

***norme belge  
enregistrée***

**NBN EN 13670**

2e éd., février 2010

**Indice de classement: B 15**

---

**Exécution des structures en béton**

Uitvoering van betonconstructies

Execution of concrete structures

---

**Autorisation de publication: 19 février 2010**

Remplace NBN ENV 13670-1 (2000).

La présente norme européenne EN 13670:2009 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).



**Bureau de Normalisation - Rue de Birmingham 131 - 1070 Bruxelles - Belgique**

Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: [info@nbn.be](mailto:info@nbn.be) - NBN Online: [www.nbn.be](http://www.nbn.be)  
Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 TVA BE0880857592

# ***Geregistreeerde Belgische norm***

**NBN EN 13670**

2e uitg., februari 2010

**Normklasse: B 15**

---

## **Uitvoering van betonconstructies**

Exécution des structures en béton

Execution of concrete structures

---

### **Toelating tot publicatie: 19 februari 2010**

Vervangt NBN ENV 13670-1 (2000).

Deze Europese norm EN 13670:2009 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).



**Bureau voor Normalisatie - Birminghamstraat 131 - 1070 Brussel - België**

Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: [info@nbn.be](mailto:info@nbn.be) - NBN Online: [www.nbn.be](http://www.nbn.be)

Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOTBEB1 BTW BE0880857592

Version Française

**Exécution des structures en béton**

Ausführung von Tragwerken aus Beton

Execution of concrete structures

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 17 septembre 2009.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	5
Introduction .....	6
1 <b>Domaine d'application.....</b>	<b>8</b>
2 <b>Références normatives .....</b>	<b>8</b>
3 <b>Termes et définitions.....</b>	<b>9</b>
4 <b>Gestion de l'exécution.....</b>	<b>12</b>
4.1   Hypothèses.....	12
4.2   Documentation.....	13
4.2.1 Spécifications d'exécution .....	13
4.2.2 Plan de qualité.....	13
4.2.3 Documentation de l'exécution.....	13
4.2.4 Documentation particulière .....	14
4.3   Management de la qualité .....	14
4.3.1 Classes d'exécution .....	14
4.3.2 Contrôle des matériaux et des produits .....	14
4.3.3 Contrôle d'exécution .....	15
4.4   Action en cas de non-conformité.....	16
5 <b>Étaisements et coffrages .....</b>	<b>16</b>
5.1   Exigences de base.....	16
5.2   Matériaux .....	17
5.2.1 Généralités .....	17
5.2.2 Produits de décoffrage.....	17
5.3   Conception et mise en place des étaisements .....	17
5.4   Conception et mise en place du coffrage .....	17
5.5   Coffrages spéciaux.....	18
5.6   Dispositifs provisoires et inserts permanents noyés dans le béton.....	18
5.6.1 Généralités .....	18
5.6.2 Traitement des trous et des réservations provisoires.....	18
5.7   Démontage des coffrages et des étaisements .....	19
6 <b>Armatures de béton armé .....</b>	<b>19</b>
6.1   Généralités .....	19
6.2   Matériaux .....	19
6.3   Façonnage, coupe, transport et stockage des armatures.....	20
6.4   Soudage.....	21
6.5   Jonctions .....	21
7 <b>Précontrainte.....</b>	<b>22</b>
7.1   Généralités .....	22
7.2   Matériaux pour précontrainte .....	22
7.2.1 Systèmes de précontrainte par post-tension .....	22
7.2.2 Gains .....	22
7.2.3 Armatures de précontrainte.....	23
7.2.4 Composants d'ancrage et accessoires .....	23
7.2.5 Supports des câbles.....	23
7.2.6 Coulis de ciment .....	23
7.2.7 Graisse, cire et autres produits.....	23
7.3   Transport et stockage .....	23
7.4   Mise en place des câbles de précontrainte.....	24
7.4.1 Généralités .....	24

7.4.2	Armatures de pré-tension.....	24
7.4.3	Armatures de post-tension adhérentes .....	24
7.4.4	Câbles non adhérents internes et externes.....	24
7.5	Mise en tension.....	24
7.5.1	Généralités .....	24
7.5.2	Armatures de pré-tension.....	25
7.5.3	Câbles de post-tension adhérents.....	25
7.5.4	Câbles non adhérents internes et externes.....	25
7.6	Mesures de protection (injection de coulis, injection de graisse ou de cire) .....	26
7.6.1	Généralités .....	26
7.6.2	Armatures de pré-tension.....	26
7.6.3	Câbles de post-tension adhérents.....	26
7.6.4	Câbles non adhérents internes et externes.....	26
7.6.5	Injection de coulis .....	26
7.6.6	Injection de graisse ou de cire.....	26
7.6.7	Étanchéité .....	27
8	Opération de bétonnage .....	27
8.1	Spécification du béton .....	27
8.2	Opérations préliminaires au bétonnage.....	27
8.3	Livraison, réception et transport sur le chantier du béton frais.....	28
8.4	Mise en place et serrage.....	28
8.4.1	Généralités .....	28
8.4.2	Béton de granulats légers .....	29
8.4.3	Béton auto-plaçant .....	29
8.4.4	Béton projeté .....	29
8.4.5	Coffrages glissants .....	29
8.4.6	Bétonnage sous l'eau .....	29
8.5	Cure et protection.....	29
8.6	Opérations après bétonnage.....	31
8.7	Bétonnage des structures mixtes.....	31
8.8	Parements .....	31
9	Mise en œuvre des éléments préfabriqués.....	31
9.1	Généralités .....	31
9.2	Éléments préfabriqués en usine .....	31
9.3	Éléments préfabriqués sur chantier .....	32
9.4	Manutention et stockage .....	32
9.4.1	Généralités .....	32
9.4.2	Manutention .....	32
9.4.3	Stockage.....	32
9.5	Mise en place et calage.....	32
9.5.1	Généralités .....	32
9.5.2	Mise en place .....	33
9.6	Réalisation des assemblages et opérations de finition .....	33
9.6.1	Généralités .....	33
9.6.2	Travaux sur chantier .....	33
9.6.3	Assemblages .....	33
10	Tolérances géométriques .....	34
10.1	Généralités .....	34
10.2	Système de référence .....	35
10.3	Fondations .....	35
10.4	Poteaux et murs.....	35
10.5	Poutres et dalles.....	37
10.6	Sections.....	38
10.7	Planéité des surfaces et rectitude des arêtes .....	40
10.8	Tolérances pour les réservations et les inserts.....	40
	<b>Annexe A (informative) Guide sur la documentation .....</b>	<b>41</b>
	<b>Annexe B (informative) Guide sur le management de la qualité.....</b>	<b>46</b>

<b>Annexe C</b> (informative) <b>Guide sur les étaielements et coffrages</b> .....	<b>48</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Guide sur les armatures de béton armé</b> .....	<b>50</b>
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Guide sur la précontrainte</b> .....	<b>52</b>
<b>Annexe F</b> (informative) <b>Guide sur l'opération de bétonnage</b> .....	<b>55</b>
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Guide sur les tolérances géométriques</b> .....	<b>62</b>
<b>Annexe H</b> (informative) <b>Guide sur l'annexe nationale</b> .....	<b>68</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>69</b>

## Avant-propos

Le présent document (EN 13670:2009) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 104 « Béton et produits relatifs au béton », dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en juin 2010, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juin 2010.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace l'ENV 13670-1:2000.

Le présent document a été élaboré dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Echange et vient à l'appui des exigences essentielles de la (de) Directive(s) CE.

En raison de la relation étroite entre les règles de calcul et les règles d'exécution, le CEN/TC 104/SC 2 a rédigé la présente norme en liaison avec le sous-comité CEN/TC 250/SC 2 et le CEN/TC 229.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

## Introduction

La présente Norme européenne s'applique à l'exécution des structures en béton afin d'assurer le niveau souhaité de sécurité et d'aptitude au service au cours de leur durée de vie, tel qu'indiqué par l'EN 1990, *Eurocode — Bases de calcul des structures*, et l'EN 1992, *Eurocode 2 — Calcul des structures en béton* et l'EN 1994 *Eurocode 4 — Calcul des structures mixtes acier-béton*, avec les Paramètres Déterminés au niveau National (PDN), applicables sur le lieu d'utilisation.

La présente norme remplit trois fonctions :

- a) transmettre au constructeur les exigences définies au cours de la conception c'est-à-dire former un lien entre le projet et l'exécution ;
- b) donner un ensemble d'exigences techniques normalisées pour l'exécution d'une structure en béton ;
- c) fournir à l'auteur du projet une liste de vérifications pour s'assurer qu'il transmet au constructeur toute l'information technique nécessaire pour l'exécution de l'ouvrage (voir Annexe A).

Afin d'atteindre ces objectifs la conception doit aboutir à un ensemble de documents et de dessins fournissant toute l'information nécessaire pour l'exécution des travaux conformément aux plans. Dans la présente Norme européenne, l'ensemble de ces documents est appelé « spécifications d'exécution ». La présente norme laisse un nombre d'éléments en attente d'être définis dans les spécifications d'exécution.

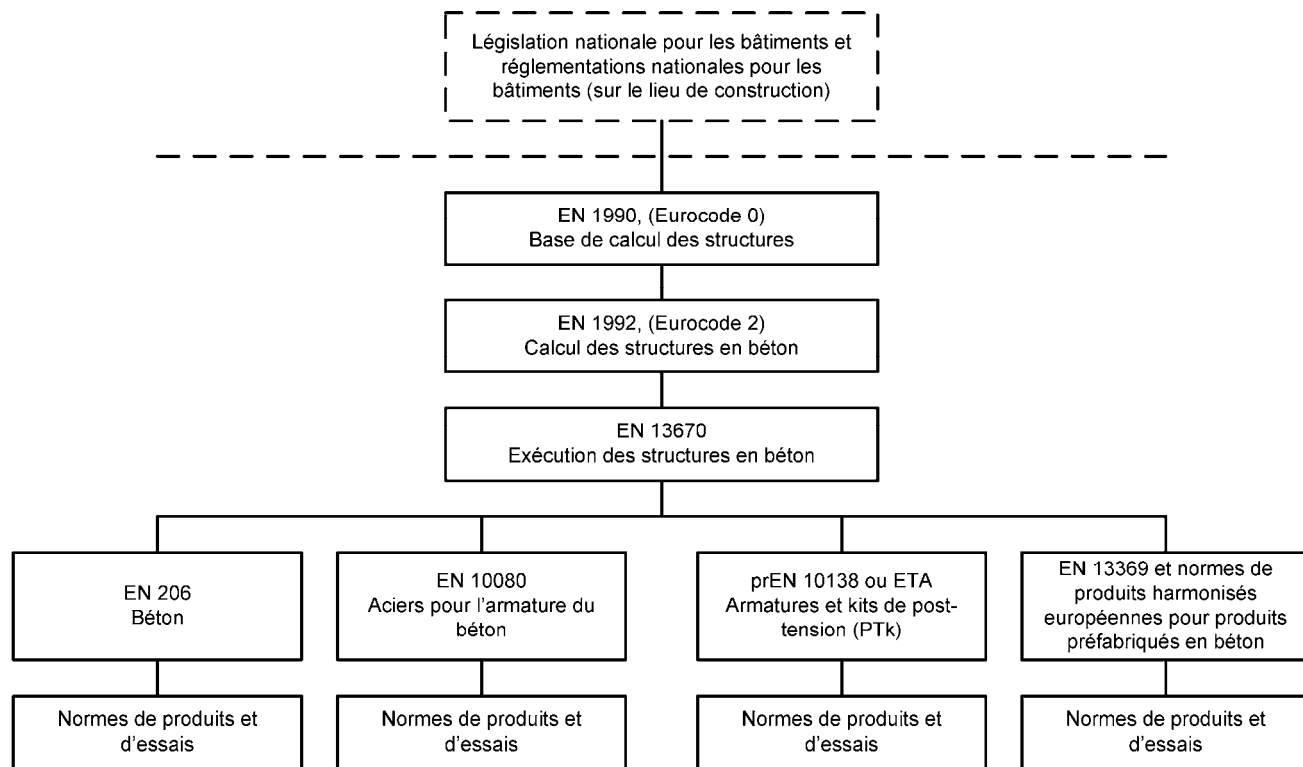
Dans les domaines où les dispositions nationales doivent s'appliquer, il convient qu'elles se réfèrent aux spécifications d'exécution.

Dans la présente Norme européenne, il est reconnu que les domaines tels que les exigences détaillées relatives à la compétence du personnel et les détails liés au management de la qualité relèvent de la compétence des États membres.

Si un membre national du CEN publie une annexe nationale à la présente norme, cette annexe peut se référer à des normes nationales approuvées et publiées par ledit membre du CEN ou à des dispositions nationales, qui complètent la présente norme ; des règles supplémentaires peuvent aussi être données directement dans l'annexe nationale.

Le système de Normes européennes relatives aux structures en béton est décrit en Figure 1.





**Figure 1 — Système de Normes européennes comme base pour la conception, l'exécution et le choix des matériaux pour les structures en béton (principaux modules uniquement)**

## 1 Domaine d'application

- (1) La présente Norme européenne fournit les prescriptions communes pour l'exécution des structures en béton, elle s'applique à la fois aux travaux sur site et aux constructions utilisant des éléments préfabriqués en béton.
- (2) La présente norme compte sur les spécifications d'exécution pour établir toutes les exigences spécifiques appropriées pour une structure particulière.
- (3) La présente norme est applicable aux ouvrages en béton provisoires aussi bien que définitifs.
- (4) Il convient de considérer des prescriptions additionnelles ou différentes, définies le cas échéant par les spécifications d'exécution, lors de l'emploi :
- a) de béton léger ;
  - b) d'autres matériaux (par exemples fibres) ou constituants ;
  - c) de technologies particulières/projets innovants.
- (5) La présente norme ne s'applique pas aux éléments en béton utilisés uniquement comme matériels ou équipements d'appoint.
- (6) La présente norme ne couvre pas la spécification, la production et la conformité du béton.
- (7) La présente norme ne s'applique pas à la production des éléments en béton préfabriqués, réalisés en conformité avec des normes de produits.
- (8) La présente norme ne couvre pas les aspects d'hygiène et de sécurité sur le chantier, ni les mesures de sécurité assurées par une tierce partie.
- (9) La présente norme ne couvre pas les aspects contractuels ni les responsabilités qui s'attachent aux tâches identifiées.

**NOTE** La présente norme est conçue pour pouvoir être complétée par des prescriptions supplémentaires pour le projet individuel dans les spécifications d'exécution, à un niveau national dans une annexe nationale, ou sur une base générale dans des Normes européennes pour des applications spéciales, par exemple dans des normes pour les travaux géotechniques spéciaux.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 206-1, *Béton — Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité.*

EN 446, *Coulis pour câble de précontrainte — Procédures d'injection de coulis.*

EN 447, *Coulis pour câble de précontrainte — Prescriptions pour les coulis courants.*

EN 523, *Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte — Terminologie, prescriptions, contrôle de qualité.*

EN 10080, *Aciers pour l'armature du béton — Aciers soudables pour béton armé — Généralités.*

EN ISO 17660-1, *Soudage — Soudage des aciers d'armatures — Partie 1 : Assemblages transmettant des efforts (ISO 17660-1:2006)*.

EN ISO 17660-2, *Soudage — Soudage des aciers d'armatures — Partie 2 : Assemblages non transmettants (ISO 17660-2:2006)*.

ETAG 013, *Guideline for European Technical Approval of Post-tensioning kits for prestressing of structures. Ils sont couramment désignés par procédés de précontrainte par post-tension<sup>1)</sup>*.

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **sous-étais**

éléments de soutien mis en place à des niveaux situés en dessous de la dalle supportant les étaitements, en vue de reporter la charge sur une assise satisfaisante

#### 3.2

##### **chaise pour armature**

dispositif utilisé pour maintenir l'écartement entre armatures par exemple pour soutenir le lit d'armature supérieur dans une dalle

#### 3.3

##### **ouvrages**

tout ce qui se construit ou résulte d'opérations de construction

[EN 1990]

NOTE Ce terme couvre à la fois les ouvrages de bâtiment et de génie civil. Il se rapporte à la construction complète comprenant des éléments non structuraux et structuraux.

#### 3.4

##### **constructeur**

personne physique ou morale qui exécute les travaux

#### 3.5

##### **instructions de pose (des éléments préfabriqués)**

documents comprenant tous les plans, données techniques et exigences nécessaires pour la pose, en sécurité, des éléments préfabriqués

#### 3.6

##### **exécution**

ensemble des activités effectuées en vue de la réalisation de la construction, c'est-à-dire approvisionnement, échafaudages, coffrages, armatures, bétonnage, cure, mise en place des éléments préfabriqués, etc., y compris le contrôle et la documentation correspondants

#### 3.7

##### **classe d'exécution**

ensemble d'exigences spécifiant les niveaux de qualité relatifs à l'exécution de l'ouvrage dans son ensemble ou à un élément individuel

---

1) Disponible gratuitement à l'adresse [www.eota.be](http://www.eota.be)

**3.8**  
**spécifications d'exécution**  
documents comprenant tous les plans, données techniques et exigences nécessaires pour l'exécution d'un projet particulier

NOTE Les spécifications d'exécution ne constituent pas un seul document mais l'ensemble des documents exigés pour l'exécution des travaux tels que fournis au constructeur ou validés par le concepteur. Elles comprennent les spécifications du projet, préparés en vue de compléter et de valider les prescriptions de la présente Norme européenne, et les dispositions nationales applicables sur le lieu d'utilisation.

**3.9**  
**étaielement**  
dispositif provisoire qui permet de supporter une partie de la structure et les charges associées tant que cette partie de structure n'est pas autoportante

**3.10**  
**coffrage**  
structure, permanente ou provisoire, dans laquelle est coulé le béton frais en vue de le mouler aux dimensions requises et capable de supporter les efforts apportés par le béton frais jusqu'à son durcissement

NOTE Le coffrage désigne à la fois la peau coffrante et son système de raidissement.

**3.11**  
**contrôle**  
évaluation de la conformité par observation et appréciation accompagnée, le cas échéant, par des mesures des essais, ou des étalonnages

[EN ISO 9000]

**3.12**  
**note de méthode**  
documentation décrivant les méthodes et procédures à suivre pour réaliser l'ouvrage

**3.13**  
**écart admissible**  
différences algébriques autorisées entre les dimensions limites et la dimension de référence correspondante

[Adaptée de l'ISO 1803:1997, 3.8]

**3.14**  
**élément préfabriqué en béton**  
élément en béton dont le coulage et la cure sont effectués dans un lieu différent de celui où il sera mis en place (fabriqué en usine ou fabriqué sur le chantier)

NOTE 1 L'élément préfabriqué en béton, conforme à la Norme européenne de produit dont il relève, est appelé produit en béton préfabriqué.

NOTE 2 Dans la présente norme, les termes raccourcis « élément préfabriqué » et « produit préfabriqué » sont utilisés.

**3.15**  
**documentation du projet**  
documents spécifiques du projet décrivant les exigences applicables à un projet particulier

**3.16****plan qualité**

document spécifiant quelles procédures et ressources doivent être appliquées, par qui, et quand, à un projet, produit, processus ou contrat spécifiés

[EN ISO 9000:2005, 3.7.5]

NOTE Des informations complémentaires concernant le contenu d'un plan qualité peuvent être trouvées dans la norme EN ISO 9000.

**3.17****axe de référence**

axe défini par les spécifications d'exécution et auquel les cotes sont rattachées

**3.18****axe secondaire**

tout axe utilisé en vue d'implanter la construction et de vérifier la conformité d'implantation de l'ensemble ou de ses parties

[ISO 4463-1:1989, 4.4]

**3.19****cale**

dispositif utilisé pour assurer un espacement entre le coffrage et l'armature

**3.20****aspect de surface**

description de l'apparence de la surface du béton, incluant géométrie, texture, couleur, etc.

**3.21****ouvrage provisoire**

ouvrage conçu pour une durée de vie de projet courte

**3.22****tolérance**

différence entre la dimension limite supérieure et la dimension limite inférieure

[ISO 1803:1997, 3.11]

NOTE 1 Les tolérances relatives aux éléments préfabriqués en béton sont subdivisées comme suit :

- a) tolérances de production c'est-à-dire tolérances géométriques telles que définies par les normes de produit ;
- b) tolérances de mise en place, c'est-à-dire tolérances géométriques relatives à l'emplacement, la verticalité, l'horizontalité, ou autre caractéristique de l'assemblage dans la construction ;
- c) tolérances de construction, c'est-à-dire tolérances géométriques combinant celles concernant la production, la construction de l'ouvrage sur le site et la mise en place

NOTE 2 La tolérance est une valeur absolue sans signe, elle est néanmoins exprimée couramment par « la somme des  $\pm$  écarts admissibles » ; la valeur de la tolérance est implicite.

**3.23****tolérances normales**

limites de base des écarts géométriques qui garantissent que la structure :

- a) respecte les hypothèses du projet ;
- b) satisfait aux autres exigences fonctionnelles de l'ouvrage

NOTE Dans la présente norme, les tolérances normales indiquées sont celles correspondant à la classe 1.

**3.24****tolérances spéciales**

tolérances autres que les tolérances normales

**3.25****ouvrages**

parties structurelles en béton de l'ouvrage décrites dans les documents d'exécution

**4 Gestion de l'exécution****4.1 Hypothèses**

(1) La présente norme présuppose :

- a) la disponibilité d'un projet complet de la structure ;
- b) l'existence d'une direction du projet chargée du contrôle des travaux, permettant l'exécution d'une structure conforme ;
- c) l'existence d'une direction de chantier chargée de l'organisation des travaux, assurant l'utilisation correcte et en sécurité du matériel, la qualité satisfaisante des matériaux, l'exécution d'une structure conforme, et son maintien en état de sécurité jusqu'à la réception des travaux.

(2) Dans le cas d'emploi d'éléments préfabriqués, les conditions ci-après sont supposées satisfaites :

- a) la disponibilité d'un projet spécifique des éléments préfabriqués, conforme aux normes en vigueur ;
- b) l'existence d'une coordination de projet entre les éléments préfabriqués et les composants fabriqués sur le site ;
- c) l'existence de spécifications techniques concernant les parties préfabriquées, y compris les instructions de mise en œuvre ;
- d) l'existence d'une organisation chargée de la mise en place des éléments préfabriqués.

(3) La présente Norme européenne suppose que les travaux sont réalisés par un personnel compétent doté du matériel et des moyens suffisants pour accomplir sa tâche dans le respect des prescriptions de la présente Norme européenne et des spécifications d'exécution.

NOTE Dans certains pays, il existe des exigences particulières concernant le niveau de connaissance, la formation et l'expérience du personnel qui sont requises pour accomplir ces diverses tâches.

(4) Il est supposé que le constructeur se conforme aux réglementations nationales et aux normes concernant par exemple :

- a) management de la qualité ;
- b) qualifications du personnel pour les différentes activités concernées par la présente norme ;
- c) hygiène et sécurité pendant les travaux ;
- d) aspects environnementaux.

(5) La présente norme suppose que la structure, après achèvement, est utilisée comme prévu au projet et soumise à inspection programmée et à l'entretien nécessaire pour respecter la « durée de vie de projet prévue » et permettre de détecter toute faiblesse ou comportement imprévu.

## 4.2 Documentation

### 4.2.1 Spécifications d'exécution

(1) Les spécifications d'exécution de toute partie des travaux doivent être finalisées et disponibles avant leur commencement.

(2) Les éléments suivants doivent être inclus dans les spécifications d'exécution :

- a) la référence à la présente Norme européenne et, si publiée, à son annexe nationale ;
- b) la référence aux autres Normes européennes et agréments techniques européens concernés ;
- c) la référence aux réglementations nationales et normes appropriées ;
- d) la documentation du projet contenant des informations et exigences pour le projet concerné en vue de compléter et préciser les prescriptions des documents ci-dessus ;
- e) les plans et autres documents techniques nécessaires à l'exécution.

NOTE Le Tableau A.1 de l'Annexe A contient une liste des exigences et informations qui peuvent être à inclure dans les spécifications d'exécution en tant que de besoin. L'Annexe H fournit des indications sur le contenu d'une annexe nationale à cette norme.

(3) En outre selon les besoins, des procédures doivent être établies pour :

- a) permettre des modifications aux prescriptions ayant fait l'objet d'un accord antérieur ;
- b) la circulation, l'enregistrement et l'archivage des documents techniques utilisés pour les travaux.

### 4.2.2 Plan de qualité

(1) Si un plan de qualité est exigé par les spécifications d'exécution, il doit être disponible sur le chantier.

(2) Il peut s'agir d'un plan de qualité couvrant toutes les activités ou d'un plan général complété par des plans particuliers concernant différentes phases et activités.

### 4.2.3 Documentation de l'exécution

(1) Les informations exigées, tel que spécifié pour la classe d'exécution retenue d'après les Tableaux 1, 2 et 3, doivent être consignées.

#### 4.2.4 Documentation particulière

(1) Si une documentation particulière est nécessaire, sa nature et son étendue doivent figurer dans les spécifications d'exécution.

### 4.3 Management de la qualité

#### 4.3.1 Classes d'exécution

(1) La supervision et le contrôle doivent confirmer que les travaux sont menés en conformité avec les spécifications d'exécution.

(2) Dans ce contexte, le contrôle consiste à vérifier la conformité des propriétés des produits et matériaux aussi bien que l'exécution des travaux.

(3) Les exigences relatives au management de la qualité sont spécifiées en utilisant l'une des 3 classes suivantes, pour lesquelles la sévérité du niveau d'exigence croît de la classe 1 à la classe 3 :

- a) classe d'exécution 1 ;
- b) classe d'exécution 2 ;
- c) classe d'exécution 3.

(4) La notion de classe d'exécution peut s'appliquer à la structure entière, à des composants de la structure ou à certains matériaux ou technologies mis en œuvre pour l'exécution.

(5) Les classes d'exécution à utiliser doivent être définies dans les spécifications d'exécution.

(6) La présente Norme européenne ne traite pas du degré d'indépendance du personnel chargé du contrôle.

(7) Des précisions complémentaires concernant les exigences relatives au management de la qualité peuvent être mentionnées dans les spécifications d'exécution en plus de celles données dans le présent document.

NOTE L'Annexe B fournit des indications sur le management de la qualité.

#### 4.3.2 Contrôle des matériaux et des produits

(1) Le Tableau 1 définit les exigences de contrôle permettant de vérifier la conformité avec les spécifications d'exécution.



Tableau 1 — Contrôle des matériaux et des produits

Objet	Classe d'exécution 1	Classe d'exécution 2	Classe d'exécution 3
Matériaux pour les échafaudages, les coffrages et les étalements <sup>a</sup>	Selon 5.1 et 5.2		
Acier d'armatures de béton armé <sup>a</sup>	Selon 6.2		
Composants du système de précontrainte <sup>a</sup>	Non utilisés dans cette classe	Selon 7.2	
Béton frais ; <sup>a, c</sup> béton prêt à l'emploi ou béton de chantier	Selon 8.1 et 8.3 La réception du béton prêt à l'emploi doit comporter la délivrance d'un bon de livraison		
Autres <sup>a, b</sup>	Conformément aux spécifications d'exécution		
Éléments préfabriqués <sup>a</sup>	Selon 9.2 et 9.3		
Rapport de contrôle	Pas exigé	Exigé	
<p><sup>a</sup> Les produits portant le marquage CE ou certifiés par un organisme de certification agréé doivent être contrôlés au moyen du bon de livraison et avec un contrôle visuel. En cas de doute, un nouveau contrôle doit être réalisé pour vérifier la conformité du produit à sa spécification. Les autres produits doivent être soumis à contrôle et à essai d'acceptation comme défini par les spécifications d'exécution.</p> <p><sup>b</sup> Par exemple, les inserts en acier, etc.</p> <p><sup>c</sup> En cas d'emploi de béton à composition prescrite, les propriétés recherchées sont à contrôler par des essais.</p>			

#### 4.3.3 Contrôle d'exécution

(1) Le Tableau 2 et le Tableau 3 définissent les exigences de contrôle permettant de vérifier la conformité avec les spécifications d'exécution.

Tableau 2 — Objets de l'inspection de l'exécution

Objet	Classe d'exécution 1	Classe d'exécution 2	Classe d'exécution 3
Échafaudages, coffrages et étalements	Conformément aux exigences indiquées dans l'Article 5		
Inserts	Conformément aux exigences indiquées dans le paragraphe 5.6		
Armatures courantes	Conformément aux exigences indiquées dans l'Article 6		
Armatures de précontrainte	Non utilisées dans cette classe	Conformément aux exigences indiquées dans l'Article 7	
Transport sur chantier, bétonnage et cure du béton	Conformément aux exigences indiquées dans l'Article 8		
Mise en place d'éléments préfabriqués	Conformément aux exigences indiquées dans l'Article 9		

Tableau 3 — Type et documentation du contrôle

	Classe d'exécution 1	Classe d'exécution 2	Classe d'exécution 3
Type de contrôle	Contrôle visuel, complété éventuellement par quelques sondages	Contrôle visuel et mesures systématiques et périodiques des travaux importants	Contrôle visuel Contrôles détaillés de tous les travaux importants vis-à-vis de la capacité portante et de la durabilité de la structure
Personne ou organisme chargé du contrôle	Autocontrôle	Autocontrôle Contrôle réalisé conformément aux procédures du constructeur Exigences additionnelles éventuellement définies dans les spécifications d'exécution	Autocontrôle Contrôle réalisé conformément aux procédures du constructeur Exigences additionnelles définies dans les spécifications d'exécution
Étendue	Tous les travaux	En plus de l'autocontrôle, un contrôle systématique et périodique des travaux doit être effectué.	En plus de l'autocontrôle, un contrôle systématique et périodique des travaux doit être effectué.
Rapport de contrôle	Pas exigé	Exigé	
Contrôle géométrique de l'ouvrage	Pas exigé	Selon les spécifications d'exécution	

#### 4.4 Action en cas de non-conformité

(1) Lorsque le contrôle révèle une non-conformité, une action appropriée doit être entreprise afin d'assurer que la structure est apte à remplir la fonction pour laquelle elle a été conçue.

(2) Les aspects suivants doivent être analysés dans l'ordre :

- a) incidences de la non-conformité sur l'exécution ultérieure et sur l'aptitude à remplir la fonction requise ;
- b) les mesures nécessaires pour rendre acceptable l'élément concerné ;
- c) la nécessité de rejeter et de remplacer l'élément s'il n'est pas réparable.

(3) Si elle est exigée dans les spécifications d'exécution, la correction de la non-conformité doit être effectuée conformément à une procédure définie par les spécifications d'exécution ou selon l'accord approuvé.

## 5 Étaisements et coffrages

### 5.1 Exigences de base

(1) Les étaisements et les coffrages, y compris leurs supports et leurs fondations, doivent être conçus et exécutés de manière à être :

- a) capables de résister à toutes les actions prévisibles auxquelles ils sont soumis pendant la construction ;
- b) suffisamment rigides pour assurer que les tolérances spécifiées pour la structure sont respectées et que l'intégrité de l'élément de structure n'est pas affectée.

(2) La forme, la fonction, l'aspect et la durabilité des ouvrages permanents ne doivent pas être mis en péril ou affectés par la présence des étaisements, des coffrages et des sous-étais ou par leur dépose.

(3) Les étaitements et les coffrages doivent être conformes à la présente norme et à la Norme européenne applicable si elle existe ou se révéler aptes à l'utilisation prévue.

NOTE 1 Un guide sur les étaitements et coffrages se trouve en Annexe C.

NOTE 2 Il convient que les étaitements et les coffrages conformes aux Normes européennes concernant les équipements temporaires soient réputés satisfaire à la présente norme (exemple l'EN 12812, l'EN 12813).

## 5.2 Matériaux

### 5.2.1 Généralités

(1) Il est possible d'utiliser tout matériau permettant de satisfaire les critères définis pour la structure dans le paragraphe 5.1 et l'Article 8. Il convient que les matériaux soient conformes aux normes de produits lorsqu'elles existent, sinon les caractéristiques de chaque matériau utilisé doivent être prises en compte.

### 5.2.2 Produits de décoffrage

(1) En cas d'utilisation, les produits de décoffrage doivent être sélectionnés et appliqués de façon à ne pas nuire au béton, à l'acier pour armatures de béton armé, à l'acier de précontrainte, aux coffrages, ni à la structure permanente.

(2) Les produits de décoffrage ne doivent avoir aucun effet non voulu sur la couleur, la qualité du parement de la structure permanente ou sur les revêtements ultérieurs prévus.

## 5.3 Conception et mise en place des étaitements

(1) Si les spécifications d'exécution l'exigent, une note doit fixer les paramètres/classes de conception adoptés et décrire la procédure de montage et de démontage des ouvrages provisoires y compris les sous-étais. Elle doit spécifier les exigences pour la manutention, le réglage, la contre-flèche, les charges, la dépose de l'étalement, le décoffrage et le démontage.

(2) La conception des étaitements doit prendre en compte la déformation pendant et après le bétonnage afin d'éviter toute fissuration préjudiciable du béton au jeune âge.

(3) Dans le cas de la précontrainte par post-tension, la déformation élastique du béton doit être prise en compte dans la disposition des étaitements.

(4) Lorsque la conception de la structure permanente terminée exige le soutien d'une partie de la structure jusqu'à ce que les parties suivantes ou les structures supports, y compris les matériaux de remblais, soient achevées, de telles exigences doivent être mentionnées dans les spécifications d'exécution.

## 5.4 Conception et mise en place du coffrage

(1) Si les spécifications d'exécution l'exigent, une note doit décrire les procédures de mise en place des supports de montage et de démontage. Elle doit spécifier les exigences pour la manutention, le réglage, la contre-flèche, les charges, la dépose de l'étalement, le décoffrage et le démontage.

(2) Les coffrages doivent maintenir le béton dans sa géométrie requise jusqu'à un durcissement suffisant.

(3) Les coffrages et les joints entre panneaux doivent présenter une étanchéité suffisante pour éviter la perte de laitance.

(4) Les coffrages susceptibles d'absorber une quantité significative d'eau du béton ou de permettre son évaporation doivent être convenablement traités pour réduire la perte d'eau du béton, sauf spécification contraire.

(5) La surface intérieure des coffrages doit être propre. Si le parement du béton coffré est destiné à rester apparent, le traitement de surface des coffrages doit permettre d'obtenir la finition spécifiée.

(6) Si la conception de la structure exige un état de surface final particulier, cette exigence doit être mentionnée dans les spécifications d'exécution.

(7) Si la conception de la structure exige des appuis provisoires et/ou des critères de flèche spécifiques, cette exigence doit être mentionnée dans les spécifications d'exécution.

(8) Dans le cas de la précontrainte par post-tension, le coffrage ne doit pas empêcher la déformation élastique du béton lors de la mise en tension.

(9) Dans le cas de coffrages glissants, la conception du système doit prendre en compte les propriétés du coffrage et intégrer toutes dispositions permettant de respecter la géométrie de l'ouvrage.

## 5.5 Coffrages spéciaux

(1) Les exigences doivent être définies dans les spécifications d'exécution.

## 5.6 Dispositifs provisoires et inserts permanents noyés dans le béton

### 5.6.1 Généralités

(1) Les dispositifs provisoires destinés à maintenir les coffrages en place, barres, conduits ou autres éléments dans la section et les inserts noyés doivent :

- a) être fixés assez solidement pour conserver leur position pendant le bétonnage ;
- b) faire l'objet d'une protection convenable contre la corrosion ;
- c) présenter une résistance et une rigidité suffisante pour conserver leur forme pendant les opérations de bétonnage ;
- d) avoir un enrobage spécifié à moins que la surface soit traitée ;
- e) ne pas exercer d'actions inacceptables sur la structure ;
- f) ne pas être préjudiciables au béton ni aux aciers d'armature ou de précontrainte ;
- g) ne pas être à l'origine de taches sur le parement spécifié ;
- h) ne pas nuire aux fonctions ni à la durabilité de l'élément de structure concerné ;
- i) ne pas constituer une gêne pour la mise en place et le serrage du béton.

### 5.6.2 Traitement des trous et des réservations provisoires

(1) Les trous et réservations nécessaires en phase provisoire doivent être obturés et traités en surface avec un matériau de caractéristiques adaptées à celles du béton environnant, ou traités comme indiqué dans les spécifications d'exécution.

## 5.7 Démontage des coffrages et des étaielements

(1) Les coffrages, les sous-étais et les étaielements ne doivent pas être démontés avant que le béton n'ait atteint une résistance suffisante :

- a) pour résister aux arrachements de surface lors du décoffrage ;
- b) pour résister aux efforts appliqués à ce stade ;
- c) pour éviter des flèches excessives, dépassant les valeurs spécifiées ;
- d) pour éviter les détériorations de surface dues aux conditions climatiques.

(2) Le décoffrage doit être effectué de manière à éviter tout choc, toute charge excessive ou toute détérioration de la structure.

(3) Les efforts dans l'étaielement doivent être relâchés suivant une séquence assurant que les autres éléments de l'étaielement et tout support des constructions permanentes ne sont pas soumis à des sollicitations excessives. La stabilité de l'étaielement et du coffrage doit être maintenue pendant le relâchement des efforts et le démontage.

(4) Lorsque le soutien par sous-étais ou le ré-étaielement de la structure est utilisé, les séquences de démontage doivent faire l'objet d'une note ou figurer dans les spécifications d'exécution.

(5) Si le coffrage contribue à la cure, le délai avant décoffrage doit être pris en compte conformément aux exigences définies en 8.5.

## 6 Armatures de béton armé

### 6.1 Généralités

(1) Les paragraphes ci-après s'appliquent aux armatures façonnées en usine ou sur chantier.

NOTE L'Annexe D apporte des indications sur les armatures de béton armé.

### 6.2 Matériaux

(1) L'acier pour armatures de béton armé doit être conforme aux exigences définies dans les spécifications d'exécution. Les propriétés doivent être testées et documentées conformément à l'EN 10080. Ceci est également valable pour les armatures en acier inoxydable sauf dispositions contraires dans les spécifications d'exécution.

NOTE Les propriétés des armatures sont données dans l'Annexe C (normative) de l'EN 1992-1-1:2004. La classification des armatures donnée dans les spécifications d'exécution peut être définie selon une norme nationale applicable sur le lieu d'utilisation.

(2) Chaque produit doit être clairement identifiable.

(3) Les dispositifs d'ancrage et les manchons de raccordement doivent être utilisés comme défini dans les spécifications d'exécution.

(4) La surface des armatures doit être exempte de rouille non adhérente et de substances délétères susceptibles d'affecter les propriétés de l'acier, du béton, ou de l'adhérence acier-béton ; une oxydation superficielle est acceptable.

(5) Lorsque des armatures galvanisées sont utilisées, la couche de zinc doit être suffisamment passive pour éviter des réactions chimiques avec le ciment, ou bien le béton doit être formulé avec un ciment n'ayant pas d'effet nocif sur l'adhérence avec les armatures galvanisées.

NOTE La passivation naturelle de la couche de zinc peut être obtenue par stockage des produits à l'extérieur. Normalement un délai de quatre semaines est suffisant. Une passivation instantanée peut être obtenue par immersion des produits revêtus dans une solution passivante.

(6) Les matériaux autres que l'acier utilisés comme armatures de béton armé, tels que les barres en fibres de carbone, de verre ou d'aramide doivent avoir une efficacité reconnue et satisfaire aux exigences données dans les spécifications d'exécution.

NOTE L'efficacité peut être établie par conformité à des Normes européennes, à des agréments techniques européens, des normes ou dispositions nationales en vigueur sur le lieu d'utilisation.

(7) L'enrobage spécifié des armatures doit être obtenu à l'aide de cales ou de chaises. Il convient que les cales en béton ou en matériaux cimentaires aient au moins la même résistance et apportent la même protection vis-à-vis de la corrosion que le béton d'enrobage.

NOTE Les cales en acier affleurant la surface du béton ne sont admises que dans un environnement sec, c'est-à-dire en classes d'exposition X0 ou XC1 de l'EN 206-1.

### 6.3 Façonnage, coupe, transport et stockage des armatures

(1) Le façonnage des armatures doit être effectué conformément aux spécifications d'exécution ; les barres après façonnage doivent être exemptes de fissures ou autre dommage. Les exigences suivantes s'appliquent :

- a) le façonnage doit être effectué en une seule opération. Lorsqu'on utilise une machine de façonnage automatique, le façonnage peut être continu ou successif ;
- b) le façonnage d'armatures à des températures inférieures à  $-5^{\circ}\text{C}$  est autorisé seulement si les spécifications d'exécution le permettent et sous réserve que la procédure respecte les précautions additionnelles prescrites ;
- c) sauf autorisation explicite figurant dans les spécifications d'exécution, le chauffage des armatures en vue de faciliter leur façonnage est interdit.

NOTE Il convient que la nomenclature d'armatures pour la coupe et le façonnage soient établis conformément à l'EN ISO 3766.

(2) Pour les barres façonnées, les diamètres intérieurs de cintrage doivent être conformes aux spécifications d'exécution.

(3) Pour les armatures soudées et les treillis façonnés après soudage, les diamètres des mandrins doivent être conformes aux spécifications d'exécution.

(4) Les barres d'armature, les treillis soudés et les cages d'armatures préfabriquées ne doivent pas être endommagés pendant le transport, le stockage la manutention et la mise en place dans les coffrages et ils doivent être stockés isolés du sol.

(5) Le redressage d'armatures pliées n'est autorisé que si les spécifications d'exécution le permettent et dans ce cas :

- a) le diamètre du mandrin utilisé pour le façonnage d'origine est au moins égal au double du diamètre minimal du mandrin autorisé pour cet acier, sauf si un diamètre de mandrin inférieur est justifié par un essai de pliage-dépliage conforme à l'EN 10080 ;
- b) si un diamètre de mandrin inférieur est justifié par un essai de pliage-dépliage conforme à l'EN 10080, il convient que le diamètre de cintrage réel soit supérieur ou égal à 1,3 fois le diamètre du mandrin utilisé lors de cet essai ;
- c) un outillage spécifique doit être utilisé afin de limiter les concentrations de contrainte ;
- d) une procédure de redressage doit être établie ;
- e) les armatures redressées font l'objet d'un examen visuel pour détecter fissures ou altérations.

NOTE Les exigences ci-dessus n'excluent pas l'utilisation de produits soumis à des « essais de type » lorsque le pliage d'origine peut être justifié par un essai de traction effectué après une opération de façonnage, vieillissement et redressage, faisant apparaître une résistance à la traction conforme à la nuance de l'acier concerné.

(6) L'acceptation des aciers pour armature livrés en couronnes doit être subordonnée à l'emploi d'un matériel spécifique et au respect des procédures de dressage qui sont conformes aux consignes du fabricant. Les barres déroulées et dressées doivent satisfaire, après dressage, aux exigences définies pour les armatures dans les normes appropriées et en conformité avec les essais spécifiés dans l'EN 10080.

## 6.4 Soudage

(1) Le soudage est autorisé pour l'acier d'armature classé comme soudable, sauf dispositions contraires dans les spécifications d'exécution.

(2) Le soudage des armatures entre elles, et le soudage d'armatures à un acier de structure métallique, dans les assemblages transmettant des efforts doivent être exécutés conformément aux exigences définies dans les spécifications d'exécution et en accord avec l'EN ISO 17660-1 sauf dispositions contraires dans les spécifications d'exécution.

(3) La soudure par points ne transmettant pas d'efforts, exécutée conformément à l'EN ISO 17660-2 est autorisée, sauf dispositions contraires dans les spécifications d'exécution.

## 6.5 Jonctions

(1) Les armatures doivent être mises en place conformément aux spécifications d'exécution qui doivent donner des détails sur l'enrobage, les espacements, les assemblages, les recouvrements, leurs longueurs et les dispositions des barres.

NOTE Il convient de porter une attention particulière aux armatures et à leur enrobage au droit des réservations de faibles dimensions non prises en compte dans l'analyse structurale.

(2) Lorsque les spécifications d'exécution le permettent, l'armature peut être mise en place comme « *barre filante* ». Dans ce cas, les jonctions doivent être réparties avec un recouvrement maximal de 25 % dans la même section, et il convient que la distance longitudinale qui sépare deux jonctions adjacentes ne soit pas inférieure à la longueur de recouvrement, la longueur de recouvrement minimale doit être définie.

NOTE Ce système est uniquement utilisé lorsque la position réelle des recouvrements est sans conséquence c'est-à-dire dans le cas des armatures non structurales des murs et des dalles, mais pas dans le cas des poutres, des poteaux ou des assemblages entre éléments de structure.

(3) Les armatures doivent être mises en place et fixées à leur position définitive dans le respect des tolérances définies par la présente norme, les barres peuvent être assemblées par ligatures ou par soudage par points (voir 6.4 (3)). Sauf spécifications contraires, il convient que les barres superposées soient au contact, et qu'elles soient ligaturées dans le cas des poutres et des poteaux.

(4) Les exigences relatives à l'enrobage spécifié s'entendent par rapport à la valeur nominale,  $c_{nom}$ , et s'appliquent à toute armature, y compris les armatures de montage éventuelles.

## 7 Précontrainte

### 7.1 Généralités

(1) Les prescriptions qui suivent s'appliquent aux constructions en béton précontraint comprenant :

- a) de la précontrainte adhérente par pré-tension ;
- b) de la précontrainte adhérente par post-tension ;
- c) de la précontrainte par post-tension non adhérente, interne ou externe.

NOTE L'Annexe E fournit un guide de la précontrainte

(2) La présente norme suppose que les travaux sont réalisés par des entreprises spécialisées suffisamment expérimentées. Des exigences complémentaires pour la mise en œuvre des procédés de post-tension destinés à la précontrainte de structures et pour la qualification des entreprises spécialisées et de leur personnel peuvent être formulées dans les spécifications d'exécution.

NOTE Des recommandations peuvent être obtenues dans le CEN Workshop Agreement CWA 14646.

### 7.2 Matériaux pour précontrainte

#### 7.2.1 Systèmes de précontrainte par post-tension

(1) Les systèmes de précontrainte par post-tension doivent détenir un agrément technique européen (ETA) et doivent être conformes aux exigences définies dans les spécifications d'exécution.

(2) Tous les éléments du système de précontrainte par post-tension doivent être compatibles, par exemple appartenir au même système.

NOTE Des recommandations sur les exigences relatives à la mise en œuvre des procédés de précontrainte par post-tension peuvent être trouvées dans le guide ETAG 013.

#### 7.2.2 Gaines

(1) Les gaines en feuillard d'acier doivent être conformes à la norme EN 523.

(2) Les gaines constituées d'un matériau autre que l'acier doivent être conformes à l'agrément technique européen pour le système de précontrainte.

NOTE Les documents CEN font usage de manière indifférenciée des termes « conduits » et « gaines ».



### 7.2.3 Armatures de précontrainte

(1) L'acier de précontrainte (fils, torons, barres) doit être conforme à l'EN 10138<sup>2)</sup> et aux exigences définies dans les spécifications d'exécution.

(2) Les matériaux autres que l'acier susceptibles d'être utilisés pour la précontrainte doivent être conformes aux exigences définies dans les spécifications d'exécution.

NOTE Au moment de la publication de la présente norme, il n'existe pas encore de Normes européennes ou de guide d'agrément technique européen (ETAG) couvrant la conception, les spécifications et l'application pour des matériaux autres que l'acier (par exemple : fibres de carbone, de verre ou d'aramide).

### 7.2.4 Composants d'ancrage et accessoires

(1) Les composants d'ancrage pour systèmes de précontrainte doivent être ceux qui ont été spécifiés dans l'agrément technique européen.

### 7.2.5 Supports des câbles

(1) Les supports des câbles doivent répondre aux exigences ci-après :

- a) n'avoir aucun effet nocif pour l'acier ou le béton ;
- b) présenter une rigidité suffisante pour fixer de façon stable les câbles dans leur position requise lors du bétonnage ;
- c) ne pas endommager les gaines.

(2) L'espacement entre supports consécutifs des câbles doit permettre de réaliser le tracé des gaines conformément au projet en plan et en élévation.

### 7.2.6 Coulis de ciment

(1) Le coulis de ciment pour le remplissage des gaines et des ancrages doit être conforme à l'EN 446 et l'EN 447.

### 7.2.7 Graisse, cire et autres produits

(1) La graisse ou la cire pour le remplissage des gaines et des dispositifs d'ancrage des armatures non adhérentes doit être telle que spécifiée dans l'agrément technique européen.

## 7.3 Transport et stockage

(1) Les éléments sensibles à la corrosion tels que l'acier de précontrainte, les gaines, les dispositifs d'ancrage, les coupleurs, les câbles pré-assemblés en atelier et les câbles assemblés sur le chantier doivent être convenablement protégés lors du transport et du stockage ainsi que lorsqu'ils sont en place dans l'ouvrage, dans l'attente d'une protection permanente. Les éléments ayant subi une corrosion pouvant altérer leur performance doivent être remplacés.

NOTE Le détenteur de l'agrément technique européen fournira les instructions nécessaires relatives au transport, au stockage et à la manutention (cf. ETAG 013).

---

2) La Norme européenne pour les aciers de précontrainte (EN 10138) est actuellement en préparation. Tant qu'elle ne sera pas publiée et entrée en application, les normes nationales s'appliquent. En l'absence de normes nationales, l'ISO 6934 peut être utilisée.

(2) Les matériaux destinés au coulis d'injection doivent être maintenus à l'abri de l'eau et de l'humidité pendant leur approvisionnement et leur stockage sur le chantier et doivent être utilisés pendant la période de validité spécifiée.

## 7.4 Mise en place des câbles de précontrainte

### 7.4.1 Généralités

(1) Les câbles de précontrainte doivent être assemblés, disposés et fixés conformément à l'agrément technique européen et conformément aux spécifications d'exécution. Leur tracé doit être régulier sans festonnage ni cassure et dans les limites de tolérances admissibles (voir 10.6).

(2) Le type et la classe de l'acier de précontrainte et les documents de base pour tous les composants doivent être consignés dans les rapports de contrôle.

(3) Les opérations de soudage d'acier de précontrainte ou d'éléments d'ancrage sont interdites. La coupe au chalumeau ou le soudage d'acier au voisinage de câbles de précontrainte sont interdits à moins d'être effectués conformément aux spécifications d'exécution. Le soudage de frettes, des plaques d'ancrage et le soudage par points de blocs d'ancrage sont interdits, sauf prescriptions contraires dans les spécifications d'exécution.

(4) Tous les joints au niveau des gaines, ancrages et coupleurs doivent être rendus étanches à l'eau.

(5) Le vrillage et le croisement des torons aussi bien à l'assemblage qu'à la mise en place doivent être soigneusement évités.

### 7.4.2 Armatures de pré-tension

(1) Toutes les longueurs rendues non adhérentes des armatures de précontrainte doivent être convenablement protégées contre la corrosion.

### 7.4.3 Armatures de post-tension adhérentes

(1) Les gaines doivent être munies d'évents à leurs deux extrémités ainsi qu'aux points où une accumulation d'air ou d'eau (purges) est possible. Des événements ou entrées complémentaires sont normalement nécessaires en des points intermédiaires.

(2) Les événements doivent être convenablement repérés pour permettre d'identifier le câble concerné.

(3) Les gaines et les événements doivent être fixés de manière à résister aux effets induits par la mise en place et le serrage du béton.

### 7.4.4 Câbles non adhérents internes et externes

(1) Les câbles non adhérents doivent être convenablement protégés contre la pénétration d'humidité sur toute leur longueur.

## 7.5 Mise en tension

### 7.5.1 Généralités

(1) La mise en tension doit être effectuée conformément au programme préalablement établi et accepté. Les forces (ou pressions au vérin) et les allongements doivent être consignés dans le rapport de contrôle.

NOTE L'agrément technique européen spécifie la force maximale pour le système.

(2) Des instructions écrites pour la mise en tension doivent être disponibles sur le chantier.

(3) Les ancrages actifs et passifs doivent être ceux décrits par les plans.

(4) Le matériel de tension doit être choisi parmi ceux autorisés par l'agrément technique européen du procédé.

(5) Les certificats valides d'étalonnage des manomètres doivent être disponibles sur le chantier avant le début de la mise en tension.

(6) L'application et le transfert de la force de précontrainte à une structure sont autorisés uniquement si le béton présente une résistance au moins égale à la résistance minimale en compression définie dans les spécifications d'exécution.

NOTE L'agrément technique européen d'un procédé donné de précontrainte fournit la résistance minimale en compression du béton nécessaire pour la tension maximale des câbles,  $P_{max}$ .

(7) Les résultats du programme de mise en tension et leur conformité ou non-conformité aux exigences doivent être consignés dans le rapport de contrôle.

NOTE Des recommandations courantes sont données en E.7.5.

### 7.5.2 Armatures de pré-tension

(1) Si, lors de la mise en tension des armatures de pré-tension à la force spécifiée, l'allongement réel de l'ensemble de toutes les armatures au niveau d'une section particulière (ancrage actif) de la structure n'est pas dans un intervalle de  $\pm 3\%$  de l'allongement calculé, ou si l'allongement réel d'une armature unique n'est pas dans un intervalle de  $\pm 5\%$  de l'allongement calculé, une action doit être entreprise conformément aux spécifications d'exécution.

(2) Si le bétonnage ne peut être effectué en temps voulu après la mise en tension, des mesures de protection provisoires doivent être prises ; celles-ci ne doivent pas avoir un effet préjudiciable sur la qualité de l'acier et du béton. Il doit être vérifié que toute diminution de l'adhérence due aux mesures de protection provisoire est acceptable pour le calcul de la structure.

### 7.5.3 Câbles de post-tension adhérents

(1) Si, lors de la mise en tension des câbles de post-tension à la force spécifiée, l'allongement réel de l'ensemble de tous les câbles au niveau d'une section particulière (ancrage actif) de la structure n'est pas dans un intervalle de  $\pm 5\%$  de l'allongement calculé, ou si l'allongement réel d'un câble d'un groupe n'est pas dans un intervalle de  $\pm 15\%$  de l'allongement calculé, une action doit être entreprise conformément aux spécifications d'exécution.

(2) Dans le cas d'un écart par rapport aux performances prévues lors de la mise en tension, la coupe des extrémités des armatures et l'injection ne sont pas permises. Aucune opération susceptible de faire obstacle à la re-tension ne doit être entreprise. Toutes ces opérations doivent être différées jusqu'à ce que les causes aient été analysées et qu'un programme de mise en tension révisé ait été approuvé.

### 7.5.4 Câbles non adhérents internes et externes

(1) Le paragraphe 7.5.3 s'applique.

## 7.6 Mesures de protection (injection de coulis, injection de graisse ou de cire)

### 7.6.1 Généralités

- (1) La préparation et l'exécution des mesures de protection contre la corrosion, le gel et les agressions mécaniques doivent faire l'objet d'instructions écrites.
- (2) Le matériel d'injection de coulis doit être conforme à l'EN 446 ; il doit être choisi parmi ceux qui sont autorisés par l'agrément technique européen (ETAG 013).
- (3) Les résultats du contrôle et la conformité des travaux aux exigences de protection doivent être consignés dans le rapport de contrôle, voir le paragraphe 4.3 et l'Annexe E.
- (4) Les zones d'ancrage et les capots d'extrémité doivent faire l'objet d'une protection aussi efficace que celle des câbles de précontrainte.
- (5) Si la protection permanente ne peut être appliquée en temps voulu après la mise en place ou la mise en tension des câbles, des mesures de protection provisoire doivent être prises (voir l'Annexe E et l'EN 446).

### 7.6.2 Armatures de pré-tension

- (1) Les extrémités des armatures de précontrainte doivent être protégées en service contre la corrosion.

### 7.6.3 Câbles de post-tension adhérents

- (1) L'injection des câbles de post-tension adhérents doit être effectuée conformément à la norme EN 446.

### 7.6.4 Câbles non adhérents internes et externes

- (1) Si les câbles externes doivent être protégés par un coulis de ciment, le coulis et l'injection doivent être conformes aux dispositions du paragraphe 7.6.3.
- (2) Dans les autres cas, les gaines et les ancrages des armatures doivent être remplis suivant la méthode spécifiée, de graisse ou cire non corrosive conformément à l'agrément technique européen (ETA).

### 7.6.5 Injection de coulis

- (1) La procédure de fabrication du coulis (malaxage, rapport E/C, mode opératoire, durée, etc.) doit être conforme à l'EN 446 et l'EN 447.
- (2) L'injection doit être effectuée selon l'EN 446.
- (3) Si l'injection ne peut être effectuée en temps voulu après la mise en tension, des mesures de protection provisoire doivent être prises ; celles-ci ne doivent pas avoir un effet préjudiciable sur la qualité de l'acier de précontrainte et du coulis. Il doit être vérifié que toute diminution de l'adhérence occasionnée par les mesures de protection provisoire est acceptable pour le calcul de la structure.

### 7.6.6 Injection de graisse ou de cire

- (1) L'injection de graisse ou de cire doit être effectuée avec un débit continu et régulier.
- (2) Le volume injecté doit être comparable au volume théorique disponible de la gaine. La variation de volume due à la température doit être prise en compte.
- (3) Après achèvement de l'injection, toute perte imprévue de graisse ou de cire doit être évitée grâce à un cachetage des gaines sous pression.

(4) Les matériaux, connexions et matériels doivent être choisis en fonction des températures nécessaires pour l'injection de graisse ou de cire. Il peut s'avérer nécessaire de prendre des précautions de sécurité particulières pour les travaux exécutés à des températures élevées.

### 7.6.7 Étanchéité

(1) Les dispositifs d'ancrage doivent être cachetés après l'injection de coulis afin d'assurer une protection contre la corrosion équivalente à celle apportée le long du câble (par exemple, une épaisseur suffisante de béton dense à faible perméabilité ou un capot ou encore une combinaison de ces mesures).

(2) Les zones d'ancrage doivent être protégées contre les venues d'eau.

(3) Tous les événements ainsi que toutes les entrées et sorties d'injection doivent être convenablement scellés et protégés.

## 8 Opération de bétonnage

NOTE L'Annexe F fournit un guide sur l'opération de bétonnage.

### 8.1 Spécification du béton

(1) Le béton doit être spécifié et produit en conformité avec l'EN 206-1.

(2) Les spécifications du béton doivent comprendre les exigences données dans les spécifications d'exécution et les exigences relatives à la méthode réelle d'exécution.

(3) Le diamètre maximal nominal  $D$  des granulats utilisés dans le béton ne doit pas être inférieur à celui donné par les spécifications d'exécution.

NOTE Voir F.8.1.

(4) Le producteur du béton doit donner des informations sur l'évolution de la résistance du béton si elle est requise pour l'exécution des ouvrages en béton, par exemple le choix de la classe de la cure.

### 8.2 Opérations préliminaires au bétonnage

(1) Un programme de bétonnage doit être préparé s'il est exigé par les spécifications d'exécution.

(2) Lorsque les spécifications d'exécution le prescrivent, les résultats des essais initiaux de bétonnage doivent être consignés dans un document avant le début de l'exécution.

(3) Tous les travaux préparatoires doivent être réalisés, contrôlés et documentés suivant les prescriptions relatives à la classe d'exécution retenue, avant le début du bétonnage.

(4) Les joints de reprise de bétonnage doivent être préparés conformément aux exigences données dans les spécifications d'exécution, ils doivent être propres, exempts de laitance et humidifiés jusqu'à saturation.

(5) Il convient que le coffrage soit exempt de corps étrangers, glace, neige et eau stagnante.

(6) Si le béton est mis en place en contact direct avec le sol, le béton frais doit être convenablement protégé contre tout mélange avec le sol.

(7) Lorsqu'il existe un risque de délavage du béton et des fines de béton frais par la pluie ou autre écoulement d'eau au cours du coulage, des précautions doivent être prévues pour protéger le béton contre tout effet dommageable.

**EN 13670:2009 (F)**

(8) Le sol, le rocher, les coffrages ou les parties d'ouvrage en contact avec le béton frais doivent être à température suffisante pour éviter le gel du béton avant que celui-ci n'ait atteint une résistance suffisante pour le supporter sans dommage.

(9) Si la température ambiante est basse, ou s'il est prévu qu'elle le soit pendant le bétonnage ou pendant la période de cure, des précautions doivent être prévues pour protéger le béton des effets dommageables dus au gel.

(10) Si la température ambiante est susceptible d'être élevée pendant la prise du béton et la période de cure, des précautions doivent être programmées pour protéger le béton des effets dommageables correspondants.

**8.3 Livraison, réception et transport sur le chantier du béton frais**

(1) La réception du béton doit inclure une vérification du bon de livraison avant déchargement.

(2) Le béton doit être contrôlé visuellement pendant le déchargement. Celui-ci doit être arrêté si l'expérience conduit à juger que l'aspect du béton est anormal.

(3) Les dégradations du béton frais telles que ségrégation, ressuage, perte de laitance ou autre doivent être minimisées pendant le chargement, le transport et le déchargement ainsi que pendant sa manutention sur le chantier.

(4) Lorsque spécifié, des échantillons pour essais doivent être prélevés sur le lieu du bétonnage ou, dans le cas de béton prêt à l'emploi, au point de livraison.

NOTE Les méthodes d'essais et les critères pour déterminer la conformité et l'identification du béton selon la norme EN 206-1 sont donnés dans ladite norme.

(5) Le béton frais ne doit pas entrer en contact avec un alliage en aluminium sauf si les spécifications d'exécution le permettent et que l'émission de gaz n'est pas considérée comme un problème.

**8.4 Mise en place et serrage****8.4.1 Généralités**

(1) La mise en place et le serrage du béton doivent être effectués de manière à enrober convenablement les armatures et les inserts et à assurer une résistance et une durabilité satisfaisantes du béton.

(2) Le serrage doit être effectué avec un soin particulier au droit des variations de section, dans les espaces étroits, au droit des boîtes de réservation, dans les zones encombrées par les armatures et au droit des joints de reprise de bétonnage.

(3) La cadence de bétonnage et de serrage doit être suffisante pour éviter des joints de reprise de bétonnage non prévus tout en étant assez lente pour éviter des tassements excessifs ou un excès de charge sur les coffrages et les étalements.

NOTE Un joint de reprise non prévu peut se former si le béton du front de bétonnage fait prise avant la mise en place et le serrage de la couche suivante de béton. Une attention particulière est nécessaire lorsque la re-vibration du joint n'est pas possible.

(4) Des exigences complémentaires sur la méthode et la cadence de bétonnage peuvent s'avérer nécessaires dans le cas d'exigences particulières pour le parement.

(5) La ségrégation doit être minimisée pendant le bétonnage et le serrage.

(6) Le béton doit être protégé contre l'effet dommageable des radiations solaires, des vents forts, du gel, des venues d'eau, de la pluie et de la neige pendant le bétonnage et le serrage.

#### 8.4.2 Béton de granulats légers

(1) Si un béton de granulats légers doit être mis en place à la pompe, une documentation montrant l'absence d'effet dommageable du pompage sur la résistance du béton durci doit être disponible.

NOTE Une perte de résistance traduirait une fragilisation de la zone de transition entre la pâte de ciment et les granulats légers due à l'eau absorbée et expulsée des granulats pendant et après le pompage. Un re-brassage du béton après pompage pourrait atténuer l'importance du problème.

#### 8.4.3 Béton auto-plaçant

(1) Dans le cas d'un béton dit auto-plaçant (BAP), le serrage du béton fluide est dû à l'effet de la gravité. Les procédures pour la mise en place d'un tel béton doivent être établies par référence à l'expérience du constructeur ou à des essais préalables, de manière à obtenir le serrage requis. Des exigences complémentaires à celles indiquées dans l'EN 206-1 concernant les propriétés du béton frais et ses critères de conformité doivent faire l'objet d'un accord avec le producteur.

#### 8.4.4 Béton projeté

(1) Pour le béton mis en place par projection, l'exécution des travaux doit être conforme aux exigences données dans l'EN 14487 Partie 1 et Partie 2 et aux spécifications d'exécution.

NOTE L'EN 14487-2 donne des prescriptions concernant les informations et les exigences techniques devant être incluses dans les spécifications d'exécution.

#### 8.4.5 Coffrages glissants

(1) Le béton pour coffrages glissants doit présenter une prise et une consistance appropriées. La construction par coffrages glissants doit être effectuée avec un matériel et suivant des méthodes garantissant que l'enrobage des armatures, la qualité du béton et la finition de sa surface requis sont atteints.

(2) Les spécifications d'exécution, par exemple en ce qui concerne la disposition des armatures, doivent être compatibles avec le matériel réellement utilisé de coffrage glissant.

#### 8.4.6 Bétonnage sous l'eau

(1) La mise en place des bétons sous l'eau doit être exécutée à l'aide d'un matériel convenable et des méthodes adaptées qui répondent aux exigences définies dans les spécifications d'exécution.

(2) Les spécifications d'exécution, par exemple en ce qui concerne la disposition des armatures, doivent être compatibles avec la méthode réelle de bétonnage mise en œuvre.

### 8.5 Cure et protection

(1) Le béton au jeune âge doit faire l'objet d'une cure et d'une protection, afin :

- a) de minimiser le retrait plastique ;
- b) d'assurer une résistance en surface convenable ;
- c) d'assurer une durabilité de la zone superficielle convenable ;
- d) de le protéger contre des conditions météorologiques dommageables ;
- e) de le protéger contre le gel ;
- f) de le protéger contre les vibrations préjudiciables, les chocs et tout effet dommageable.

## EN 13670:2009 (F)

(2) Si le béton jeune nécessite la mise en œuvre de mesures de protection contre la pénétration des agents agressifs (chlorures, par exemple), de telles exigences doivent être définies dans les spécifications d'exécution.

(3) La méthode de cure doit permettre de réduire le taux d'évaporation de la surface du béton, ou de maintenir celle-ci en état permanent d'humidité ; des indications sont données dans l'Annexe F.

La cure naturelle est suffisante lorsque les conditions pendant toute la période requise pour la cure sont telles que le taux d'évaporation de la surface du béton est faible, par exemple dans le cas de brouillard, de pluie ou de forte d'humidité atmosphérique.

(4) Après l'achèvement des opérations de serrage et de surfaçage, la cure de la surface, si nécessaire, doit être entreprise sans retard. Si nécessaire pour prévenir la fissuration des surfaces libres par retrait plastique, une cure provisoire doit être mise en œuvre avant le surfaçage.

(5) Si un béton à faible ressuage est utilisé, par exemple un béton à haute résistance ou un béton auto-plaçant, des précautions particulières doivent être prises pour prévenir la fissuration due au retrait plastique. Ceci s'applique également pour le bétonnage dans des conditions atmosphériques causant une forte évaporation, temps chaud, vent, mais aussi froid sec.

(6) La durée d'application de la cure doit dépendre de l'évolution des propriétés du béton dans la zone de surface.

Cette évolution est décrite par les classes de cure basées sur les périodes de cure ou sur un pourcentage de la résistance à la compression caractéristique à 28 jours, conformément au Tableau 4.

Tableau 4 — Classes de cure

	Classe de cure 1	Classe de cure 2	Classe de cure 3	Classe de cure 4
Période (heures)	12 <sup>a</sup>	NA	NA	NA
Pourcentage de la valeur spécifiée pour la résistance à la compression caractéristique à 28 jours	non applicable (NA)	35 %	50 %	70 %
<sup>a</sup> À condition que la durée de prise n'excède pas 5 h et que la surface du béton soit à une température supérieure ou égale à 5 °C				

(7) La classe de cure à utiliser doit être définie par les spécifications d'exécution.

(8) Des exigences de cure particulières (au-dessus de 70 %) peuvent être définies dans les spécifications d'exécution.

(9) Les recommandations relatives aux durées minimales de cure sont données dans l'Annexe F.

(10) L'utilisation de produits de cure est interdite au droit des joints de reprise, sur les surfaces devant recevoir un traitement ou lorsqu'une adhérence à d'autres matériaux est requise, à moins que ces produits ne soient complètement éliminés avant l'opération suivante ou qu'il soit démontré qu'ils sont dépourvus d'effet nocif sur les opérations suivantes.

(11) Des produits de cure ne doivent pas être utilisés sur des surfaces faisant l'objet d'exigences spéciales concernant leur état de surface, à moins d'avoir prouvé qu'ils n'ont aucun effet néfaste.

(12) La température de la surface du béton ne doit pas descendre en dessous de 0 °C tant que la résistance à la compression de la surface du béton n'a pas atteint une valeur minimale de 5 MPa.



(13) Sauf spécification contraire, le pic de température du béton dans un élément exposé à un environnement humide ou soumis à des cycles d'humidification ne doit pas dépasser 70 °C, à moins que des données ne prouvent qu'avec les matériaux utilisés, des températures supérieures n'auront aucun effet néfaste significatif sur la performance en service du béton.

NOTE Si le béton au jeune âge est exposé à une température élevée pendant une certaine période, une formation d'ettringite différée peut survenir en fonction de l'humidité et de la formulation du béton (teneur en alcalins, composition chimique du ciment, utilisation d'adjuvants, etc.).

(14) La présente norme ne traite pas des exigences pendant la période de cure en cas de chauffage interne ou externe.

(15) Il y a lieu de prendre en considération une chute éventuelle de résistance lorsqu'une température élevée est utilisée pendant la période de cure.

(16) Les spécifications d'exécution peuvent inclure des exigences relatives à la diminution du risque éventuel d'une fissuration du béton au jeune âge due aux actions thermiques (par exemple : utilisation de tubes de refroidissement, revêtement isolant, etc.).

## 8.6 Opérations après bétonnage

(1) Après le décoffrage, toute surface doit être contrôlée conformément à la classe d'exécution retenue, pour vérifier que les exigences sont satisfaites.

(2) La surface ne doit pas être endommagée ou détériorée pendant la construction.

## 8.7 Bétonnage des structures mixtes

(1) Le bétonnage des structures mixtes doit être effectué en conformité avec la présente norme.

## 8.8 Parements

(1) Les exigences éventuelles concernant le parement des surfaces coffrées et non coffrées doivent être indiquées dans les spécifications d'exécution.

# 9 Mise en œuvre des éléments préfabriqués

## 9.1 Généralités

(1) Le présent article définit des exigences pour les opérations de construction incluant la mise en œuvre d'éléments préfabriqués structuraux, depuis leur réception sur le chantier pour des produits préfabriqués en usine, ou à partir du décoffrage dans le cas d'éléments préfabriqués sur chantier, jusqu'à achèvement de leur mise en place et réception finale.

(2) Les éléments préfabriqués doivent être utilisés comme prescrit dans les spécifications d'exécution et la compatibilité de leur dimensionnement avec les exigences de la structure globale doit être vérifiée.

## 9.2 Éléments préfabriqués en usine

(1) Les éléments préfabriqués en usine, jusqu'à leur réception sur le chantier, relèvent de la Norme européenne de produits correspondante (produits préfabriqués).

(2) Les dispositions de la présente norme s'appliquent à la préfabrication d'éléments qui ne relèvent pas d'une Norme européenne de produits.

### 9.3 Éléments préfabriqués sur chantier

- (1) Les éléments fabriqués sur chantier peuvent être traités comme des produits préfabriqués s'ils sont conformes à la Norme européenne de produits correspondante.
- (2) Les éléments fabriqués sur le chantier qui ne sont conformes à aucune Norme européenne de produits ne doivent pas être considérés comme des produits préfabriqués, et leur fabrication est couverte par la présente norme.
- (3) Les exigences concernant les opérations postérieures à la production des éléments préfabriqués sur le chantier sont les mêmes que pour les produits préfabriqués en usine.

### 9.4 Manutention et stockage

#### 9.4.1 Généralités

- (1) La manutention, le stockage et la protection des éléments préfabriqués doivent être conformes aux spécifications d'exécution.
- (2) La valeur du poids total de chaque élément préfabriqué doit être disponible.
- (3) L'identification du produit doit être indiquée sur chaque élément et, lorsque les spécifications d'exécution l'exigent, la position dans les ouvrages doit être indiquée pour chaque élément.

NOTE Voir l'EN 13369 pour les éléments préfabriqués en usine.

#### 9.4.2 Manutention

- (1) Un schéma de levage définissant les points de suspension et les forces maximales, les dispositions du système de levage et, si nécessaire, toute prescription particulière, doit être disponible.

#### 9.4.3 Stockage

- (1) Les instructions relatives au stockage de l'élément préfabriqué doivent définir l'emplacement du stockage, la position permise pour les supports, la hauteur maximale d'empilement, les mesures de protection et, si nécessaire, toute prescription pour assurer la stabilité.

### 9.5 Mise en place et calage

#### 9.5.1 Généralités

- (1) Préalablement à toute livraison d'éléments préfabriqués, les instructions de pose nécessaires pour leur manutention et leur stockage provisoire éventuel doivent être disponibles sur le chantier.
- (2) Les prescriptions concernant la mise en place et le calage doivent être précisées dans les instructions de pose.
- (3) Le programme de travail avec la séquence des opérations doit être disponible sur le chantier.
- (4) La mise en place ne doit débuter qu'après vérification satisfaisante des points ci-dessus.

### 9.5.2 Mise en place

(1) Les instructions de pose doivent définir la disposition des supports, les étais nécessaires et, le cas échéant, les dispositions pour assurer provisoirement la stabilité.

NOTE Des dispositions standard pour la mise en œuvre sont données dans l'EN 13369 ; voir également l'alinéa 10.5 (3) de la présente norme

(2) Si nécessaire, les accès et les postes de travail doivent être indiqués par la spécification de mise en œuvre pour le guidage de l'élément préfabriqué et la conduite des appareils de levage.

(3) Les dispositions nécessaires doivent être prises pour assurer la stabilité effective des supports pendant la construction et pour minimiser le risque d'endommagement de ces supports.

NOTE Des précautions particulières peuvent être exigées pour garantir la sécurité de la mise en place et éviter tout dommage accidentel. Pour les poutres et les dalles, il convient que les conditions d'appui soient spécifiées de manière à permettre une mise en place et une inspection aisées.

(4) La mise en place des éléments préfabriqués doit être conforme aux spécifications de mise en œuvre et d'exécution et suivre la séquence prévue par le programme des travaux.

(5) Pendant la mise en place, la position correcte des éléments préfabriqués, la précision dimensionnelle des supports, l'état des joints et reprises et les dispositions d'ensemble de la structure doivent être contrôlés et toutes les corrections nécessaires doivent être effectuées.

## 9.6 Réalisation des assemblages et opérations de finition

### 9.6.1 Généralités

(1) Un contrôle de la mise en œuvre doit avoir lieu avant l'exécution des assemblages et avant toute opération de finition.

(2) Les opérations de finition doivent être menées sur la base des exigences définies par les instructions de pose, en tenant compte des conditions climatiques.

### 9.6.2 Travaux sur chantier

(1) La mise en œuvre de toute armature additionnelle pour l'achèvement de la structure doit être effectuée conformément aux Articles 6 et 7.

(2) Le coulage en place doit être exécuté conformément à l'Article 8.

### 9.6.3 Assemblages

(1) Les connecteurs de tout type doivent être utilisés conformément aux spécifications du fabricant.

(2) Les connexions mécaniques ou les assemblages par collage doivent être exécutés conformément à la technologie spécifique utilisée.

(3) Il convient que les spécifications d'exécution incluent des exigences permettant d'assurer que :

- a) la dimension des joints est compatible avec la méthode de scellement ;
- b) les inserts en acier de tout type utilisés pour la réalisation des assemblages sont convenablement protégés contre la corrosion et l'incendie par un choix approprié des matériaux ou d'un revêtement ;
- c) les assemblages soudés sont réalisés avec des matériaux soudables et sont contrôlés.

## 10 Tolérances géométriques

### 10.1 Généralités

(1) La structure terminée doit respecter les écarts maximaux admissibles pour éviter tout effet dommageable vis-à-vis de :

- a) la résistance mécanique et la stabilité en phase provisoire et en service ;
- b) la performance d'utilisation pendant la durée des travaux de construction ;
- c) la compatibilité géométrique pour la réalisation de la structure et la mise en place des éléments non structuraux.

Les écarts par rapport à la plage de tolérance spécifiée doivent être gérés en conformité avec 4.4, les petits écarts pouvant être négligés s'ils n'ont aucune influence significative sur le comportement de la structure après son achèvement.

(2) Le présent chapitre définit les types d'écarts géométriques applicables aux structures de bâtiment. Ils peuvent être appliqués également aux ouvrages de génie civil, lorsque pertinents ou modifiés dans les spécifications d'exécution. Des valeurs numériques sont fournies pour les tolérances structurales, c'est-à-dire celles qui peuvent avoir une influence sur la sécurité. Deux classes de tolérances structurales sont définies pour les tolérances géométriques. Sauf prescription contraire dans les spécifications d'exécution, la classe de tolérance 1 s'applique.

NOTE 1 La classe de tolérance 1 est dite normale (voir 3.23). Les tolérances données en 10.4 à 10.6, pour la classe de tolérance 1, respectent les hypothèses de calcul de l'EN 1992 et le niveau de sécurité exigé, en liaison avec les coefficients partiels relatifs aux matériaux donnés au 2.4.2.4 de l'EN 1992-1-1:2004. Elles sont considérées comme essentielles pour la résistance mécanique et la stabilité des structures, pour satisfaire l'Article 10.1 (1) a). La classe de tolérance 2 est principalement destinée à être utilisée avec les coefficients réduits des matériaux de l'Annexe A de la NF EN 1992-1-1:2004.

NOTE 2 Lorsque des tolérances sont spécifiées en référence à la classe 2 de la Figure 4a et de la Figure 4b et que des coefficients réduits des matériaux sont pris dans les calculs conformément à l'Annexe A de l'Eurocode 2, il convient que les spécifications d'exécution exigent une documentation montrant que les hypothèses faites pour les calculs sont réellement satisfaites dans la structure exécutée.

(3) Des valeurs pour des tolérances géométriques admissibles en termes de performance en service et compatibilité de mise en œuvre, peuvent être données dans les spécifications d'exécution. Des valeurs recommandées sont données dans l'Annexe G. Sauf spécifications différentes, les tolérances données dans l'Annexe G s'appliquent.

(4) Toute exigence relative à des tolérances spéciales doit être définie dans les spécifications d'exécution, et celles-ci doivent alors comporter les informations suivantes :

- a) toute dérogation aux écarts admissibles définis par la présente norme ;
- b) tout autre type d'écart à vérifier, avec la définition des paramètres et les écarts admissibles correspondants ;
- c) si ces tolérances spéciales s'appliquent à tous les éléments concernés ou à des éléments particuliers, qui doivent alors être identifiés ;
- d) si le « principe de la boîte » doit être appliqué, et dans ce cas quel écart est admissible. Voir 10.1 (5).

(5) L'application du « principe de la boîte » exige que tous les points de la structure se trouvent à l'intérieur de la position théorique spécifiée avec une marge dans toute direction correspondant à l'écart admissible. Une valeur recommandée pour l'application du principe de la boîte est  $\pm 20$  mm.

(6) Les tolérances relatives à des surfaces transmettant des efforts par contact direct ne sont pas définies par la présente norme. Toute exigence concernant de telles surfaces doit être définie dans les spécifications d'exécution.

(7) Les tolérances relatives aux éléments bétonnés sous l'eau ne relèvent pas de la présente norme.

(8) Dans le cas où un écart géométrique est couvert par plusieurs exigences, c'est la tolérance la plus stricte qui s'applique.

(9) Les exigences du présent chapitre s'appliquent à la structure terminée. Lorsque des éléments sont incorporés dans une structure, toute vérification intermédiaire de ces éléments doit être subordonnée aux exigences s'appliquant à la structure terminée.

(10) La présente norme ne définit pas d'exigences pour les combinaisons de tolérances de construction et de déformations structurales. Les écarts admissibles sont valables pour la situation qui précède les déformations dues aux chargements et aux effets différés sauf spécification contraire définie dans les spécifications d'exécution, voir 10.1 (4).

## 10.2 Système de référence

(1) Les tolérances de planimétrie s'entendent par rapport aux axes secondaires correspondants.

(2) Les tolérances altimétriques s'entendent par rapport aux axes secondaires correspondants, qui peuvent être rapportés à un repère de niveau.

(3) Toute exigence concernant les axes secondaires doit être définie par les spécifications d'exécution.

NOTE L'ISO 4463-1 fournit des recommandations pour l'implantation des axes secondaires.

## 10.3 Fondations

(1) Les fondations peuvent être constituées de semelles superficielles, de semelles sur pieux, etc. Des valeurs recommandées pour l'implantation de ces fondations sont données par la Figure G.1 de l'Annexe G.

NOTE Une fondation superficielle peut être coulée directement ou constituée d'éléments préfabriqués. Les exigences de tolérances relatives aux fondations profondes telles que pieux, parois moulées, ou ancrages spéciaux, etc. ne sont pas couvertes par la présente norme.

## 10.4 Poteaux et murs

(1) Les valeurs des écarts admissibles pour les poteaux et les murs sont données par la Figure 2.

NOTE Un guide des écarts admissibles pour les positions des poteaux et des murs par rapport à un axe secondaire est fourni par la Figure G.2 de l'Annexe G.

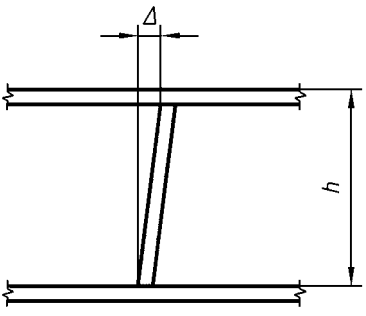
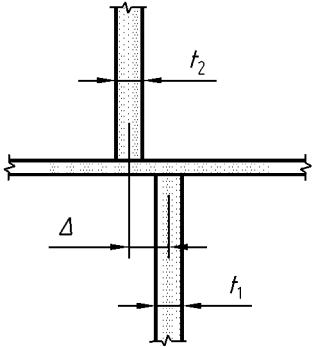
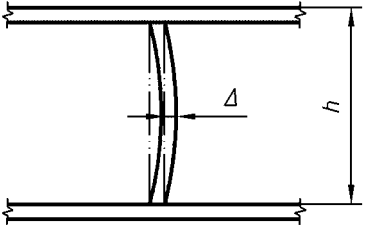
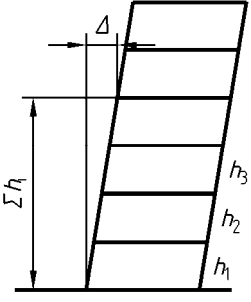
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b> <math>h</math> = hauteur libre</p>	Inclinaison d'un poteau ou d'un mur à tout niveau dans un bâtiment d'un ou de plusieurs étages  $h \leq 10$ m $h > 10$ m	La plus grande des deux valeurs :  $15$ mm ou $h/400$ $25$ mm ou $h/600$
b	 <p><math>t = (t_1 + t_2) / 2</math></p>	Écart entre axes	La plus grande des deux valeurs : $t/30$ ou $15$ mm avec une limite supérieure égale à $30$ mm
c		Imperfection géométrique d'un poteau entre deux niveaux consécutifs	La plus grande des deux valeurs : $h/300$ ou $15$ mm avec une limite supérieure égale à $30$ mm
d	 <p><math>\Sigma h_i</math> = somme des hauteurs des étages considérés</p>	Position de l'axe d'un poteau ou d'un mur à tout niveau par rapport à la verticale de son centre théorique au niveau bas d'une structure à plusieurs étages  $n$ , nombre de niveaux avec : $n > 1$	La plus petite des deux valeurs : $50$ mm ou $\Sigma h_i / (200 n^{1/2})$

Figure 2 — Écarts admissibles pour les éléments verticaux tels que poteaux et murs

### 10.5 Poutres et dalles

(1) Les écarts donnés pour la position et le niveau des poutres et des dalles s'appliquent aussi aux autres éléments structuraux horizontaux ou inclinés.

(2) Les valeurs des écarts admissibles pour les poutres et les dalles sont données par la Figure 3.

(3) Les tolérances relatives aux longueurs d'appui des poutres et des dalles préfabriquées ne relèvent pas de la présente norme ; elles doivent être définies par les instructions de pose ou par l'information technique relative au produit préfabriqué.

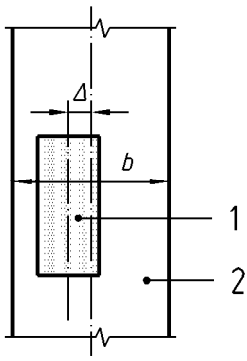
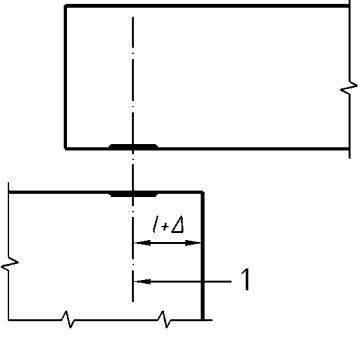
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Poutre (coupe transversale) 2 Poteau (élévation)</p>	<p>Position d'une liaison poutre-poteau repérée par rapport au poteau</p> <p><math>b</math> = dimension du poteau suivant la même direction que <math>\Delta</math></p>	<p>La plus grande des deux valeurs :</p> <p><math>\pm b/30</math></p> <p>ou</p> <p><math>\pm 20</math> mm</p>
b	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Axe réel de l'appui</p>	<p>Position de l'axe d'un appui par rapport à l'arête du support, lorsque des appuis structuraux sont utilisés</p> <p><math>l</math> = Distance théorique à l'arête</p>	<p>La plus grande des deux valeurs :</p> <p><math>\pm l/20</math></p> <p>ou</p> <p><math>\pm 15</math> mm</p>

Figure 3 — Écarts admissibles pour les poutres et dalles

## 10.6 Sections

(1) Les dimensions de la section transversale, l'enrobage et la position des armatures de béton armé et de précontrainte ne doivent pas présenter, par rapport aux valeurs théoriques, d'écarts supérieurs aux valeurs définies par la Figure 4.

NOTE Les valeurs données pour les écarts admissibles ne s'appliquent pas aux produits préfabriqués. Il convient que ceux-ci soient conformes à la norme de produit correspondante.

(2) La conformité aux exigences relatives à l'enrobage doit être assurée pour chaque mesure individuelle, à moins que les dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation n'en admettent une approche statistique.

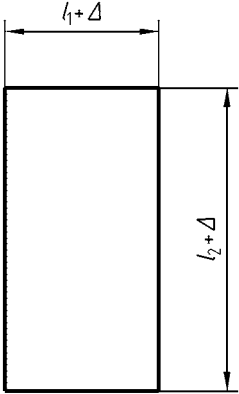
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$	
			Classe de tolérance 1	Classe de tolérance 2 * voir 10.1 (2) Notes
a	 <p><b>Légende</b> <math>l_i</math> Longueur d'une dimension transversale</p>	Dimensions transversales de la section applicables aux poutres, dalles et poteaux Pour $l_i < 150$ mm $l_i = 400$ mm $l_i \geq 2\,500$ mm avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires	$\pm 10$ mm $\pm 15$ mm $\pm 30$ mm	$\pm 5$ mm $\pm 10$ mm $\pm 30$ mm
NOTE 1 Pour les fondations, les écarts positifs doivent être définis par les spécifications d'exécution, le cas échéant. Les écarts négatifs sont conformes au tableau.  NOTE 2 La présente norme ne traite pas des tolérances relatives aux éléments de béton coulés directement en contact avec le terrain tels que parois moulées, pieux forés, etc. Elle traite néanmoins des fondations normales coulées directement au sol (par exemple sur bétons de propreté, etc.).				

Figure 4 — Écarts admissibles des sections



N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$	
			Classe de tolérance 1	Classe de tolérance 2
b	<p>Exigence :</p> $c_{nom} + \Delta c_{(plus)} > c > c_{nom} -  \Delta c_{(minus)} $	Position des armatures de béton armé $\Delta c_{(plus)}$ $h \leq 150 \text{ mm},$ $h = 400 \text{ mm},$ $h \geq 2\,500 \text{ mm},$ avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires	$+ 10 \text{ mm}$ $+ 15 \text{ mm}$ $+ 20 \text{ mm}^b$	$+ 5 \text{ mm}$ $+ 10 \text{ mm}$ $+ 20 \text{ mm}$
	$c_{min}$ = enrobage minimum requis $c_{nom}$ = enrobage nominal = $c_{min} +  \Delta c_{(minus)} $ $c$ = enrobage réel $\Delta c$ = écart admissible à partir de $c_{nom}$ $h$ = hauteur de la section	$\Delta c_{(minus)}$	$\Delta c_{dev}^a$	$\Delta c_{dev}^a$

<sup>a</sup>  $\Delta c_{dev}$  est défini dans l'annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA. Sauf spécification contraire,  $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ . Les spécifications d'exécution peuvent établir si une approche statistique autorisant un certain pourcentage de valeurs avec des enrobages inférieurs à  $c_{min}$  est permise.

<sup>b</sup> Il est possible d'augmenter de 15 mm les écarts positifs admissibles pour les enrobages des armatures des fondations et des éléments de béton des fondations. Les écarts négatifs doivent rester conformes au tableau.

Figure 4 (suite)

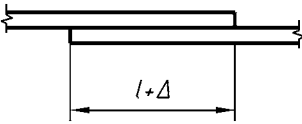
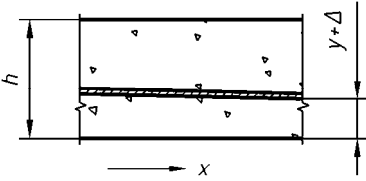
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$
			<b>Classe de tolérance 1</b>
c		Recouvrements $\ell$ = Longueur de recouvrement	$- 0,06 \ell$
d	  Coupe longitudinale y – position nominale (normalement une fonction de la position « x » le long du câble de précontrainte)	Positions des armatures de précontrainte <sup>a</sup> Pour $h \leq 200$ mm :  Pour $h > 200$ mm :  Enrobage mesuré par rapport à la gaine $\Delta C_{\text{minus}}$	± 6 mm  La plus petite des deux valeurs : ± 0,03 h ou ± 30 mm  $\Delta C_{\text{dev}}^{\text{b)}$
<p><sup>a</sup> Les valeurs données s'appliquent en direction verticale et transversale. Pour la direction transversale, <math>h</math> est la largeur de l'élément. Pour les armatures de précontrainte dans des dalles, des écarts supérieurs à ± 30 mm peuvent être permis le cas échéant pour éviter les ouvertures de petites dimensions, conduits, caniveaux et inserts. Le tracé des armatures de précontrainte lié à de tels écarts doit rester régulier.</p> <p><sup>b</sup> Les écarts négatifs admissibles <math>\Delta C_{\text{dev}}</math> sont les mêmes que dans le cas des armatures de béton armé (cas b).</p>			

Figure 4 (fin)

### 10.7 Planéité des surfaces et rectitude des arêtes

Les valeurs recommandées des écarts admissibles de planéité des surfaces et de rectitude des arêtes sont données par la Figure G.5 de l'Annexe G.

### 10.8 Tolérances pour les réservations et les inserts

Les valeurs recommandées des écarts admissibles relatifs aux réservations et aux inserts sont données par la Figure G.6 de l'Annexe G.

## Annexe A (informative)

### Guide sur la documentation

**Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux du paragraphe 4.2 : Documentation**

#### **A.4.2.1 Spécifications d'exécution**

(1) Il convient que les spécifications d'exécution incluent :

- a) la description de tous les produits à mettre en œuvre avec toutes les exigences de mise en œuvre. Il convient de donner ces informations sur les plans et/ou dans la documentation du projet ;
- b) la documentation du projet, qui est le document qui définit les classes d'exécution à appliquer, toute tolérance spéciale, les prescriptions relatives aux parements, etc. Une liste relative aux informations à inclure est donnée dans le Tableau A.1. Il convient que la documentation du projet inclue également toutes les prescriptions pour l'exécution des travaux, c'est-à-dire séquence des opérations, appuis provisoires, procédures d'exécution, etc. ;
- c) les plans de construction fournissant toutes les informations nécessaires telles que :
  - 1) la géométrie de la structure ;
  - 2) la quantité et la position des armatures de béton armé et de précontrainte ;
  - 3) pour les éléments préfabriqués, les dispositifs de levage, les poids, les inserts, etc. ;
- d) le cas échéant, une spécification pour la mise en place des éléments préfabriqués. Il convient d'inclure dans les spécifications de mise en œuvre :
  - 1) les plans de mise en place consistant en plans et coupes montrant la position et les liaisons des éléments dans l'ouvrage terminé ;
  - 2) les données relatives à la mise en place avec les exigences concernant les propriétés des matériaux et les contrôles ;
  - 3) les instructions pour la mise en place avec les données nécessaires pour la manutention, le stockage, la pose, le réglage, l'assemblage et les travaux de finition (voir 9.4, 9.5 et 9.6).

(2) Le Tableau A1 fournit un résumé des informations qu'il convient d'inclure dans les spécifications d'exécution, le cas échéant, pour satisfaire à la présente norme.

Tableau A.1 — Liste des informations à inclure dans les spécifications d'exécution

Article	Article/ Paragraphe	Libellé
1 Domaine d'application	1 (2)	Spécifier toutes les prescriptions particulières à la structure considérée
	1 (4)	Si nécessaire, spécifier toutes les prescriptions complémentaires relatives au béton léger, aux autres matériaux ou aux technologies particulières
	1 (5)	Énoncer toute exigence concernant les éléments en béton utilisés comme matériel ou équipement d'appoint
2 Références normatives	2 (1)	Ajouter toutes les normes ou dispositions nationales applicables en vigueur sur le lieu d'utilisation
3 Définitions	3.17	Définir l'axe de référence pour l'implantation
4 Gestion de l'exécution	4.1 (1)	Toute information technique nécessaire mentionnée par les spécifications d'exécution
	4.1 (3)	Spécifier les exigences concernant la qualification du personnel
	4.1 (4) et 4.2.1 (2)	Les prescriptions nationales à respecter
	4.2.1 (3)	Inclure la procédure de modification des spécifications d'exécution
	4.2.1 (3)	Exigences pour la diffusion des documents
	4.2.2 (1)	Mentionner si un plan de qualité est exigé
	4.2.4 (1)	Si une documentation spéciale est exigée, définir son champ d'application
	4.3.1 (5)	Spécifier la classe d'exécution et désigner le chargé du contrôle
	4.3.1 (6)	Spécifier les prescriptions relatives au personnel chargé du contrôle
	4.3.1 (7)	Si nécessaire, spécifier les prescriptions complémentaires relatives au système de management de la qualité
	4.3.2 (1) Tableau 1	Définir les contrôles et les essais de réception des produits dépourvus du marquage CE ou d'une certification tierce partie
	4.3.3 (1) Tableau 2 et Tableau 3	Vérifier la pertinence des contrôles préconisés pour le cas considéré, sinon énoncer des exigences additionnelles
	4.4 (3)	Si requis, spécifier les mesures correctives dans le cas d'une non-conformité
	5 Étaisements et coffrages	5.3 (1) et 5.4 (1)
	5.3 (4)	Spécifier les exigences particulières pour les étaisements provisoires, le cas échéant
	5.4 (5)	Spécifier toute exigence pour les parements
	5.4 (6)	Spécifier toute exigence pour les finitions spéciales ou les planches d'essai
	5.4 (7)	Spécifier toute exigence concernant les appuis provisoires de la structure finale
	5.5 (1)	Spécifier toute exigence pour coffrages spéciaux
	5.6.2 (1)	Exigences concernant l'obturation des trous et des réservations provisoires
	5.7 (1)	Exigences concernant le démontage des coffrages et des étaisements pour éviter les flèches
	5.7 (4)	Le cas échéant, spécifier la séquence de démontage, lorsque le soutien par sous-étais ou ré-étaisement de la structure est utilisé
« à suivre »		

Tableau A.1 (suite)

Article	Article/ Paragraphe	Libellé
6 Armatures de béton armé	6.2 (1)	Spécifier les types d'armatures
	6.2 (3)	Spécifier les types d'ancrages ou de manchons autorisés
	6.2 (6)	Exigences concernant les armatures utilisées autres qu'en acier
	6.3 (1)	Fournir les nomenclatures de coupe et de façonnage des aciers ou indiquer qu'il s'agit d'une tâche qui incombe au constructeur
	6.3 (1)	Indiquer si le façonnage est permis à température inférieure à $-5\text{ °C}$ et, le cas échéant, spécifier les précautions à prendre
	6.3 (1)	Indiquer si le façonnage à chaud est permis
	6.3 (2)	Indiquer les diamètres des mandrins retenus pour exécuter le façonnage
	6.3 (3)	Indiquer les diamètres des mandrins retenus pour les armatures soudées et les treillis façonnés après soudage
	6.3 (5)	Spécifier toute exigence concernant le redressage des barres
	6.4 (1) et 6.4 (2)	Dispositions pour le soudage des armatures
	6.4 (3)	Spécifier si le soudage par points est interdit
	6.5 (1)	Spécifier la position des armatures y compris la position de leurs recouvrements et jonctions, etc.
	6.5 (2)	Spécifier si le recouvrement par <i>barre filante</i> est autorisé
	6.5 (3)	Spécifier les précautions spéciales si requises
	6.5 (4)	Spécifier l'enrobage nominal, c'est-à-dire l'enrobage minimum requis + la valeur numérique de l'écart négatif admissible $\Delta C_{dev}$ (cf. Article 10 Figure 3b)
7 Précontrainte	7.1 (2)	Exigences concernant l'installation de kits de post-tension et la qualification du personnel assurant la mise en œuvre
	7.2.1 (1)	Exigences relatives au système de post-tension
	7.2.3 (1)	Spécifier les exigences pour l'acier de précontrainte
	7.2.3 (2)	Préciser si des matériaux autres que l'acier sont autorisés pour réaliser la précontrainte. Dans ce cas, préciser les spécifications correspondantes
	7.2.5 (2)	Description des supports d'armature de précontrainte
	7.4.1 (1)	Dispositions pour l'assemblage des armatures de précontrainte
	7.4.1 (3)	Spécifier si le soudage des plaques d'ancrage, des frettes à l'arrière des plaques d'ancrage et le soudage par points des plaques perforées sont autorisés
	7.5.1 (3)	Identifier les ancrages actifs et passifs
	7.5.1 (6)	Exigences concernant la résistance minimale en compression du béton lors de l'application et du transfert de la force de précontrainte à la structure
	7.5.2 (1)	Actions à entreprendre lorsque l'allongement prévu des armatures de pré-tension n'est pas respecté
7.5.3 (1)	Actions à entreprendre lorsque l'allongement prévu des armatures de post-tension n'est pas respecté	

« à suivre »

Tableau A.1 (suite)

Article	Article/ Paragraphe	Libellé
8 Opération de bétonnage	8.1 (1)	Vérifier que toutes les propriétés requises du béton ont été spécifiées conformément à l'EN 206-1 et aux normes ou dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton
	8.1 (3)	Préciser la valeur du $D$ maximum, pour le béton
	8.2 (1)	Indiquer si un programme de bétonnage est exigé
	8.2 (2)	Indiquer si un coulage d'essai est requis
	8.2 (4)	Indiquer les exigences concernant les reprises de bétonnage
	8.2 (6)	Indiquer si un enrobage supplémentaire des armatures est nécessaire pour un coulage en contact direct avec le terrain
	8.3 (4)	Indiquer si des échantillons doivent être prélevés
	8.3 (5)	Indiquer si le contact avec l'aluminium ou un alliage d'aluminium est permis
	8.4.4 (1)	En cas d'utilisation de béton projeté, les spécifications d'exécution doivent être conformes à l'EN 14487-2
	8.4.5 (2)	En cas d'utilisation d'un coffrage glissant, les dispositions constructives doivent être adaptées au procédé
	8.4.6 (1)	Le cas échéant, définir les exigences spécifiques au bétonnage sous l'eau, méthodologie, etc.
	8.4.6 (2)	En cas de bétonnage sous l'eau, les dispositions constructives et la méthode de bétonnage doivent être compatibles
	8.5 (2)	S'il est nécessaire de protéger le béton au jeune âge contre les agents agressifs, décrire les moyens à mettre en œuvre
	8.5 (7)	Spécifier la classe de cure à appliquer
	8.5 (8)	Spécifier, le cas échéant, toute exigence particulière pour la cure
	8.5 (16)	Spécifier, si nécessaire, les mesures particulières destinées à réduire le risque de fissuration due aux effets thermiques
	8.8 (1)	Spécifier les exigences éventuelles pour le fini de surface
9 Mise en œuvre des éléments préfabriqués	9.1 (2)	Préciser les éléments en béton préfabriqués à utiliser
	9.4.1 (1) et 9.4.1 (3)	Spécifier les exigences particulières relatives à la manutention, le stockage et la protection
	9.4.2 (3)	Spécifier les exigences relatives à l'identification et au repérage des éléments
	9.5.1 (1)	Exigences pour la mise en place, le réglage et le calage
	9.5.2 (4)	Précisions nécessaires pour la mise en place
	9.6	Description des travaux sur chantier
	9.6.3 (1)	Description des assemblages
9.6.3 (2)	Spécifier la technologie	
9.6.3 (3)	Spécifier les exigences relatives aux assemblages, aux joints, aux inserts et aux assemblages soudés	
<i>« à suivre »</i>		

Tableau A.1 (fin)

Article	Article/ Paragraphe	Libellé
10 Tolérances géométriques	10.1 (2)	Spécifier si (et où) la classe de tolérance 2 s'applique
	10.1 (2) et 10.1 (4)	Spécifier les tolérances particulières en indiquant les éléments auxquels elles s'appliquent.
	10.1 (3)	Spécifier si les tolérances indiquées dans l'Annexe G s'appliquent
	10.1 (4) et 10.1 (5)	Spécifier si le « principe de la boîte » s'applique, en indiquant avec quelle tolérance, si elle est différente de $\pm 20$ mm
	10.1 (6)	Spécifier les exigences relatives aux surfaces transmettant des efforts par contact direct
	10.1 (7)	Si des éléments sont à couler sous l'eau, indiquer les tolérances
	10.1 (10)	Exigences possibles pour les combinaisons de tolérances de construction et de déformations structurales
	<b>10.2 (3)</b>	Définir les exigences pour les axes secondaires

#### A.4.2.3 Documentation de l'exécution

(1) Il convient d'envisager d'inclure dans la documentation de l'exécution les éléments ci-après :

- a) origine des matériaux, rapports d'essais des matériaux ou déclaration de conformité des fournisseurs ;
- b) demandes d'approbation des variantes et leur réponse ;
- c) plans conformes à l'exécution ou informations suffisantes pour les établir pour l'intégralité de la structure, y compris les éléments préfabriqués ;
- d) une description des non-conformités et, s'il y a lieu, les actions correctives entreprises ;
- e) la consignation de toutes les modifications acceptées de la documentation du projet ;
- f) le recueil des procès verbaux des contrôles dimensionnels lors de la réception ;
- g) la documentation des contrôles ;
- h) les événements pouvant avoir une incidence sur l'ouvrage fini ;
- i) les conditions climatiques pendant les opérations de bétonnage et de cure.

## **Annexe B** (informative)

### **Guide sur le management de la qualité**

#### **Les numéros des articles correspondent à ceux de l'Article 4 : Gestion de l'exécution**

##### **B.4.3.1 Classes d'exécution**

(1) La supervision et le contrôle font partie du management de la qualité.

(2) Les trois classes d'exécution permettent de spécifier le niveau de management de la qualité requis en fonction de l'importance de la structure ou de ses composants et du caractère critique de l'exécution vis-à-vis de leur capacité à remplir leurs fonctions.

Il convient d'utiliser la classe d'exécution 1 uniquement pour les éléments structuraux pour lesquels les conséquences en cas de rupture sont faibles ou négligeables.

(3) Les classes d'exécution comprennent des exigences relatives au contrôle ainsi que, selon l'annexe nationale applicable ou les spécifications d'exécution, les exigences du plan de qualité portant sur l'organisation et l'allocation des moyens et des effectifs.

(4) Les trois classes d'exécution indiquées en 4.3.1 correspondent aux trois niveaux de différenciation de fiabilité définis dans l'Annexe B de l'EN 1990:2002.

(5) L'étendue du contrôle à effectuer doit être conforme aux réglementations nationales et doit être définie dans les spécifications d'exécution par le choix de la « classe d'exécution » appropriée.

##### **B.4.3.2 Contrôle des matériaux et des produits**

et

##### **B.4.3.3 Contrôle d'exécution**

(1) Il convient que le programme définisse, pour chaque point de contrôle :

- a) les exigences ;
- b) les références à la norme et aux spécifications d'exécution ;
- c) la méthode de contrôle, de suivi ou d'essai ;
- d) la définition de la zone de contrôle ;
- e) la fréquence du contrôle, du suivi ou des essais ;
- f) les critères d'acceptation ;
- g) la documentation ;
- h) le contrôleur ;
- i) l'implication possible de tierces parties dans le contrôle.



(2) Un programme de contrôle peut être présenté sous la forme d'un tableau résumé avec les références aux procédures et instructions détaillant les contrôles, le suivi et les essais.

(3) Un contrôle tel que décrit dans le présent paragraphe ainsi que les suivants, permet de satisfaire aux exigences de la présente norme au regard de l'étendue du contrôle :

- a) en classe d'exécution 1, il peut être effectué par l'opérateur qui a exécuté la tâche. Il implique de procéder à un contrôle du travail effectué : autocontrôle
- b) en classe d'exécution 2, il convient qu'en plus de l'auto-contrôle, un contrôle intérieur systématique et périodique soit effectué selon des procédures définies au sein de l'entreprise ayant réalisé les travaux : contrôle intérieur systématique.
- c) en classe d'exécution 3, en plus de l'auto-contrôle et du contrôle intérieur effectués par le constructeur lui-même, il peut être requis un contrôle étendu selon les réglementations nationales ou les spécifications d'exécution. Ce contrôle étendu peut être effectué par une autre entreprise : contrôle extérieur indépendant.

(4) Pour les structures relevant de la classe d'exécution 3, il convient que le contrôle intérieur systématique s'applique à toute partie de l'ouvrage ayant une importance pour la capacité portante et la durabilité de la structure. Cela comprend le contrôle des coffrages, des armatures, de la propreté avant bétonnage, du béton, du bétonnage et de la cure, de la précontrainte, de l'injection, etc.

Dans le cas d'un contrôle autre que le contrôle intérieur (ou indépendant), il convient que l'étendue de ce contrôle soit au moins égale à celle décrite pour le contrôle intérieur systématique de la classe d'exécution 2, voir (5) ci-dessous.

(5) Pour les structures relevant de la classe d'exécution 2, il convient que le contrôle intérieur systématique comprenne un contrôle de tous les bétonnages et poses d'armatures pour des éléments de structure importants tels que les éléments porteurs. Pour les autres éléments de structure, il convient d'effectuer des contrôles par sondage, en fonction de l'importance des éléments de structure vis-à-vis de la capacité portante et de la durabilité.

(6) Pour les structures comportant des éléments préfabriqués, il convient de contrôler tous les supports et assemblages transmettant des efforts.

## Annexe C (informative)

### Guide sur les étaielements et coffrages

Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux de l'Article 5 : Étaielements et coffrages

#### C.5.1 Exigences de base

(1) Les actions principales à considérer dans le projet sont celles indiquées dans les Eurocodes principalement l'EN 1990, *Eurocode — Base de calcul des structures* et l'EN 1991-1-6, *Eurocode 1 — Actions sur les structures — Partie 1-6 : Actions générales — Actions en cours d'exécution* y compris des combinaisons de :

- a) poids propres des coffrages, des armatures et du béton ;
- b) pression sur les coffrages, fonction du type de béton (y compris éventuellement une poussée vers le haut) ;
- c) charges de construction (personnel, matériel, etc.) y compris les effets statiques et dynamiques du bétonnage, du compactage et du trafic sur le chantier ;
- d) charges de vent et de neige ;
- e) actions particulières sur le lieu d'utilisation telles que dispositions pour les actions sismiques.

NOTE Les séismes ne sont normalement pas pris en considération pour les ouvrages temporaires comme les coffrages et les étaielements.

- (2) Il est important de prévoir un contreventement efficace ainsi que ses attaches.

#### C.5.3 Conception et mise en place des étaielements

(1) Les cales de réglage des supports de l'étaielement doivent être convenablement fixées pour éviter tout glissement pendant le bétonnage.

- (2) Il convient de tenir compte des tassements différentiels, notamment en cas d'étaielement sur le sol.

(3) La prévention d'une fissuration préjudiciable du béton au jeune âge, peut être obtenue par des mesures telles que :

- a) une limitation de la flèche ou du tassement ;
- b) contrôle de la séquence du bétonnage et/ou de la formule du béton.

#### **C.5.4 Conception et mise en place du coffrage**

(1) Il peut être utile de prévoir une ouverture pouvant être refermée en fond de coffrage afin d'en permettre le nettoyage.

(2) Coffrages glissants.

- a) Il convient que le fruit du coffrage soit adapté afin de limiter le frottement sur le béton frais.
- b) Il convient de mettre en œuvre un système de guidage continu des armatures par rapport aux coffrages afin de maintenir l'enrobage dans les limites de tolérances définies à l'Article 10.

#### **C.5.5 Coffrages spéciaux**

Généralités

(1) Lorsque des systèmes de coffrage spéciaux sont utilisés, il convient que les prescriptions du fabricant soient prises en compte.

(2) Une peau de coffrage perméable peut être utilisée pour améliorer le parement en réduisant de façon notable le nombre et la taille des bulles.

#### **C.5.6 Inserts et dispositifs incorporés au béton**

Généralités

(1) En cas d'emploi d'inserts en aluminium ou acier galvanisé, il convient de prendre des mesures spéciales pour éviter une réaction chimique entre le métal et le béton.

(2) Il convient d'éviter tout contact entre métaux de potentiels électriques différents.

#### **C.5.7 Démontage des coffrages et des étalements**

(1) Lorsque les indications sur la résistance requise pour le démontage des coffrages et des étalements ne sont pas précisées lors de la conception des étalements et des coffrages ou dans les spécifications d'exécution, les indications suivantes sont alors suggérées :

- a) résistance du béton égale à 5 MPa pour résister aux arrachements dus au décoffrage ;
- b) des sous-étais ou autres supports peuvent être utilisés pour transmettre les charges existantes ;
- c) une protection peut être utilisée afin d'éviter des détériorations de surface dues aux intempéries jusqu'à ce que le béton ait atteint une résistance suffisante.

## Annexe D (informative)

### Guide sur les armatures de béton armé

Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux de l'Article 6 : Armatures de béton armé

#### D.6.2 Matériaux

(1) Les aciers doivent être spécifiés selon les normes nationales ou européennes conformes à l'EN 10080. Les classes d'acier selon l'EN 1992-1-1:2004 Annexe C Tableau C.1, ne sont pas nécessairement en conformité avec de telles normes. Les classes de l'EN 1992-1-1 se réfèrent aux paramètres relatifs à la ductilité et non à la résistance, il convient que les spécifications d'exécution précisent la limite d'élasticité caractéristique requise et les paramètres de ductilité par référence à la norme applicable.

(2) Dans le choix des chaises et des cales, il convient de prendre en considération les actions qui s'exercent pendant la mise en place des armatures et le bétonnage. Il convient que les chaises et les cales n'entraînent pas la formation de bulles d'air, de fissures, ou d'infiltrations d'eau pouvant porter atteinte à la durabilité de la structure. Les supports continus pouvant être à l'origine de fissures ne sont généralement pas souhaitables dans un environnement corrosif.

#### D.6.3 Façonnage, coupe, transport et stockage des armatures

(1) Il convient de prendre des dispositions pour éviter :

- a) des dommages mécaniques (par exemple entailles ou indentations) ;
- b) la rupture de soudures ;
- c) une réduction de la section par corrosion.

(2) Les diamètres minimaux des mandrins sont des Paramètres Déterminés au niveau National (PDN) et les valeurs à utiliser dans un pays sont données dans l'annexe nationale à l'EN 1992-1-1. L'EN 10080 donne une exigence minimale pour l'essai de pliage de l'armature compatible avec les valeurs recommandées dans l'EN 1992-1-1. Les aciers ayant des propriétés de pliage améliorées et documentées permettent une plus petite taille de mandrin. Il est essentiel d'assurer la cohérence entre la taille minimale de mandrin et les propriétés de pliage de l'armature effectivement utilisée.

Sauf spécifications contraires, le diamètre du mandrin ne doit pas être inférieur à quatre fois le diamètre de la barre si le diamètre de la barre est inférieur ou égal à 16 mm, et à sept fois le diamètre de la barre si le diamètre de la barre est supérieur à 16 mm. En cas de redressage, il convient que le diamètre du mandrin soit doublé, à moins que les propriétés de l'armature ne soient documentées.

Le diamètre réel de pliage doit être celui spécifié dans les spécifications d'exécution, en tenant compte des exigences de l'EN 1992-1-1 afin de prévenir l'endommagement du béton dans la courbure, par exemple :  $\phi_{\text{actual}} \geq \phi_{\text{m,min}}$  où  $\phi_{\text{m,min}}$  est donné par l'expression (8.1) de l'EN 1992-1-1.

L'utilisation de mandrins dans la série de Renard est recommandée, diamètres (en mm) ; 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630.

(3) Pour les armatures soudées et les treillis façonnés après soudage, sauf spécifications contraires, si le cintrage est effectué à l'intérieur de la zone affectée thermiquement (ZAT), le diamètre du mandrin ne doit pas être inférieur à cinq fois le diamètre de la barre lorsque la barre soudée est à l'intérieur du cintrage, il convient que le diamètre du mandrin soit au moins égal à vingt fois le diamètre de la barre si la soudure est à l'extérieur du cintrage.

(4) Pour le façonnage à froid des armatures de béton armé, il convient de satisfaire aux conditions suivantes :

- a) les spécifications d'exécution spécifient la forme et le diamètre du mandrin ;
- b) les spécifications d'exécution précisent si le redressage est autorisé ;
- c) la conception des boîtiers abandonnés dans le béton, utilisés pour protéger les barres d'armature en attente, n'affecte pas la capacité portante de l'élément en béton ni la protection des armatures contre la corrosion.

## Annexe E (informative)

### Guide sur la précontrainte

Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux de l'Article 7 : Précontrainte

#### E.7.3 Transport et stockage

(1) Il convient de transporter l'acier de précontrainte, les ancrages, les coupleurs et les armatures pré-assemblées sur des engins propres et exempts de substances chimiques agressives pour l'acier. Il convient d'éviter tout contact avec des substances nocives par un emballage spécial en usine ou en organisant les supports de façon qu'il n'y ait aucun contact entre l'acier et les parois de l'engin.

(2) Il convient de n'autoriser le transport par voie fluviale ou maritime que moyennant un conditionnement approprié.

(3) Il convient que les diamètres des armatures pouvant être transportées et stockées en couronnes soient justifiés.

(4) Il convient de ne pas stocker l'acier de précontrainte en contact direct avec le sol, ni de le laisser exposé aux intempéries. Il est préférable de stocker l'acier de précontrainte dans un local fermé avec une humidité relative inférieure à 60 %.

(5) Il convient de protéger les extrémités des armatures pré-assemblées sous gaines contre la pénétration d'humidité et contre la condensation, et de donner à leurs supports un espacement qui n'affecte ni la stabilité ni l'étanchéité des gaines.

(6) Il convient d'éviter si possible la corrosion des composants de la précontrainte. Une légère rouille sur les éléments destinés à être tendus est généralement acceptable si elle peut être éliminée par un chiffon doux. Une rouille plus importante peut généralement être acceptée sur les surfaces extérieures des produits d'ancrage moulés.

#### E.7.4 Mise en place des armatures

(1) Il convient que les connexions avec les ancrages et les autres connexions satisfassent aux mêmes exigences que celles relatives aux gaines.

(2) En cas d'utilisation de rubans adhésifs pour l'étanchéité des gaines, il convient que ceux-ci soient exempts de chlorures.

(3) Il convient de sectionner l'acier de précontrainte au moyen d'une tronçonneuse à disque.

##### E.7.4.4 Armatures de post-tension

(1) La résistance des gaines à l'écrasement peut être obtenue par l'utilisation de gaines suffisamment rigides ou rigidifiées par un tube provisoire.

#### E.7.5 Mise en tension

##### E.7.5.1 Généralités

(1) La mise en tension est une opération complexe entraînant la mise en jeu de forces élevées dans les vérins et les armatures de précontrainte. Cette opération exige des mesures de sécurité adaptées et la supervision par un personnel expérimenté.

**E.7.5.2 Armatures de pré-tension**

(1) En complément aux exigences définies en 7.5.1 et 7.5.2, il convient que le programme de mise en tension spécifie :

- a) toute séquence particulière de mise en tension ;
- b) la pression au vérin ou la force correspondante à atteindre ;
- c) les tensions minimale et maximale autorisées des armatures et leur rentrée dans la zone de scellement ;
- d) la résistance du béton requise lors du transfert de la force de précontrainte.

(2) Il convient de s'assurer par un contrôle que les pièces d'ancrages réutilisables sont dans un état convenable.

**E.7.5.3 Câbles de post-tension**

(1) En complément aux exigences définies en 7.5.1 et 7.5.3, il convient que le programme de mise en tension décrive :

- a) le système de précontrainte à utiliser ;
- b) le type et la classe de l'acier de précontrainte ;
- c) le nombre de barres, fils ou torons de chaque câble ;
- d) la résistance du béton requise à la mise en tension ;
- e) l'ordre de mise en tension des câbles et toute exigence concernant la mise en tension par phases d'un câble ;
- f) les valeurs calculées de la force au vérin et de l'allongement des armatures ;
- g) la valeur prévue de la rentrée à l'ancrage ;
- h) toute exigence de décintrement partiel ou total.

(2) Il convient de consigner les données suivantes :

- a) la vérification de la résistance du béton requise à la mise en tension ;
- b) le type de vérin de précontrainte utilisé ;
- c) la force au vérin et l'allongement de l'armature mesurés à chaque étape de la mise en tension ;
- d) la rentrée à l'ancrage observée ;
- e) tout écart hors tolérances par rapport à la valeur calculée de la force ou de l'allongement ;
- f) le cas échéant, les étapes de décintrement.

**E.7.5.4 Câbles non adhérents internes et externes**

(1) Les clauses (1) et (2) de E.7.5.3 s'appliquent.

**E.7.6 Mesures de protection****E.7.6.1 Généralités**

(1) Si la pénétration d'eau ou une humidité excessive peut être évitée, et sauf dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation donnant des spécifications contraires, les délais suivants sont recommandés pour la construction :

- a) maximum de 12 semaines entre l'enfilage des armatures de précontrainte et l'injection ;
- b) maximum de quatre semaines entre la mise en place dans le coffrage et le coulage du béton ;
- c) approximativement deux semaines entre la mise en tension et la mise en œuvre des mesures de protection dans des conditions d'exposition sévères. Dans des conditions d'exposition plus favorables, cette durée peut être portée à quatre semaines.

(4) Si le délai ci-dessus entre la mise en tension et l'injection est dépassé, il convient de mettre en œuvre une protection provisoire par une méthode approuvée. L'application d'une huile soluble autorisée ou le soufflage des gaines à l'air sec à intervalles appropriés constituent des moyens de protection convenables.



## Annexe F (informative)

### Guide sur l'opération de bétonnage

**Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux de l'Article 8 : Opération de bétonnage**

#### F.8.1 Spécifications du béton

L'EN 206-1 définit le béton comme « ... mélange de ciment, de sable, de gravillons et d'eau ... ».

L'EN 12620 définit les gravillons comme des granulats avec  $D \geq 4$  mm où  $D$  est la taille supérieure du tamis du granulat. Elle définit également les pourcentages maximum et minimum de passant à  $D$ .

Un béton avec des granulats de taille maximale 4 mm pourrait, dans certains cas, ne pas vérifier les hypothèses de conception de l'EN 1992. Une exigence d'un  $D$  supérieur sera ainsi souvent nécessaire.

Le  $D_{max}$  est défini dans l'EN 206-1 comme « Taille maximale nominale supérieure du granulat », ce qui correspond à la définition de l'EN 1992-1-1 de  $d_g$  « plus grande taille nominale maximum du granulat ».  $d_g$  ( $D_{max}$ ) doit être choisi pour assurer un usage approprié, en prenant en compte les enrobages et l'espacement entre les armatures.

Il est nécessaire que la taille effective maximale du granulat soit définie entre la valeur spécifiée  $D$  et  $D_{max}$ .

#### F.8.2 Opérations préliminaires au bétonnage

(1) Il convient que les joints de reprise de bétonnage ne soient pas réalisés à des positions critiques.

(2) Il convient d'isoler les éléments structuraux du sol par une couche de béton de propreté de 50 mm au minimum à moins que l'enrobage des armatures ne soit augmenté conformément aux dispositions de l'EN 1992-1-1.

(3) Il convient d'interdire le bétonnage sur un sol gelé, à moins qu'une procédure spéciale ne soit mise en œuvre.

(4) Il convient que la température de surface au droit d'une reprise de bétonnage soit supérieure à 0 °C lors du bétonnage.

(5) Les spécifications d'exécution peuvent définir les températures ambiantes au-dessus desquelles des précautions doivent être programmées pour protéger le béton contre tout effet dommageable.

#### F.8.3 Livraison, réception et transport sur le site du béton frais

(1) Il convient que le contrôle de réception soit documenté par la signature du bon de livraison s'il y a lieu.

(2) Pour le béton auto-plaçant (BAP), il convient d'inclure dans le contrôle de réception les essais des propriétés à l'état frais.

##### F.8.4.1 Mise en place et serrage – béton vibré ordinaire

(1) Il convient de serrer le béton par vibration, sauf accord différent.

(2) Il convient de déverser le béton aussi près que possible de son emplacement définitif. Il convient d'utiliser les vibrations pour compacter le béton et non comme un moyen de le déplacer sur des distances importantes.

(3) Il convient d'effectuer systématiquement la vibration à l'aide d'une aiguille vibrante ou par vibreurs de surface jusqu'à ce que l'air occlus soit pratiquement éliminé. Il convient d'éviter un excès de vibration susceptible de provoquer un affaiblissement des couches de surface ou la ségrégation du béton.

(4) En général, il convient que l'épaisseur de la couche de béton mise en place soit inférieure à la longueur de l'aiguille vibrante. Il convient que la vibration soit réalisée de manière systématique, et qu'elle inclue la re-vibration de la partie supérieure de la couche précédente.

(5) Lorsqu'un coffrage est incorporé de façon permanente dans la structure, il convient de prendre en compte l'énergie qu'il absorbe dans le choix de la méthode de serrage et dans la consistance du béton.

(6) Dans les sections de grande hauteur, un re-compactage de la couche de surface est recommandé afin d'éviter le tassement plastique sous les armatures horizontales supérieures.

(7) Lorsque seule une vibration de surface est mise en œuvre, il convient généralement que la couche de béton ne dépasse pas 100 mm après serrage, sauf essais probants. Une vibration complémentaire peut être nécessaire au voisinage des appuis afin d'obtenir une compacité adéquate.

(8) Il convient d'effectuer de manière et en temps opportuns un traitement de surface à la règle, à la truelle, à la taloche, ou à l'aide de tout matériel permettant d'obtenir l'état de surface spécifié.

(9) Il convient que le traitement de surface ne donne pas lieu à une remontée excessive de laitance.

(10) Il convient de ne pas ajouter d'eau, de ciment, de durcisseur de surface ni d'autres matériaux pendant les opérations de finition, sauf prescription ou accord contraire.

(11) Lorsque l'on met en place et serre le béton à proximité de gaines de précontrainte, une attention particulière doit être apportée pour ne pas endommager ou déplacer ces gaines.

#### **F.8.4.3 Mise en place et serrage – Béton auto-plaçant**

(1) Il convient que la formulation du BAP soit conforme aux exigences particulières du béton à l'état frais selon le type d'application, et notamment :

- a) les conditions d'écoulement liées à la géométrie de l'élément en béton et à la quantité, le type et la position des armatures, des inserts et des réservations ;
- b) le matériel de mise en place (pompe, bétonnière, benne, etc.) ;
- c) les méthodes de mise en place (nombre de points d'alimentation) ;
- d) les méthodes de finition.

Ces exigences peuvent être exprimées et justifiées vis-à-vis de :

- e) l'aptitude à l'écoulement et au remplissage ;
- f) la viscosité (mesure de la vitesse d'écoulement) ;
- g) l'aptitude à l'étalement, (écoulement sans risque de blocage) ;
- h) la stabilité vis-à-vis de la ségrégation.

(2) Le temps de maintien de la consistance exigé est fonction de la durée du transport et de la mise en place. Il convient de le déterminer et de le spécifier.

(3) Il convient que la cadence de livraison soit adaptée à la cadence de mise en place et que le béton auto-plaçant soit, dans la mesure du possible, mis en place en une seule coulée continue. En cas de re-bétonnage, il convient définir et de ne pas dépasser le délai maximal entre couches successives de béton.

(4) Il convient de limiter la hauteur de chute et l'étalement horizontal du BAP afin d'éviter tout effet néfaste sur la qualité et l'homogénéité du béton.

(5) De façon générale, il convient d'éviter la vibration du BAP car elle est susceptible de provoquer une ségrégation importante des granulats. Une vibration légère et soigneusement contrôlée ne peut être utilisée, que s'il est démontré qu'elle n'affecte pas défavorablement la qualité et l'homogénéité du béton.

NOTE 1 Au moment de la publication de la présente norme, le CEN n'a pas terminé ses travaux en matière de normalisation des méthodes d'essai permettant de caractériser les propriétés du BAP, ni établi des dispositions additionnelles pour leur spécification dans l'EN 206-1.

Ces travaux portent sur :

prEN 206-9 "Concrete – Part 9: Additional rules for self-compacting concrete (SCC)" [Béton – Partie 9 : Règles complémentaires pour le béton auto-plaçant]

prEN 12350-8 "slump-flow test" characterizing the SCC's flowability and filling ability

prEN 12350-9 "V-funnel test" characterizing the SCC's viscosity

prEN 12350-10 "L-box test" characterizing the SCC's passing ability

prEN 12350-11 "Sieve segregation test" characterizing the SCC's segregation resistance

prEN 12350-12 "J-ring test" characterizing the SCC's passing ability

Le constructeur et le producteur du béton peuvent trouver des recommandations complémentaires dans les guides nationaux et européens publiés par divers organismes.

NOTE 2 Des recommandations concernant la limitation de la hauteur de chute et le cheminement horizontal peuvent être trouvées dans les guides publiés (par exemple : rapport du Comité Technique RILEM SCC).

### F.8.5 Cure et protection

(1) Les méthodes suivantes conviennent pour la cure, mises en œuvre individuellement ou en séquences :

- a) le maintien du coffrage en place ;
- b) la couverture du béton par des bâches étanches à la vapeur, fermées le long des joints et des arêtes afin d'éviter la dessiccation par courants d'air ;
- c) la mise en place de bâches humides sur la surface et la protection de ces bâches contre le dessèchement ;
- d) le maintien de la surface du béton visiblement humide par l'apport d'une humidification appropriée ;
- e) l'application d'un produit de cure d'efficacité reconnue.

D'autres méthodes de cure de même efficacité peuvent être mises en œuvre.

NOTE Au moment de la publication de la présente norme, le CEN n'a pas terminé ses travaux en matière de normalisation des méthodes d'essai permettant de caractériser les propriétés des produits de cure. Des recommandations peuvent être trouvées dans le CEN/TS 14754-1.

**EN 13670:2009 (F)**

(2) Il convient que l'évaluation de l'évolution des propriétés de surface soit fondée sur une relation entre résistance à la compression et maturité.

(3) Des estimations précises de l'évolution des propriétés du béton peuvent être basées sur l'une des méthodes suivantes :

- a) évaluation de la maturité à partir des relevés de température effectués à une profondeur maximale de 10 mm sous la surface ;
- b) évaluation de la maturité basée sur la température moyenne quotidienne de l'air;
- c) prise en compte de la température du béton pendant la cure ;
- d) essai au scléromètre (après étalonnage) ;
- e) autres méthodes reconnues.

(4) Il convient de baser l'évaluation de la maturité sur une loi de variation appropriée et reconnue, tenant compte notamment du type de ciment et des additions éventuelles.

(5) Les Tableaux F.1 à F.3 donnent la durée de la cure en nombre de jours supposée satisfaire respectivement aux classes de cure 2 à 4. Il convient d'utiliser cette durée en l'absence d'une méthode plus précise pour déterminer la résistance du béton dans la zone d'enrobage.

**Tableau F.1 — Durée minimale de cure pour la classe de cure 2 (correspondant à une résistance à la surface du béton égale à 35 % de la résistance caractéristique spécifiée)**

Température de la surface du béton (t) en °C	Durée minimale de cure, jours <sup>a</sup>		
	Évolution de la résistance du béton <sup>c, d</sup>		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	rapide $r \geq 0,50$	moyenne $0,50 > r \geq 0,30$	lente $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	2,5
$25 > t \geq 15$	1,0	2,5	5
$15 > t \geq 10$	1,5	4	8
$10 > t \geq 5$ <sup>b</sup>	2,0	5	11

<sup>a</sup> Ajouter toute durée de prise excédant 5 h.

<sup>b</sup> Pour les températures inférieures à 5 °C, il convient d'augmenter la valeur indiquée dans le tableau par la durée pendant laquelle la température est restée inférieure à 5 °C.

<sup>c</sup> L'évolution de la résistance du béton est le rapport de la résistance moyenne à la compression à 2 j à la résistance moyenne à la compression après 28 j, déterminé par des essais préalables ou basé sur l'expérience d'un béton de composition comparable (voir l'EN 206-1).

<sup>d</sup> Pour une évolution très lente de la résistance du béton, il convient de formuler des exigences particulières dans les spécifications d'exécution.

**Tableau F.2 — Durée minimale de cure pour la classe de cure 3 (correspondant à une résistance à la surface du béton égale à 50 % de la résistance caractéristique spécifiée)**

Température de la surface du béton ( $t$ ), en °C	Durée minimale de cure, jours <sup>a</sup>		
	Évolution de la résistance du béton <sup>c, d</sup>		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	rapide $r \geq 0,50$	moyenne $0,50 > r \geq 0,30$	lente $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4	7
$15 > t \geq 10$	2,5	7	12
$10 > t \geq 5$ <sup>b</sup>	3,5	9	18

<sup>a</sup> Ajouter toute durée de prise excédant 5 h.

<sup>b</sup> Pour les températures inférieures à 5 °C, il convient d'augmenter la valeur indiquée dans le tableau par la durée pendant laquelle la température est restée inférieure à 5 °C.

<sup>c</sup> L'évolution de la résistance du béton est le rapport de la résistance moyenne à la compression à 2 j à la résistance moyenne à la compression après 28 j, déterminé par des essais préalables ou basé sur l'expérience d'un béton de composition comparable (voir l'EN 206-1).

<sup>d</sup> Pour une évolution très lente de la résistance du béton, il convient de formuler des exigences particulières dans les spécifications d'exécution.

**Tableau F.3 — Durée minimale de cure pour la classe de cure 4 (correspondant à une résistance à la surface du béton égale à 70 % de la résistance caractéristique spécifiée)**

Température de la surface du béton ( $t$ ), en °C	Durée minimale de cure, jours <sup>a</sup>		
	Évolution de la résistance du béton <sup>c, d</sup>		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	rapide $r \geq 0,50$	moyenne $0,50 > r \geq 0,30$	lente $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	3	5	6
$25 > t \geq 15$	5	9	12
$15 > t \geq 10$	7	13	21
$10 > t \geq 5$ <sup>b</sup>	9	18	30

<sup>a</sup> Ajouter toute durée de prise excédant 5 h.

<sup>b</sup> Pour les températures inférieures à 5 °C, il convient d'augmenter la valeur indiquée dans le tableau par la durée pendant laquelle la température est restée inférieure à 5 °C.

<sup>c</sup> L'évolution de la résistance du béton est le rapport de la résistance moyenne à 2 j à la résistance moyenne à la compression après 28 j, déterminé par des essais préalables ou basé sur l'expérience d'un béton de composition comparable (voir l'EN 206-1).

<sup>d</sup> Pour une évolution très lente de la résistance du béton, il convient de formuler des exigences particulières dans les spécifications d'exécution.

(6) Le choix des classes de cure dépend des classes d'exposition, du choix de la composition du béton et du choix de l'enrobage des armatures. Les conditions climatiques et la dimension des éléments sont également des paramètres importants.

(7) Des produits de cure peuvent imprégner la surface du béton et s'avérer d'élimination difficile ; c'est pourquoi un sablage ou un nettoyage à l'eau sous haute pression peut être nécessaire s'ils doivent être entièrement éliminés.

(8) L'utilisation d'un produit de cure teinté simplifie le contrôle de l'application.

(9) Les conséquences préjudiciables de températures élevées pendant la prise peuvent être éventuellement:

- a) la formation d'ettringite différée ;
- b) des réductions de résistance notables ;
- c) un accroissement notable de la porosité ;
- d) un accroissement de la différence de température entre l'élément coulé et les autres éléments coulés antérieurement entraînant la création de contraintes internes.

#### F.8.8 Parements

(1) Il convient pour chaque type de parement de décrire des exigences pouvant porter sur :

- a) le matériau de peau du coffrage : acceptabilité du matériau de peau laissant une empreinte sur le béton ; liberté du constructeur à utiliser différents matériaux de peau (par exemple, afin de permettre une plus grande réutilisation de la peau) ;
- b) la couleur : aucune exigence relative à l'uniformité ou au ton des couleurs, à moins qu'il ne s'agisse d'un parement spécial utilisant des matériaux colorés spéciaux ;
- c) le bullage : il convient de préciser les limites de taille, de profondeur et de fréquence des bulles lorsque les effets visuels sont importants ;
- d) les défauts localisés : il convient de donner la taille et la fréquence acceptables. Ce type d'irrégularité est indépendant de tout écart de tolérance autorisé dans l'élément et il convient qu'il ne corresponde qu'aux irrégularités d'aspect en peau de coffrage ;
- e) le ragréage de surface : préciser s'il est autorisé pour améliorer la finition de surface.

(2) Des exemples de types de parement sont donnés dans le Tableau F.4 pour illustrer les exigences concernant des spécifications d'exécution.

Tableau F.4 — Types de parement

Type	Application normale	Exemples
<b>Surfaces coffrées</b>		
Parement de base :	Lorsqu'aucune exigence particulière n'est nécessaire	Fondations, parements non vus
Parement ordinaire :	Lorsque l'aspect visuel n'a pas d'importance ou lorsque le parement est destiné à recevoir un habillage	Zones avec habillage ou surfaces cachées telles que gaines ou cages d'ascenseur.
Parement uni :	Lorsque l'effet visuel a quelque importance	Zones vues occasionnellement ou destinées à être peintes
Parement spécial :	Lorsque des exigences particulières sont imposées	Zones de parements architecturaux exposés
<b>Surfaces non coffrées</b>		
Parement de base :	Surface uniforme fermée qui a été obtenue par nivellement. Aucun travail supplémentaire n'est requis.	Zone destinée à recevoir une finition à la règle
Parement ordinaire :	Surface de niveau uniforme obtenue par talochage ou procédé similaire	Zone pour parements de plancher masqué
Parement uni :	Surface lisse et dense obtenue par lissage à la truelle ou procédé similaire	Zones d'entrepôts et d'usine, zones de travail sans autre finition que l'application d'une peinture
Parement spécial :	Surface où des exigences particulières sont imposées en vue des travaux ultérieurs de finition.	Zones de planchers d'entrepôts pour un type de circulation spécial

## Annexe G (informative)

### Guide sur les tolérances géométriques

Les numéros des paragraphes principaux correspondent à ceux de l'Article 10 : Tolérances géométriques

#### G.10.1 Généralités

(1) La présente annexe fournit un guide sur les écarts géométriques admissibles liés aux performances en service et compatibles avec la mise en œuvre. Il s'agit de tolérances sur les dimensions géométriques, considérées comme ayant une influence structurale faible.

#### G.10.3 Fondations

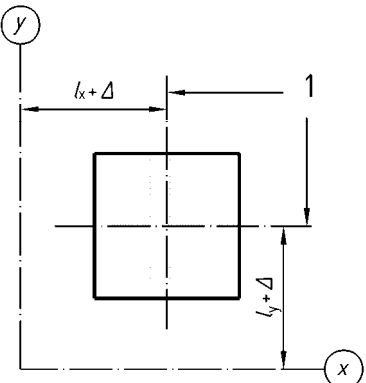
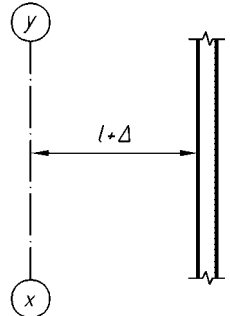
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Axes de la fondation y Axe secondaire dans la direction y x Axe secondaire dans la direction x</p>	Position en plan de la fondation par rapport aux axes secondaires	$\pm 25$ mm
b	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Niveau secondaire (coupe verticale) h Distance théorique de la fondation au niveau secondaire</p>	Position verticale de la fondation par rapport au niveau secondaire	$\pm 20$ mm

Figure G.1 — Écarts admissibles pour la position des fondations



## G.10.4 Poteaux et murs

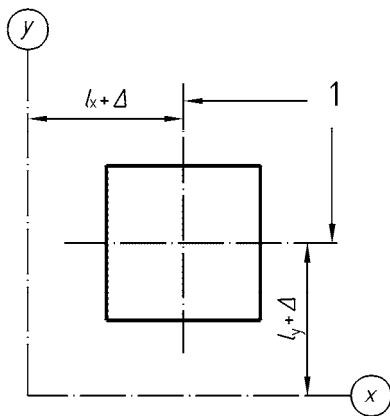
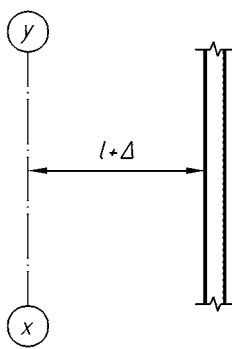
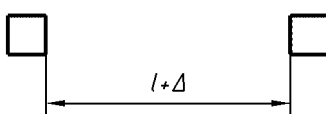
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Axes du poteau (coupe horizontale) y Axe secondaire dans la direction y x Axe secondaire dans la direction x</p>	Position en plan d'un poteau par rapport aux axes secondaires	± 25 mm
b	 <p><b>Légende</b></p> <p>y Axe secondaire dans la direction y</p>	Position en plan d'un mur par rapport à l'axe secondaire	± 25 mm
c		Espace libre entre poteaux ou murs adjacents	La plus grande des deux valeurs <sup>a</sup> : ± 20 mm ou ± l/600 avec une limite supérieure égale à 60 mm
<p><sup>a</sup> NOTE Des valeurs plus strictes de la tolérance de position peuvent être exigées pour des poteaux et des voiles supportant des éléments préfabriqués en fonction de la tolérance de longueur des éléments supports et de la longueur d'appui requise</p>			

Figure G.2 — Écart admissible pour la position des poteaux et des murs, coupes horizontales

## G.10.5 Poutres et dalles

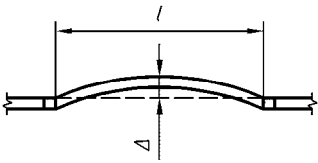
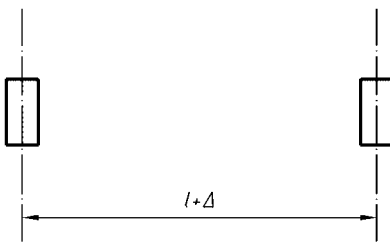
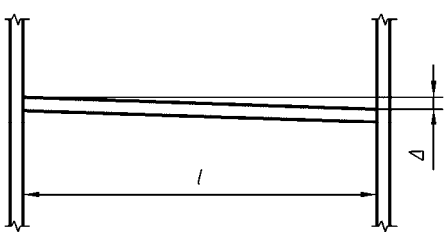
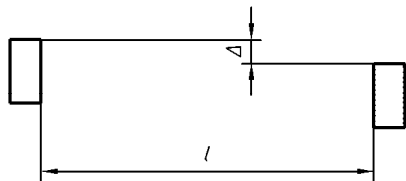
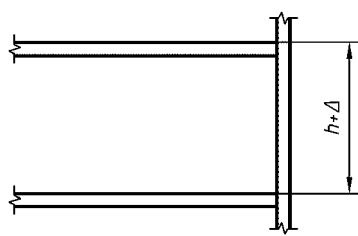
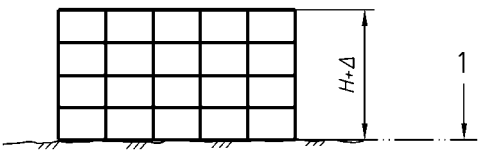
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a		Rectitude horizontale des poutres	La plus grande des deux valeurs $\pm 20$ mm ou $l/600$
b		Distance entre poutres voisines, mesurée entre points homologues	La plus grande des deux valeurs <sup>a</sup> $\pm 20$ mm ou $\pm l/600$ ) limité à 40 mm
a NOTE Des valeurs plus strictes de la tolérance de position peuvent être exigées pour des poteaux et des voiles supportant des éléments préfabriqués en fonction de la tolérance de longueur des éléments supports et de la longueur d'appui requise.			
c		Écart de niveau entre les abouts d'une poutre ou d'une dalle	$\pm (10 + l/500)$ mm
d		Dénivellation entre poutres voisines mesurée en des points homologues	$\pm (10 + l/500)$ mm
e		Distance entre deux niveaux d'étages consécutifs au droit des appuis	$\pm 20$ mm
f		Niveau de l'étage supérieur mesuré par rapport au niveau de référence local $H \leq 20$ m $20 \text{ m} < H$	$\pm 20$ $\pm 0,5 (H + 20)$ limité à 50 mm
<b>Légende</b> 1 Niveau de référence local			

Figure G.3 — Écarts admissibles pour les poutres et dalles

G.10.6 Sections

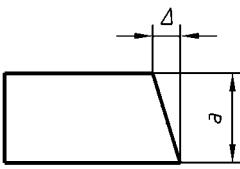
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b> <math>a</math> = Longueur d'une des dimensions de la section</p>	Orthogonalité d'une section transversale rectangulaire	La plus grande des deux valeurs $\pm 0,04 a$ ou $\pm 10$ mm limité à $\pm 20$ mm

Figure G.4 — Écart admissible dans une section transversale

G.10.7 Planéité des surfaces et rectitude des arêtes

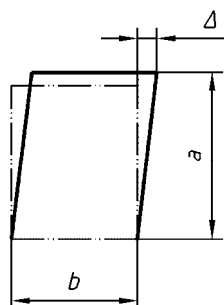
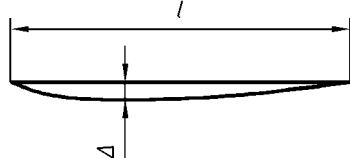
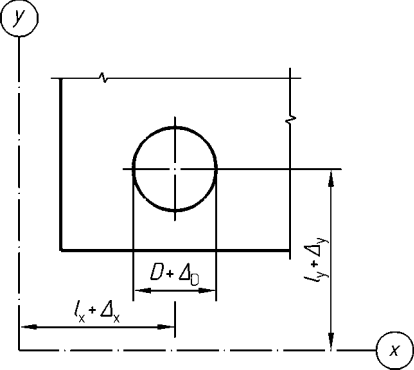
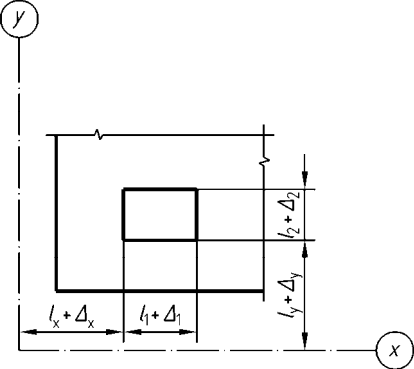
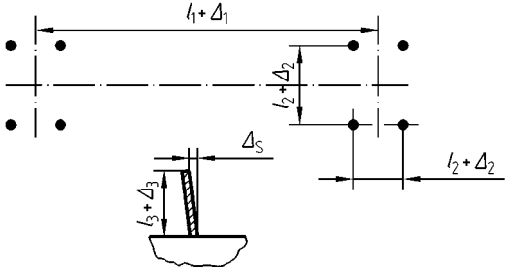
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$
			Classe de tolérance 1
a	Surface coffrée ou lissée globale locale Surface non coffrée globale locale	Planéité à la règle $\ell = 2,0$ m $\ell = 0,2$ m $\ell = 2,0$ m $\ell = 0,2$ m	9 mm 4 mm 15 mm 6 mm
b		Orthogonalité d'une section transversale rectangulaire	La plus grande des deux valeurs $\pm a/25$ ou $\pm b/25$ limité à $\pm 30$ mm
c		Rectitude d'arête Pour longueurs $\ell \leq \pm 1$ m $\ell > 1$ m	$\pm 8$ mm $\pm 8$ mm/m, limité à $\pm 20$ mm

Figure G.5 — Écart admissible pour les surfaces et les arêtes

G.10.8 Tolérances pour les réservations (rondes et rectangulaires) et les inserts

N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
a	 <p><b>Légende</b>  <math>\Delta_x</math> et <math>\Delta_y</math> = écarts par rapport aux axes x et y  <math>\Delta_D</math> = écart sur le diamètre</p>	<p>Réservations et inserts cylindriques</p> <p><math>\Delta_x</math> et <math>\Delta_y</math>  <math>\Delta_D</math></p>	<p><math>\pm 25</math> mm  <math>\pm 10</math> mm                      sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution</p>
b	 <p><b>Légende</b>  <math>\Delta_x</math> et <math>\Delta_y</math> = écarts par rapport aux axes x et y  <math>\Delta_1</math> et <math>\Delta_2</math> = écarts sur les dimensions de la réservation                      En variante, la mesure peut être faite par rapport à l'axe, comme en Figure a)</p>	<p>Réservations</p> <p><math>\Delta_x</math> <math>\Delta_y</math> <math>\Delta_1</math> <math>\Delta_2</math></p>	<p><math>\pm 25</math> mm                      sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution</p>
c	 <p><b>Légende</b>  <math>l_1</math> = distance entre groupes de tiges  <math>l_2</math> = distance entre tiges dans un groupe  <math>l_3</math> = longueur libre de la tige</p>	<p>Tiges d'ancrage préscellées et inserts similaires</p> <p>Implantation de tiges et d'un groupe de tiges</p> <p>Entraxe entre les tiges d'un groupe</p> <p>Écart sur la longueur libre</p> <p>Inclinaison</p>	<p><math>\Delta_1 = \pm 10</math> mm  <math>\Delta_2 = \pm 3</math> mm  <math>\Delta_3</math> compris entre - 5 mm et + 25 mm  <math>\Delta_s = \max(5 \text{ mm} ; l_3/200)</math>                      sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution</p>

« à suivre »

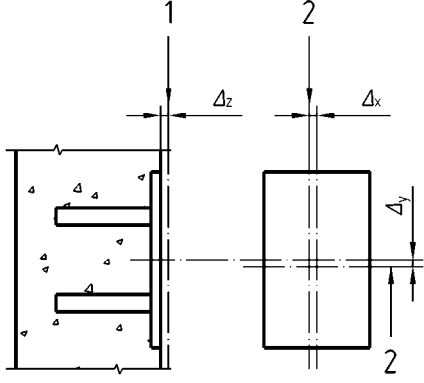
N°	Type d'écart	Description	Écart admissible $\Delta$ Classe de tolérance 1
d	 <p><b>Légende</b></p> <p>1 Position nominale en profondeur</p> <p>2 Positions nominales en plan</p>	<p>Plaques d'ancrage ou inserts similaires</p> <p>Écart en plan</p> <p>Écart en profondeur</p>	<p><math>\Delta_x, \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}</math></p> <p><math>\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}</math></p> <p>sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution</p>

Figure G.6 — Écarts admissibles pour les réservations et les inserts

## Annexe H (informative)

### Guide sur l'annexe nationale

#### Guide sur l'annexe nationale

Un certain nombre d'articles de la présente norme se rapportent à des exigences qu'il convient de définir dans les spécifications d'exécution. Ces exigences peuvent être spécifiques à l'exécution de chaque projet mais, dans de nombreuses situations, elles peuvent être définies sur une base nationale, par des réglementations ou dans des normes. Il est prévu que l'adjonction d'une annexe nationale à la présente norme pourra apporter une aide utile soit en faisant référence à des réglementations nationales soit en définissant directement des dispositions nationales pour les clauses autorisant des spécifications d'exécution.

Une annexe nationale à la présente norme peut comprendre ou faire référence à des exigences nationales relatives à des points tels que les suivants :

- 1) gestion de l'exécution : exigences relatives à l'organisation des travaux de construction et à la compétence du personnel exécutant les diverses tâches ;
- 2) documentation du projet : exigences minimales pour la documentation devant être élaborée et conservée ;
- 3) management de la qualité : exigences liées à l'utilisation des classes d'exécution ainsi qu'à l'étendue et au type de contrôle requis, cf. Tableau 3 et Annexe B ;
- 4) armatures : donner les types d'armatures compatibles avec l'annexe nationale à l'EN 1992 et fixer les paramètres définis au plan national (PDN) pour la mise en œuvre des armatures ;
- 5) bétonnage : donner des exigences relatives au diamètre maximal des granulats  $D$ , à la cure et au choix des classes de cure ;
- 6) parements : expliciter différents types de parements ;
- 7) tolérances géométriques : donner la tolérance sur l'enrobage minimal des armatures en conformité avec l'EN 1992 et avec les PDN ; préciser les valeurs pour la classe de tolérance 2 lorsqu'elles ne sont pas fournies, et pour les structures spéciales (par exemples : ponts, silos).

## Bibliographie

- [1] EN 1990, *Eurocodes structuraux — Eurocodes : Bases de calcul des structures.*
- [2] EN 1991 (toutes les parties), *Eurocode 1 : Actions sur les structures.*
- [3] EN 1992 (toutes les parties), *Eurocode 2 — Calcul des structures en béton.*
- [4] EN 1994 (toutes les parties), *Eurocode 4 — Calcul des structures mixtes acier-béton.*
- [5] EN 12620, *Granulats pour béton.*
- [6] EN 12812, *Étaisements — Exigences de performance et méthodes de conception et calculs.*
- [7] EN 12813, *Équipements temporaires de chantiers — Tours d'étaisement en composants préfabriqués — Méthodes particulières de calcul des structures.*
- [8] CWA 14646, *Exigences relatives à la mise en œuvre de procédés de précontrainte par post-tension et à la qualification de l'entreprise distributrice spécialisée et de son personnel.*
- [9] EN ISO 9000, *Systèmes de management de la qualité — Principes essentiels et vocabulaire (ISO 9000:2000).*
- [10] ISO 1803, *Construction immobilière — Tolérances — Expression de l'exactitude dimensionnelle — Principes et terminologie.*
- [11] ISO 4463-1, *Méthodes de mesurage pour la construction — Piquetage et mesurage — Partie 1 : Planification et organisation, procédures de mesurage et critères d'acceptation.*
- [12] ISO 6934 (toutes les parties), *Acier pour armatures de précontrainte.*
- [13] EN ISO 3766, *Dessins de construction — Représentation simplifiée des armatures de béton (ISO 3766:2003).*
- [14] EN 10139, *Feuillards non revêtus laminés à froid en aciers doux pour formage à froid — Conditions techniques de livraison<sup>3)</sup>.*

---

3) La Norme européenne pour les aciers de précontrainte (EN 10138) est actuellement en préparation. Tant qu'elle ne sera pas publiée et entrée en application, les normes nationales s'appliquent. En l'absence de normes nationales, l'ISO 6934 peut être utilisée.