

# Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

---

## Normes de dimensionnement : les Eurocodes béton



Pierre PEYRAC

DiRIF

ENPC Marne-la-Vallée - 23 octobre 2014

# Eurocodes et exigences

EN 1990 – Bases de calcul des structures

EN 1991 – Actions sur les structures



EN 1992 – Calcul des structures en béton

EN 1997 – Calcul géotechnique

EN 1998 – Calcul Des structures pour leur Résistance aux séismes

# Eurocodes et exigences

## NF EN 1990 « Bases de calcul des structures »

### Durée d'utilisation de projet

#### 2.1 Exigences de base

(1)P Une structure doit être conçue et réalisée de sorte que, pendant sa durée de vie escomptée, avec des niveaux de fiabilité appropriés et de façon économique :

- elle résiste à toutes les actions et influences susceptibles d'intervenir pendant son exécution et son utilisation ; et
- elle reste adaptée à l'usage pour lequel elle a été conçue.

(2)P Une structure doit être conçue et dimensionnée pour avoir :

- une résistance structurale ;
- une aptitude au service ; et
- une durabilité.

Prise en compte spécifique dans l'EC2

# Contenu spécifique de l'EC2

## Section 4 : « Durabilité et enrobage des armatures »

Condition d'environnement de la structure  
 => l'environnement de l'ouvrage est exprimé en terme de classes d'exposition **lien avec NF EN 206-1/CN**

Tableau 4.1 : Classes d'exposition en fonction des conditions d'environnement, conformément à l'EN 206-1

Désignation de la classe	Description de l'environnement :	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
<b>1 Aucun risque de corrosion ni d'attaque</b>		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion et d'attaque chimique Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible
<b>2 Corrosion induite par carbonatation</b>		
XC1	Sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau Un grand nombre de fondations
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé Béton extérieur abrité de la pluie
XC4	Alternativement humide et sec	Surfaces de béton soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2
<b>3 Corrosion induite par les chlorures</b>		
XD1	Humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
XD2	Humide, rarement sec	Piscines Éléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures
XD3	Alternativement humide et sec	Éléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures Chaussées Dalles de parcs de stationnement de véhicules

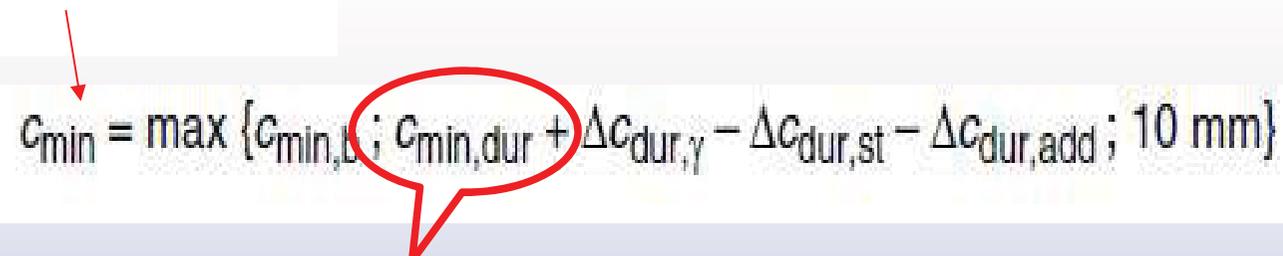
- . Approche par surface de parti d'ouvrage : enrobage.
- . Approche par parties d'ouvrages : choix des bétons

# Contenu spécifique de l'EC2

## Section 4 : « Durabilité et enrobage des armatures »

Détermination des enrobages

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$


$$c_{min} = \max \{ c_{min,e}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

Enrobage minimal vis-à-vis de la durabilité :

Fait intervenir :

- les classes d'expositions
- la classe structurale (durée d'utilisation – nature/résistance du béton)

# Contenu spécifique de l'EC2

## Rappel : Etats-limites de Service (ELS) - **BAEL**

Les principaux paramètres qui interviennent dans la limitation de l'ouverture des fissures sont le pourcentage des armatures tendues, les diamètres de celles-ci qu'il faut proportionner aux dimensions transversales des pièces, leur répartition, et leur contrainte de traction sous les combinaisons de l'article A.3.3,3.

Contraintes de traction des armatures liées « au niveau » de fissuration :

- peu préjudiciable
- préjudiciable
- très préjudiciable

Exemple : en fissuration préjudiciable  $\sigma_s < 250$  MPa à l'ELS rare

# Contenu spécifique de l'EC2

## Section 7 : Etats-limites de Service (ELS) - EC2

Approche différente de celle du BAEL :

. *Limitation des contraintes :*

Pas de lien direct entre les limites de contraintes à l'ELS caractéristique et la durabilité.

→  $f_{yd} = 0,8 \times 500 = 400$  MPa à l'ELS caractéristique contre 250 MPa à l'ELS rare en fissuration préjudiciable

. *Maîtrise de la fissuration :*

- prise en compte de la durabilité des structures :
- à l'ELS fréquent pour les ponts
- à l'ELS quasi permanent pour les bâtiments

# Contenu spécifique de l'EC2

## Section 7 : Etats-limites de Service (ELS) - EC2

. *Maîtrise de la fissuration :*

1- Détermination de la valeur limite  $w_{max}$  de l'ouverture des fissures en lien avec les classes d'exposition :

Tableau 7.101NF : Valeurs recommandées de  $w_{max}$  et règles de combinaison pertinentes

Classe d'exposition	Éléments en béton armé et élément en béton précontraint sans armatures adhérentes	Éléments en béton précontraint à armatures adhérentes
	Combinaison fréquente de charges	Combinaison fréquente de charges
X0, XC1	0,30 mm <sup>(1)</sup>	0,20 mm
XC2, XC3, XC4	0,30 mm	0,20 mm <sup>(2) (3)</sup>
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3	0,20 mm	Décompression <sup>(3)</sup>

# Contenu spécifique de l'EC2

## Section 7 : Etats-limites de Service (ELS) - EC2

. *Maîtrise de la fissuration :*

2- Deux méthodes possibles pour les ponts :

### Méthode directe (7,3,4)

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + a_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

### Méthode simplifiée (Clause 7.3.3 EC2.2 AN)

- Espacement des armatures  $< 5(c+\emptyset/2)$
- Contrainte :
  - .  $\sigma_s < 1000 W_{max}$  (éléments fléchis)
  - .  $\sigma_s < 600 W_{max}$  (éléments tendus)

*Exemple :*

- XC3 :  $w_{max}=0,3\text{mm}$   $\rightarrow \sigma_s < 300 \text{ MPa}$  à l'ELS fréq, non dimensionnant couvert par ELS Cara
- XD2 :  $w_{max}=0,2\text{mm}$   $\rightarrow \sigma_s < 200 \text{ MPa}$  à l'ELS fréq, **peut devenir dimensionnant**

# Contenu spécifique de l'EC2

## Annexe E : « Classes indicatives de résistance pour la durabilité »

*(informative, mais rendue normative par l'annexe nationale)*

- Résistance minimale du béton en fonction de l'environnement
- Peut conduire à une résistance plus élevée que celle exigée pour le dimensionnement de la structure.

Tableau E.1N – Classes indicatives de résistance

Classes d'exposition selon le Tableau 4.1										
<b>Corrosion</b>										
	Corrosion induite par carbonatation				Corrosion induite par les chlorures			Corrosion induite par les chlorures de l'eau de mer		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Classe indicative de résistance	C20	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C30/45	
<b>Dommages au béton</b>										
	Aucun risque	Attaque par gel et dégel				Attaque chimique				
	X0	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3			
Classe indicative de résistance	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37			C35/45		

# Bilan

EC2 : Insistance accrue sur l'expression de la **durabilité** :

- Lien direct avec la NF EN 206-1/CN
- Formalisation dans l'enrobage et la maîtrise de la fissuration
- Durabilité et résistance mécanique conditionnent le choix du béton

Importance d'une bonne **définition des classes d'exposition** lors de l'élaboration du projet

**Plus grande responsabilité du concepteur** ; EC moins directifs que les règlements antérieurs, plus de liberté dans le choix de paramètres et de méthodes.



Direction territoriale Ile-de-France

# Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

---

## Merci de votre attention

