

Journée technique sur l'Eurocode 7, CFMS-CFMR  
Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

## Le contenu de l'Eurocode 7

Roger Frank

CERMES (ENPC-LCPC), Champs-sur-Marne

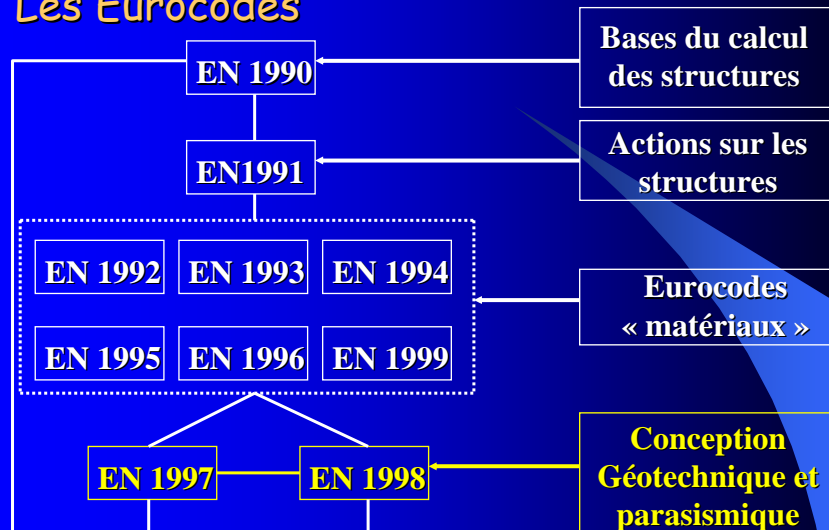
Yves Canépa

D.R.E.I.F - LREP, Melun

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

1

## Les Eurocodes



R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

2

- Généralités
- L'Eurocode 7 partie 1
  - Présentation générale
  - Quelques aspects particuliers
  - Les annexes
- L'Eurocode 7 partie 2
  - Présentation générale
  - Quelques aspects particuliers

## Structure générale

- EN 1997-1 : Calcul géotechnique - Règles générales  
*Promulgué et publié par le CEN en novembre 2004*
- EN 1997-2 : Calcul géotechnique - Reconnaissance des terrains et essais  
*regroupe ENV 1997-2 : Calcul sur la base d'essais de laboratoire et ENV 1997- 3 Calcul sur la base d'essais en place*

## L'objet de l'Eurocode 7

*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*

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

5

## EN 1997 Partie 1 - Table des matières

- 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



R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

6

## EN 1997 Partie 1 - Table des matières (suite)

- Section 6 - Fondations superficielles
- Section 7 - Fondations profondes
- Section 8 - Ancrages
- Section 9 - Ouvrages de soutènement
- Section 10 - Rupture d'origine hydraulique
- Section 11 - Stabilité d'ensemble
- Section 12 - Remblais

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 <sup>7</sup>

## Quelques aspects de l'Eurocode 7-1

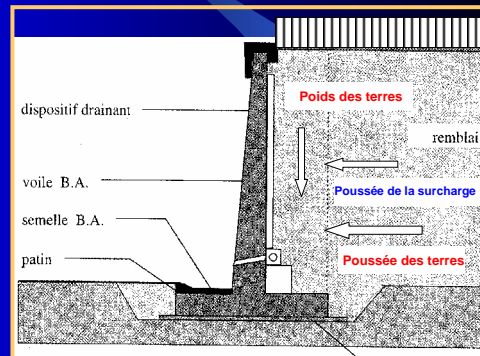
- Action géotechnique
- Justification des ouvrages
- Catégories géotechniques
- Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques
- États-limites ultimes
- Les approches de calculs

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 <sup>8</sup>

## Actions géotechniques

### Section 1 : Généralités

article 1.5.2.1 - Définitions  
action transmise à la structure par le sol, les remblais, l'eau libre ou l'eau souterraine



R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

9

## Catégories géotechniques

### section 2 - Bases du calcul géotechnique

(8) ... La complexité de chaque étude doit être identifiée

- Catégorie 1
  - ouvrages petits et simples (conditions de terrain connus et simples) + risques négligeables
- Catégorie 2
  - ouvrages courants + pas de risques anormaux ni de conditions de terrain et de charges inhabituelles
- Catégorie 3 (ni 1, ni 2)
  - ouvrages très grands et inhabituels + risques anormaux (séisme) et/ou conditions de terrain et de charges exceptionnels....

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

10

## Justification des ouvrages

EN1997-1 Section 2 : Base du calcul géotechnique article 2.1 (4)  
- Exigences de calcul

(4) Il convient de vérifier les états-limites par l'une ou plusieurs des procédures suivantes :

- l'utilisation de calculs
- l'adoption de méthodes prescriptibles
- des modèles expérimentaux et des essais de chargement
- une méthode observationnelle

## Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques

### 2.4 - Dimensionnement géotechnique par le calcul

#### 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 que ces méthodes fassent la distinction entre les échantillons locaux et régionaux et qu'elles permettent d'utiliser la connaissance a priori des propriétés de terrains analogues.
- (10) Si des méthodes statistiques sont utilisées, il convient que la valeur caractéristique soit obtenue de telle manière que la probabilité d'une valeur plus mauvaise pour l'état-limite considéré ne soit pas plus grande que 5%.

# Etats-limites ultimes

## 2.4 - Dimensionnement géotechnique par le calcul

### Article 2.4.7.1 Généralités

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

- ❖ EQUILIBRE (EQU)
- ❖ STRUCTURE (STR)
- ❖ GEOTECHNIQUE (GEO)
- ❖ SOULEVEMENT (UPL)
- ❖ HYDRAULIQUE (HYD)

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

# Etats-limites ultimes (STR - EQU - GEO)

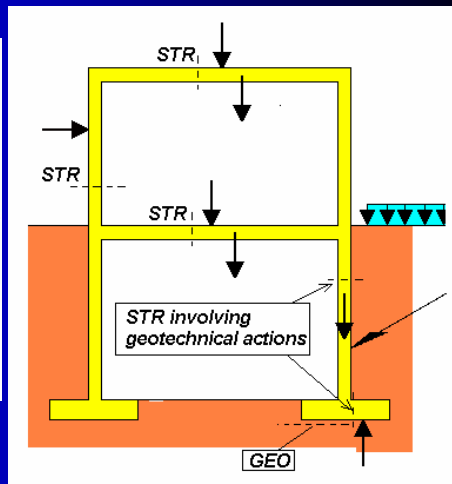
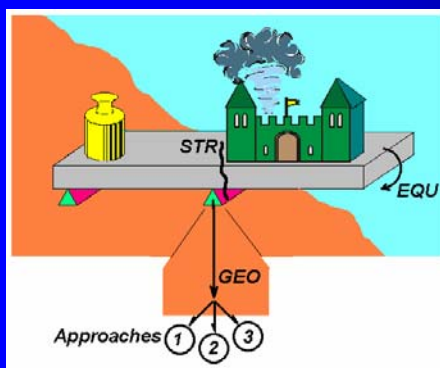
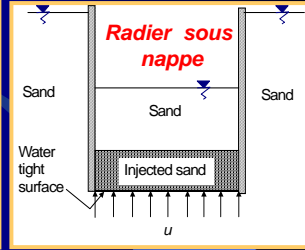
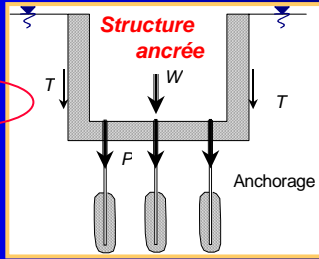
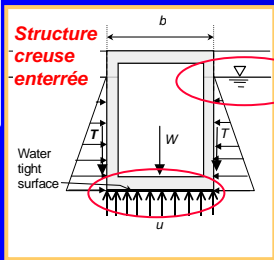


Illustration des états-limites STR, EQU & GEO - J.A Calgaro

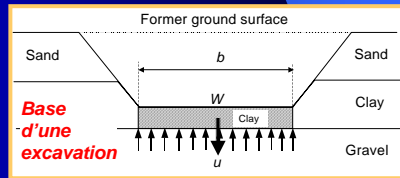
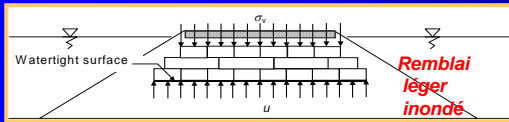
EN1990 - Eurocode : Bases de calcul des structures

## Etats-limites ultimes (UPL)

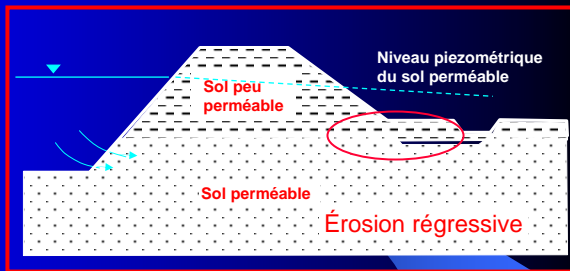
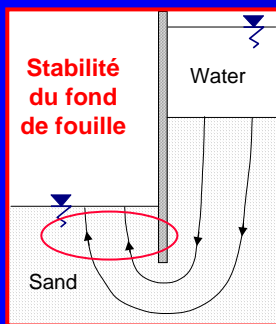


Exemples de situations où un soulèvement dû à des sous pressions hydrauliques peut être critique

$$G_{dst;d} + Q_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d \quad (2.8)$$



## Etats-limites ultimes (HYD)



$$U_{dst;d} \leq \sigma_{stb;d} \quad (2.9a)$$

$$S_{dst;d} \leq G'_{stb;d} \quad (2.9b)$$

Exemples de situations où les effets hydrauliques (soulèvement, érosion interne, érosion régressive) peuvent être critiques



## Les ELU Fondamentaux (EN 1990)

### A1.3.1 Valeurs de calcul des actions dans les situations de projet durables et transitoires

(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**

## Les États-limites (EN 1997-1, article 2.4.7.3.4)

Approches	Combinaisons	Action ( $\gamma_F$ )	Symbole	Jeu A1	Jeu A2
<b>1</b>	A1 "+" M1 "+" R1	Permanente Défavorable	$\gamma_G$	1,35	1,00
	A2 "+" M2 "+" R1	Favorable	$\gamma_G$	1,00	1,00
<b>2</b>	A1 "+" M1 "+" R2	Variable Défavorable	$\gamma_Q$	1,50	1,30
		Favorable	$\gamma_Q$	0	0
<b>3</b>	A1 ou A2 "+" M2 "+" R3				

### Équilibres STR & GEO

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

Résistance ( $\gamma_R$ )	Symbole	Jeu R1	Jeu R2	Jeu R3
Portance	$\gamma_{Rv}$	1,00	1,4	1,00
Glissement	$\gamma_{Rh}$	1,00	1,1	1,00

Fondations superficielles

## ELU fondamentaux STR/GEO

Approche de calcul	Actions sur/de la structure	Actions et résistances géotechniques
1	$A_1$	$M_1$
	$A_2$	$M_2$
2	$A_1$	$R_2$
3	$A_1$	$M_2$

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 <sup>19</sup>

## EN 1997-1 : Liste des annexes A à E

- A - Facteurs partiels de sécurité pour les états limites ultimes (Normative)
- B - Éléments de base concernant les Approches de Calcul 1, 2 et 3 (Informative)
- C - Procédures pour déterminer les poussées des terres sur les murs verticaux (Informative)
- D - Méthode analytique de calcul de la capacité portante (Informative)
- E - Méthode semi-empirique pour l'estimation de la capacité portante (Informative)

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 <sup>20</sup>

## EN 1997-1 : Liste des annexes F à J

- F - Méthodes d'évaluation du tassement (Informative)
- G - Méthode de détermination de la capacité portante des fondations superficielles sur rocher (Informative)
- H - Déplacements limites des fondations et déformation des structures (Informative)
- J - Aide-mémoire pour la surveillance des travaux et le suivi du comportement des ouvrages (Informative)

## EN 1997-1 : L'Annexe A

### A - Facteurs partiels de sécurité pour les états limites ultimes (Normative)

Paramètre de sol	Symbole	valeur
Résistance au cisaillement <sup>1</sup>	$\gamma_\phi$	1,25
Cohésion drainée	$\gamma_c$	1,25
Cohésion non drainée	$\gamma_{cu}$	1,40
Résistance non confinée	$\gamma_{qu}$	1,40
Masse volumique	$\gamma_\gamma$	1,00

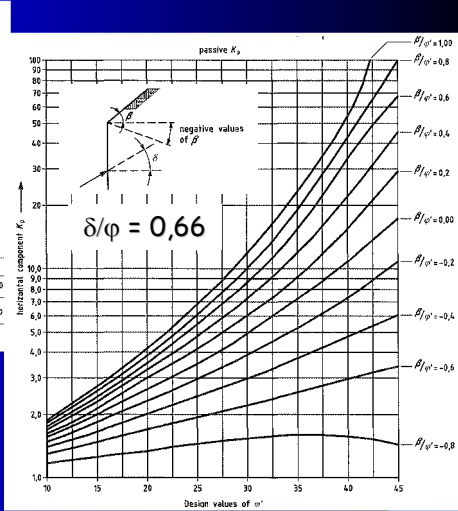
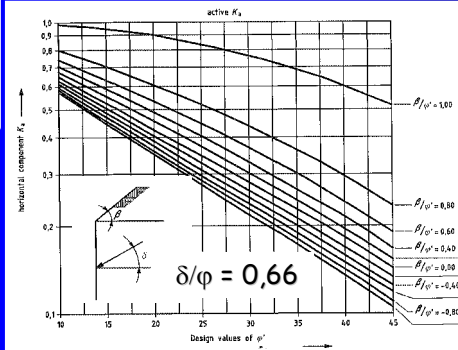
<sup>1</sup> Ce coefficient s'applique à  $\tan \phi$

Action	Symbole	valeur
Permanente		
Défavorable <sup>1</sup>	$\gamma_{G;dst}$	1,10
Favorable <sup>2</sup>	$\gamma_{G;stb}$	0,90
Variable		
Défavorable <sup>1</sup>	$\gamma_{Q;dst}$	1,50
Favorable <sup>2</sup>	$\gamma_{Q;stb}$	0

<sup>1</sup> Destabilisante ; <sup>2</sup> Stabilisante

Etat - limite EQU

## Poussée/Butée des terres EN 1997-1 annexe C



### Poussée/Butée des terres

$$\beta = -\varphi \dot{a} + \varphi$$

$$\delta = 0 ; 2/3\varphi \text{ et } \varphi$$

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 23

## Portance et tassement des fondations EN 1997-1 annexes D, E, F

### Modèle "φ" (annexe D)

$$R/A' = c' \times N_c \times b_c \times s_c \times i_c$$

$$+ q' \times N_q \times b_q \times s_q \times i_q$$

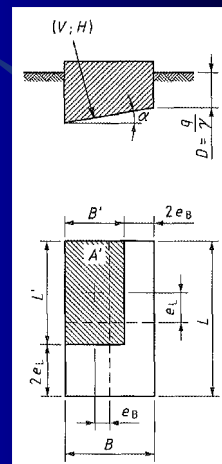
$$+ 0,5 \times \gamma' \times B' \times N_\gamma \times b_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

### Modèle pressiométrique (annexe E)

$$R/A' = \sigma_{v0} + k \times p_{le}^*$$

### Tassement des fondations (annexe F)

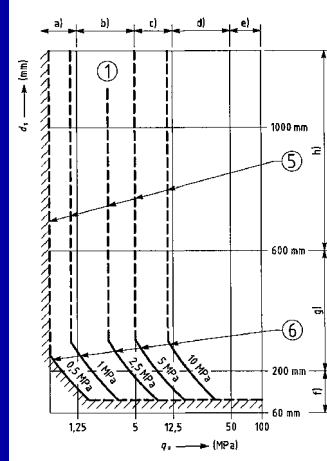
$$s = p \times b \times f / E_m$$



R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 24

## Portance des fondations sur rocher EN 1997-1 annexe G

Groupe	Type de roche
1	Calcaires et dolomies purs Grès carbonatés de faible porosité
2	Roches ignées Calcaires oolithiques et marneux Grès bien cimentés Pélites carbonatées indurées Roches métamorphiques, y compris les ardoises et les schistes (clivage et foliation horizontaux)
3	Calcaires très marneux Grès faiblement cimentés Ardoises et schistes (clivage et foliation inclinés)
4	Pélites et schistes argileux non cimentés



5 La pression admissible ne doit pas excéder la résistance à la compression simple de la roche si les joints sont fermés ou 50% de cette valeur s'ils sont ouverts.

6 Pression admissible: a) roche très tendre, b) roche tendre c) roche modérément tendre d) roche modérément dure e) roche dure

25

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

## EN 1997 - Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais

- exigences essentielles pour les appareillages et les procédures d'essais ;
- exigences essentielles pour la présentation des résultats ;
- interprétation des paramètres mesurés ;
- exemples sur la manière de déduire des valeurs de paramètres géotechniques
- ce ne sont pas (en principe) des normes d'essais géotechniques, pour lesquelles le nouveau TC 341 a été créé au CEN.

26

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

## EN 1997- Partie 2 : Table des matières version WD4 de septembre 2004, en Anglais

- Section 1 Généralités
- Section 2 Planification des reconnaissances de sites
- Section 3 Prélèvements des sols et des roches et mesures hydrauliques
- Section 4 Essais en place sur sols et roches
- Section 5 Essais de laboratoire sur sols et roches
- Section 6 Rapport de reconnaissance du terrain

Annexes informatives (24) : Exemples d'utilisation d'essais

## Essais en place sur sols et roches EN 1997- 2 - Section 4

- essais au pénétromètre statique CPT & CPTU (4.3) ;
- essais au pressiomètre PMT (4.4) ;
- essais au dilatomètre rocher RDT (4.5) ;
- essais de battage au carottier SPT (4.6) ;
- essais de battage d'une pointe conique DP (4.7) ;
- sondage par poids WST (4.8) ;
- essais au scissomètre FVT (4.9) ;
- essais au dilatomètre plat DMT (4.10) ;
- Essais de chargement de plaque PLT (4.11).

## Essais de laboratoire (sols et roches)

### EN 1997- 2 - Section 5

- préparation des échantillons de sol et de roche (5.3 & 5.4) ;
- essais de classification, d'identification et de description des sols (5.5) ;
- essais chimiques des sols et de l'eau (5.6) ;
- indice de résistance et essais de résistance des sols (5.7 & 5.8) ;
- essais de compressibilité des sols (5.9) ;
- essais de compactage des sols (5.10) ;
- essais de perméabilité des sols (5.11) ;
- essais de classification, de gonflement et de résistance des roches (5.12, 5.13 & 5.14) ;

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 29

## Travaux de liaison

<u>EUROCODES</u> (TC 250)	EN 1990	« Bases de calcul des structures » (prise en compte des actions géotechniques)
	EN 1998-5	« Conception parasismique des structures. Fondations, ouvrages de soutènement et géotechniques »
<u>HORS TC 250</u>		
CEN/TC 288 - Exécution des travaux géotechniques		
CEN/TC 341 - Reconnaissance et essais géotechniques		

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005 30

## Pour conclure sur l'Eurocode 7 .....

- un outil pour aider les géotechniciens européens (et d'autres...) à parler le même langage
- un outil pour le dialogue indispensable entre les géotechniciens et les ingénieurs des structures

\*\*\*\*\*

- une aide à la promotion de la recherche (essais et justification des méthodes de calcul)
- un cadre pour harmoniser le « calcul géotechnique » et pour s'interroger sur la pratique actuelle de la reconnaissance des terrains jusqu'aux modèles de calcul

## ... mais on n'oubliera pas pour les « Calculs Géotechniques » ...

(EN 1997-1: § 2.4 Dimensionnement géotechnique par le calcul 2.4.1 Introduction)

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



Merci de votre attention !

R. Frank & Y. Canépa "Le contenu de l'Eurocode 7", Journée CFMS-CFMR, Champs-sur-Marne, 26 janvier 2005

33