

# Solutions béton

Un nouvel outil au service de la qualité de réalisation des ouvrages	P. 2
Le corpus normatif du béton	P. 3
La maîtrise de la cure du béton	P. 5
Un management de la qualité adapté à chaque ouvrage à réaliser	P. 6
La norme <i>NF EN 13670</i> au fil des chapitres	P. 7
Les compléments de l'Annexe Nationale	P. 8



## La norme *NF EN 13670* Exécution des structures en béton

Le corpus normatif du béton s'enrichit progressivement avec de nouvelles normes qui permettent de maîtriser la formulation et la qualité des bétons et de concevoir et réaliser des ouvrages en béton pérennes. La norme *NF EN 13670* « Exécution des structures en béton » constitue, dans une logique de progrès permanent, un nouvel outil au service de la qualité de réalisation des ouvrages en béton.

Ce document permet de découvrir les principales nouveautés introduites dans cette norme .

Une lecture détaillée du texte de la norme et de son Annexe Nationale est cependant nécessaire pour en exploiter toutes les richesses. **Texte : Patrick Guiraud**

# Un nouvel outil au service de la qualité de réalisation des ouvrages

La norme *NF EN 13670* « Exécution des structures en béton » a pour objectif de fournir les exigences appropriées et adaptées (sous forme de spécifications d'exécution) pour l'exécution des structures en béton.

## CETTE NORME CONCERNE :

- les travaux réalisés sur site ;
- les constructions utilisant des éléments préfabriqués en béton, pour les ouvrages :

– provisoires,  
– définitifs.

Elle est basée sur la notion de qualité de réalisation des ouvrages, en imposant la rédaction par le concepteur de l'ouvrage de spécifications d'exécution, avec une précision et une sévérité d'exigences adaptées au niveau de qualité visé.

Elle précise les exigences qu'il convient de définir dans les spécifications d'exécution relatives en particulier à la conformité du béton dans l'ouvrage et à la conformité de l'ouvrage.

Elle permet de valoriser les récents développements vis-à-vis de la qualité et de la durabilité, pour l'exécution d'ouvrages durables en béton.

Elle « 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 », en conformité avec les normes :

- *NF EN 1990* : Base de calcul des structures ;
- *NF EN 1992* : Calcul des structures en béton ;
- *NF EN 1994* : Calcul des structures mixtes en béton.

## ELLE NE COUVRE PAS :

- la spécification, la production et la conformité du béton ;
- la production des éléments préfabriqués en béton, réalisés conformément à leurs normes de produits ;
- les aspects relatifs à l'hygiène et à la sécurité sur le chantier ;
- les aspects contractuels du marché et les notions de responsabilité ;
- les prescriptions relatives aux éléments en béton utilisés en fondation ; pieux, ancrages, parois moulées...

## ELLE 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 des normes et des **spécifications d'exécution** ;
- que la structure est utilisée comme prévu lors de sa conception, et fait l'objet d'une inspection programmée et d'un entretien nécessaire pour respecter la **durée de vie du projet prévue** ;
- que la réalisation de l'ouvrage fait l'objet d'un contrôle des travaux ;
- que le chantier est dirigé par une direction de chantier veillant en particulier :
  - au respect de la qualité des matériaux,
  - à la conformité de l'exécution de l'ouvrage,

– au respect des normes et réglementations relatives au management de la qualité, à l'environnement, à la qualification du personnel, et aux aspects hygiène et sécurité.

## LA NORME *NF EN 13670*

### A 3 PRINCIPAUX OBJECTIFS :

- transmettre au constructeur les exigences définies au cours de la conception, ce qui permet d'assurer une liaison cohérente entre la conception du projet et son exécution ;
- préciser un ensemble de prescriptions et d'exigences techniques normalisées nécessaires à l'exécution d'une structure en béton ;
- fournir au concepteur du projet une liste précise de vérifications, ce qui lui permet de transmettre au constructeur toute l'information technique nécessaire pour l'exécution de l'ouvrage.

## LA NORME *NF EN 13670*

### EST UN OUTIL À LA DISPOSITION DU CONCEPTEUR POUR :

- rédiger les spécifications d'exécution ;
- définir les classes d'exécution pour l'ouvrage ou pour chaque partie d'ouvrage ;
- déterminer les moyens nécessaires pour assurer le contrôle (interne et/ou externe) de la production et de la mise en œuvre des bétons ;
- préciser les paramètres et les indicateurs nécessaires à la bonne maîtrise des choix techniques retenus,
- spécifier les tolérances d'exécution ;
- traiter les non-conformités et mettre en place des mesures correctives. ■

### Responsabilité du maître d'œuvre

Le maître d'œuvre a pour responsabilité de définir :

- la classe d'exécution adaptée au projet (qui doit être précisée dans les spécifications d'exécution) ;
- les exigences des contrôles permettant de vérifier la conformité aux spécifications d'exécution.

## SOMMAIRE

1. Domaine d'application
2. Références nominatives
3. Termes et définitions
4. Gestion de l'exécution
5. Étaisements et coffrages
6. Armatures de béton armé
7. Précontrainte
8. Opération de bétonnage
9. Mise en œuvre des éléments préfabriqués
10. Tolérances géométriques

Annexe A : Guide sur la documentation

Annexe B : Guide sur le management de la qualité

Annexe C : Guide sur les étaisements et coffrages

Annexe D : Guide sur les armatures de béton armé

Annexe E : Guide sur la précontrainte

Annexe F : Guide sur l'opération de bétonnage

Annexe G : Guide sur les tolérances géométriques

Annexe H : Guide sur l'annexe nationale

Bibliographie

# Le corpus normatif du béton, un ensemble de textes homogènes et cohérents

Le nouveau contexte normatif et réglementaire qui encadre l'utilisation du matériau béton comprend :

- des normes de dimensionnement : les Eurocodes ;
- des normes sur les constituants du béton ;
- des normes d'essais sur béton frais et béton durci ;
- des fascicules de recommandations,
- des normes sur le béton ;
- des normes pour les produits préfabriqués en béton ;
- des normes et documents d'exécution.

Ces normes et recommandations constituent un ensemble cohérent, homogène et complet, qui s'inscrit dans une logique de progrès visant à optimiser :

- la qualité des bétons ;
- et la durabilité des ouvrages.

## LES NORMES DE DIMENSIONNEMENT : LES EUROCODES

Les normes Eurocodes ont pour objet d'harmoniser les règles de conception et de calcul au sein des différents États de la Communauté euro-

péenne et de contribuer ainsi à la création du marché unique de la construction.

Elles forment un ensemble homogène de règles techniques harmonisées pour la conception et le calcul des structures de génie civil et des bâtiments. Elles s'appliquent à différents types de matériaux (béton, acier, bois...) et différents types de construction. Elles font appel à une approche semi-probabiliste de sécurité des constructions (méthode des coefficients partiels) avec des méthodes de dimensionnement fondées sur le concept des états limites (états limites de service et états limites ultimes).

Les Eurocodes constituent un ensemble de 58 normes regroupées en 10 documents :

- **NFEN 1990 – Eurocode 0** : Bases de calcul des structures ;
- **NFEN 1991 – Eurocode 1** : Actions sur les structures ;
- **NFEN 1992 – Eurocode 2** : Calcul des structures en béton ;
- **NFEN 1993 – Eurocode 3** : Calcul des structures en acier ;
- **NFEN 1994 – Eurocode 4** : Calcul

des structures mixtes acier-béton ;

- **NFEN 1995 – Eurocode 5** : Calcul des structures en bois ;
- **NFEN 1996 – Eurocode 6** : Calcul des structures en maçonnerie ;
- **NFEN 1997 – Eurocode 7** : Calcul des structures en géotechnique ;
- **NFEN 1998 – Eurocode 8** : Calcul des structures pour leur résistance au séisme ;
- **NFEN 1999 – Eurocode 9** : Calcul des structures en alliages d'aluminium.

Chaque norme française Eurocode est constituée de la norme européenne, complétée par son Annexe Nationale française. Cette annexe précise en particulier les paramètres, les valeurs et les données climatiques à utiliser pour le calcul des structures en France.

**L'Eurocode 0** (norme **NFEN 1990**) Elle décrit les principes et les exigences pour la sécurité, l'aptitude au service et la durabilité des structures.

**L'Eurocode 1** (norme **NFEN 1991**) Elle traite des actions pour le calcul des structures.

Elle se décompose en 10 normes qui définissent les actions pour la

conception structurale des bâtiments et des ouvrages de génie civil, en particulier :

- les poids volumiques des matériaux de construction et des matériaux stockés,
- le poids propre des éléments de construction,
- les charges d'exploitation à prendre en compte pour les bâtiments,
- les actions dues au trafic.

**L'Eurocode 2** (norme **NFEN 1992**) C'est la norme de base pour le calcul des structures en béton.

Elle comprend 4 normes :

- **NFEN 1992-1-1** : Règles générales et règles pour les bâtiments ;
- **NFEN 1992-1-2** : Règles générales – Calcul du comportement au feu ;
- **NFEN 1992-2** : Ponts – Calcul et dispositions constructives ;
- **NFEN 1992-3** : Silos et réservoirs.

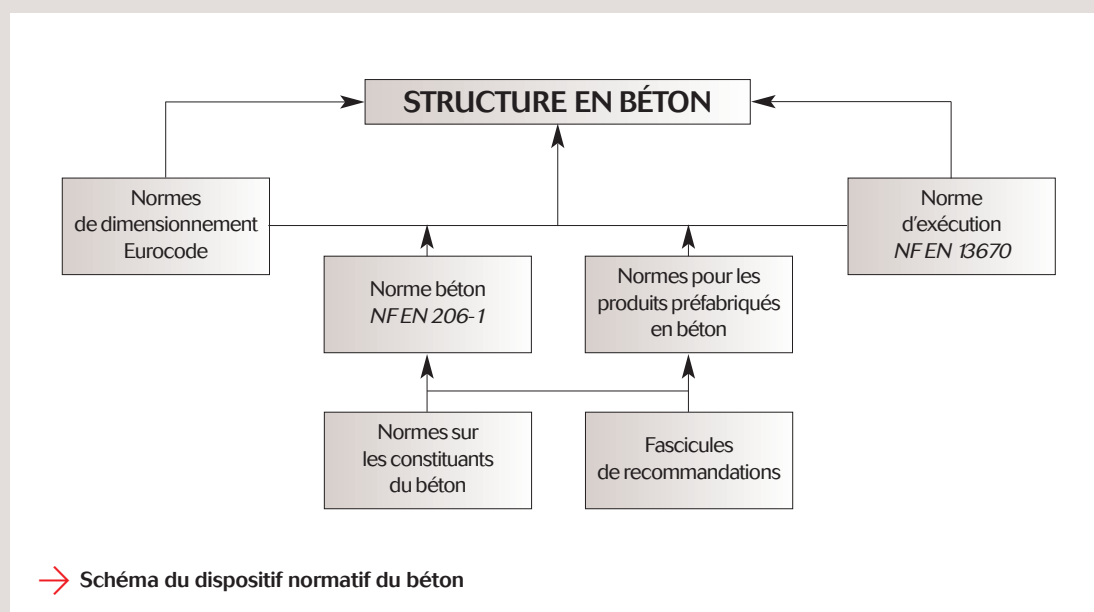
Elle permet le calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil en béton non armé, en béton armé ou en béton précontraint. Elle s'applique aussi pour le dimensionnement des produits préfabriqués en béton.

Elle traite, en conformité avec l'Eurocode 0, des principes et des exigences pour la sécurité, l'aptitude au service, la durabilité et la résistance au feu des structures en béton.

■ **Norme NFEN 1992-1-1** Elle définit les principes généraux du calcul des structures et les règles spécifiques pour les bâtiments. Elle est commune pour tous les types d'ouvrages en béton.

■ **Norme NFEN 1992-1-2** Cette norme permet le dimensionnement des ouvrages pour assurer leur stabilité et leur sécurité en cas d'incendie.

■ **Norme NFEN 1992-2** Elle définit les principes, les règles de conception et les dispositions spécifiques pour les ponts en béton armé et en béton précontraint.



■ **Norme NFEN 1992-3**

Elle présente les règles complémentaires pour le calcul des structures en béton, destinées à contenir des liquides ou à stocker des produits granulaires ou pulvérulents.

**LES NORMES SUR LES CONSTITUANTS DU BÉTON**

Les divers constituants du béton font l'objet de normes.

**Les normes ciments**

■ La norme NFEN 197-1

« *Ciment – partie 1 : Composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants* » définit cinq types de ciments courants selon leur composition :

- CEM I : ciment Portland ;
- CEM II : ciment Portland composé ;
- CEM III : ciment de haut fourneau ;
- CEM IV : ciment pouzzolanique ;
- CEM V : ciment composé.

Elle définit en particulier les constituants du ciment (clinker Portland, laitier granulé de haut fourneau, pouzzolanes, cendres volantes siliceuses ou calciques, schistes calcinés, calcaires, fumée de silice, sulfate de calcium).

**Les autres normes sur les ciments**

Pour certaines classes d'exposition ou certains ouvrages particuliers,

des exigences complémentaires relatives aux caractéristiques des ciments peuvent être requises.

Les ciments possédant ces caractéristiques font l'objet de normes spécifiques :

- Ciments pour travaux à la mer (PM) : norme NFP 15-317 ;
- Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates (ES) : norme NFP 15-319 ;
- Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint (CP) : norme NFP 15-318 ;
- Ciments de haut fourneau à faible résistance à court terme : norme NFEN 197-4 ;
- Ciments sursulfatés (CSS) : norme NFP 15-313.

**Les normes granulats**

■ La norme NFEN 12620 (*Granulats pour béton*).

Elle spécifie les caractéristiques des granulats et des fillers élaborés à partir des matériaux naturels, artificiels ou recyclés, qui sont utilisés dans la fabrication du béton. Elle prescrit des catégories de valeurs maximales pour chaque caractéristique physique ou mécanique.

■ La norme NFP 18-545 (*Granulats, éléments de définition, conformité et codification*).

Elle définit les règles générales per-

mettant d'effectuer les contrôles des granulats. Elle regroupe en codes (A.B.C.D.), les catégories définies dans la norme NF EN 12620 pour les divers usages possibles (granulats pour chaussées, pour béton de ciment, pour mortiers, etc.). Elle définit des critères de régularité et de conformité et les Fiches techniques produit.

**Les normes adjuvants pour béton**

La norme de référence pour les adjuvants est la norme NFEN 934-2. Elle fixe en particulier les exigences sur les adjuvants et spécifie les caractéristiques et les critères de conformité.

**La norme eau**

L'eau utilisable pour la fabrication du béton fait l'objet de la norme NFEN 1008.

**Les normes additions**

Des additions normalisées peuvent être utilisées pour la formulation des bétons. Il existe 6 types d'additions normalisées :

- Fillers d'origine siliceuse : norme NFP 18-509 ;
- Fillers d'origine calcaire : norme NFP 18-508 ;
- Fumée de silice : norme NFEN 13263 ;
- Cendres volantes : norme NFEN 450 ;

- Laitiers vitrifiés moulus de haut fourneau : norme NFP 18-506 ;
- Métakaolin : norme NFP 18-513.

**LES NORMES D'ESSAIS SUR BÉTON**

Les principaux essais pour déterminer les propriétés, les caractéristiques et les performances du béton font l'objet des séries de la norme NFEN 12350 pour le béton frais, et NFEN 12390 pour le béton durci.

**LES RECOMMANDATIONS ET LES FASCICULES DE DOCUMENTATION**

En France, des documents spécifiques (recommandations et fascicules de documentation) synthétisent des principes de prévention pour des problématiques de durabilité en complétant les normes européennes.

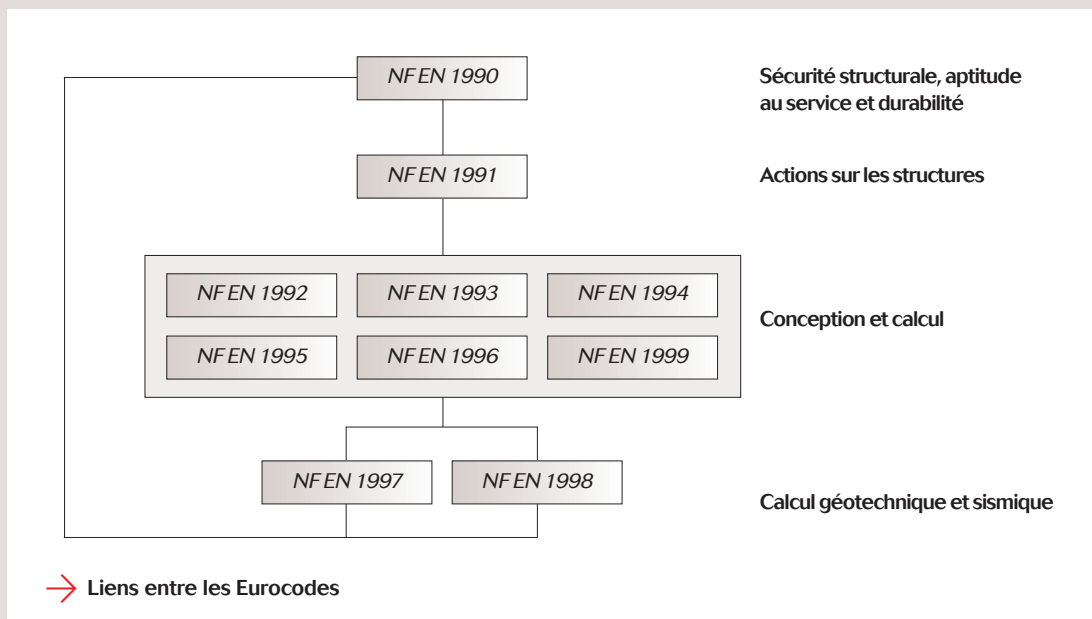
Quatre principaux documents :

- les recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction ;
- les recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ;
- les recommandations pour la prévention des désordres dus aux réactions sulfatiques internes ;
- le fascicule de documentation FD P 18-011 : Béton, classification des environnements agressifs.

**LA NORME BÉTON**

La norme NF EN 206-1 (*Béton, partie 1 : spécifications, performances, production et conformité*) concerne les bétons prêts à l'emploi, les bétons fabriqués sur chantier et les produits préfabriqués en béton, destinés aux bâtiments et aux ouvrages de génie civil.

Elle définit les spécifications sur les bétons à l'état frais et à l'état durci, la production, la livraison et le contrôle de conformité des bétons, et prend en compte la durabilité en s'appuyant sur la notion de classes d'exposition.



La norme *NFEN 206-1* couvre :

- les bétons dont l'air occlus est négligeable ;
- les bétons de masse volumique normale ;
- les bétons lourds ;
- les bétons légers.

Elle spécifie les exigences applicables :

- aux constituants du béton ;
- aux propriétés du béton frais et durci et à leur vérification ;
- aux limitations imposées à la composition du béton ;
- à la spécification du béton ;
- à la livraison du béton frais ;
- aux procédures de contrôle de production ;
- aux critères de conformité et à l'évaluation de la conformité.

Elle définit des valeurs limites spéci-

fiées, relatives à la composition et aux propriétés du béton, en fonction de chaque classe d'exposition, dans 2 tableaux (NA.F.1 et NA.F.2).

## LES NORMES POUR LES PRODUITS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

### Les normes de produits

Les normes de référence pour les produits préfabriqués en usine sont les normes de produits. Elles définissent les caractéristiques des produits et leurs constituants.

### La norme *NFEN 13369*

Intitulée « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton », c'est la norme de base pour toutes les normes de produits structuraux. Elle spécifie la terminologie, les prescriptions, les critères relatifs

aux performances de base, les méthodes de vérification et d'évaluation de la conformité pour la fabrication de produits préfabriqués en béton en usine.

## LES DOCUMENTS ET NORMES RELATIFS À L'EXÉCUTION DES OUVRAGES

### La norme *NFEN 13670*

Cette norme « Exécution des ouvrages en béton » constitue le texte de référence pour l'exécution des structures en béton (cf. pages suivantes).

### La norme *NFP 18-201 (DTU 21)*

Elle est à considérer comme un document d'application de la norme *NFEN 13670* pour les bâtiments en béton (armé ou précontraint).

Le DTU 21 définit les catégories

d'ouvrages en fonction de leur importance et les contrôles associés. Il précise en outre les éléments relatifs au dossier d'étude « béton », ainsi que toutes les dispositions concernant la fabrication, le transport, la mise en place, les reprises de bétonnage, les effets des conditions ambiantes et le décoffrage.

### Fascicule 65

C'est le document d'application de la norme *NF EN 13670* pour les ouvrages de génie civil en béton armé et précontraint.

Il fixe les obligations de l'entrepreneur concernant :

- les règles techniques à observer pour l'exécution des ouvrages ;
- les règles de l'organisation à mettre en place en vue d'assurer l'obtention de la qualité requise. ■

# La maîtrise de la cure du béton

## LES CLASSES DE CURE

La norme *NFEN 13670* introduit la notion de classes de cure (classes 1 à 4), en fonction de la durée de la période de cure (classe 1), ou du pourcentage de la résistance à la compression caractéristique à 28 jours (classes 2 à 4). La classe de cure doit être précisée dans les spécifications d'exécution.

Son choix est fonction de nombreux paramètres : classes d'exposition, formulation du béton, valeur d'enrobage des armatures, conditions climatiques et caractéristiques géométriques de l'élément à bétonner.

La durée nécessaire d'application de la cure dépend en particulier de

l'évolution des propriétés du béton dans la zone de surface du parement et des conditions climatiques lors de la réalisation du chantier.

La résistance à la surface en béton peut être déterminée en particulier par la technique de maturométrie ou par essai au scléromètre.

L'annexe F de la norme *NFEN 13670* « Guide sur les opérations de bétonnage » propose des valeurs de durées minimales de cure, à respecter pour les classes de cure 2 à 4 (cf. tableau n° 2). Ces valeurs sont fonction de la température à la surface du béton et de l'évolution de la résistance du béton (3 types : rapide, moyenne, lente). ■

Tableau n° 1 – Classes de cure

Classe de cure	1	2	3	4
Période (en heures)	12 <sup>(*)</sup>	NA	NA	NA
Pourcentage de la valeur spécifiée pour la résistance à la compression caractéristique à 28 jours	NA	35 %	50 %	70 %

NA = Non applicable.

(\*) 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.

Tableau n° 2 – Durée minimale pour les classes de cure 2, 3 et 4

	Température de la surface du béton (t) en °C	Durée minimale de cure (en jours) <sup>(a)</sup>		
		Évolution de la résistance du béton <sup>(c,d)</sup> r = f <sub>cm 2</sub> / f <sub>cm 28</sub>		
		Rapide r ≤ 0,50	Moyenne 0,30 ≤ r < 0,50	Lente 0,15 ≤ r < 0,30
CLASSE DE CURE 2	t ≥ 25	1,0	1,5	2,5
	15 ≤ t < 25	1,0	2,5	5
	10 ≤ t < 15	1,5	4	8
	5 ≤ t ≤ 10 <sup>(b)</sup>	2,0	5	11
CLASSE DE CURE 3	t ≥ 25	1,5	2,5	3,5
	15 ≤ t < 25	2,0	4	7
	10 ≤ t < 15	2,5	7	12
	5 ≤ t ≤ 10 <sup>(b)</sup>	3,5	9	18
CLASSE DE CURE 4	t ≥ 25	3	5	6
	15 ≤ t < 25	5	9	12
	10 ≤ t < 15	7	13	21
	5 ≤ t ≤ 10 <sup>(b)</sup>	9	18	30

(a) Ajouter toute durée de prise excédant 5 h.

(b) 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.

(c) 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.

(d) En cas d'évolution très lente de la résistance du béton, il convient de formuler des exigences particulières dans les spécifications d'exécution.



# Un management de la qualité adapté à chaque ouvrage à réaliser

## LES CLASSES D'EXÉCUTION

La norme *NF EN 13670* introduit la notion de classes d'exécution. Cette notion permet au concepteur, en fonction de l'importance de la structure ou de ses composants et des difficultés d'exécution, de préciser le niveau de management de la qualité adapté pour l'ouvrage à réaliser.

La classe d'exécution, qui doit être définie dans les spécifications d'exécution, se décline en un ensemble d'exigences qui permettent de spécifier les niveaux de qualité nécessaires pour l'exécution de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage.

La norme distingue 3 classes d'exécution (1, 2, 3), avec une sévérité d'exigences croissantes de 1 à 3, qui correspondent aux 3 niveaux de différenciation de fiabilité définis dans l'annexe B de la norme *NF EN 1990*. À chaque classe d'exécution est associé un contrôle d'exécution spécifique (voir tableau 3).

## DES SPÉCIFICATIONS D'EXÉCUTION À METTRE AU POINT PAR LE CONCEPTEUR

La conception d'une structure en béton aboutit à un ensemble de documents (données spécifiques de l'ouvrage, documents de projet, don-

nées techniques, exigences nécessaires pour l'exécution de l'ouvrage, plans...), appelés « spécifications d'exécution ».

Finalisées avant le début de l'exécution de tout ou partie des travaux, elles doivent fournir toutes les informations nécessaires à l'exécution du projet et l'étendue des contrôles à effectuer et préciser en particulier les références des documents normatifs et réglementaires applicables sur le lieu d'utilisation (norme *NF EN 13670* et son Annexe Nationale, normes européennes et leur Annexe Nationale, agréments techniques européens, réglementations nationales).

Le concepteur doit rédiger les spécifications d'exécution appropriées, qui doivent répondre aux exigences définies dans la classe d'exécution retenue, adaptée à l'ouvrage à réaliser. Pour ce faire, il doit exploiter les exigences, prescriptions et spécifications décrites dans la norme *NF EN 13670*, et dans son Annexe Nationale, ainsi que certains supports techniques complémentaires (par exemple le fascicule 65 pour les ouvrages de Génie Civil ou la norme *NF EN 18-201* (DTU 21) pour les bâtiments).

Les spécifications d'exécution doivent inclure :

- la description des produits à mettre en œuvre avec les exigences de mise en œuvre ;
  - la documentation du projet définissant :
    - les classes d'exécution,
    - les exigences relatives aux parements,
    - les exigences pour l'exécution des travaux ;
  - les plans de construction précisant :
    - la géométrie de la structure,
    - le positionnement des armatures...
- Le tableau A1 de l'annexe A de la norme *NF EN 13670* : « *Guide sur la documentation* » propose une liste des exigences à inclure dans les spécifications d'exécution.

## LES CONTRÔLES POUR VÉRIFIER LA CONFORMITÉ

Les opérations de contrôle visent à vérifier la conformité :

- des propriétés des produits et des matériaux ;
- de l'exécution des travaux avec les spécifications d'exécution.

Les exigences de contrôle sont fonction de la classe d'exécution.

La norme synthétise dans des tableaux, en fonction de chaque classe d'exécution, les exigences des contrôles à réaliser ou les numéros des articles concernés dans le texte de la norme afin de vérifier la conformité des matériaux et des produits avec les spécifications d'exécution.

Des informations complémentaires sont fournies dans l'annexe B :

« *Guide sur le management de la qualité* ».

Cette annexe précise en particulier les informations qui doivent définir les programmes de contrôle des matériaux et des produits, ainsi que des contrôles d'exécution :

- les exigences ;
- les références à la norme et aux spécifications d'exécution ;
- la méthode de contrôle, de suivi, ou d'essai ;
- la fréquence du contrôle, du suivi, ou des essais ;
- les critères d'acceptation ;
- l'implication possible de tierces parties dans le contrôle.

## DES ACTIONS À METTRE EN ŒUVRE EN CAS DE NON-CONFORMITÉ

Lorsque le contrôle révèle une non-conformité, une action appropriée doit être mise en œuvre.

Les aspects suivants doivent être analysés dans l'ordre :

- incidences de la non-conformité sur l'exécution ultérieure et sur l'aptitude à remplir la fonction requise ;
- mesures nécessaires pour rendre acceptable l'élément concerné ;
- rejet et remplacement de l'élément s'il n'est pas réparable.

## UNE DOCUMENTATION D'EXÉCUTION À CONSTITUER PAR L'ENTREPRISE

L'entreprise doit constituer, en cours d'exécution du chantier, la documentation d'exécution, qui regroupe en particulier :

- l'origine des matériaux, les rapports d'essai, les déclarations de conformité ;
- le recueil des procès-verbaux des contrôles ;
- les conditions climatiques sur le chantier lors des opérations de bétonnage et de cure du béton ;
- les informations spécifiées pour chaque classe d'exécution concernant les contrôles des matériaux et des produits, et les contrôles d'exécution. ■

**Tableau n° 3 – Type de contrôle d'exécution selon la classe d'exécution**

CLASSE D'EXÉCUTION	CONTRÔLE D'EXÉCUTION
1	<b>Autocontrôle</b> (effectué par l'opérateur qui a exécuté la tâche).
2	<b>Autocontrôle + contrôle intérieur systématique</b> (bétonnage, mise en place des armatures, cure du béton...) et <b>périodique</b> .
3	<b>Autocontrôle + contrôle intérieur systématique</b> (toute partie d'ouvrage ayant une importance sur la durabilité et la capacité portante de la structure : contrôle des coffrages, des armatures, du bétonnage, de la cure...) + <b>contrôle extérieur indépendant</b> .

# La norme *NF EN 13670* au fil des chapitres

Les paragraphes ci-dessous synthétisent les principales spécifications décrites dans les divers articles de la norme *NF EN 13670*.

## CHAPITRE 5 : ÉTAIEMENTS ET COFFRAGES

Les exigences concernent la conception, la mise en place et le démontage des coffrages et des étaie-ments. (Des précisions sont données dans l'annexe C « *Guide sur les étaie-ments et les coffrages* ».)

La valeur de résistance minimale recommandée pour le béton lors du décoffrage est de 5 MPa.

## CHAPITRE 6 : ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Les principales exigences sur les armatures de béton armé sont relatives :

- à la conformité de l'acier à la norme *NF EN 10080* ;
- au façonnage, à la coupe, aux transports et au stockage des armatures,
- au soudage des armatures ;
- aux respects des enrobages, espa-tements, recouvrements, longueurs et disposition des armatures.

Des précisions sont apportées dans l'annexe D, « *Guide sur les arma-tures de béton armé* », en particulier pour les diamètres minimaux des mandrins à respecter pour le pliage et le redressage des armatures.

La surface des armatures ne doit pas être recouverte de rouille suscepti-ble d'altérer l'adhérence acier-béton.

Les armatures doivent respecter les valeurs nominales d'enrobage et être correctement fixées dans leurs posi-tions définitives, et assemblées par soudage, par points, ou par ligature.

Les spécifications d'exécution doi-vent préciser la limite d'élasticité des aciers et les paramètres de ductilité.

## CHAPITRE 7 : PRÉCONTRAÎNTE

Les prescriptions concernent trois types de précontrainte :

- précontrainte adhérente par pré-tension ;
- précontrainte adhérente par post-tension ;
- précontrainte par post-tension non adhérente, intérieure ou extérieure au béton.

Elles supposent que les travaux sont réalisés par des entreprises spéciali-sées et par du personnel expérimenté.

Elles couvrent :

- les matériaux constituant les sys-tèmes de précontrainte : gaines, armatures de précontrainte, ancrages, coulis de ciment... ;
- le transport et le stockage des divers matériaux ;
- la mise en place des câbles et des armatures de précontrainte ;
- la mise en tension des armatures et des câbles ;
- les mesures de protection : injec-tion au coulis, injection de graisse ou de cire.

L'annexe E « *Guide sur la précon-trainte* » précise quelques exigences, en particulier pour la mise au point du programme de mise en tension des câbles de post-tension.

Les systèmes de précontrainte par post-tension doivent bénéficier d'un Agrément Technique Européen.

L'acier de précontrainte doit être conforme à la norme *EN 10138*. Le coulis de ciment utilisé pour le remplissage des gaines et des ancrages doit être conforme aux normes *EN 446* et *EN 447*.

La mise en tension des câbles doit être réalisée en conformité avec un programme préalablement établi et validé, lorsque le béton a atteint une résistance en compression définie dans les spécifications d'exécution.

## CHAPITRE 8 : OPÉRATION DE BÉTONNAGE

Ce chapitre spécifie les exigences relatives à toutes les opérations de bétonnage :

- opérations préliminaires ;
- livraison, réception et transport sur le chantier du béton frais ;
- mise en place et serrage ;
- cure et protection ;
- opérations après bétonnage.

L'annexe F « *Guide sur l'opération de bétonnage* » fournit de nombreuses recommandations pour les diverses opérations de bétonnage dont les principales sont les suivantes :

- le béton doit être spécifié et pro-duit en conformité avec la norme *NF EN 206-1* ;
- les spécifications d'exécution peu-vent exiger la mise au point d'un programme de bétonnage ;
- des précautions doivent être pré-vues et mises en œuvre si la tempé-rature ambiante est basse ou élevée pendant les périodes de prise et de cure du béton ;
- lors de son déchargement, le béton frais doit être visuellement contrôlé. Des précautions doivent être mises en œuvre pour éviter les risques de ségrégation, de ressuage ou de perte de laitance ;
- une vibration adéquate du béton à l'aide d'aiguilles vibrantes ou de vibreurs de surface est indispensa-ble pour lui permettre d'enrober convenablement les armatures et d'acquies ses propriétés de résis-tance et de durabilité. Elle doit être

particulièrement soignée dans les zones délicates (variations de sec-tion, zone fortement ferraillée, zone de reprise de bétonnage, à proxi-mité de gaines de précontrainte...)

■ les cadences de bétonnage et de vibration doivent être adaptées aux spécificités de chaque partie d'ou-vrage ;

■ pendant les opérations de béton-nage, le béton doit être protégé vis-à-vis des diverses agressions clima-tiques (soleil, vent, pluie...)

■ la formulation du BAP et ses pro-priétés à l'état frais doivent être adaptées aux spécificités du chan-tier et au type d'application ;

■ les spécifications d'exécution doi-vent définir les exigences éventuelles concernant les parements des sur-faces coffrées et non coffrées (teinte, bullage, défauts localisés...)

■ le béton doit faire l'objet d'une cure pour :

- minimiser le retrait plastique,
- assurer une résistance en surface,
- assurer une durabilité de la zone superficielle,

– protéger contre les conditions météorologiques dommageables ;

■ la cure doit permettre de :

- réduire le taux d'évaporation de la surface du béton,
- maintenir la surface du béton en état permanent d'humidité ;

■ les diverses méthodes de cure sui-vantes peuvent être appliquées :

- application d'un produit de cure,
- maintien de la surface du béton humide,

- mise en place de bâches humides,
- mise en place de bâches étanches à la vapeur,
- maintien du coffrage en place ;

■ la classe de cure traduisant l'évolu-tion des propriétés du béton dans la zone de surface doit être définie dans les spécifications d'exécution.

## CHAPITRE 9 : MISE EN ŒUVRE DES ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Les exigences définies dans ce chapitre couvrent toutes les opérations :

- pour les produits préfabriqués en usine : de la réception des produits sur le chantier à la réception finale de l'ouvrage ;
- pour les produits préfabriqués sur chantier : du décoffrage de l'élément à la réception finale de l'ouvrage. Elles concernent en particulier :
- la manutention et le stockage ;

- la mise en place des éléments préfabriqués ;
- le calage et la stabilité pendant la construction ;
- les assemblages et les opérations de finition.

## CHAPITRE 10 : TOLÉRANCES D'EXPOSITION

Ce chapitre définit les types d'écarts géométriques applicables aux structures, et fournit des valeurs numériques admissibles à respecter pour les tolérances qui peuvent avoir une influence sur la sécurité structurale.

Ces tolérances sont conformes aux hypothèses de dimensionnement de la norme *NF EN 1992*, vis-à-vis de la résistance mécanique et de la stabilité des structures.

Des valeurs recommandées des écarts admissibles sont proposées dans les paragraphes 10.4 à 10.6 et dans l'annexe G « *Guide sur les tolérances géométriques* » :

- pour la position des fondations ;
- pour la position des poteaux et des murs ;
- pour les poutres et les dalles ;

- dans une section transversale ;
- pour la planéité des surfaces et la rectitude des arêtes ;
- pour les réservations et les inserts.

## ANNEXE A : GUIDE SUR LA DOCUMENTATION

L'annexe A fournit une liste des informations à inclure dans les spécifications d'exécution en faisant référence à l'article ou au paragraphe concerné de la norme. ■

# Les compléments de l'Annexe Nationale

La norme européenne *NF EN 13670* est complétée par une Annexe Nationale qui décrit ses conditions d'application sur le territoire français, et précise des exigences complémentaires pour définir les spécifications d'exécution.

Elle permet d'enrichir la norme européenne par des réglementations, des normes, des dispositions, ou des spécificités nationales, des règles supplémentaires ou des normes d'exécution françaises, telles que les normes *NF DTU*, ou des documents d'exécution tels que le fascicule 65 pour les ouvrages de Génie Civil. L'annexe H « *Guide sur l'Annexe Nationale* » de la norme *NF EN 13670* précise les points spécifiques qui peuvent être couverts par cette Annexe Nationale. Il s'agit en particulier des thèmes suivants :

- Gestion de l'exécution ;
- Documentation de projet ;
- Management de la qualité ;
- Armatures ;
- Bétonnage et cure ;
- Parements ;
- Tolérances géométriques.

Pour tous les ouvrages réalisés en France, ce sont donc la norme *NF EN 13670* et son *Annexe Nationale* qui doivent être appliquées.

*Nota : Le fascicule 65 et la norme NF P 18-201 ont été mis à jour pour être conformes à la norme NF EN 13670.*

## PRINCIPALES EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES SPÉCIFIÉES DANS L'ANNEXE NATIONALE

Le texte ci-dessous correspond à une sélection d'exigences précisées dans l'Annexe Nationale.

### CHAPITRE 1 : DOMAINES D'APPLICATION

La norme peut être complétée en France par des normes d'exécution telles que les normes *NF DTU*.

### CHAPITRE 6 : ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

**6.2. : Matériaux.** Il convient de se référer à la norme *NF A 35-027* pour les armatures.

**6.3. : Façonnage** et **6.4. : Soudage.** Il est admis que l'emploi d'armatures qui font l'objet d'une certification AFCAB (Association Française de Certification des Armatures du Béton) ou équivalent, couvrant l'opération de dressage ou de soudage, permet de satisfaire les exigences de la norme.

### CHAPITRE 7 : PRÉCONTRAINTÉ

**7.1. : Généralités.** L'ASQPE (Association pour la qualification de la précontrainte et des équipements des ouvrages de bâtiment et de génie civil) est accréditée pour certifier les entreprises spécialisées.

**7.5. : Mise en tension.** La force maximale est spécifiée par la norme *NF EN 1992-1-1* et son Annexe Nationale.

### CHAPITRE 8 : OPÉRATION DE BÉTONNAGE

**8.1. : Spécifications du béton.** Elles doivent préciser la valeur du diamètre maximal des granulats,  $D_{max}$ , défini dans la norme *NF EN 206-1*.

**8.4.3. : Béton autoplaçant.** Les particularités propres à la mise en œuvre des BAP sont précisées dans les recommandations de l'AFGC (Association Française de Génie Civil) « *Recommandations pour la mise en œuvre des bétons autoplaçants* ».

Le contexte normatif des bétons autoplaçants est précisé dans la norme spécifique pour les bétons autoplaçants : *NF EN 206-9*.

**8.5. : Cure et Protection.** Un coffrage, par exemple, assure le rôle de cure provisoire.

Les exigences à respecter en cas de risque de Réaction Sulfatique Interne

sont précisées dans des recommandations du LCPC.

**8.8. : Parements.** Il convient de se référer au Fascicule de Documentation FD P 18-503 pour les spécifications des exigences sur les parements.

### ANNEXE D : GUIDE SUR LES ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

**D.6.3. : Façonnage.** L'utilisation de diamètres (en mm) de mandrins de 30, 70, 150, 300 et 800 est également recommandée en complément de la série de Renard.

### ANNEXE F : GUIDE SUR L'OPÉRATION DE BÉTONNAGE

**F.8.3. : Livraison, réception et transport sur le site du béton frais.** Le délai total entre le début de la fabrication et la fin de la mise en œuvre ne doit pas dépasser deux heures, lorsque la température ambiante est voisine de 20 °C. Il convient de tenir compte d'un délai de mise en œuvre qui est, en général, de l'ordre d'une demi-heure.

La mesure de consistance se fera au début du déchargement du béton, et au plus tard 30 min après l'arrivée du camion sur le lieu de livraison. ■