

LES MATINALES de l'AFCAB Paris – 25 Octobre 2011



9h30 Accueil du public et présentation des matinales.

• C. MARCHEIX

Introduction du thème de la journée.

• B. CRETON

Genèse et organisation des EUROCODES, questions d'interprétation résolues et questions encore en suspens.

• J. DITRICHSTEIN

Impact des EUROCODES et de la réglementation parasismique sur les aciers.

• B. MARIN

Impact des EUROCODES et de la réglementation parasismique sur les armatures.

• J.M. TRUCHE

Impact des EUROCODES et de la réglementation parasismique sur les boîtes d'attente.

• J. DITRICHSTEIN

Conclusion.

• B. CRETON

AFCAB - 10/2011

Les Matinales de l'AFCAB - 25 octobre 2011 - PARIS

Les EUROCODES
« Leurs impacts sur les aciers et
sur les armatures du béton »

Introduction par Bernard Creton, Président de l'AFCAB



AFCAB - 10/2011

Ce qu'est L'AFCAB ?

- ✓ Sa vocation première : être un organisme de certification tierce partie dans le domaine des armatures du béton
- ✓ Fondée en 1990 par des groupes de producteurs, des grands utilisateurs (ministère équipement, EDF, SNCF) et un centre technique
- ✓ Aujourd'hui, l'AFCAB met en œuvre **5** procédures de certification Aciers pour béton armé, Armatures, Pose d'armatures, dispositifs de raboutage et d'ancrage, boîtes d'attente
- ✓ A ce jour, près de **200** titulaires (dont **93** pour les armatures et **76** pour les aciers pour béton armé)

Ce qu'est L'AFCAB ?

- ✓ Aujourd'hui, plus qu'un simple organisme de certification, l'AFCAB est devenu un interlocuteur essentiel dans le domaine des armatures pour le béton armé
- ✓ Pour assurer ce rôle, venir aux contacts des partenaires du secteur et organiser un dialogue avec eux
- ✓ Premier sujet de dialogue : Les impacts des EUROCODES sur les aciers et les armatures du béton armé

Pourquoi Les EUROCODES ?

- ✓ Un sujet d'actualité essentiel pour le secteur de la construction
- ✓ Normes d'origine européenne qui s'appliquent dorénavant pour la conception, le dimensionnement et la justification des structures de bâtiment et de génie civil
- ✓ Un chantier exemplaire, une longue histoire commencée en 1976 sous l'impulsion de la Commission européenne et écrite par les instances de normalisation européenne à partir de 1989

Les EUROCODES

- ✓ Un ensemble de **63** normes d'origine européenne + **50** documents d'application nationale
- ✓ Documents communs à l'ensemble des structures (bases de calcul, actions sur les structures, résistance aux séismes)
- ✓ Textes spécifiques aux différents types de structures (béton, acier, mixtes acier-béton, bois, maçonnerie, géotechnique, aluminium)

Programme de la matinée

- ✓ **Jean DITRICHSTEIN** : Présentation des EUROCODES concernant le béton armé et les documents afférents
- ✓ **Bruno MARIN** : Impacts des EUROCODES sur les aciers pour béton armé
- ✓ **Jean-Marc TRUCHE** : Impacts des EUROCODES sur les armatures
- ✓ **Jean DITRICHSTEIN** : Impacts des EUROCODES sur la préconisation des boîtes d'attente

Matinale de l'AFCAB du 25/10/2011

**Présentation des Eurocodes
concernant le béton armé et des
divers textes qui les accompagnent.**

J. DITRICHSTEIN Ingénieur ECP

Principales étapes



- **1980**
Rédaction d'une **première version** par cinq rédacteurs.
- **1985**
Après enquête auprès des douze états membres, création d'un groupe de travail de douze représentants.
- **1992**
Rédaction d'une **norme expérimentale** en anglais et publication par l'AFNOR de sa traduction en français.
- **1992- 1998**
Six ans d'expérimentation de la norme expérimentale.
- **1998**
Mise en place de **groupes de rédaction** qui procèdent à diverses remises en cause.
- **1999**
Diffusion d'un nouveau projet suivi de **plusieurs versions successives**.

AFCAB - 10/2011

- **Décembre 2004**
Mise à disposition de
**l'EC2 1-1 « Calcul des structures en béton.
Règles générales pour les bâtiments »**
par la commission européenne de normalisation.
- **Octobre 2005**
Publication de la transposition en français de l'EC 2-1-1:
NF EN 1992-1-1 (NF P 18-711-1)
C'est à la fois une norme française et une norme européenne
- **De 2005(?) à 20....**
Echange de questions réponses entre la **commission française BNSR CF EC2 dite commission « miroir »**, et les commissions française et européenne de normalisation



AFCAB - 10/2011

- Mars 2007 :



Publication de l'

Annexe Nationale française NF EN 1992-1-1/NA (NF P 18-711-2)

- C'est aussi une norme française et européenne qui précise les prescriptions ou formules laissées à explicitement l'appréciation de chaque état par des notes de l'EC 2 -1-1.
- C'est le **début de la « période de coexistence »** entre les règles BAEL et l'EC2 -1-1 qui est fixée à **3 ans (jusqu'à mars 2010)** par la Commission Européenne.
- Publication des **« Recommandations professionnelles pour l'application de la norme NF EN 1992-1-1 »** rédigées par la commission miroir.

AFCAB - 10/2011

- Juin 2009 :

Intégration du **corrigendum C1** dans la version de l'EN 1992-1-1 **octobre 2005 2ème tirage 06/2009**



- Avril 2010 :

Retrait des règles BAEL de la liste des DTU en vigueur par la Commission Générale de normalisation en charge des DTU bâtiment. Les pièces écrites des marchés doivent faire référence à l'EC2 1-1 à la place des règles BAEL

- 2010-2011 :

Corrigendum C2 en cours EN 1992-1-1 :2004/AC : 2010 (établi, non encore publié)

Des documents d'application seront nécessaires. On peut citer:

- le **« Guide pour l'application de l'Eurocode 2- partie 1-1 »** rédigé par Henry THONIER et mis en ligne récemment par EFG-BTP et UMGO-FFB qui reprend les réponses validées ainsi que des explications et exemples de calcul très utiles.
- les **« Guides Eurocodes »** du PLAN EUROPE diffusés par les éditions du CSTB qui contiennent des aides au calcul

AFCAB - 10/2011

Etat d'avancement des autres Eurocodes concernant le béton armé.



Autres Eurocodes 2 ou EN 1992

- **NF EN 1992-1-2: Règles générales - Calcul du comportement au feu.** Publiée, 2005/10
- C1 Corrigendum EN 1992-1-2:2004/AC:2008 En cours
- Annexe nationale NF EN 1992-1-2/NA publiée 2007/03
- AN Annexe nationale NF EN 1992-1-2/NA Publiée, 2007/10
- **NF EN 1992-2: Ponts en béton - Calcul et dispositions constructives.** Publiée, 2006/05
- C1 Corrigendum EN 1992-2:2005/AC:2008 En cours
- Annexe nationale NF EN 1992-2/NA publiée 2007/03
- AN Annexe nationale NF EN 1992-2/NA Publiée, 2007/04
- **NF EN 1992-3: Silos et réservoirs.** Publiée, 2006/12
- Annexe nationale NF EN 1992-3/NA publiée 2007/03

AFCAB - 10/2011

Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes.



- **NF EN 1998-1: Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.** Publiée, 2005/09
- C1 Corrigendum EN 1998-1:2004/AC:2009 Intégré, 2010/10
- AN Annexe nationale NF EN 1998-1/NA Publiée, 2007/12
- **NF EN 1998-2: Ponts.** Publiée, 2006/12
- A1 Amendement NF EN 1998-2:2005/prA1 Version française en cours de validation.
- A2 Amendement NF EN 1998-2:2005/FprA2 Enquête publique close le 2011-02-25
- C1 Corrigendum EN 1998-2:2005/AC:2010 Intégrée, 2010/02
- AN Annexe nationale NF EN 1998-2/NA Publiée, 2007/10
- **NF EN 1998-3: Evaluation et renforcement des bâtiments.**
- Publiée, 2005/12
- C1 Corrigendum EN 1998-3:2005/AC:2010 Intégrée, 2010/10
- AN Annexe nationale NF EN 1998-3/NA Publiée, 2008/01
- AN Annexe nationale NF EN 1998-4/NA Publiée, 2008/01
- **NF EN 1998-4 : Silos réservoirs et canalisations.** Publié 2007/03
- **NF EN 1998-5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.** Publiée, 2005/09
- AN Annexe nationale NF EN 1998-5/NA Publiée, 2007/10
- **NF EN 1998-6: Tours, mâts et cheminées.** Publiée, 2005/12

AFCAB - 10/2011

Origines de l'obligation de se conformer aux Eurocodes



- L'application des textes normatifs peut s'imposer de plusieurs façons.

Marchés publics

- La base est le **Code des marchés publics**. L'article 6 de ce texte prescrit de définir les spécifications techniques soit en terme de performances (solution très rare), soit par **référence à des normes ou autres documents équivalents**.
- **L'arrêté du 28 août 2006** précise que ces normes ou autres documents équivalents doivent être choisis suivant un ordre de préférence qui **place en premier rang les normes nationales transposant les normes européennes**.
- En pratique dès 2009 plusieurs notes du Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi ont fait des recommandations dans ce sens. **La référence, dans les marchés publics, aux normes françaises transposant les Eurocodes est donc générale**

AFCAB - 10/2011

Marchés privés



- **Il n'y a pas de cadre réglementaire général.**
- La Norme NF P 03-001 « Marchés privés- Cahiers types-CCAG applicable aux travaux de bâtiment faisant l'objet d'un marché privé » prévoit l'application des normes françaises.
- Si le marché se réfère à cette norme le respect de ces normes devient une obligation contractuelle.
- Dans les autres cas, il faut **se référer au contrat signé.**

AFCAB - 10/2011

Tous types de marchés. Eurocode 8



- Certaines normes sont rendues **d'application obligatoire par arrêté**. L'arrêté du 22 octobre 2010 pris en application du Code de l'environnement et les décrets 2010-1254 et 2010-1255 du même jour imposent l'application de l'**Eurocode 8 depuis le 1er mai 2011**.
- **Période transitoire**: pour les « catégories d'importance » de bâtiments II, III et IV dont le **permis de construire est déposé avant le 31 octobre 2012, les règles PS 92 restent** applicables avec des valeurs d'accélération modifiées.
- Pour les « **catégories d'importance II** » de bâtiments répondant à certains **critères**, les règles simplifiées **PS MI** « Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés » peuvent être utilisées.
- L'arrêté définit quatre « **catégories d'importance** » de bâtiments et cinq « **zones de sismicité** » suivant lesquelles les exigences varient.
- Le zonage sismique est communal alors qu'il était cantonal dans les règles PS 92.
- **L'application de l'Eurocode 8 impose celle de l'Eurocode 2**

AFCAB - 10/2011

Réglementation applicable



- Zone 1 : - Aucune exigence
- Zone 2 : - Bâtiments de classes 1 et 2 : Aucune exigence
- Bâtiments de classes 3 et 4 : Eurocode 8
- Zone 3 et 4 : - Bâtiments de classes 1: Aucune exigence
- Bâtiments de classes 2 : PS- MI ou Eurocode 8 selon critères essentiellement géométriques
- Bâtiments de classes 3 et 4 : Eurocode 8
- Zone 5 : - Bâtiments de classes 1 : Aucune exigence
- Bâtiments de classes 2 : CP- MI (Antilles)
- Bâtiments de classes 3 et 4 : Eurocode 8

Les accélérations de calcul augmentent avec la classe des bâtiments

AFCAB - 10/2011

Exemples de catégories de bâtiments



Catégorie I : Bâtiments ans séjour humain de longue durée.

Catégorie II : Maisons individuelles, bâtiments de moins de 28m, établissements industriels ou commerciaux recevant moins de 300 personnes...

Catégorie III : établissements scolaires, bâtiments de plus de 28m, établissements industriels ou commerciaux recevant plus de 300 personnes, la plupart des établissements sanitaires...

Catégorie IV : bâtiments concernant la défense, les secours, les télécommunications, l'eau potable...

AFCAB - 10/2011

IMPACT DES EUROCODES SUR LES ACIERS



Les Matinales de l'AFCAB, 25 octobre 2011, PARIS

Bruno MARIN, Directeur Qualité RIVA France

20

AFCAB - 10/2011

- ✓ Objectifs et principes des Eurocodes,
- ✓ Les critères principaux,
- ✓ L'Eurocode 2, performances requises et comportement au feu des aciers,
- ✓ L'Eurocode 8, performances à garantir, les classes de ductilité et le parasismique,
- ✓ Conclusions.



21

AFCAB - 10/2011

EUROCODE 2 :

Traite des exigences de résistance mécanique, aptitude au service, durabilité et résistance au feu des structures béton.

EUROCODE 8 :

Traite de la conception et du dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes.

2 principes fondamentaux

∅ Durabilité et Robustesse des constructions



Sécurité des personnes et aptitude au service
Robustesse en cas de situations accidentelles
Durabilité compte tenu des conditions environnementales

22

AFCAB - 10/2011

Pour garantir ces critères, cela suppose :

- Ø Des Personnels suffisamment Qualifiés et Expérimentés
- Ø Une Surveillance et une maîtrise de la Qualité adéquate



Les produits de construction visés par les Eurocodes doivent être conçus de manière à assurer principalement :

- Ø La Résistance mécanique et la stabilité de l'ouvrage,
- Ø La Sécurité incendie.

Le producteur d'acier doit ainsi assurer pour les utilisateurs, des produits avec entre autres, les performances suivantes :

- Ø La résistance élastique f_{yk} , compris entre 400 et 600 Mpa,
- Ø Des armatures à haute adhérence,
- Ø Des ductilités améliorées, (3 classes)
Notamment les Classes B ou C pour les zones soumises à des contraintes élevées (zone sismique)
- Ø Des Propriétés de Résistance et de déformation au feu,

Tableau 3.2a : Valeurs pour la classe N des paramètres contrainte-déformation aux températures élevées des aciers de béton armé laminés à chaud ou formés à froid

Température de l'acier θ [°C]	$f_{yk, \theta} / f_{yk}$		$f_{p0,2} / f_{yk}$		$E_{k, \theta} / E_k$	
	laminé à chaud	formé à froid	laminé à chaud	formé à froid	laminé à chaud	formé à froid
1	2	3	4	5	6	7
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,64	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,07	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,06	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1 000	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03
1 100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 3.2b : Valeurs pour la classe X des paramètres contrainte-déformation aux températures élevées des aciers de béton armé laminés à chaud ou formés à froid

Température de l'acier θ [°C]	$f_{yk, \theta} / f_{yk}$		$f_{p0,2} / f_{yk}$		$E_{k, \theta} / E_k$	
	laminé à chaud ou formé à froid					
20	1,00	1,00	1,00	1,00		
100	1,00	1,00	1,00	1,00		
200	1,00	1,00	0,87	0,95		
300	1,00	1,00	0,74	0,90		
400	0,90	0,90	0,70	0,75		
500	0,70	0,70	0,51	0,60		
600	0,47	0,47	0,18	0,31		
700	0,23	0,23	0,07	0,13		
800	0,11	0,11	0,05	0,06		
900	0,06	0,06	0,04	0,07		
1 000	0,04	0,04	0,02	0,04		
1 100	0,02	0,02	0,01	0,02		

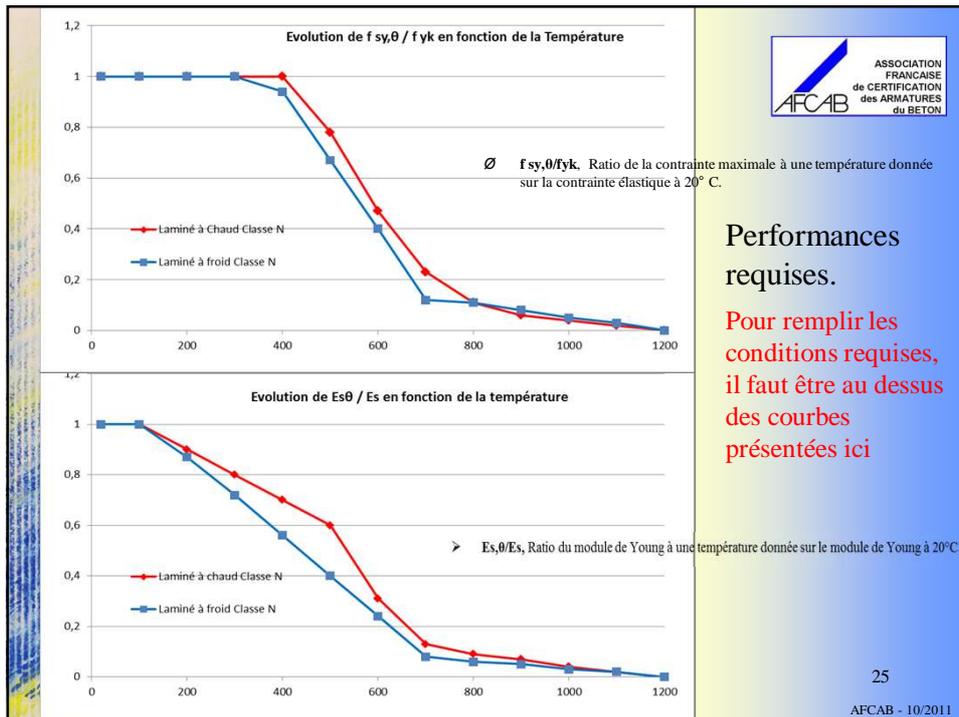
Note : Le choix de la classe N (Tableau 3.2a) ou X (Tableau 3.2b) à utiliser dans un pays donné peut être fourni par son Annexe Nationale. La classe N est généralement recommandée. La classe X est recommandée uniquement si ces valeurs sont validées expérimentalement.



L'annexe nationale ne retient que la classe N

Eurocode 2

Résistance au feu



Performances requises.

Pour remplir les conditions requises, il faut être au dessus des courbes présentées ici

COMPORTEMENT DES ACIERS «APAC» à la tenue au feu

ASSOCIATION FRANÇAISE de PROMOTION des ACIERS pour la CONSTRUCTION

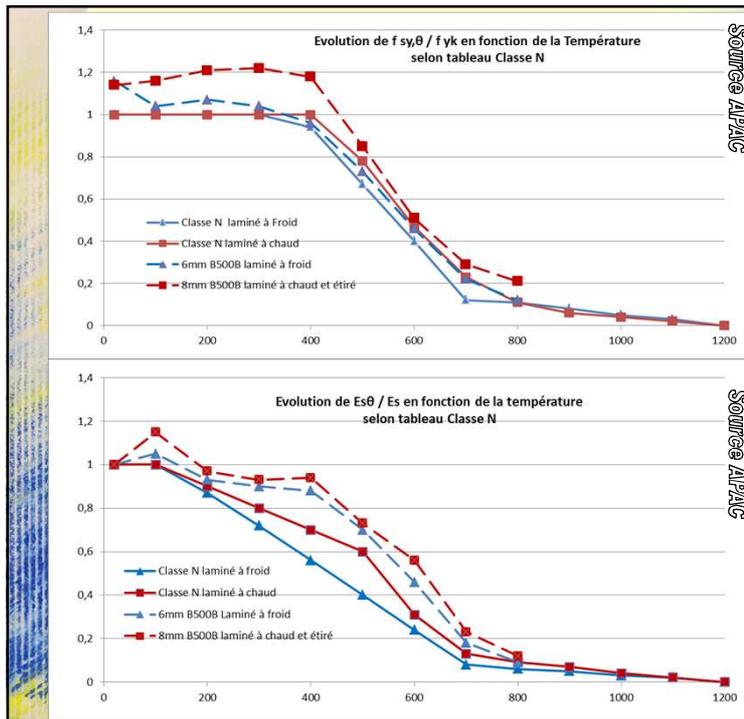
ASSOCIATION FRANÇAISE de CERTIFICATION des ARMATURES du BETON

Association française de Promotion des Aciers pour la Construction

Ø $f_{sy,\theta}/f_{yk}$, Ratio de la contrainte maximale à une température donnée sur la contrainte élastique à 20° C.

Ø $E_{s,\theta}/E_s$, Ratio du module de Young à une température donnée sur le module d'Young à 20°C.

Le module de Young (E) ou module d'élasticité ou encore module de traction est la constante qui relie la contrainte de traction ou de compression et la déformation pour un matériau élastique.



Source APAC

Source APAC



Essais effectués par le CERIB pour le compte de l'APAC.

2 types d'aciers (laminés à froid et laminés à chaud) fabriqués par les membres de l'APAC répondent aux exigences classe N de l'eurocode 2 (tenue au feu)

27

AFCAB - 10/2011

Tableau C.1 : Propriétés des armatures

Forme du produit	Barres et fils redressés			Treillis soudés			Exigence ou valeur du fractile (%)	
	A	B	C	A	B	C		
Classe	400 à 600						—	
Limite caractéristique d'élasticité f_{yk} ou $f_{0,2k}$ (MPa)	400 à 600						5,0	
Valeur minimale de $k = (f_t / f_{yk})$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0	
Valeur caractéristique de la déformation relative sous charge maximale, ϵ_{uk} (%)	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0	
Aptitude au pliage	Essai de pliage/dépliage			—			—	
Résistance au cisaillement	—			$0,3 A f_{yk}$ (A est l'aire du fil)			Minimum	
Tolérance maximale vis-à-vis de la masse nominale (barre ou fil individuel) (%)	Dimension nominale de la barre (mm)			—			5,0	
	≤ 8	EC2			$\geq 6,0$			
	> 8	EC2			$\geq 4,5$			

NOTE : Les valeurs d'étendue de contrainte en fatigue avec leur limite supérieure de βf_{yk} et la surface projetée des verrous, à utiliser dans un pays donné peuvent être fournies par son Annexe Nationale. Les valeurs recommandées sont données dans le Tableau C.2N. La valeur de β à utiliser dans un pays donné peut être fournie par son Annexe Nationale. La valeur recommandée est $\beta = 0,6$.

Tableau C.2N : Propriétés des armatures

Forme du produit	Barres et fils redressés			Treillis soudés			Exigence ou valeur du fractile (%)	
	A	B	C	A	B	C		
Classe	—						—	
Étendue de contrainte en fatigue (MPa) (pour $N \geq 2 \times 10^5$ cycles) avec une limite supérieure de βf_{yk}	≥ 150			≥ 100			10,0	
Adhérence : surface projetée des nervures ou verrous, $f_{t,min}$	Dimension nominale de la barre (mm)			—			5,0	
	5 - 6			EC2				0,035
	6,5 à 12			EC2				0,040
	> 12			EC2			0,056	



L'Eurocode 8

Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

L'eurocode 8 fait référence au tableau C.1 de l'eurocode 2 pour les propriétés des armatures.

28

AFCAB - 10/2011

Nouveau zonage sismique de la France

Zones de sismicité

- 1 (très faible)
- 2 (faible)
- 3 (modérée)
- 4 (moyenne)
- 5 (forte)

Carte sismique officielle de 1991

29

AFCAB - 10/2011

Les différents processus de fabrication des fils ou des barres

Verrous ou Empreintes

quatro

trio

Etirage

Laminage fil crénelé pour étirage

Laminage fil crénelé trempé revenu

Température 1000°C	Peau 300°C Cœur 800°C	Homogénéisation 600°C	Ambiante

Laminage fil crénelé Auto trempant

Roquettes

Treillis soudé

Couronne brute

30

AFCAB - 10/2011

Classes de ductilité, Impact sur les aciers



Pour Garantir les performances de ductilité Classe A, B et C, **le sidérurgiste** doit adapter les analyses chimiques.

Classe	Procédé	Analyse chimique en pourcent							Impact économique
		Carbone	Manganèse	Silicium	Cuivre	Titane	Bore	Vanadium ou Niobium	
A	Froid	0,08	0,5	0,12	0,5 max	non	non	non	Base
B	Froid	0,05	0,4	0,1	0,2 max	oui	oui	non	€€
	Froid	0,12	0,75	0,2	0,5 max	non	non	non	€
	Chaud	0,18	1	0,2	0,5 max	non	non	non	€€
C	Chaud	0,18	1/1,2	0,25	0,5 max	non	non	oui	€€€

Bas carbone = oxydation du fer = mise au mille élevée,
 Bas cuivre = Enfournement de ferrailles nobles plus chères,
 Carbone et Ferro-alliages élevés = Surcoût Manganèse, Silicium, Vanadium et Niobium

31

AFCAB - 10/2011

Classes de ductilité, Impact sur les aciers



Pour Garantir les performances de ductilité Classe A, B et C, **le lamineur** doit adapter son procédé de laminage et la transformation en aval.

- Ø **Procédé 1** Crantage à froid
- Ø **Procédé 2** Etirage à partir d'une ébauche crénelée laminée à chaud
- Ø **Procédé 3** Trempé revenu
- Ø **Procédé 4** Auto trempant avec Micro allié

Base

Procédé 1 Ok pour Classe A, classe B possible (quelques producteurs certifiés)

€

Pour classe B, nécessité d'adapter le diamètre du fil machine donc Baisse de productivité au laminoir

Procédé 2 Ok pour Classe B et Classe C

€€

Production d'ébauche crénelé à chaud au diamètre final. (Ex: 8 Nersam au lieu de 8,5 lisse), gestion complexe des différents marquages Clients «Etireurs», stocks produits et Baisse de productivité au laminoir.

Procédé 3 Ok pour Classe B et Classe C

€€€

Traitement thermique par trempé et revenu directement sur le laminoir à Fil, Production au diamètre final, difficulté de laminage des petits diamètres, mise au mille (éboutage obligatoire pour le fil en couronne) et Baisse de productivité au laminoir.

Procédé 4 Ok pour Classe B et Classe C

€€

Traitement thermique d'un produit auto trempant directement sur le laminoir, Production au diamètre final, difficulté de laminage des petits diamètres et Baisse de productivité au laminoir.

32

AFCAB - 10/2011

Conclusions

- Les Eurocodes 2 et 8 impactent directement les conditions d'élaboration et de transformation des aciers.(analyses chimiques et procédés de transformation)
- Les caractéristiques telles que l'adhérence, la tenue à la fatigue, les tolérances sur masse métrique et l'aptitude au pliage sont définies mais ne comportent pas de changement majeur.
- Les critères de ductilité améliorée et de tenue au feu sont des caractéristiques importantes pour la résistance globale des ouvrages, il s'agit donc à nous sidérurgistes et transformateurs d'aciers de travailler ensemble pour mettre sur le marché des aciers donnant toutes les garanties aux utilisateurs.
- Les règles parasismiques de l'eurocode 8 et la nouvelle carte sismique française vont tendre à redistribuer les catégories d'acier et leurs procédés de production.

Merci pour votre attention

33

AFCAB - 10/2011

Impact des EUROCODES et de la réglementation parasismique sur les armatures

Les Matinales de l'AFCAB - 25 octobre 2011 - PARIS

Jean - Marc TRUCHE
Groupe EXPERTON - REVOLLIER - FIMUREX

1

AFCAB - 10/2011

Les évolutions pour l'armaturier et le poseur

- Diamètres intérieurs de cintrage
- Ancrages et recouvrements
- Armatures transversales
- Enrobage des armatures
- Règles parasismiques
- Conclusion

• Diamètres intérieurs de cintrage des armatures façonnées (EC 2 1-1 - Section 8)

Ils doivent permettre de :

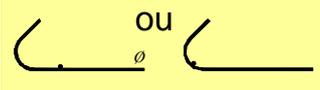
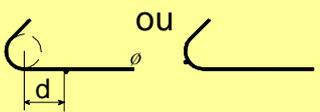
- ne pas endommager l'armature lors du façonnage
- ne pas endommager le béton lors de la mise en charge de l'armature

1) Non endommagement de l'armature :

a) barres

Diamètre de la barre	Diamètre <u>minimal</u> du mandrin
$\varnothing \leq 16$	4 \varnothing
$\varnothing > 16$	7 \varnothing

**b) Treillis soudés et assemblages soudés pliés
après soudage**

Diamètre <u>minimal</u> du mandrin ($\varnothing_{m,min}$)	
 ou 	
$\varnothing_{m,min} = 5 \varnothing$	Si $d \geq 3 \varnothing \Rightarrow \varnothing_{m,min} = 5 \varnothing$ Si $d < 3 \varnothing$ ou soudure dans la partie courbe $\Rightarrow \varnothing_{m,min} = 20 \varnothing$

4

AFCAB - 10/2011

2) Justification vis-à-vis de la **rupture du béton** :

En principe, calcul des diamètres intérieurs minimaux de cintrage (pas de valeurs forfaitaires).

Dans certains cas, diamètres intérieurs de cintrage obtenus par le calcul pouvant être importants.

Remarque : justification non applicable pour les armatures d'effort tranchant et autres armatures transversales (cadres, étriers, épingles ...).

Diamètres des cadres, étriers, épingles ...	Diamètre <u>minimal</u> du mandrin
$\varnothing \leq 16$	$4 \varnothing$
$\varnothing > 16$	$7 \varnothing$

5

AFCAB - 10/2011

Conséquences et risques :

- apparition sur les plans d'une multitude de diamètres de façonnage issus directement du calcul (utilisation de logiciels pour les calculs)

Exemple : $\varnothing_m = 121,7 \text{ mm}$

- pas de correspondance systématique entre diamètres de façonnage calculés et diamètres de façonnage disponibles en usine

- diamètres de façonnage pouvant être différents pour des barres de diamètre identique

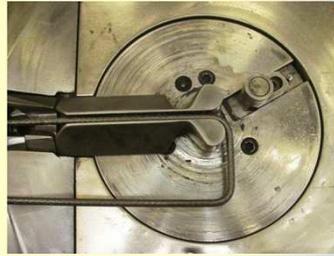
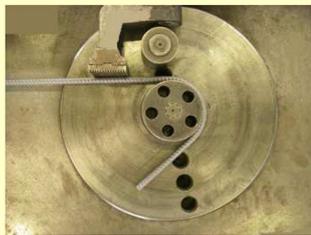
Ancrage par courbure de barres tendues - Diamètre intérieur de cintrage	
BAEL 91/99	EC2 1-1
Généralement de l'ordre de 10 \varnothing et identique pour un même diamètre de barre	Calculé au cas par cas et peut être différent pour un même diamètre de barre

Diamètres de façonnage recommandés par la norme NF EN 13670 « Exécution des ouvrages en béton » et son Annexe Nationale (à paraître) - (Annexe D) :

16, 20, 25, 30, 32, 40, 50, 63, 70, 80, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500, 630 et 800.

(en rouge, diamètres intérieurs de cintrage minimaux de la norme NF A 35-027 - Nov. 2009 - Tableaux 1 à 3)

Norme NF A 35-027 (Nov. 2009) « Armatures » :
« l'armaturier et le concepteur de l'armature
s'entendent pour définir des diamètres intérieurs de
cintrage compatibles avec la fabrication en usine, par
exemple, en ajustant les diamètres calculés sur ceux
des tableaux 1 à 3 de la norme ».



8

AFCAB - 10/2011

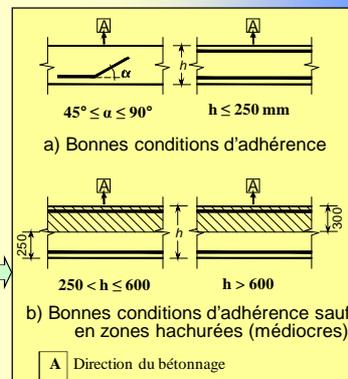
• **Ancrages et recouvrements (EC 2 1-1 - Section 8)**

Contrairement aux règles BAEL 91/99, pas de valeurs
forfaitaires proposées par l'EC 2 1-1 pour les ancrages
(rectilignes ou par courbure) et pour les recouvrements
des armatures.

a) Longueur d'ancrage

Doit en principe être calculée.
Dépend de plusieurs paramètres dont :

- Résistance en traction du béton
- Diamètre de la barre à ancrer
- Limite d'élasticité de l'acier
- Conditions d'adhérence des barres
- Effort dans la barre à ancrer



9

AFCAB - 10/2011

La prise en compte de facteurs d'influence (coefficients α_1 à α_5) dans le calcul permet, dans certains cas, de minorer la longueur d'ancrage finale.

Ces coefficients tiennent compte de :

- l'effet de la forme de l'ancrage (droit ou par courbure) (α_1) ;
- l'effet de l'enrobage (α_2) (en fonction du type d'ancrage) ;
- l'influence éventuelle :
 - d'armatures transversales non soudées (α_3) ;
 - d'armatures transversales soudées (α_4) ;
- l'effet d'une compression transversale (α_5) .

b) Longueur de recouvrement

Comme pour les ancrages, la longueur de recouvrement est en principe à calculer.

Elle dépend de la proportion de barres avec recouvrement dans une même section (coefficient α_6).

- Proportion ρ_1 de barres avec recouvrement :				
ρ_1	< 25 %	33 %	50 %	> 50 %
α_6	1	1,15	1,4	1,5

Des conditions relatives aux décalages des barres en recouvrement sont à respecter.

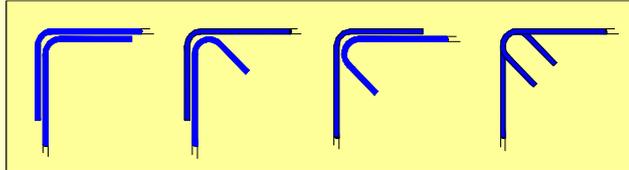
Longueur d'ancrage rectiligne ou de recouvrement	
BAEL 91/99	EC2 1-1
Valeur forfaitaire : 50 Ø	A déterminer par le calcul

• Armatures transversales (EC 2 1-1 - Section 8)

Ancrages des armatures d'effort tranchant et autres armatures transversales (cadres, étriers, épingles ...).

Longueurs droites après courbure en général plus faibles que celles des règles BAEL 91/99

Exemples de combinaisons d'ancrages conformes à l'EC 2 1-1



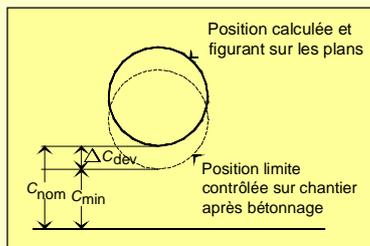
Bâtiments devant résister au séisme (Eurocode 8) : pour certains éléments de structure ayant un rôle primordial de résistance sous les actions sismiques, il est prescrit l'emploi d'ancrages par crochets à 135°

• Enrobage des armatures (EC 2 1-1 - Section 4)

A définir en principe au cas par cas :

Enrobage nominal = enrobage minimal + tolérance d'exécution

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



Un enrobage minimal c_{min} doit être assuré afin de garantir :

- la bonne transmission des forces d'adhérence ;
- la protection de l'acier contre la corrosion (durabilité) ;
- une résistance au feu convenable (cf. EC 2 1-2).

La détermination de l'enrobage minimal c_{\min} dépend de plusieurs paramètres dont :

- ✓ La durée d'utilisation du projet
- ✓ les conditions d'environnement qui détermine sa classe d'exposition
- ✓ la classe de résistance et la composition du béton
- ✓ le diamètre de la barre ou du paquet (exigence vis-à-vis de l'adhérence)

Réduction possible de l'enrobage minimal par :

- l'utilisation, sous certaines conditions, d'acier résistant à la corrosion (par exemple, acier inoxydable)
- la protection supplémentaire du béton (par exemple, revêtement)

Tolérance d'exécution : $\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$

Peut être réduit si des conditions de contrôle qualité existent.

• Règles parasismiques – Eurocode 8

Nuances d'acier pour les armatures des ouvrages en zone sismique :

Elles dépendent notamment :

- du type d'ouvrage
- de la catégorie et du type de structure,
- du rôle de l'armature et de sa position dans l'ouvrage.

Les nuances d'acier doivent figurer sur les plans d'armatures de l'ouvrage.

• Conclusion

L'impact des Eurocodes sur les armatures n'est donc pas négligeable (diamètres de façonnage, longueurs d'ancrage et de recouvrement...).

L'armaturier doit être vigilant et s'assurer que les diamètres de façonnage indiqués sur les plans d'armatures sont compatibles avec ses moyens de fabrication et si nécessaire, s'entendre avec le concepteur de l'armature.

Pour réaliser une armature conforme aux nouvelles normes, il est essentiel que l'armaturier dispose de plans définissant complètement et sans ambiguïté les armatures qu'il doit exécuter. Il en est de même pour le poseur qui doit mettre en place les armatures sur site (plans comportant toutes les informations nécessaires à l'exécution, notamment les enrobages).



Merci pour votre attention

16

AFCAB - 10/2011

Matinale de l'AFCAB du 25/10/2011



Préconisation des boîtes d'attentes

J. DITRICHSTEIN Ingénieur ECP

AFCAB - 10/2011

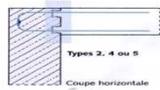
Principe et les principales utilisations des boîtes d'attentes.

Figure 1 : Boîtes d'attentes principe et exemples d'utilisation

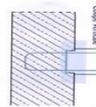
Principe



Reprise entre voiles



Reprise voile - plancher



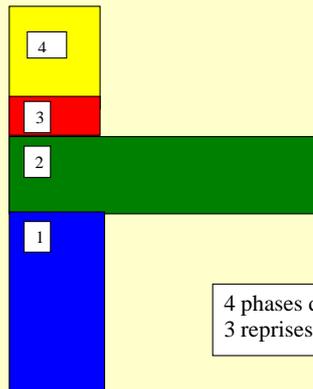
Principales utilisations

- Reprises verticales entre murs armés ou non.
- Reprises horizontales entre murs les planchers en dalle pleine traditionnelle ou avec prédalle.

Liaison dalle-voile phases de bétonnage sans boîte d'attente



Figure 2 Dalle pleine traditionnelle coffrée en place
Phases de bétonnage sans boîte d'attentes



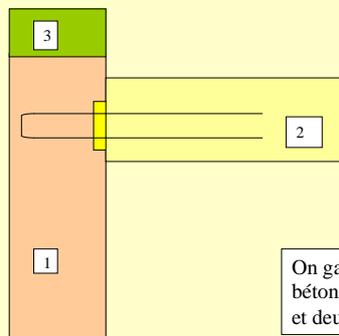
4 phases de bétonnage
3 reprises en façade

AFCAB - 10/2011

Liaison dalle-voile: phases de bétonnage avec boîte d'attente



Figure 3 Dalle traditionnelle coffrée en place – Phases de bétonnage avec boîtes d'attentes



On gagne une phase de bétonnage
et deux reprises en façade

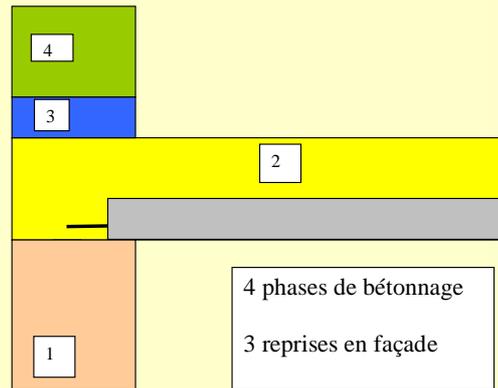
AFCAB - 10/2011

Liaison voile-plancher à prédalles traditionnelles

Phases de bétonnage



Figure 4 Prédalle « traditionnelle »- Phases de bétonnage



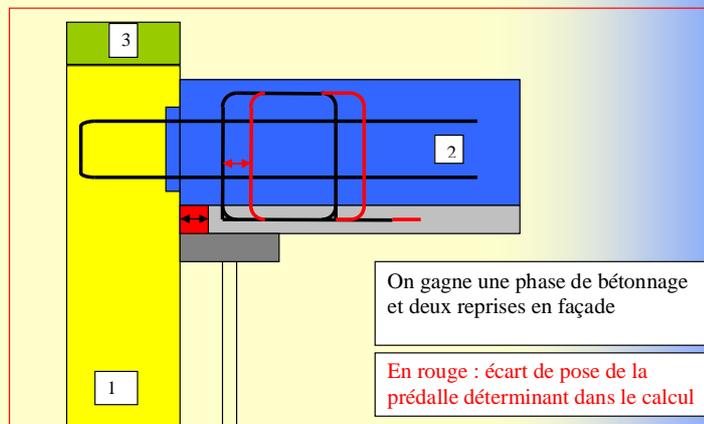
AFCAB - 10/2011

Liaison voile-plancher à prédalles suspendues

Phases de bétonnage avec boîtes d'attentes



Figure 5 – Prédalle suspendue avec boîtes d'attentes : phases de bétonnage



AFCAB - 10/2011

Evolutions depuis 2008



- Projet de Règles professionnelles relatif aux planchers à prédalles suspendues qui concernaient également les boîtes d'attentes.
- Les bureaux de contrôle avaient formulé à son sujet des observations concernant en particulier la compatibilité avec l'Eurocode 2 de certaines hypothèses de tolérances d'exécution adoptées.
- Afin de lever ces difficultés la FIB a décidé d'organiser en septembre 2008 une enquête sur la mise en œuvre des boîtes d'attentes auprès des entreprises.

AFCAB - 10/2011

- 
- Parallèlement, le groupe de suivi de l'Eurocode 2-1-1 a été sollicité pour mettre au point les méthodes de conception et de calcul des dalles à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes.
 - Un petit groupe de travail a été constitué et en novembre 2009 ont été publiées des
« **Recommandations professionnelles concernant les dalles à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes** »
 - Ce texte a été validé par la commission BNSR CF EC2 le 14 Octobre 2010.

AFCAB - 10/2011

- Un certain nombre d'industriels et entreprises se sont réunis et ont rédigé un projet de



« Règles professionnelles pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes » (Edition du 4 avril 2011)

en ligne sur les sites CERIB, FIB, EGF-BTP, UMGO)

- Il existe aussi un

« Guide de mise en œuvre des planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes » (Edition du 2 février 2011)

en ligne sur les sites CERIB, FIB, EGF-BTP, UMGO

AFCAB - 10/2011

Boîtes d'attentes avec dalles pleines traditionnelles

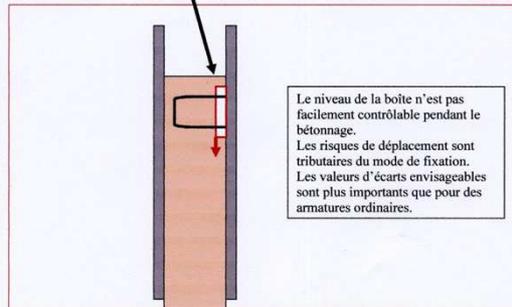


- Les attentes utilisées avec des dalles traditionnelles ne sont pas visées par ces documents.
- Cependant certains des enseignements tirés de l'enquête de la FIB de 2008 ont une portée générale et concernent aussi les boîtes d'attentes utilisées avec des dalles traditionnelles.
- C'est en particulier le cas des conclusions au sujet des tolérances de positionnement en altitude des boîtes.
- Il a été retenu deux classes de tolérance de positionnement en altitude :
 - tolérance courante de base $\pm 2,5\text{cm}$
 - tolérance fine $\pm 1,5\text{cm}$
- **La préconisation actuelle est très incomplète**

AFCAB - 10/2011

Bétonnage d'un voile avec boîtes d'attentes

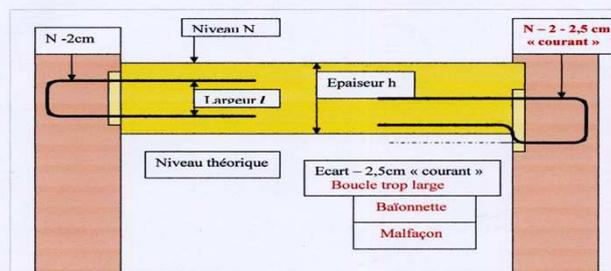
Figure 6 : Bétonnage d'un mur avec boîte d'attentes



Le niveau de la boîte n'est pas facilement contrôlable pendant le bétonnage. Les risques de déplacement sont tributaires du mode de fixation. Les valeurs d'écart envisageables sont plus importantes que pour des armatures ordinaires.

Conséquences d'un écart de niveau de pose avec largeur de boucle excessive

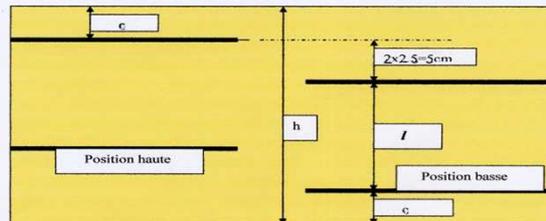
Fig.7 – Conséquences d'un écart de niveau de pose avec largeur de boucle excessive



Solution acceptable : couper les attentes basses et sceller des barres dans le mur au niveau correct. Vérifier si le brin supérieur assure l'encastrement éventuellement prévu malgré le bras de levier réduit

Choix de la largeur de boucle $l \leq h - 2c - 5\text{cm}$

Figure 8 Choix de la largeur de boucle



Pour respecter un enrobage c avec des écarts de niveau de boîtes de $\pm 2,5\text{cm}$, il faut choisir

$$l \leq h - 2c - 5\text{cm}$$

Exemple : $h=18$ $c=2$ $l \leq 9$

Le calcul de la section et de la longueur des brins à déplier des attentes devra prendre en compte les positions les plus défavorables des brins supérieur et inférieur.

Evolution AFCAB

- Les nouvelles règles d'avril 2011
« **RCC 02 Rev.2 - Règles de certification de la marque AFCAB - Boîtes d'attentes pour le béton armé.** »

demandent aux producteurs de fournir au utilisateurs une notice comportant des recommandations d'emploi depuis la pose jusqu'au dépliage des attentes ainsi que des recommandations pour le calcul.

Conclusion



- La préconisation des boîtes d'attentes avec prédalles semble maintenant bien structurée.
- La préconisation des boîtes d'attentes avec dalles traditionnelles est rarement complète. Il faut remédier à cette situation anormale et potentiellement dangereuse.
- Les nouvelles règles de certification de l'AFCAB devraient y contribuer.
- Malgré ce qui a pu être dit à certains moments il ne semble pas que l'EC 2 conduise en général à des dispositions très différentes des règles BAEL.
- Par contre les largeurs de boucles actuellement adoptées sont souvent excessives. Elles doivent impérativement tenir compte de la tolérance de positionnement en altitude, $\pm 2,5$ cm sauf justification particulière.

AFCAB - 10/2011

Photos



Les Matinales de l'AFCAB - 25 octobre 2011 - PARIS

1

AFCAB - 10/2011

