

Eurocode 2 : Calcul des structures en béton
et Document d'Application Nationale

Partie 1-6 : Règles générales — Structures en béton non armé

E : Eurocode 2 : Design of concrete structures — Part 1-6 : General rules —
Plain concrete structures

D : Eurocode 2 : Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken —
Teil 1-6 : Allgemeine Regeln — Tragwerke aus unbewehrtem Beton

Norme expérimentale

publiée par l'AFNOR en mai 1997.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être
adressées à l'AFNOR avant le 31 décembre 1997.

Correspondance

Le présent document reproduit intégralement la prénorme européenne
ENV 1992-1-6:1994 et intègre les adaptations nationales relatives à cette ENV.

Analyse

Le présent document constitue un complément à l'ENV 1992-1-1 pour la
conception et le calcul des ouvrages en béton non armé. Il définit les bases de
calcul, les valeurs de calcul des propriétés des matériaux, les exigences de
résistance, d'aptitude au service et de durabilité des ouvrages. Il contient des
règles relatives au dimensionnement et au calcul des sections et propose des
dispositions constructives.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : structure en béton, béton, conception, cal-
cul, propriété mécanique, résistance des matériaux, dimension, section, règle
de construction, contrôle de qualité, durabilité, conditions d'exécution.

Modifications

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe 92049 Paris La Défense Cedex
Tél. : 01 42 91 55 55 — Tél. international : + 33 1 42 91 55 55



Membres de la commission de normalisation

Président : M R. LACROIX

Secrétariat : M BUI — SETRA

M	ACKER	LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
M	BAR	BUREAU DE NORMALISATION SOLS ET ROUTES
M	BOIS	INSPECTION GENERALE OUVRAGES D'ART
M	BOLVIN	EDF — SEPTEN
M	BOUCHON	SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
M	BOUSQUET	SNCF
M	BOUTIN	SOCOTEC — REPRESENTANT LE COPREC
M	CALGARO	SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
M	CHARDIN	SYNDICAT DES PROCEDES INDUSTRIALISES DE PRECONTRAINT
M	CHAUSSIN	LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
M	COIN	SAE
M	CORTADE	BORIE — SAE
M	DARDARE	CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE L'INDUSTRIE DU BETON MANUFACTURE
M	DARPAS	INGENIEUR GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES
M	DUBOIS	MINISTERE DE LA DEFENSE
MME	FERNANDEZ	AFNOR
M	FOURE	CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'ETUDES DU BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS
M	HAROUIMI	CHAMBRE DES INGENIEURS CONSEIL DE FRANCE
M	JALIL	SOCOTEC
M	LACROIX	PROFESSEUR HONORAIRE A L'ENPC
M	LEBLANC	SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
M	LERAY	CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES
M	MATHEZ	CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT
M	MATHIEU	INSPECTION GENERALE OUVRAGES D'ART
M	PERCHAT	FEDERATION NATIONALE DU BATIMENT
M	POINEAU	SERVICE D'ETUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
M	SCHMOL	SNBATI
M	THONIER	FEDERATION NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS
M	XERCAVINS	PX. CONSULTANTS

Avant-propos national

Liaison avec l'ENV 1992-1-1 : Eurocode 2 : Calcul des structures en béton. Partie 1-1 Règles générales et règles pour les bâtiments.

La présente norme expérimentale P18-716 qui reprend la prénorme européenne ENV 1992-1-6 est un complément à la norme expérimentale P18-711 reprenant la prénorme ENV 1992-1-1.

L'avant-propos national de cette dernière s'applique au présent document et précise la correspondance entre les normes européennes citées en référence et les normes françaises.

ICS : 91.040.00 ; 91.080.40

Descripteurs : bâtiments, ouvrages en béton, calcul, codes applicables au bâtiment, règles de calcul.

Version française

Eurocode 2 : Calcul des structures en béton — Partie 1-6 : Règles générales — Structures en béton non armé

Eurocode 2 : Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-6 : Allgemeine Regeln — Tragwerke aus unbewehrtem Beton

Eurocode 2 : Design of concrete structures — Part 1-6 : General rules — Plain concrete structures

La présente prénorme européenne (ENV) a été adoptée par le CEN le 1993-03-25 comme norme expérimentale pour application provisoire. La période de validité de cette ENV est limitée initialement à trois ans. Après deux ans, les membres du CEN seront invités à soumettre leurs commentaires, en particulier sur l'éventualité de la conversion de l'ENV en norme européenne (EN).

Les membres du CEN sont tenus d'annoncer l'existence de cette ENV de la même façon que pour une EN et de rendre cette ENV rapidement disponible au niveau national sous une forme appropriée. Il est admis de maintenir (en parallèle avec l'ENV) des normes nationales en contradiction avec l'ENV en application jusqu'à la décision finale de conversion possible de l'ENV en EN.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Sommaire

	Page
Avant-propos	4
Section 1 Introduction	7
1.1 Domaine d'application	7
1.1.2 Domaine d'application de la Partie 1-6 de l'Eurocode 2	7
1.4 Définitions	7
1.4.2 Termes spéciaux employés dans la Partie 1-6 de l'Eurocode 2	7
1.7 Symboles spéciaux employés dans la Partie 1-6 de l'Eurocode 2	8
1.7.2 Symboles majuscules latins	8
1.7.3 Symboles minuscules latins	8
1.7.4 Symboles grecs	8
Section 2 Bases du calcul	9
2.3 Exigences de calcul	9
2.3.3 Coefficients de sécurité partiels pour les états-limites ultimes	9
2.3.3.2 Coefficients de sécurité partiels des matériaux	9
2.5 Analyse	9
2.5.3 Méthodes de calcul	9
2.5.3.2 Types d'analyse structurale	9
2.5.3.2.2 États-limites ultimes	9
Section 3 Propriétés des matériaux	9
Section 4 Dimensionnement et calcul des sections	10
4.2 Données du projet	10
4.2.1 Béton	10
4.2.1.1 Généralités	10
4.3 États-limites ultimes	10
4.3.1 États-limites ultimes pour les sollicitations d'effort normal et de flexion	10
4.3.1.2 Résistance de calcul des éléments soumis à la flexion simple ou composée	10
4.3.1.3 Rupture localisée	12
4.3.2 Effort tranchant	12
4.3.2.1 Généralités	12
4.3.3 Torsion	12
4.3.3.1 Torsion pure	12
4.3.3.2 Sollicitations combinées	12
4.3.3.2.1 Principe général	12
4.3.5 États-limites ultimes atteints par déformation structurale (flambement)	13
4.3.5.3 Classification des structures et des éléments structuraux	13
4.3.5.3.5 Élancement des poteaux isolés et des voiles	13
4.3.5.6 Méthodes de calcul simplifiées pour les voiles et les poteaux isolés	14
4.4 États-limites de service	15
4.4.0 Généralités	15
Section 5 Dispositions constructives	16
5.4 Éléments structuraux	16
5.4.7 Voiles de béton non armé	16
5.4.7.1 Généralités	16
5.4.7.2 Dispositions constructives minimales.....	16
5.4.9 Reprises de bétonnage	19
5.4.10 Semelles continues et isolées	19

Sommaire (fin)

	Page
Section 6 Exécution des travaux	19
Section 7 Contrôle de qualité	19
Annexe 1 Dispositions complémentaires relatives à la détermination des effets des déformations différées du béton	20
Annexe 2 Analyse non linéaire	20
Annexe 3 Compléments d'information sur les états-limites ultimes provoqués par les déformations structurales	20
Annexe 4 Vérification des flèches par le calcul	20

Avant-propos

Objectifs des Eurocodes

- (1) Les «Eurocodes Structuraux» regroupent un ensemble de normes pour le calcul des structures et fondations des ouvrages de bâtiment et de génie civil.
- (2) Ils ne traitent l'exécution et le contrôle que dans la mesure où il est nécessaire de préciser la qualité des produits de construction et le niveau de réalisation à satisfaire pour être conforme aux hypothèses adoptées dans les règles de calcul.
- (3) Jusqu'à ce que l'ensemble des spécifications techniques harmonisées concernant les produits ainsi que les méthodes de contrôle de leurs performances soient disponibles, un certain nombre d'Eurocodes Structuraux traiteront certains de ces aspects dans des Annexes informatives.

Historique du programme Eurocodes

- (4) La Commission des Communautés Européennes (CCE) a initié le travail d'élaboration d'un ensemble de règles techniques harmonisées pour le calcul des ouvrages de bâtiment et de génie civil, règles destinées, au début, à être utilisées en alternative aux différents règlements en vigueur dans les divers États Membres et à les remplacer ultérieurement. Ces règles techniques sont connues sous le nom «d'Eurocodes Structuraux».
- (5) En 1990, après consultation de ses États Membres, la CCE a transféré au CEN la charge de poursuivre le travail d'élaboration, de diffusion et de mise à jour des Eurocodes Structuraux, et le secrétariat de l'AELE a accepté d'aider le CEN dans cette tâche.
- (6) Le Comité Technique CEN/TC 250 est responsable de tous les Eurocodes Structuraux.

Programme Eurocodes

- (7) Le travail est sur les différents Eurocodes Structuraux, chacun étant généralement constitué de plusieurs Parties :

EN 1991	Eurocode 1	Bases de calcul et actions sur les structures
EN 1992	Eurocode 2	Calcul des structures en béton
EN 1993	Eurocode 3	Calcul des structures en acier
EN 1994	Eurocode 4	Conception et dimensionnement des structures mixtes acier béton
EN 1995	Eurocode 5	Calcul des ouvrages en bois
EN 1996	Eurocode 6	Calcul des structures en maçonneries
EN 1997	Eurocode 7	Calcul géotechnique
EN 1998	Eurocode 8	Conception et dimensionnement des structures pour la résistance au séisme
EN 1999	Eurocode 9	Calcul des structures en alliage d'aluminium
- (8) Des sous-comités séparés ont été formés par le CEN/TC 250 pour les divers Eurocodes énoncés ci-dessus.
- (9) La présente Partie 1-6 de l'Eurocode 2 est publiée comme Prénorme Européenne (ENV) pendant une durée de trois ans.
- (10) Cette Prénorme est destinée à être appliquée, à titre expérimental, ainsi que pour l'émission de commentaires.
- (11) Au terme d'une durée approximative de deux ans, les membres du CEN seront invités à formuler des commentaires officiels qui seront pris en compte dans la détermination de l'action future.

- (12) En attendant, réactions et commentaires sur cette Prénorme devront être adressés au Secrétariat du sous-comité CEN/TC 250/SC 2, à l'adresse suivante :

Deutsches Institut für Normung e.v. (DIN)
Burggrafenstraße 6
D — 10787 Berlin
Allemagne

Tél. : (49) 30 26 01 25 01

Fax : (49) 30 26 01 12 31

ou à votre organisme national de normalisation.

Documents d'Application Nationale (DAN)

- (13) Étant donné les responsabilités des autorités des États Membres en matière de sécurité, santé et d'autres points couverts par les exigences essentielles de la Directive Produit de Construction (DPC), des valeurs indicatives ont été attribuées à certains éléments de sécurité dans l'ENV qui sont identifiées par |___| (valeurs «encadrées»). Il incombe aux autorités de chaque État Membre d'attribuer des valeurs définitives à ces éléments de sécurité.
- (14) Certaines des normes d'accompagnement harmonisées ne seront pas disponibles au moment de la publication de cette Prénorme. Il est par conséquent prévu qu'un Document d'Application Nationale (DAN) donnant les valeurs définitives des éléments de sécurité, faisant référence aux normes d'accompagnement compatibles et précisant les directives nationales d'application de la Prénorme soit publié par chaque État Membre ou son organisme de normalisation.
- (15) Il est prévu que cette Prénorme soit utilisée conjointement avec le DAN valable dans le pays où le bâtiment ou l'ouvrage de génie civil sont situés.

Points spécifiques à cette Prénorme

- (16) Le domaine d'application de l'Eurocode 2 est défini en 1.1.1 de l'ENV 1992-1-1 et celui de cette Partie de l'Eurocode 2 est défini en 1.1.2. Les parties complémentaires de l'Eurocode 2 qui sont prévues sont indiquées en 1.1.3 de l'ENV 1992-1-1 ; elles comprendront des techniques ou applications additionnelles, en complément à cette Partie.
- (17) En utilisant cette Prénorme, on s'attachera particulièrement aux hypothèses et conditions soulignées en 1.3 de l'ENV 1992-1-1.
- (18) Les sept chapitres de cette Prénorme sont complétés par quatre annexes qui ont le même statut normatif que les chapitres auxquels elles se rapportent. Ces annexes ont été constituées, par souci de clarté, en détachant de la partie principale du texte, certains Principes/Règles d'Application parmi les plus détaillés et qui ne sont utilisés que dans des cas particuliers.
- (19) Comme cela est indiqué en (14) du présent avant-propos, référence doit être faite au Document d'Application Nationale qui donnera les détails des normes d'accompagnement compatibles à utiliser. Pour cette Partie de l'Eurocode 2, une attention particulière doit être portée à la Prénorme approuvée ENV 206 (Béton — Performances, production, mise en œuvre et critères de conformité) ainsi qu'aux exigences de durabilité données en 4.1 de la présente Prénorme.
- (20) Les dispositions de cette Prénorme sont basées en grande partie sur l'édition 1978 du code-modèle CEB et autres documents CEB et la FIP plus récents.
- (21) En développant cette Prénorme, des documents explicatifs ont été préparés et donnent des commentaires et justifications sur certaines dispositions de cette Prénorme.

En ce qui concerne l'ENV 1992-1-6, les alinéas complémentaires suivants sont applicables :

- (22) La présente Partie 1-6 de l'Eurocode 2 complète l'ENV 1992-1-1 pour ce qui concerne les aspects particuliers du béton non armé.
- (23) La présentation et l'organisation de cette Partie 1-6 correspondent à celles de l'ENV 1992-1-1. Toutefois, la Partie 1-6 contient des Principes et des Règles d'Application propres aux ouvrages réalisés avec du béton non armé.
- (24) En cas d'omission d'un paragraphe particulier de l'ENV 1992-1-1 dans le présent ENV 1992-1-6, ce paragraphe de l'ENV 1992-1-1 s'applique en tant que de besoin.

Dans la présente partie, certains Principes et Règles d'Application de l'ENV 1992-1-1 sont modifiés ou remplacés ; dans ce dernier cas, ils annulent les précédents.

Lorsqu'un Principe ou Règle d'Application de l'ENV 1992-1-1 est modifié ou remplacé, le nouveau numéro s'identifie par l'adjonction du nombre 100 au numéro initial. Lorsqu'un nouveau Principe ou Règle d'Application est introduit, il s'identifie par le numéro immédiatement suivant le dernier numéro de l'ENV 1992-1-1, additionné du nombre 100.

Tout sujet non traité par l'ENV 1992-1-1 est introduit dans la présente Partie par un nouveau paragraphe. Le numéro du paragraphe correspondant suit la numérotation logique de l'ENV 1992-1-1.

- (25) La numérotation des équations, des figures, des annotations de bas de page et des tableaux de cette Partie suit les mêmes principes que la numérotation des paragraphes définie en (24) ci-dessus.

Section 1 Introduction

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable, à l'exception de ce qui suit :

1.1 Domaine d'application

1.1.2 Domaine d'application de la Partie 1-6 de l'Eurocode 2

Le Principe (1) est remplacé par :

P(101) En complément des règles d'ordre général de l'ENV 1992-1-1, la Partie 1-6 de l'ENV 1992 fournit des règles qui concernent le calcul des éléments de bâtiment et d'ouvrages de génie civil en béton non armé, constitués de granulats normaux, tel que défini par l'ENV 206 (voir 1.1.3, Partie 1-1, pour les sections complémentaires traitant des méthodes de construction particulières, des matériaux et des types de structure).

Complément à la suite du Principe (5) :

(106) *La présente partie 1-6 s'applique aux éléments pour lesquels les sollicitations dynamiques peuvent être négligées. De tels éléments peuvent comprendre :*

- les éléments de béton non armé principalement soumis à une compression autre que la précontrainte, par exemple les voiles, les poteaux, les arcs et les tunnels ;*
- les semelles de fondations continues ou isolées en béton non armé ;*
- les murs de soutènement en béton non armé.*

C *En ce qui concerne les arcs et les tunnels, les textes normatifs applicables ou les Documents Particuliers du Marché doivent indiquer les articles de la présente prénorme à utiliser et compléter celle-ci en tant que besoin.*

P(107) La présente Partie 1-6 peut également s'appliquer aux éléments en béton de granulats légers à structure fermée conformes à l'ENV 1992-1-4, ainsi qu'aux éléments et ouvrages préfabriqués en béton définis par l'ENV 1992-1-3. Dans ces derniers cas, les règles de calcul pourront toutefois être modifiées en conséquence.

P(107) A La Partie 1-6 n'est pas applicable aux éléments préfabriqués qui font l'objet d'une norme produit.

P(108) La présente Partie 1-6 n'exclut pas l'usage des armatures en acier nécessaires pour satisfaire les exigences de service et/ou de durabilité, ni l'usage d'armatures dans certaines parties d'éléments. Ces armatures peuvent être prises en compte lors des justifications localisées à l'état-limite ultime ainsi que lors des vérifications aux états-limites de service.

(109) *En exemple de telles armatures, on peut citer le ferrailage des joints de reprise de bétonnage en tête d'un mur, destiné à prévenir toute fissure dans le parement et les armatures de reprise de bétonnage entre poteaux et fondations.*

P(110) Lors de l'emploi d'un béton non armé préfabriqué, il est de plus nécessaire de se conformer aux dispositions de l'ENV 1992-1-3. Pour le béton de granulats légers à structure fermée, voir l'ENV 1992-1-4.

1.4 Définitions

1.4.2 Termes spéciaux employés dans la Partie 1-6 de l'Eurocode 2

Les Principes (1) et (2) sont remplacés par :

P(101) **Éléments de béton non armé** : Éléments structuraux en béton sans armature (béton non armé) ou avec une quantité d'armatures inférieure à la quantité minimale définie dans 5.4, «Éléments structuraux», de l'ENV 1992-1-1.

1.7 Symboles spéciaux employés dans la Partie 1-6 de l'Eurocode 2

1.7.2 Symboles majuscules latins

Complément :

$A_{c,eff}$	Section transversale utile [4.3.1.2(107)]
I_y, I_z	Moment d'inertie de l'aire de la section transversale suivant les axes y et z respectivement
N_{Rd}	Effort normal résistant de calcul

1.7.3 Symboles minuscules latins

Complément :

a	Distance entre le bord d'une semelle isolée et le parement du poteau qu'elle supporte
e_a	Excentricité complémentaire pour prendre en compte les effets des imperfections géométriques
e_0	Excentricité du premier ordre
e_y, e_z	Composantes de l'excentricité e dans les directions des axes y et z respectivement
e_{tot}	Excentricité totale
f_{ctd}	Valeur de calcul de la résistance à la traction du béton
h_F	Épaisseur d'une semelle isolée
h_w	Épaisseur brute d'un voile
i	Rayon de giration
l_h	Longueur horizontale libre d'un voile entre raidisseurs verticaux (voir figure 4.135)
l_{ht}	Longueur horizontale d'un raidisseur stabilisant le voile considéré
l_w	Hauteur libre d'un voile (voir figure 4.135)
l_0	Longueur utile d'un élément comprimé

1.7.4 Symboles grecs

Complément :

α	Coefficient de réduction prenant en compte l'effet d'un chargement de longue durée sur la résistance à la compression du béton
β	Coefficient de hauteur utile : $\beta = l_0/l_w$
γ_n	Coefficient de sécurité partiel complémentaire pour le béton
λ	Élancement : $\lambda = l_0/i$
σ_{cm}	Contrainte moyenne de compression du béton
σ_{ct}	Contrainte de traction du béton
σ_{gd}	Valeur de calcul de la contrainte du sol
σ_{Sd}	Valeur de calcul de la contrainte normale
τ_{Sd}	Valeur de calcul de la contrainte de cisaillement

Section 2 Bases du calcul

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable, à l'exception de ce qui suit :

2.3 Exigences de calcul

2.3.3 Coefficients de sécurité partiels pour les états-limites ultimes

2.3.3.2 Coefficients de sécurité partiels des matériaux

Complément à la Règle d'Application (6) :

P(107) Du fait de la moindre ductilité des propriétés du béton non armé, le coefficient de sécurité partiel du béton comprimé ou tendu doit être multiplié par un coefficient γ_n .

(108) *Il est conseillé de multiplier les valeurs des coefficients de sécurité partiels du béton γ_c données dans le tableau 2.3 de l'ENV 1992-1-1 par $\gamma_n = |1,2|$ dans le cas du béton comprimé et par :*

$\gamma_n = |1,2|$ dans le cas du béton tendu, c'est-à-dire :

pour les combinaisons fondamentales : $\gamma_c = |1,80|$ pour le béton comprimé et $\gamma_c = |1,80|$ pour le béton tendu ;

pour les situations de calcul accidentelles (à l'exception des séismes) : $\gamma_c = |1,56|$ pour le béton comprimé et $\gamma_c = |1,56|$ pour le béton tendu

2.5 Analyse

2.5.3 Méthodes de calcul

2.5.3.2 Types d'analyse structurale

2.5.3.2.2 États-limites ultimes

Le 2.5.3.2.2 de l'ENV 1992-1-1 est remplacé par :

P(101) Du fait de la faible déformabilité des éléments de béton non armé, on ne doit pas avoir recours à des méthodes d'analyse linéaire avec redistribution, ou d'analyse plastique, comme par exemple les méthodes ne comportant pas de vérification détaillée de la capacité de déformation, sauf si leur emploi peut être dûment justifié.

(102) *L'analyse structurale peut s'appuyer sur la théorie de l'élasticité linéaire ou non linéaire. Dans le cas d'une analyse non linéaire (cas de la mécanique à la rupture), il convient de procéder à la vérification de la capacité de déformation.*

Section 3 Propriétés des matériaux

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage paraît approprié.

Section 4 Dimensionnement et calcul des sections

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable, à l'exception de ce qui suit :

4.2 Données du projet

4.2.1 Béton

4.2.1.1 Généralités

Complément à la suite de la Règle d'Application (6) :

P(107) Pour la vérification de la résistance de calcul d'éléments en béton non armé, on doit utiliser des propriétés de résistance et de déformation identiques à celles du béton armé.

(108) *Lorsque des contraintes de traction sont prises en compte dans le béton (voir 4.3.2.1), on peut étendre en traction le diagramme contraintes-déformations du 4.2.1.3.3 de l'ENV 1992-1-1 jusqu'à la valeur de la résistance de calcul :*

$$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / \gamma_c \quad (4.184)$$

(109) *Les méthodes de la mécanique à la rupture peuvent être employées, sous réserve de prouver qu'elles garantissent le niveau de sécurité requis.*

4.3 États-limites ultimes

4.3.1 États-limites ultimes pour les sollicitations d'effort normal et de flexion

4.3.1.2 Résistance de calcul des éléments soumis à la flexion simple ou composée

Complément à la suite du Principe (1) :

P(101) Les alinéas (i), (vii) et (viii) du Principe (1) de l'ENV 1992-1-1 s'appliquent également au béton non armé. Les alinéas (ii), (v) et (vi) ne concernent pas le béton non armé. Les alinéas (iii) et (iv) sont modifiés comme suit :

(iii) La résistance à la traction du béton est généralement négligée.

(iv) Les contraintes du béton comprimé s'obtiennent à partir du diagramme contraintes-déformations des figures 4.2, 4.3 ou 4.4 de l'ENV 1992-1-1.

Les Règles d'Application (3) à (7) sont remplacées par :

P(103) On doit pouvoir démontrer l'existence d'un équilibre entre les sollicitations internes et celles dues aux charges extérieures et/ou aux déformations imposées. Les mesures nécessaires doivent être prises pour tenir compte d'incertitudes éventuelles quant à la position de la résultante des contraintes.

(104) *Dans le cas des voiles, les déformations imposées dues à la température ou au retrait peuvent être négligées, sous réserve de dispositions constructives et de cure du béton appropriées.*

(104) C *Voir section 5 pour les dispositions constructives et l'ENV «Exécution des ouvrages en béton» pour la cure.*

(105) *La Règle (6) du 4.3.1.2 de l'ENV 1992-1-1 ne s'applique pas au calcul des éléments de béton non armé.*

P(106) Les conséquences des ouvertures, des saignées ou des décaissés de dimensions non négligeables doivent être prises en compte lors du dimensionnement.

- (107) Dans la section transversale d'un élément de béton non armé soumis à l'effort normal de calcul N_{Sd} appliqué en un point G dont les coordonnées de l'excentricité par rapport au centre de gravité O de la section transversale non fissurée A_c sont e_y et e_z (voir figure 134), on peut supposer que les contraintes sont uniformément réparties dans une partie de cette section transversale, appelée section utile $A_{c,eff}$. L'autre partie de la section transversale peut être considérée comme passive. Il convient que l'excentricité résultante e de la force N_{Sd} incluse, le cas échéant, les effets du second ordre et les imperfections géométriques (voir 4.3.5.3.6 ci-dessous).

En général, $A_{c,eff}$ est limitée par une sécante rectiligne et son centre de gravité coïncide avec le point G. Pour simplifier, $A_{c,eff}$ peut être assimilée à un rectangle, avec :

$$A_{c,eff} = 2a_z \times 2a_y \quad (4.185)$$

Relation dans laquelle $2a_z$, $2a_y$ désignent les dimensions du rectangle fictif suivant les axes z et y respectivement.

- (108) Si la géométrie de la section transversale utile est complexe, il est loisible de la remplacer par toute section utile approximativement semblable incluse dans la section transversale A_c et dont le centre de gravité coïncide avec le point G (voir figure 4.134).

- (109) L'effort normal de compression résistant de calcul N_{Rd} est donné par l'équation :

$$N_{Rd} = - a \times f_{cd} \times A_{c,eff} \quad (4.186)$$

où :

- a est le coefficient de réduction prenant en compte les effets à long terme conformément à 4.2.1.3.3,b), (11) de l'ENV 1992-1-1 ;

$A_{c,eff}$ est l'aire de la section utile.

- (110) En l'absence de calculs plus rigoureux pour une section transversale rectangulaire, la résistance de calcul N_{Rd} d'excentricité monoaxiale e dans la direction de h_w peut s'obtenir par l'équation suivante :

$$N_{Rd} = - a \times f_{cd} \times b \times h_w \times (1 - 2e/h_w) \quad (4.187)$$

où :

- b est la largeur totale de la section ;
 h_w est la hauteur totale de la section ;
e est l'excentricité de N_{Sd} dans la direction h_w .

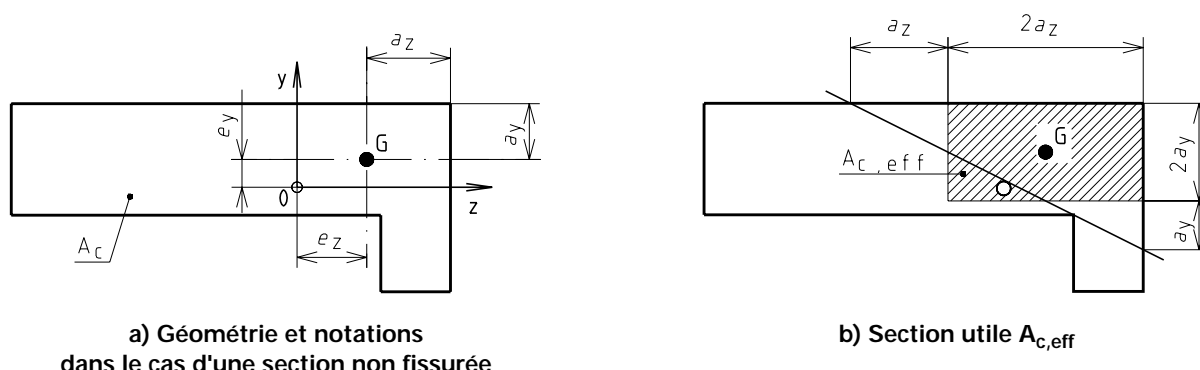


Figure 4.134 : Section utile $A_{c,eff}$ dans le cas d'excentricités biaxiales ; un effort normal N_{Sd} est appliqué au point G, le centre de gravité de la section non fissurée étant situé au point O

4.3.1.3 Rupture localisée

Le 4.3.1.3 de l'ENV 1992-1-1 est remplacé par :

P(101) En l'absence de mesures particulières pour éviter la rupture localisée de la section par traction, l'excentricité maximale de l'effort normal N_{Sd} appliqué dans la section doit être convenablement limitée aux valeurs appropriées.

4.3.2 Effort tranchant

4.3.2.1 Généralités

Le 4.3.2.1 de l'ENV 1992-1-1 est remplacé par :

P(101) Dans le cas d'éléments de béton non armé, on peut prendre en compte la résistance à la traction du béton pour la vérification à l'état-limite ultime de cisaillement, à condition que l'on puisse démontrer, par le calcul ou l'expérimentation, que la rupture fragile ne peut se produire et qu'une résistance convenable est assurée.

(102) *Pour les éléments de béton non armé soumis à des sollicitations combinées d'effort tranchant, de flexion et d'effort normal, il convient de vérifier l'inégalité suivante :*

$$\sigma_{Sd} \leq \sqrt{f_{ctd}^2 + g \times r_{cm} \times f_{ctd}} \quad (4.188)$$

où :

σ_{Sd} est la valeur de calcul de la contrainte de cisaillement ;

r_{cm} est la contrainte de compression moyenne du béton ;

f_{ctd} est égal à $f_{ctk0,05} / \gamma_c$, γ_c tel que défini au paragraphe 2.3.3.2 ci-dessus ;

g est le coefficient de réduction. En général, g peut être pris égal à $|1,0|$.

Suivant l'état de contrainte effectif, il convient de calculer σ_{Sd} sur la section non fissurée ou, en cas de fissuration, sur la section utile $A_{c,eff}$ (voir paragraphe 4.3.1.2 ci-dessus).

(103) *Un élément de béton peut être considéré non fissuré à l'état-limite ultime s'il reste entièrement comprimé ou si la contrainte de traction principale du béton σ_{ct1} n'excède pas $f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$, les valeurs de $f_{ctk0,05}$ étant données dans le tableau 3.1 de l'ENV 1992-1-1 et celles de γ_c au 2.3.3.2 ci-dessus.*

4.3.3 Torsion

4.3.3.1 Torsion pure

Les Règles d'Application (2) et (3), le Principe P(4) et les Règles d'Application (5) à (9) de l'ENV 1992-1-1 sont remplacés par :

P(102) Le 4.3.2.1 ci-dessus du présent ENV 1992-1-6 s'applique par analogie à la torsion.

P(103) Les éléments fissurés ne doivent pas être supposés résister aux moments de torsion, sauf justification particulière.

4.3.3.2 Sollicitations combinées

4.3.3.2.1 Principe général

Complément à la suite de la Règle d'Application (4) :

P(105) Le 4.3.2.1 du présent ENV 1992-1-6 s'applique par analogie aux sollicitations combinées de torsion et d'effort tranchant.

4.3.5 États-limites ultimes atteints par déformation structurale (flambement)

4.3.5.3 Classification des structures et des éléments structuraux

4.3.5.3.5 Élancement des poteaux isolés et des voiles

Complément aux Règles d'Application (1) et (2) de l'ENV 1992-1-1 :

(103) L'élancement d'un poteau isolé ou d'un voile est donné par l'équation suivante :

$$\lambda = l_0 / i \tag{4.189}$$

où :

i est le rayon de giration minimal ;

l_0 est la longueur utile de l'élément, qui peut s'écrire :

$$l_0 = b \times l_w \tag{4.190}$$

où :

l_w est la hauteur libre de l'élément ;

b est le coefficient variable en fonction des conditions de liaison aux éléments adjacents. Pour les poteaux, il convient en général de prendre $b = 1$ et pour les voiles et les poteaux libres à une extrémité, $b = 2$. Pour les autres voiles, les valeurs de b sont indiquées dans la figure 4.135 ci-dessous.

Type de liaisons	Coefficient β
<p>Voile lié sur deux côtés</p>	<p>$\beta = 1,0$ quel que soit le rapport l_w/l_h</p>
<p>Voile lié sur trois côtés</p>	$b = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3l_h}\right)^2}$
<p>Voile lié sur quatre côtés</p>	<p>$l_w \leq l_h$:</p> $b = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{l_h}\right)^2}$ <p>si $l_w > l_h$:</p> $b = \frac{1}{2 \times (l_w/l_h)}$

Figure 4.135 : Valeurs des coefficients b définissant la hauteur utile des voiles l_0

I Contrairement au dessin mais conformément au paragraphe 1.7.3, l_h est la longueur horizontale libre du voile entre raidisseurs verticaux.

La figure 4.135 suppose que le voile ne comporte pas d'ouvertures d'une hauteur supérieure à $|1/3|$ de la hauteur du voile l_w ou d'une surface supérieure à $|1/10|$ de la surface du voile. Pour les voiles liés sur trois ou quatre côtés qui comportent des ouvertures excédant ces limites, il convient de considérer les parties de voiles comprises entre ces ouvertures comme liées sur deux côtés seulement et de les calculer en conséquence.

(104) Il convient d'augmenter les valeurs de b de façon adéquate si la capacité portante transversale est affectée par des saignées ou des parties en retrait.

(104)A On peut aussi conserver les valeurs de b et adopter les valeurs du rayon de giration i .

(105) Les murs de refend peuvent être considérés comme des raidisseurs lorsque :

- leur épaisseur totale est supérieure ou égale à $|0,5|h_w$, h_w étant l'épaisseur brute du mur raidi ;
- ils ont la même hauteur libre l_w que celle du mur raidi considéré ;

— leur longueur l_{ht} est supérieure ou égale à $l_w/5$, l_w désignant la hauteur libre du mur raidi

(105) I — leur longueur l_{ht} est supérieure ou égale à $l_w/6$, l_w désignant la hauteur libre du mur raidi ;

— le mur raidisseur ne comporte pas d'ouverture sur la longueur l_{ht} .

(105) C Cette phrase ne fait pas obstacle à la présence de réservations.

(106) Dans le cas des voiles liés sur deux côtés, encastrés en tête et en pied de façon rigide par un clavage en béton armé coulé en place, de manière à reprendre entièrement les moments apportés par les planchers, on peut admettre que :

$$b = 0,85 \quad \text{si } l_w < l_h \quad (4.191)$$

(107) Généralement, il convient que l'élanement des poteaux isolés ou des voiles de béton non armé coulés en place ne dépasse pas $\lambda = |86|$ ($l_w/h_w = 25$ par exemple). Quelle que soit la valeur réelle du coefficient les poteaux sont considérés comme des éléments élancés. Cependant, pour les éléments comprimés dont le rapport l_w/h_w est inférieur à 2,5, l'analyse du second ordre n'est pas nécessaire.

4.3.5.6 Méthodes de calcul simplifiées pour les voiles et les poteaux isolés

Le 4.3.5.6.3 est remplacé par :

(101) En l'absence d'une approche plus rigoureuse, l'effort normal auquel peut résister un poteau élancé ou un voile mince de béton non armé peut se calculer approximativement comme suit :

$$N_{Rd} = -b \times h_w \times a \times f_{cd} \times \eta \quad (4.192)$$

où :

N_{Rd} est l'effort de compression résistant de calcul de la section transversale ;

b est la largeur totale de la section transversale ;

h_w est l'épaisseur totale de la section transversale ;

a est le coefficient de réduction prenant en compte les effets à long terme suivant 4.2.1.3.3, b), (11) de l'ENV 1992-1-1.

La fonction η permettant de prendre en compte les effets du second ordre sur la capacité portante des éléments comprimés des bâtiments à nœuds non déplaçables est la suivante :

$$\eta = 1,14 \times (1 - 2e_{tot}/h_w) - |0,020| \cdot l_0/h_w \quad (4.193)$$

où :

$$\eta \leq 1 - 2e_{tot}/h_w ;$$

$$\geq 0$$

$$e_{tot} = e_0 + e_a + e_u \quad (4.194)$$

e_0 est l'excentricité du premier ordre prenant en compte, le cas échéant, les effets des planchers (par exemple, les moments d'encastrement éventuels transmis par une dalle à un voile) et les actions horizontales ;

e_a est l'excentricité additionnelle provenant des effets des imperfections géométriques. En l'absence d'informations plus précises, on peut prendre $e_a = 0,5 \times l_0/200$;

A On limitera e_a à un minimum de 1 cm : $e_a = \max(1 \text{ cm}, l_0/400)$

e_u est l'excentricité due au fluage. En règle générale, on peut négliger e_u , cette valeur étant déjà incluse dans l'équation (4.193).

4.4 États-limites de service

4.4.0 Généralités

Les 4.4.0.1 et 4.4.0.2 de l'ENV 1992-1-1 sont remplacés par :

- P(101) L'aptitude au service des éléments structuraux de bâtiment en béton non armé doit être confirmée par les vérifications de calcul appropriées et par les dispositions constructives adéquates.
- P(102) Une attention particulière doit être apportée aux zones où des contraintes dues aux liaisons d'éléments structuraux entre eux sont à craindre.
- (103) Les mesures appropriées assurant l'aptitude au service attendue peuvent comprendre :
- a) vis-à-vis de la fissuration :
- limitation des contraintes de traction du béton à des valeurs acceptables ;
 - recours à un ferrailage additionnel (armatures de peau, armatures de couture si nécessaire) ;
 - aménagement de joints ;
 - soin dans la technologie du béton (par exemple, composition de béton appropriée, cure) ;
 - choix d'une méthode de construction appropriée.
- b) vis-à-vis de la limitation des déformations :
- section de dimensions suffisantes (voir 5.4 ci-dessous) ;
 - limitation de l'élançement dans le cas d'éléments comprimés.
- P(104) Toute armature mise en place dans un élément de béton non armé, même si elle ne joue aucun rôle dans la capacité portante de l'élément, doit satisfaire les exigences de durabilité de 4.1.3.3 «Enrobage» de l'ENV 1992-1-1.

Section 5 Dispositions constructives

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable à l'exception de ce qui suit :

5.4 Éléments structuraux

5.4.7 Voiles de béton non armé

5.4.7.1 Généralités

Le 5.4.7.1 de l'ENV 1992-1-1 est remplacé par :

(101) *Il convient que l'épaisseur brute h_w des voiles coulés en place ne soit pas inférieure à $\lfloor 120 \rfloor$ mm.*

(101) A *Cette valeur peut être ramenée à 100 mm pour des voiles préfabriqués.*

L'épaisseur minimale des murs extérieurs soumis aux intempéries doit être au moins égale à 150 mm dans les parties courantes. Une épaisseur comprise entre 100 mm et 150 mm peut néanmoins être admise sur des surfaces limitées pour autant qu'elle reste compatible avec des dispositions de ferrailage normalement réalisables.

(102) *Les saignées et décaissés ne sont admis que s'il est montré qu'ils n'ont pas d'incidence sur la résistance et la stabilité de l'élément considéré.*

Paragraphe complémentaire introduit au niveau national

5.4.7.2 Dispositions constructives minimales

Les murs et parois doivent être munis d'armatures minimales dites de comportement. Les valeurs indiquées plus loin correspondent à des aciers de limite d'élasticité égale à 500 MPa.

Pour l'utilisation d'aciers de limite d'élasticité différente, on procédera par règle de trois sur celle-ci.

A) Chaînage des voiles au niveau des planchers

Un chaînage doit être prévu au croisement de chaque mur avec un plancher.

Ce chaînage est constitué par des aciers qui se trouvent dans le volume commun au mur et au plancher ainsi que, dans le cas des dalles pleines, par ceux qui se trouvent dans une bande de plancher inférieure à quatre fois l'épaisseur du plancher et ce, de part et d'autre du mur.

La section minimale d'acier de chaînage entre un mur extérieur et un plancher est fixée à $1,2 \text{ cm}^2$.

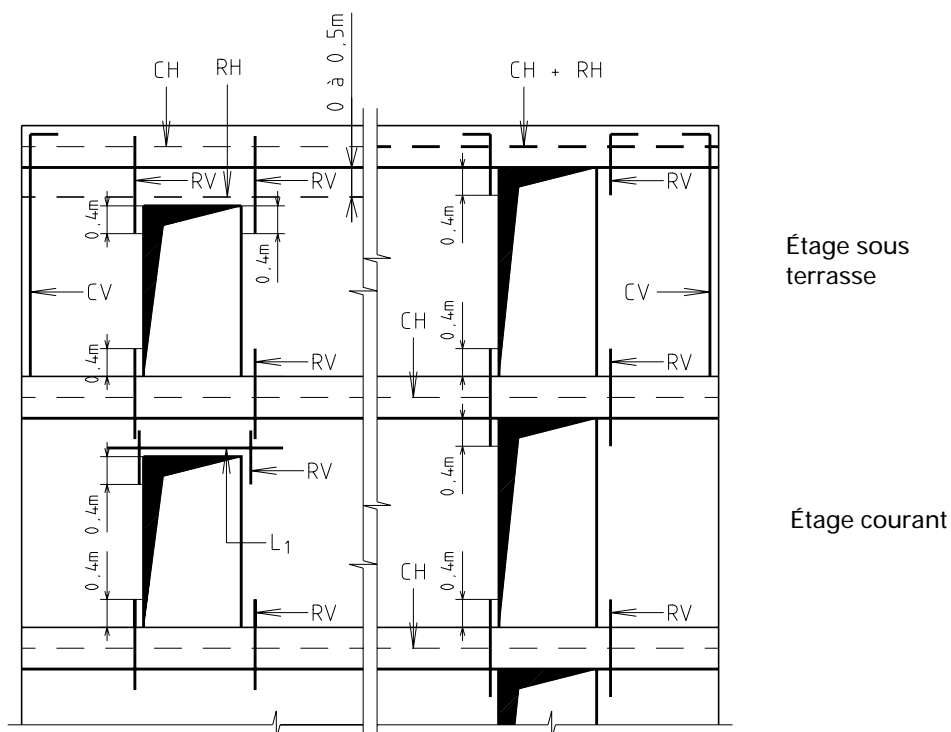
La section d'acier de chaînage est, dans les autres cas, fonction de la largeur de plancher qui reporte ses charges verticales sur le mur.

Si L est cette largeur exprimée en mètres, la section A en centimètres carrés des aciers de chaînage doit être telle que :

$$A \geq 0,22L$$

B) Armatures des murs intérieurs

Sont conventionnellement considérés comme murs intérieurs ceux qui ne sont pas directement exposés à la pluie, tels que les murs de refend, les murs de part et d'autre d'un joint de dilatation et les murs extérieurs dont l'étanchéité à la pluie est assurée par un revêtement étanche situé à l'extérieur de ce mur, sauf dans le cas d'enduits d'étanchéité adhérents.



Légende :

CV Chaînage vertical = $1,20 \text{ cm}^2/\text{m}$

CH Chaînage horizontal (voir A)

RV Renforcement vertical au voisinage des angles de baies = $0,68 \text{ cm}^2/\text{m}$

RH Renforcement horizontal sous terrasse = $1,20 \text{ cm}^2/\text{m}$

L₁ Armature de linteau ; voir ENV 1992-1-1.

Figure 5.1.1X

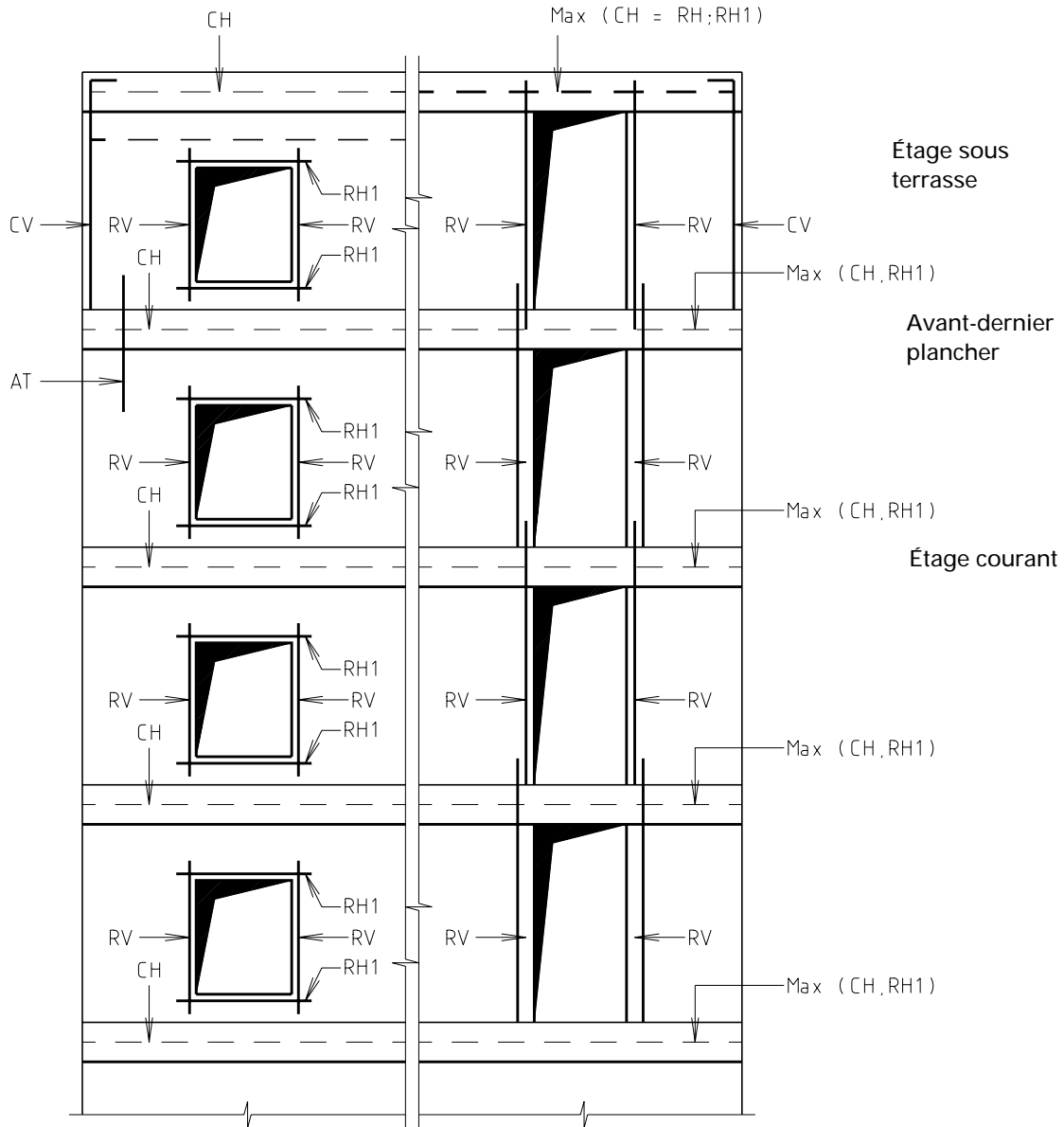
C) Armatures des murs extérieurs

Les murs extérieurs soumis aux intempéries doivent comporter une armature de peau respectant les dispositions minimales suivantes :

— section :

- $0,96 \text{ cm}^2$ d'acier horizontal par mètre linéaire ;
- $0,48 \text{ cm}^2$ d'acier vertical par mètre linéaire.

— l'entraxe des aciers est à adapter au projet sans que l'on puisse excéder, sauf justification particulière, 33 cm entre deux aciers horizontaux successifs et 50 cm entre deux aciers verticaux successifs.



Légende :

CV Chaînage vertical = $1,20 \text{ cm}^2/\text{m}$

CH Chaînage horizontal (voir A)

RV Renforcement vertical au voisinage des angles de baies = $0,68 \text{ cm}^2/\text{m}$

RH₁ Renforcement horizontal au voisinage des angles de baies = $0,80 \text{ cm}^2/\text{m}$

RH Renforcement horizontal sous terrasse = $1,88 \text{ cm}^2/\text{m}$

AT Aciers verticaux complémentaires = $0,32 \text{ cm}^2/\text{m}$

Les aciers de peau ne sont pas représentés. La continuité des aciers horizontaux de peau doit être assurée.

Figure 5.1.2X

5.4.9 Reprises de bétonnage

Nouvel alinéa :

(101) *Il convient de disposer aux joints de reprise de bétonnage un ferrailage approprié aux endroits où des contraintes de traction sont susceptibles de se développer dans le béton.*

(101)A *Pour l'évaluation de ces contraintes de traction, le retrait, le fluage et la température ne sont pas pris en compte.*

5.4.10 Semelles continues et isolées

Nouvel article :

(101) *En l'absence de données plus précises, les semelles continues et isolées recevant des charges sensiblement centrées peuvent être conçues et construites en béton non armé, dans la mesure où le rapport de leur épaisseur h_F et de la distance a entre leur bord et le parement du poteau qu'elles supportent vérifie l'inégalité suivante (voir figure 5.121) :*

$$h_F / a \geq \sqrt{3r_{gd} / f_{ctd}}$$

où :

r_{gd} est la valeur de calcul de la pression au sol ;

f_{ctd} est la valeur de calcul de la résistance à la traction du béton (même unité que r_{gd}).

À titre de simplification, on peut utiliser la relation: $h_F/a > |2|$.

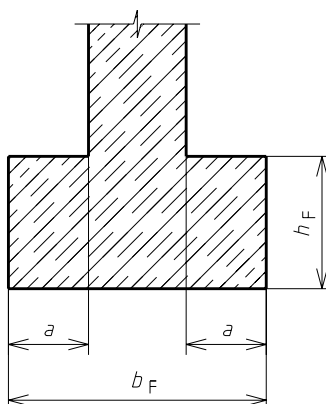


Figure 5.121 : Semelles sans armature ; notations

Section 6 Exécution des travaux

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage paraît approprié.

Section 7 Contrôle de qualité

La section correspondante de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage paraît approprié.

Annexe 1 Dispositions complémentaires relatives à la détermination des effets des déformations différées du béton

L'annexe 1 de l'ENV 1992-1-1 s'applique aux ouvrages de béton non armé.

Annexe 2 Analyse non linéaire

L'annexe 2 de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage paraît approprié.

<i>A Elle ne peut s'appliquer qu'aux calculs dynamiques tels que le séisme.</i>

Annexe 3 Compléments d'information sur les états-limites ultimes provoqués par les déformations structurales

L'annexe 3 de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage est jugé approprié.

Annexe 4 Vérification des flèches par le calcul

L'annexe 4 de l'ENV 1992-1-1 est applicable chaque fois que son usage est jugé approprié.

