO 14688-1 : Dénomination, Description des sols

NF EN ISO 14688-2 : Principe de classification des sols

NF EN ISO 14688-1 : Dénomination, classification des roches

EN ISO 22475-1 : Prélèvements et mesures d'eau

Spécifications techniques ratifiées (12)

FD CEN/ISO/TS 17892-1 à 12 :

Teneur en eau, Masse volumique,

Masse volumique des grains, Analyse granulométrique,

Essai oedométrique, Essai au cône,

Essai de compression uniaxiale,

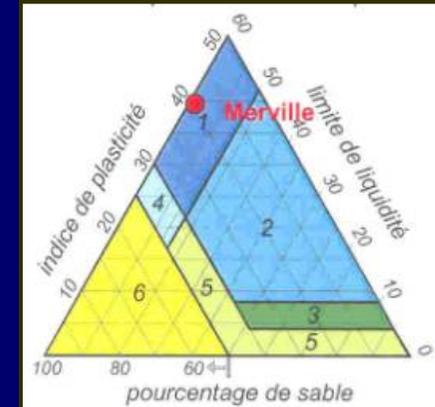
Essai au triaxial UU,

Essai au triaxial CU-CD,

Essais à la boîte de cisaillement,

Essais de perméabilité,

Limites d'atterberg

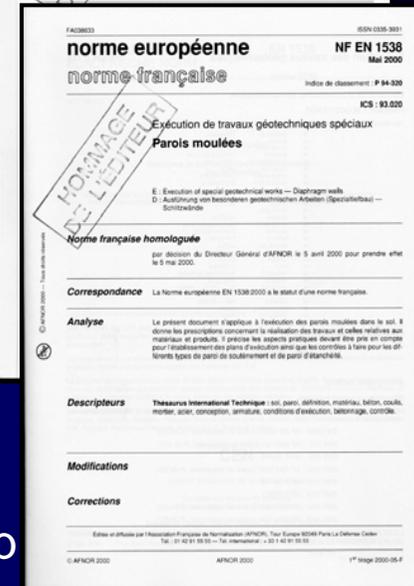


Exécution des travaux - CEN/TC 288 au 1/05/2007

11 normes publiées (date de publication)

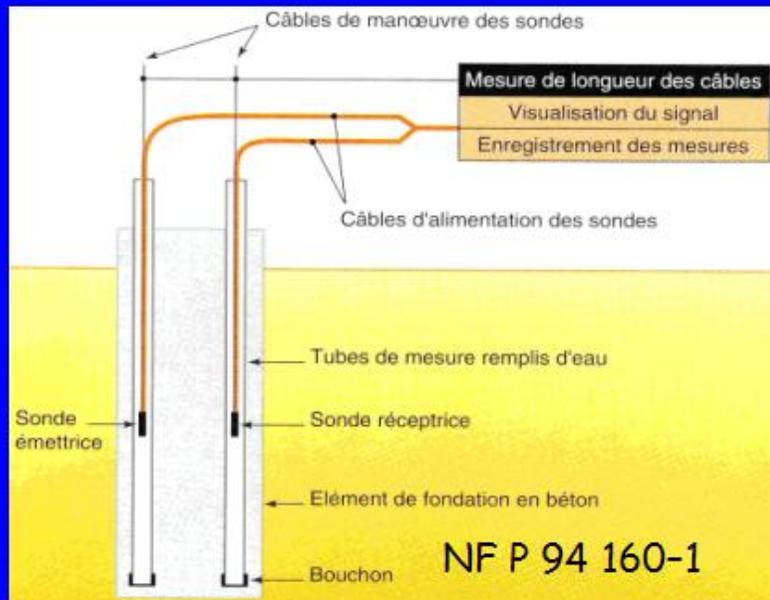
- NF EN 1536 : Pieux forés (1999) - 79 p
- NF EN 1537 : Tirants d'ancrage (2000) - 56 p**
- NF EN 1538 : Parois moulées (2000) - 46 p**
- NF EN 12063 : Rideaux de palplanches (1999) - 76 p**
- NF EN 12699 : Pieux avec refoulement du sol (2001) - 45 p
- NF EN 12715 : Injection (2000) - 49 p
- NF EN 12716 : Colonnes, ... réalisés par jet (2001) - 36 p
- NF EN 14199 : Micropieux (2005) - 45 p
- NF EN 14475 : Remblais renforcés (2007) - 49 p
- NF EN 14679 : Colonnes de sol traité (2005) - 49 p
- NF EN 14731 : Amélioration ... de sol par vibration (2006) - 22 p
- NF EN 15237 : Drainage vertical (2007) - 52 p

1 norme dépouillement enquête : Clouage (2002)

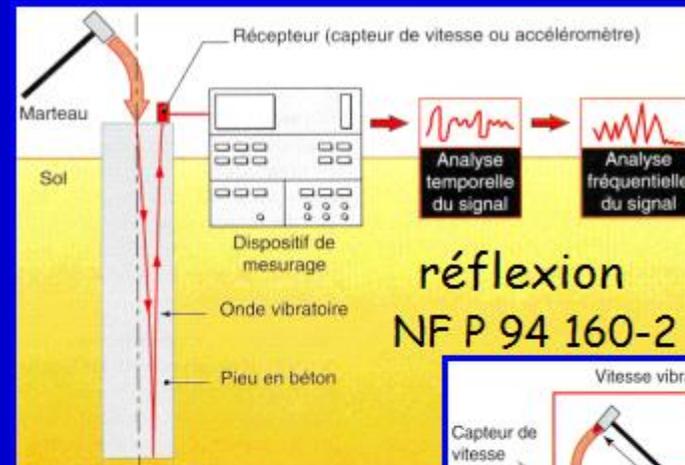


Contrôle d'exécution

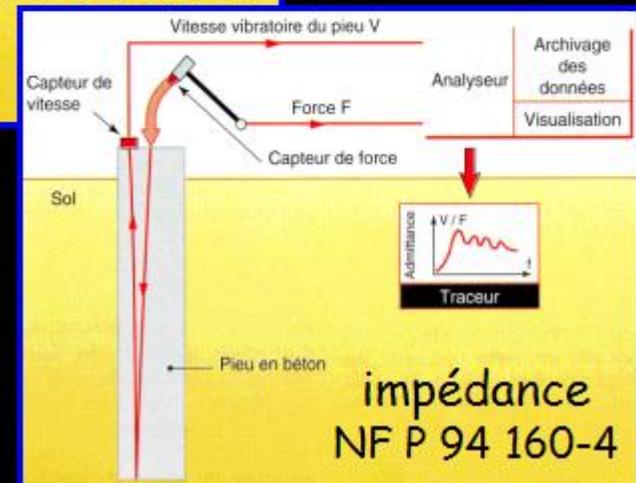
Intégrité des pieux et parois en béton



Méthode sonique par transparence



Méthodes par vibrations

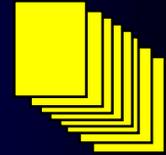


Pr NF P 94-282

Calcul des écrans de soutènement (V2-070430)

- Structure générale
- Aspects particuliers
 - Domaine d'application
 - Actions et propriétés des matériaux
 - Règles générales de justification
 - Défaut de butée
 - Hydraulique
 - Stabilité et résistance des appuis
 - Stabilité du massif d'ancrage
 - Stabilité générale
 - ELS

Actions, données géométriques (Section 5)



□ Actions

- d'origine pondérale
- poussée et butée du terrain
- dues à l'eau
- charges localisées
- hydrodynamique
- à transmission directe
- particulières

□ Données géométriques

- $\Delta a = 0$ sauf le niveau du terrain en butée, en l'absence d'un contrôle spécifié

Poussée/butée

- limites : *Kérisel-Absi (Annexe C)*
- intermédiaire : *Schmitt (Annexe F)*

Charges localisées

- élasticité : *Boussinesq (Annexe D)*
- plasticité : *Graux, Houy (Annexe D)*

Eau

- Niveau : *Maître d'ouvrage*
EH, EB, EE



- Intensité :
Actions permanentes
Écoulement (Prudence)

Facteurs partiels de sécurité pour les ELU

Etats-Limites STR/GEO →

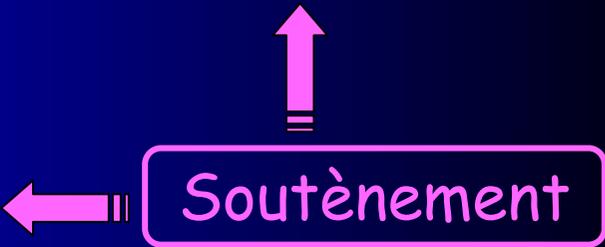
NF EN 1997-1/NA

Approches	Combinaisons	Action (γ_F ou γ_E)	Symbole	Jeu A1	Jeu A2
1	A1 "+" M1 "+" R1	Permanente			
	A2 "+" M2 "+" R1	Défavorable	γ_G	1,35	1,00
2	A1 "+" M1 "+" R2	Favorable	γ_G	1,00	1,00
3	A1 ou A2 "+" M2 "+" R3	Variable			
		Défavorable	γ_Q	1,50	1,30
		Favorable	γ_Q	0	0

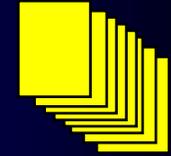
Nota : Les facteurs partiels peuvent être appliqués aux actions ou à leurs effets

Paramètre de sol (γ_M)	Symbole	Jeu M1	Jeu M2
Résist. au cisaillement	γ_ϕ	1,00	1,25
Cohésion drainée	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Cohésion non drainée	γ_{cu}	1,00	1,40
Résist. non confinée	γ_{qu}	1,00	1,40
Masse volumique	γ_γ	1,00	1,00

Résistance (γ_R)	Symbole	Jeu R1	Jeu R2	Jeu R3
Portance	γ_{Rv}	1,00	1,4	1,00
Glissement	γ_{Rh}	1,00	1,1	1,00
Butée des terres	γ_{Re}	1,00	1,4	1,00



Buton (Section 15)



Résistance structurale (STR)

La vérification est à faire selon la norme appropriée au matériau qui le constitue sous l'effort P_d résultant du calcul de l'écran

Dispositif de réaction (GEO)

Les vérifications sont à faire selon les méthodes propres aux fondations superficielles (massif réalisé en pied d'un buton incliné) ou aux écrans (structure située en vis-à-vis de l'écran)

La vérification de la stabilité inclut de vérifier que les déplacements sont compatibles avec ceux de l'écran

