

RÉVISION 2026 DU FASCICULE 65 DU CCTG

François TOUTLEMONDE

Université Gustave Eiffel

Directeur du département MAST

Animateur du groupe de révision du fascicule 65 (2023-2025)

Avec l'appui de Michaël DIERKENS, Christophe AUBAGNAC, Gilles GIVRY et Jean-Jacques BRIOIST (Cerema)



Webinaire de l'AFGC
19 février 2026

CONTEXTE ET COMMANDE

Un besoin d'actualisation du fascicule 65 du CCTG Travaux

La version en vigueur intègre les éléments techniques **antérieurs à 2014**.

Depuis, sont intervenues notamment :

- La parution des normes BFUP : NF P18-710, NF P18-470, NF P18-451 (2016 à 2018)
- La révision de NF EN 206/CN en 2022 précisant notamment l'approche performantielle (FD P18-480)
- La révision de NF EN 206/CN en 2025 comportant notamment des dispositions favorisant la décarbonation
- En cohérence en 2025, la parution des FD P18-483-2 et P18-484 et la révision du FD P18-480
- La révision des normes sur la précontrainte : NF P95-104 et normes / référentiels européens
- L'adoption de normes sur les produits et systèmes de protection en surface du béton : NF P95-103

Enjeux

Sécurisation juridique (actualisation cohérente des textes)

Prise en compte des techniques et du retour d'expérience récents traduits par les normes

Qualité d'exécution des ouvrages :

Texte à jour gérant les relations de responsabilité entre les acteurs

Réponse ajustée à la demande de durabilité

Contribution à la **Stratégie Nationale Bas Carbone** (SNBC)

Bénéficier des dispositions actualisées de l'approche performantielle

CONTEXTE ET COMMANDE

Calendrier

- **Commande DGITM/TEDET** à Cerema / U. Eiffel février 2023
- Version martyre Cerema / U. Eiffel septembre 2023 intégrant le référentiel normatif de mi-2023 : actualisation limitée aux sujets de consensus technique sanctionnés par de nouvelles normes
- Relecture par un panel large, travail en sous-groupes : chapitres 6, 7, 8 et 11
- Dispositions transitoires / approche performantielle : **Note Cerema** (fiche OA n°8 « Solutions en béton à impact environnemental réduit dans les ouvrages d'art ») publiée en avril 2024
- Version provisoire avril 2024, moratoire pour intégrer l'actualisation normative béton
- **Version à paraître** en cohérence avec référentiel normatif béton de 2025

UNE RÉPONSE COLLECTIVE : COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

M. François TOUTLEMONDE Univ. G. Eiffel,
président du groupe

M. Patrice ADIER AFGC

M. Clément AMOURETTE Cerema

M. Christophe AUBAGNAC Cerema,
Co-animateur du sous-groupe Revêtements

M. Christophe AUBRY EDF,
Co-animateur du sous-groupe Revêtements

M. Gilles BERNADEAU CERIB

M. Clément BONIFAS MTECT / DIRR

M. Jean-Jacques BRIOIST Cerema,
Co-animateur du sous-groupe Précontrainte

M. Eric CANIAC AFCAB

M. Gaël CHIPEAUX SEDIP,
Co-animateur du sous-groupe Précontrainte

Mme Gaëlle CLAIR AITF

M. Pierre CORFDIR Cerema

M. Christian CREMONA EGF-BTP

M. François CUSSIGH EGF-BTP,
Co-animateur du sous-groupe Béton

M. Benjamin DAUBILLY France Ciment

M. Hervé DAVIAS Cerema,
Co-animateur du sous-groupe Revêtements

M. Michaël DIERKENS Cerema,
Co-animateur du sous-groupe Béton

M. Pascal DUCHATEAU MTECT / DIRR

M. Romain GENISSEL MTECT / DIRR

M. Gilles GIVRY Cerema,
Réfèrent du chapitre Armatures

M. Quentin GRIOCHE SNCF Réseau

M. Stéphane GUERINEAU SOFFONS

M. Christophe JUSTINO SOFFONS

M. Sylvain LOPEZ ASFA

M. Pierre MARCHAND Cerema,
Co-animateur du sous-groupe Précontrainte

M. Hervé MARNEFFE VNF

M. Renaud-Pierre MARTIN Univ. G. Eiffel

M. Lionel MONFRONT CERIB

M. Le Hung N'GUYEN SNCF Réseau

M. PERRIN CINOV Ingénierie

M. Pierre PEYRAC Ministère de la Transition
Ecologique / DGITM

M. Romain PITTET ASFA

M. Jean-Marc POTIER SNBPE

M. Pierrick POZZO MTECT / DIRR

M. Patrick ROUGEAU CERIB

M. Cyrille SAUVAGET EDF

M. Henry THONIER EGF-BTP

Mme Maryline VERBAUWHEDE EGF-BTP

M. Ivica ZIVANOVIC SEDIP

PRINCIPE DES ACTUALISATIONS

Armatures (chapitre 6)

- Actualisation normes, certification AFCAB pose, fatigue

Précontrainte (chapitre 7)

- Evolution marquage CE / ETE
- Précontrainte extérieure : attention conduits PEHD

Bétons (chapitre 8)

- Actualisation en lien avec NF EN 206+A2/CN:2025
- Approche performantielle FD P18-480 + annexe C
- Incitation à des formules préqualifiées / approche par domaine de composition
- Granulats recyclés : en continuité (appréciation locale)

« Peintures » (chapitre 11) devient « revêtements de protection et produits d'imprégnation hydrophobe »

- Prise en compte d'une offre normalisée élargie
- Usage étendu du fascicule en protection et en réparation
- Base technique = normes NF EN 1504-2, NF P95-103 et GA P18-902
- Principes des dispositions inchangés pour les peintures
- Principes étendus pour les autres revêtements et produits

Chapitre 6 : armatures



ACIERS ET ARMATURES

Aciers

Les aciers sont compatibles avec l'utilisation de l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale)

→ respect des tableaux C1 et C2N de l'annexe normative C (C1a et C1b Pr NF EN 1992-1-1), par conséquent les aciers doivent être **résistants à la fatigue**.

Note : résistance à la fatigue certifiable par l'AFCAB.

Armatures

Armatures en matériau autre que l'acier : spécifications et précautions particulières.

- dossier d'étude à valider par le maître d'œuvre, couvrant l'élaboration, la pose et le fonctionnement,
- documents techniques pertinents, ex : guide AFGC « Utilisation d'armatures composites pour le béton armé »

Fabrication des armatures

Généralisation de l'exigence de **qualification des soudeurs** réalisant des assemblages par soudage sur chantier

ACIERS ET ARMATURES

Dispositifs de raboutage

- Le marquage CE des DRAAB selon l'EAD 160129-00-0301 Couplers for mechanical splices of reinforcing steel bars n'est pas équivalent à la **certification AFCAB – DRAAB** qui est exigée (ou équivalent).
- Les dispositifs d'ancrage doivent avoir un diamètre extérieur $\varnothing_h \geq 3\varnothing$ où $\varnothing$ désigne le diamètre nominal de l'acier (cf. Pr NF EN 1992-1-1)
- **Résistance en fatigue** ou sollicitations sismiques des DRAAB : essais réalisés dans un laboratoire indépendant des producteurs, accrédité COFRAC ou équivalent et datant de moins d'un an.

Pose des armatures

Que le titulaire exécute lui-même les opérations de pose ou qu'il les confie à une entreprise sous-traitante, dans les 2 cas l'entreprise qui réalise ces opérations doit être **certifiée AFCAB – Pose d'armatures** du béton, ou équivalent.

POSE DES ARMATURES - PRÉCAUTIONS

Façonnage en coffrage

Seulement pour la fermeture des cadres, étriers et épingles (moyennant matériel, procédure et épreuve de **convenance**).

Jonction par DRAAB

éviter de positionner tous les dispositifs de raboutage dans une **même section sauf justification**. Cette justification peut reposer sur l'utilisation de coupleurs avec rupture pleine barre.

La présence d'armatures manchonnées doit être prise en compte dans les règles d'espacement minimal des armatures

Jonction par soudure transmettant des efforts

Eviter pour une même nappe de réaliser des assemblages par soudures transmettant des efforts dans une **même section sauf justification**. Cette justification peut reposer sur :

- Essais sur assemblages confectionnés dans les mêmes conditions que chantier (procédés, soudeurs...) et sur barres de référence,
- Nb d'essais = 10% des assemblages prévus,
- Critère de validation : $R_m (\text{élément assemblés}) \geq 0,95 R_m (\text{barre de référence})$.

Chapitre 7 : précontrainte



PRINCIPALES MODIFICATIONS

Modifications d'ordre général

Unités de pression pour le coulis doublées d'indications en bars pour une meilleure lisibilité.

Suppression des **références** aux ATE

Suppression des références à l'ETAG 13 (note : il y a un ETAG 01 cité dans le chapitre 8, non modifié).

Tableaux D, E, F renumérotés (→ B, C, D)

Evolutions techniques

Evocation des procédés de pré-injection pour les mono-torons gainés graissés (§7.1)

Raréfaction des CEM I à l'avenir

Pas de changement pour la précontrainte en préfabrication.

PRINCIPALES MODIFICATIONS

Armatures

Barres de précontrainte (§7.2.3) : **critère de fatigue non requis** pour les éléments perpétuellement comprimés (la norme NF P95-104 exige la non décompression).

Barres de diamètre non conventionnel (§7.2.3) : doivent faire l'objet de prescriptions particulières du Maître d'œuvre.

Unités courtes, directives d'allongement : nécessité d'un matériel de contrôle adapté aux faibles allongements. Intérêt d'un pesage préalablement à un possible recalage (§7.8.2).

Spécification des conduits et gaines

Considérations issues du bulletin 75 de la *fib* sur la **durabilité des conduits** (§7.6.1)

Conditions de stockage précisées

Modalités de soudure : qualification/responsabilités

Conduits en PEHD : Exigence de résistance des conduits aux UV, attention aux clairs (§7.2.2)

Point d'attention : diamètre minimal intérieur pour permettre enfilage des câbles

PRINCIPALES MODIFICATIONS

Remplissage des conduits

- **Coulis** : retrait annoncé des CEM I à terme

Extension aux CEM II/A-L, CEM II/A-LL ou CEM II/A-D limité à 8% de fumée de silice (§7.2.6.1.1)

- **Produits souples**

Cires marquées CE sur la base de l'EAD 160027

Ouvertures éventuelles à d'autres produits (§7.2.6.2.1)

- Ordre des opérations pour **mono-torons GG pré-injectés** (§7.4)

PRINCIPALES MODIFICATIONS

Mise en tension

- **Autorisation** de mise en tension : avis du MOE sur les directives pressions-allongements (§7.5.2.2)
- **Conditions d'allongement** et norme NF EN 13670/CN : restriction au problème effectif (à savoir : un allongement plus court que prévu).

Rappel : critère par câble +/-10%/ dans la version 2017 ramené à -5%/+10% comme dans la version 2008

Critère pour l'ensemble des câbles au niveau d'une section : -5 % / + 5 % (EN 13670)

- **Justifications de la simplification :**

Les allongements mesurés montrent que le frottement de calcul est souvent surestimé. On obtient donc des allongements plus élevés que ceux calculés.

Les modules élastiques de calcul ne sont pas évalués assez précisément pour donner au calcul un caractère impératif.

Il est trop tard lorsqu'un des derniers câbles d'un groupe s'avère dépasser 5 %

PRINCIPALES MODIFICATIONS

Niveaux de protection des armatures

- Intégration des niveaux de protection PL1 à PL3 (§7.6.1)

Définitions reprises du bulletin n°33 de la *fib* (décembre 2005, §1.4), et reprises dans les recommandations helvétiques ASTRA 12010.

- Intérêt d'une protection électrique : possibilité de suivi de l'étanchéité par mesure de la résistance au niveau dit « PL 3 »

Contrôles et épreuves des coulis

Contrôle de fluidité (§7.6.5.3.1, tableau E):

Version 2013 : $| t_{ps_0} - t_{sortie} | \leq 4 \text{ s}$ jugée trop restrictive

Evolution : $t_{ps_0} - t_{sortie} \leq 4 \text{ s}$

Justification : le danger est un coulis entraînant de l'eau au cours de l'injection, et qui se signale par une fluidité supérieure en sortie d'évent. Un coulis plus plastique qu'en entrée mais qui ressort, est correct.

PRINCIPALES MODIFICATIONS

Contrôles et épreuves des coulis (suite)

- Epreuves de convenance (§7.6.5.3, tableau D)

Précisions selon que le coulis est ou non marqué CE ou dispose de références

- Exigence explicite de reboucher les événements (reconstituer le conduit) pour la précontrainte extérieure (§7.7.3.1).

Normes électriques

- Mise à jour des dénominations des règles internes à la SNCF

Chapitre 8 : Béton



PRINCIPALES ÉVOLUTIONS

Décarbonation par la relaxation des limites de composition et l'usage étendu de ressources :

- NF EN 206/CN:2025 $\Rightarrow$ évolution des tableaux **8B à 8E** :
 - $\rightarrow$ limites du tableau 8.B issues du tableau NA.F.3 avec rapport $E_{eff}/\text{liant } \epsilon_q$ réduit de 0,05
 - $\rightarrow$ même règles de composition du liant et de contrôle des additions que NF EN 206/CN:2025, même modulation avec D_{max} du liant ϵ_q
 - $\rightarrow$ présentation autoportante
- Méthode performantielle (FD P18-480) : prise en compte des **2 approches**
 - $\rightarrow$ **exemples** en annexe C pour l'approche à composition unique
- Ouvrages provisoires et DUP 50 ans
- Âge de référence pour la justification du projet
- Classes GW_R : FD P18-483-2
- Précontrainte : classes de teneurs en sulfures
- Utilisation prudente des granulats d'excavation à haute teneur en sulfates : FD P18-473
- Utilisation prudente de granulats recyclés
- Utilisation contrôlée possible des liants ou additions non traditionnels sous réserve entre autres de disposer d'une évaluation (FD P18-484)

Amélioration de la **prévention** de risques avérés par retour d'expérience : déformations différées, fissuration thermique, RSI...

Actualisation du **référentiel** normatif :

- BFUP : NF P18-710 (calcul des structures), NF P18-470 (spécification et contrôle du matériau), NF P18-451 (exécution des ouvrages)
- Bétons de fondations : NF EN 1536 (pieux forés), NF EN 1538 (parois moulées), NF EN 12699 (pieux avec refoulement de sol) et NF EN 14199 (micro-pieux forés) et normes d'essais spécifiques

Mise à jour de l'annexe sur les centrales à béton

Bétons : Conformité, Constituants



COHÉRENCE AVEC NF EN 206/CN:2025

Conformité

- Les bétons utilisés sont **conformes à leur norme** de référence (NF EN 206/CN:2025 ou NF P18-470 dans le cas des BFUP).

Généralité sur les constituants

- La norme NF EN 206/CN:2025 prévoit la possibilité que des **bétons incorporent un constituant non traditionnel** disposant d'une évaluation, en s'appuyant sur le FD P18-484.
- Pour l'utilisation d'un tel béton dans un ouvrage relevant du présent fascicule, le constituant non traditionnel doit disposer d'une **évaluation instruite ou validée par le Cerema** telle que prévue au §NA.5.1.1 de cette norme, sur laquelle se basera **l'acceptation (ou non) par le maître d'œuvre** après information du maître d'ouvrage.
- Pour un constituant de **catégorie 3**, la portée de cette évaluation doit être **limitée à chaque projet particulier** et doit permettre au maître d'ouvrage de fonder sa décision d'acceptation, potentiellement limitée à certaines parties de l'ouvrage.

GRANULATS

Granulats issus de matériaux d'excavation

Application du NA.E de la NF EN 206/CN:2025

Granulats recyclés

Sauf dispositions différentes du marché, les gravillons recyclés de type 1 (selon NF EN 206/CN:2025) issus de la déconstruction d'ouvrages d'art et dont la traçabilité est assurée peuvent être utilisés pour des bétons de classe de résistance inférieure **ou égale** à C35/45 en classe XC1, XC2, XC3, XC4 ou XF1 avec un taux maximum de substitution de 20 %, **qu'ils soient utilisés directement ou sous forme de granulats de prémélange**

Dans le cas des **ouvrages provisoires**, des équipements **facilement remplaçables**, et des parties d'ouvrages de **DUP $\leq$ 50 ans**, possibilité de relaxation des exigences sur les granulats selon dispositions explicites du marché, seules restant applicables les exigences de la **NF EN 206/CN:2025**, y compris notamment sur le taux de substitution en granulats recyclés **et sur l'origine des granulats**

EAU DE GÂCHAGE

Eau de mer

Emploi interdit, sauf bétons et mortiers non armés et non en contact avec structures métalliques.
Vérifier le respect de la classe de chlorures Cl1,0

Eau recyclée

Attention en cas de spécification particulière de teinte ou de teneur en air entraîné :

- si la masse volumique de l'eau est inférieure ou égale à 1,01, l'utilisation de l'eau recyclée est autorisée sous réserve de la prise en compte de son influence éventuelle sur des spécifications particulières telles que la teinte et la teneur en air entraîné. Cette prise en compte peut être réalisée lors des épreuves de **convenance**
- si la masse volumique est strictement supérieure à 1,01, l'utilisation de l'eau recyclée est interdite dans le cas de bétons apparents et de bétons à air entraîné

EXIGENCES SUR LE LIANT DANS LE CAS DU BÉTON PRÉCONTRAIN

Béton précontraint :

- classe de teneur en ions S^{2-} à spécifier (NA.5.3.2.1.3 de la NF EN 206/CN:2025)
- le titulaire doit fournir un **bilan complet de la teneur en S^{2-}** de la combinaison « ciment(s) + addition(s) »
- exigences du NA.5.3.2.1.3 de la NF EN 206/CN:2025 :
 - CP1 pour la post-tension
 - CP2 pour la pré-tension ou si les armatures de post-tension ne sont pas durablement isolées du contact avec le béton

Compatibilité des constituants

Pour les éléments en béton précontraint par pré-tension, la teneur totale du béton en soufre des sulfures doit être inférieure **à 0,50 % de la masse du liant (ciments + additions)**

NOTE La teneur en sulfures des granulats est obtenue par différence entre le soufre total et le soufre des sulfates solubles dans l'acide

Béton : Classes d'exposition et limites de composition



CLASSES D'EXPOSITION

Prévention de la RSI

le maître d'ouvrage définit la **catégorie** de l'ouvrage et les classes d'exposition **XH** de ses différentes parties.

Classes d'exposition liées au gel

renvoi vers les **Recommandations Gel** (univ. G. Eiffel 2021) pour :

- l'aide à la prescription des classes d'exposition XF
- pour les domaines d'emploi des bétons G et G+S

Classes d'exposition performantielles

le cas échéant, il est **recommandé** de distinguer les niveaux d'exposition :

- **XD3f** ou **XD3tf** selon la fréquence du salage
- **XS3e** ou **XS3m** suivant la sévérité de l'exposition aux chlorures d'origine marine

CLASSES D'EXPOSITION LIÉES AU GEL

Tableau 8.A – Choix des classes d'exposition XF

	Salage peu fréquent ou aucun salage	Salage fréquent	Salage très fréquent
Gel faible ou modéré pour les éléments très exposés aux risques d'écaillage ⁽¹⁾	XF1	XF2 ⁽²⁾	XF4
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2 ⁽³⁾	XF2 ⁽³⁾
Gel sévère	XF3	XF4	XF4

(1) Les éléments très exposés aux risques d'écaillage sont ceux qui présentent des surfaces horizontales soumises aux stagnations d'eau et aux projections directes de sels de déverglaçage : corniches, solins d'ancrage des joints de chaussée, longrines d'ancrage des dispositifs de retenue...

(2) Ces bétons sont à formuler avec une teneur en air occlus supérieure ou égale à 4 % et une teneur minimale en liant équivalent de 370 kg/m³ (pour une dimension maximale de granulats de 20 mm) (cf. NOTE du 8.1.1.3) ; il est possible de déroger à la teneur minimale en air en appliquant le guide de l'Université Gustave Eiffel de 2021 « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel » (méthodologie basée sur la réalisation d'essais performantiels) ;

(3) Ces bétons sont à formuler avec les spécifications correspondant à la classe d'exposition XD3 (cf. NOTE du 8.1.1.3).

NOTE En ce qui concerne le choix des classes d'exposition XF, l'attention est attirée sur le fait que, compte-tenu des difficultés pouvant être posées par la maîtrise de la teneur en air des bétons, la prescription de formulations imposant l'utilisation d'un adjuvant entraîneur est à réserver aux seuls cas où celle-ci est réellement indispensable à la prévention des désordres liés au gel/dégel. Il convient donc de prescrire le plus justement possible le niveau de classe d'exposition XF adapté au besoin, en s'aidant notamment du tableau 8.A.

APPROCHE PRESCRIPTIVE - GÉNÉRALITÉS

Dispositions particulières nouvelles ou confirmées

XC0 : renvoi au XC1

Bétons d'Ingénierie autorisés

Parties d'ouvrage ou équipements à **DUP ≤ 50 ans** :

renvoi aux spécifications de composition de la NF EN 206/CN:2025 (sauf dispositions différentes du marché)

Pour les ouvrages **provisoires** :

- prescriptions de la norme NF EN 206/CN:2025 pour une durée d'utilisation de projet de 50 ans (tableaux NA.F.1 à NA.F.4)
- sauf proposition différente de l'Entreprise approuvée par le Maître d'Œuvre ou sauf disposition différente prévue au Marché. L'éventuelle relaxation des prescriptions ne devra cependant pas aller au-delà des dispositions prévues par l'annexe NA.N de cette norme.

APPROCHE PRESCRIPTIVE - GÉNÉRALITÉS

Reprise avec ajustement des dispositions prescriptives de NF EN 206/CN:2025

Répartition des ciments, mélanges de ciments et combinaisons ciment + addition : colonne A ou B (selon sensibilité à la carbonatation) : tableau **8.E**

Conditions de contrôle des additions valorisées par la valeur du coefficient k : tableau **8.D**

Limites du taux de substitution : tableau **8.C**

Valeurs limites de composition et exigences sur les propriétés : tableau **8.B**

- Issu du tableau NA.F.3 de NF EN 206/CN avec rapport Eeff/liant éq réduit de 0,05
- Avec quelques ajustements (approche performantielle et retour d'expérience)

Tableau 8.E : répartition des ciments, des mélanges de ciments, et des combinaisons ciment plus addition pour l'application du Tableau 8.B

	Colonne A	Colonne B
Ciments ^{a)}	CEM I CEM II/A CEM II/B CEM III/A (teneur en laitier inférieure ou égale à 50 %) CEM IV/A CEM V/A CEM II/C-M (à l'exclusion de ceux listés dans la colonne B) Ciment prompt Ciments à usage tropical (à l'exclusion des CEM IV/B) Ciments VLH IV/A et V/A	CEM III/A (teneur en laitier supérieure à 50 %) CEM III/B CEM III/C CEM IV/B CEM V/B CEM II/C-M (ciments ternaires uniquement composés de constituants pouzzolaniques D, P, Q, V et W ou uniquement composés des mêmes constituants et de calcaire). CEM VI SSC (Ciments Sur-Sulfatés) Ciments à usage tropical CEM IV/B Ciments VLH à l'exception des VLH IV/A et V/A
Mélanges de ciments ^{a)}	Autres mélanges de ciments que ceux listés en colonne B	(CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM III pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 50 % (CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM IV/B pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 65 % (CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM V/B pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 40 % (CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM II/C-M (uniquement constitués de constituants pouzzolaniques D, P, Q, V, W ou uniquement composés des mêmes constituants et de calcaire) pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 65 % (CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM VI (S-P) ou (S-V) pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 40 % (CEM I ou CEM II/A ou CEM II/B) + CEM VI (S-L) ou (S-LL) pour lesquels la teneur en clinker rapportée à la masse totale de liant est inférieure à 50 %
Mélanges ciment + addition ^{a)}	Autres mélanges ciment + addition que ceux listés en colonne B	CEM I + laitier moulu de classe A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,40 CEM I + métakaolin de type A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,15 CEM II/A + addition calcaire de catégorie A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,20 CEM II/A + laitier moulu de classe A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,30 CEM II/A + métakaolin de type A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,15 CEM II/B + addition calcaire de catégorie A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,10 CEM II/B + laitier moulu de classe A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,20 CEM II/B + métakaolin de type A avec $A/(A+C)$ supérieur à 0,10 CEM III/A + additions
^{a)} Les ciments de la norme NF EN 197-6 ne sont pas couverts par l'approche prescriptive.		

Tableau 8.D : valeurs du coefficient k selon le type d'addition

Dénomination de l'addition	Valeur du coefficient k	Conditions supplémentaires à remplir par rapport aux exigences des normes de spécifications des additions considérées
Additions de type II		
Cendres volantes pour béton	0,70	Si $i_{28} \geq 0,87$ et $i_{90} \geq 0,99$
	0,60	Si $i_{28} \geq 0,83$ et $i_{90} \geq 0,95$
	0,50	Si $i_{28} \geq 0,80$ et $i_{90} \geq 0,90$
	0,40	Sans objet
Fumées de silice	2,00	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Dans les classes d'exposition XA} \\ E_{eff}/L_{eq} \leq 0,45 \text{ et } C \geq 295 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right.$
	1,00	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Dans les classes d'expositions différentes de XA :} \\ E_{eff}/L_{eq} \leq 0,45 \text{ et } C \geq 280 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right.$ Dans les autres cas ou sur prescription particulière
Laitiers vitrifiés moulus de haut-fourneau	0,90	Si $i_7 \geq 0,65$ et $i_{28} \geq 0,85$ (classes A et B)
	0,60	Sans objet (classe C)
Métakaolins de type A	1,00	Sans objet
Additions de type I		
Additions calcaires	0,25	Sans objet
Additions siliceuses de minéralogie Qz	0,25	Sans objet
Toutes additions		
Pour les quantités d'additions dépassant les valeurs indiquées dans les Tableaux <u>NA.F</u> de la norme NF EN 206/CN:2025 et pour les autres ciments ou les autres additions que celles mentionnées dans NA.5.2.5.2.1 de cette norme	0,00	
NOTE i_7, i_{28}, i_{90} sont des indices d'activité déterminés selon la norme de spécifications de l'addition considérée.		
Afin de pouvoir appliquer ce tableau, les cendres volantes et les laitiers moulus, doivent respecter les critères statistiques de justification définis dans le tableau NA.9b de la norme NF EN 206/CN:2025		

Tableau 8.C : limites du taux de substitution selon la classe d'exposition, en fonction de la nature du ciment et de l'addition

			XC1	XC2	XC3 Liant col. A	XC3 Liant col. B	XC4 Liant col. A	XC4 Liant col. B	XS1	XS2 (c)	XS3 XS3e XS3m (c)	XD1 Liant col. A	XD1 Liant col. B	XD2	XD3 XD3f XD3tf	XF1 Liant col. A	XF1 Liant col. B	XF2	XF3	XF4 (d) (e)	XA1	XA2	XA3
Rapport Maximal A/(A+C)	Combinaison CEM I + Addition	Addition calcaire cat. A	0,35	0,35	0,35	n.c.	0,35	n.c.	0,05	0,05	0,05	0,35	n.c.	0,05	0,05	0,35	n.c.	0,25	0,25	0,05	0	0	0
		Addition calcaire cat. B	0,25	0,25	0,25	n.c.	0,25	n.c.	0,05	0,05	0,05	0,25	n.c.	0,05	0,05	0,25	n.c.	0,25	0,25	0,05	0	0	0
		Addition siliceuse minéralogie Qz	0,25	0,25	0,25	n.c.	0,25	n.c.	0,15	0,15	0,15	0,25	n.c.	0,15	0,15	0,25	n.c.	0,20	0,20	0,05	0	0	0
		Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,30	n.c.	0,30	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,00 (g)	0,00 (g)	0,00 (g)	0,30	0,30	0,30
		Fumées de silice	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,15
		Métakaolin type A	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,15	0,25 (l)	0,25	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30
		Laitier moulu de classe B ou C	0,40	0,40	0,40	n.c.	0,40	n.c.	0,40	0,40	0,40	0,40	n.c.	0,40	0,40	0,40	n.c.	0,40	0,40	0,40 d)	0,40	0,40	0,40
		Laitier moulu de classe A (i)	0,50	0,50	0,40	0,50 (l)	0,40	0,50 (l)	0,50	0,55	0,55	0,40	0,50 (l)	0,55	0,55	0,40	0,50 (l)	0,50	0,50	0,50 d)	0,60	0,60	0,60
	Combinaison CEM II/A + Add.	Addition calcaire cat. A	0,20 (j)	0,20 (j)	0,20 (j)	0,25 (n)	0,20 (j)	0,25 (n)	0,00	0,00	0,00	0,20 (j)	0,25 (n)	0,00	0,00	0,20 (j)	0,25 (n)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Addition calcaire cat. B	0,10	0,10	0,10	n.c.	0,10	n.c.	0,00	0,00	0,00	0,10	n.c.	0,00	0,00	0,10	n.c.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Cendres volantes	0,25	0,25	0,25	n.c.	0,25	n.c.	0,25	0,25	0,25	0,25	n.c.	0,25	0,25	0,25	n.c.	0,00 (g)	0,00 (g)	0,00 (g)	0,25	0,25	0,25
		Fumées de silice (b)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	n.c.	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,10 (h)	0,15
		Métakaolin type A (b)	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,15	0,25 (l)	0,25	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,30	0,30	0,15	0,25 (l)	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30
		Laitier moulu de classe B ou C	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,30	n.c.	0,30	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,30	0,30	0,30	n.c.	0,30	0,30	0,30 d)	0,30	0,30	0,30
		Laitier moulu de classe A	0,45	0,45	0,30	0,40 (l)	0,30	0,40 (l)	0,45	0,50	0,50	0,30	0,40 (l)	0,50	0,50	0,30	0,40 (l)	0,35	0,35	0,35 d)	0,50	0,50	0,50
	Combinaison CEM II/B + Add. (a)	Addition calcaire cat. A (f)	0,15	0,15	0,10	0,15 (l)	0,10	0,15 (l)	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15 (l)	0,00	0,00	0,10	0,15 (l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Cendres volantes	0,15	0,15	0,15	n.c.	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,15	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,00	0,15	0,15	0,15
		Fumées de silice (b)	0,10	0,10	n.c.	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Métakaolin type A (b)	0,20	0,20	0,10	0,20 (l)	0,10	0,20 (l)	0,20	0,25	0,25	0,10	0,20 (l)	0,25	0,25	0,10	0,20 (l)	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25
		Laitier moulu de classe B ou C	0,20	0,20	0,20	n.c.	0,20	n.c.	0,20	0,20	0,20	0,20	n.c.	0,20	0,20	0,20	n.c.	0,20	0,20	0,20 d)	0,20	0,20	0,20
		Laitier moulu de classe A	0,35	0,35	0,20	0,30 (l)	0,20	0,30 (l)	0,35	0,40	0,40	0,20	0,30 (l)	0,40	0,40	0,20	0,30 (l)	0,25	0,25	0,25 d)	0,40	0,40	0,40
	Combinaison CEM III/A + Add.	Addition calcaire cat. A	0,10	0,10	n.c.	0,10	n.c.	0,10	0,00	0,00	0,00	n.c.	0,10	0,00	0,00	n.c.	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Cendres volantes	0,15	0,15	n.c.	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,15	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,15	n.c.	0,15	0,15	0,15	0,00	0,15	0,15	0,15
		Fumées de silice	0,10	0,10	n.c.	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	n.c.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Métakaolin type A	0,20	0,20	n.c.	0,10 (k)	n.c.	0,10 (k)	0,10 (m)	0,10 (m)	0,10 (m)	n.c.	0,10 (k)	0,10 (m)	0,10 (m)	n.c.	0,10 (k)	0,10 (k)	0,10 (k)	0,00	0,10 (k)	0,10 (k)	0,10 (k)

Tableau 8.B – Valeurs limites applicables selon le fascicule 65 pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition

	Classes d'exposition																			
	Corrosion induite par carbonatation						Corrosion induite par les chlorures						Attaque gel / dégel				Environnements chimiquement agressifs			
							Eau de mer				Chlorures autres que l'eau de mer									
	XC1	XC2	XC3		XC4		XS1	XS2	XS3e	XS3m	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3 a)	XF4 a)	XA1	XA2	XA3 b)
Typologie de liant c)	A ou B	A ou B	A	B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B		A	B	A ou B	A ou B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B
Rapport $E_{eff}/liant_{eq}$ maximal d)	0,60	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45		0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Classe de résistance minimale e)	C25/30 e)	C25/30 e)	C30/37		C30/37		C35/45 f)	C35/45 f)	C35/45	C40/50	C30/37	C35/45 f)	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45 g)	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant eq (kg/m ³) d) h) i)	280	280	300		300 a)		330	330	350		300 a)		330	350	300 a)		350 j)	385 k)	385 k)	330
Absorption d'eau maxi pour les produits préfabriqués en usine (%)	6,5 l)	6,5 l)	6,0 l)		6,0 l)		5,5 l)	5,0 l)	5,0 l)		6,0 l)	5,5 l)	5,0 l)	6,0 l)	5,0 l)			5,5 l)	5,0 l)	4,5 l)
Teneur minimale en air (%)	–	–	–		–		–	–	–		–	–		–	– j)	4,0 m)	4,0 m)	–	–	–
Essai(s) de performances n)															XP P 18-420	NF P 18-424 (ou NF P 18-425)	NF P 18-424 (ou NF P 18-425)			
Nature du liant	–	–	–		–		–	PM o) et facteur de vieillissement $t \geq 0,40$ p)	PM o) et facteur de vieillissement $t \geq 0,40$ p)		–	–	q)	–	q)	–	q)	r)	r)	r)
Rapport maximal A/(A+C)	Les valeurs limites applicables au rapport A/(A+C) et la valeur du facteur d'équivalence k permettant le calcul du liant équivalent Leq sont données respectivement aux tableaux 8C et 8.D ci-après																			

	Corrosion induite par carbonatation						Corrosion induite par les chlorures							Attaque gel / dégel					Environnements chimiquement agressifs			
							Eau de mer				Chlorures autres que l'eau de mer											
	XC1	XC2	XC3		XC4		XS1	XS2	XS3e	XS3m	XD1		XD2	XD3	XF1		XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{b)}
Typologie de liant ^{c)}	A ou B	A ou B	A	B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B		A	B	A ou B	A ou B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B

c) La répartition des ciments, mélanges de ciments et combinaisons ciment + addition en colonne A ou B est définie dans le tableau 8.E ci-après

	XC1	XC2	XC3		XC4		XS1	XS2	XS3e	XS3m	XD1		XD2	XD3	XF1		XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{b)}
Typologie de liant ^{c)}	A ou B	A ou B	A	B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B		A	B	A ou B	A ou B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B
Rapport $E_{wliant\text{ég}}$ maximal ^{d)}	0,60	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45		0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Classe de résistance minimale ^{e)}	C25/30 ^{a)}	C25/30 ^{a)}	C30/37		C30/37		C35/45 ^{f)}	C35/45 ^{f)}	C35/45	C40/50	C30/37		C35/45 ^{f)}	C35/45	C30/37		C35/45	C30/37	C35/45 ^{g)}	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant $E_{wliant\text{ég}}$ (kg/m ³) ^{d) h) i)}	280	280	300		300 ^{a)}		330	330	350		300 ^{a)}		330	350	300 ^{a)}		350 ^{j)}	385 ^{k)}	385 ^{k)}	330	350	360

f) Cette classe peut être abaissée à C30/37 si l'absorption d'eau est inférieure à 6,0 %

	XC1	XC2	XC3		XC4		XS1	XS2	XS3e	XS3m	XD1		XD2	XD3	XF1		XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{b)}
Typologie de liant ^{c)}	A ou B	A ou B	A	B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B		A	B	A ou B	A ou B	A	B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B
Rapport $E_{eq}/liant_{eq}$ maximal ^{d)}	0,60	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45		0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Classe de résistance minimale ^{e)}	C25/30 ^{e)}	C25/30 ^{e)}	C30/37		C30/37		C35/45 ^{f)}	C35/45 ^{f)}	C35/45	C40/50	C30/37		C35/45 ^{f)}	C35/45	C30/37		C35/45	C30/37	C35/45 ^{g)}	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant eq (kg/m ³) ^{d) h) i)}	280	280	300		300 ^{a)}		330	330	350		300 ^{a)}		330	350	300 ^{a)}		350 ^{l)}	385 ^{k)}	385 ^{k)}	330	350	360

h) Ces valeurs sont définies pour $D_{max} = 20$ mm. La modulation liée à la prise en compte du D_{max} doit être effectuée conformément à la norme NF EN 206/CN:2025

k) Il est possible de réduire le dosage minimal en liant équivalent à 350 kg/m³ pour la classe XF3 et 370 kg/m³ pour la classe XF4 en utilisant les essais de performance (NF P 18-424 ou NF P 18-425 ou XP P 18-420) et les seuils correspondants (allongement relatif, fréquence de résonance, perte de matière) définis dans le guide de l'Université Gustave Eiffel de 2021 « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ». Dans le cas particulier des béton extrudés destinés aux équipements de sécurité (GBA, DBA ...), bordures et contre-bordures, caniveaux et éléments d'assainissement, ce dosage peut être réduit à 330 kg/m³ en appliquant les dispositions prévues pour les bétons de type G ou G+S par le guide de l'Université Gustave Eiffel 2021 « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ».

s) Cette valeur doit être portée à 330 kg/m³ dans le cas du béton précontraint.

	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3e	XS3m	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{b)}
Nature du liant	—	—	—	—	—	PM ^{o)} et facteur de vieillissement $t \geq 0,40$ ^{p)}	PM ^{o)} et facteur de vieillissement $t \geq 0,40$ ^{p)}		—	—	^{l) q)}	—	^{q)}	—	^{q)}	^{r)}	^{r)}	^{r)}

p) Le calcul du facteur de vieillissement est défini dans le FD P18-480

r) Pour le choix du ciment et des additions, se référer au fascicule FD P18-011. L'attention est notamment attirée sur les exigences applicables en présence de sulfates

Béton : Approche(s) performantielle(s) et exigences spécifiées



SPÉCIFICATIONS PERFORMANTIELLES

Possibilité de **dérogation partielle** aux spécifications de composition et aux exigences relatives aux granulats lorsque la durabilité du béton et des armatures est justifiée par des spécifications performantielles selon **FD P18-480**

Alertes sur :

- les délais d'étude
- les dispositions organisationnelles
- les capacités techniques
- les compétences actualisées
- les références du laboratoire

Rappel de l'intérêt :

- des **formules préqualifiées** en approche à composition unique
- de disposer en **amont** d'une **Étude Générique** en approche par domaine de composition
- de la possibilité de caractériser les grandeurs associées à la durabilité à **28 j** dans l'approche à composition unique

SPÉCIFICATIONS PERFORMANTIELLES

Cas général : application du **FD P18-480** avec une **DUP de 100 ans**

Approche à composition unique

Sauf dispositions différentes du marché :

- **cas général** : faire référence au niveau **N3**
- ouvrages provisoires et parties avec DUP < 50 ans : niveau N1 ou N2

Approche par domaine de composition

Sauf dispositions différentes du marché :

- **cas général** : faire référence à la **catégorie 3**
- ouvrages provisoires et parties avec DUP < 50 ans : catégorie 2 en général

AGE DE RÉFÉRENCE POUR LA JUSTIFICATION DU PROJET

Cas général : 28 j

Sous réserve de l'**accord de l'ensemble des parties**, avec en particulier l'approbation du Maître d'œuvre, cet âge de référence peut être pris **entre 29 et 91 jours**

Dans ce cas :

- justification du projet à vérifier à cet âge t_{ref} , en tenant compte de la **progression résiduelle de résistance** vis-à-vis de la **sécurité à long terme**
- cet âge de référence fait partie des **spécifications** du béton et doit figurer sur les **BL**
- les exigences relatives aux performances mécaniques à 28 jours sont à remplacer par les mêmes exigences relatives aux performances mesurées à t_{ref}
- en fonction des besoins du projet, s'assurer par des mesures de résistance aux échéances appropriées que la **sécurité** reste assurée sur l'ensemble des phases du projet
- des mesures à 28 jours peuvent rester nécessaires à titre d'information

Ce choix de $t_{ref} > 28$ jours peut convenir à des **bétons dont la montée en résistance est lente**

CLASSES GW_R

Le prescripteur est invité à utiliser la classification GW_R (FD P18-483-2) pour inciter à réduire l'impact carbone de l'ouvrage en béton

L'attention est attirée sur le fait que l'impact ne se limite pas à la composition du béton et qu'il convient de l'évaluer à l'échelle de l'unité fonctionnelle

DONNÉES DE BASE ET EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES

Lorsque certaines parties sont sensibles à un retrait gêné, il convient de prévoir une étude spécifique pouvant conduire à spécifier des exigences complémentaires sur le module et le retrait

BFUP

Bétons de fibres

Le béton peut comporter des **fibres organiques ou métalliques**.

Les **études d'exécution** prennent en compte l'apport des fibres dans la conception et le **calcul** des éléments concernés et s'appuient sur des documents validés au niveau national ou international ayant fait l'objet d'un accord entre les parties.

Dans tous les cas, la **production du béton fibré et sa mise en œuvre** font l'objet d'une procédure soumise à l'**approbation du maître d'œuvre** comportant notamment, en plus des points prévus au présent fascicule, des dispositions relatives à la maîtrise de la **rhéologie** du béton de fibres lors du coulage, à la maîtrise de la **teneur en fibres**, et si nécessaire à la maîtrise de leur **répartition** dans les éléments concernés.

Dans les cas où les fibres interviennent dans le calcul de la **résistance** structurale, des dispositions complémentaires relatives à la maîtrise de leur **orientation** sont à prévoir.

Dans le cas particulier des BFUP (employés avec ou sans armatures actives ou de béton armé), le marché s'appuie sur les normes NF P18-470, NF P18-710 et NF P18-451.

Des dispositions particulières relatives aux BFUP sont introduites dans les paragraphes suivants :

- 8.2.1.2 : épreuve d'étude en laboratoire
- 8.2.2 : programme de bétonnage
- 8.2.3 : épreuve de convenance
- 8.3.1.3 : transport et manutention des bétons
- 8.3.2.1 : épreuve de contrôle
- 8.3.2.5 : traitement thermique
- 8.3.2.6.2 : serrage à refus du béton
- 8.3.2.6.3 : essais de consistance
- 8.4.2.6 : bétons de fibres, BFUP
- 8.5.4 : conditions de températures particulières
- Annexe F : liste des informations à inclure dans les spécifications d'exécution

COMMANDE DE BPE

Dans le cas général d'emploi de Bétons à Propriétés Spécifiées (BPS) ou d'un Béton d'Ingénierie à Propriétés Spécifiées (BIPS), **justifiés ou non par méthode performantielle**, la commande précise en outre les **valeurs requises des données de base** et, le cas échéant, des **exigences complémentaires**

NOTE

Pour les bétons justifiés par méthode performantielle pour l'**approche par composition unique** (8.1.1.4), la commande utilise la désignation normalisée qui intègre la mention « **p** » sur la ou les classes d'exposition concernées et induit la détermination de grandeurs associées à la durabilité faisant partie des exigences complémentaires

Pour les bétons justifiés par méthode performantielle pour l'**approche par domaine de composition** (8.1.1.4), la commande utilise la désignation normalisée qui intègre la mention « **d1, d2 ou d3** » (en fonction de la catégorie d'ouvrage) sur la ou les classes d'exposition concernées

FABRICATION EN USINE DE PRÉFABRICATION

Dans le cas général d'emploi de Bétons à Propriétés Spécifiées (BPS) ou d'un Béton d'Ingénierie à Propriétés Spécifiées (BIPS), **justifiés ou non par méthode performantielle**, le prescripteur final précise en outre les **valeurs requises des données de base** et, le cas échéant, des **exigences complémentaires**

NOTE

Pour les bétons justifiés par méthode performantielle pour l'**approche par composition unique** (8.1.1.4), la prescription utilise la désignation normalisée qui intègre la mention « **p** » sur la ou les classes d'exposition concernées et induit la détermination de grandeurs associées à la durabilité faisant partie des exigences complémentaires

Pour les bétons justifiés par méthode performantielle pour l'**approche par domaine de composition** (8.1.1.4), la prescription utilise la désignation normalisée qui intègre la mention « **d1, d2 ou d3** » (en fonction de la catégorie d'ouvrage) sur la ou les classes d'exposition concernées

PRODUITS DE SCCELLEMENT

Conformité aux Eurocodes de la conception et du dimensionnement des scellements de barres d'armatures HA de béton armé et précontraint à l'aide de produits de scellement :

- produits à base de produits polymères ou de liants hydrauliques relevant d'une ÉTE selon l'EAD 330087-01-0601 : respect de la spécification technique européenne de produit pertinente **et système d'EVCP de niveau 1+**
- mortiers à base de liants hydrauliques de type CC ou PCC qui bénéficient du marquage CE dans le cadre de la norme harmonisée NF EN 1504-6 **complétée par un marquage NF** : suivre les recommandations du Fascicule FD P18-823

Bétons : Épreuve d'Etude



ÉPREUVE D'ÉTUDE

Nominale : méthode performantielle

Nb mini de gâchées et de prélèvement des corps d'épreuve parmi les éprouvettes : FD P18-480

Approche par **domaine de composition** :

épreuve d'étude effectuée sur un béton couvert par l'**étude générique** dont l'**acceptation** doit faire l'objet d'une **formalisation explicite** par le maître d'œuvre (**point d'arrêt**)

Contenu spécifique :

- en composition unique : grandeurs associées à la durabilité (à 90 jours)
- pour les 2 approches, indicateurs généraux à 28 j : porosité à l'eau / absorption d'eau ; résistivité

ÉPREUVE D'ÉTUDE

Nominale : méthode performantielle

Critères d'acceptation : valeurs limites du FD P18-480, avec une marge de sécurité calculée en intégrant l'écart-type prévisionnel

Possibilité de déterminer les grandeurs associées à la durabilité à 28 j en complément de celles réalisées à 90 j :

- approche à composition unique : si les spécifications performantielles sont vérifiées à 28 j et 90 j, on peut retenir l'âge de 28 j pour évaluer la conformité en convenance et contrôle
- classes XA validées par méthode comparative avec D_{rcm} à 28 j :
facteur de vieillissement (béton testé) $\geq$ facteur de vieillissement (béton de référence)

ÉPREUVE D'ÉTUDE

Nominale : mélanges de ciments

- le résultat f_{CE} de l'essai de compression (moyenne des mesures sur les trois éprouvettes) satisfait les deux conditions suivantes :

Condition 1 : $f_{CE} > f_{ck} + \lambda (C_E - C_{min})$

Condition 2 : $f_{CE} > f_{ck} + 2 S$

Dans le cas de **mélanges de ciments**, les valeurs C_E et C_{min} sont à considérer pour chacun des ciments

$C_E - C_{min}$ à retenir pour le mélange : **valeur la plus élevée de celles obtenues pour chacun des ciments**

ÉPREUVE D'ÉTUDE

Nominale : autres dispositions

Prévention de la fissuration d'origine thermique

Si l'écart de T°C prévisible entre le cœur et la peau peut se situer à **moins de 5°C** de la valeur pouvant conduire à une fissuration :

- prévoir une mesure de **calorimétrie** pour confirmer l'exothermie
- et vérifier les dispositions à prendre vis-à-vis des gradients thermiques

Le cas échéant, prévoir des **épreuves d'information** pour mesurer les grandeurs nécessaires au calibrage des valeurs de calcul ou à leur ajustement (ex : retrait, fluage...)

ÉPREUVE D'ÉTUDE

Dérivées : programme des essais

Méthodes performantielles

- programme d'essais défini dans le FD P18-480 :
- approche à composition unique : grandeurs associées à la durabilité à 90 j (toutes les classes sauf XA) ; possibilité de réaliser les essais à 28 j si validé en épreuve d'étude

Un essai de détermination de chaque grandeur correspondant aux exigences complémentaires fixées par le marché et soumises à épreuve de contrôle

ÉPREUVE D'ÉTUDE

Dérivées : conditions d'acceptation

L'épreuve d'étude est réputée probante si, outre les conditions énumérées ci-dessus, les exigences suivantes sont également respectées :

- les résultats des essais de résistance à la compression à 28 jours effectués sur les formules dérivées de la formule nominale sont compris dans la fourchette $f_{CE} + 0,15 f_{CE}$;
- les résultats des essais de consistance effectués sur toutes les formules sont compris dans la fourchette spécifiée sur toute la durée pratique d'utilisation. Pour le BAP, les résultats de caractérisation sur béton frais (étalement, stabilité au tamis, boîte en L) sont satisfaisants sur toute la durée pratique d'utilisation T_m . **Pour les bétons vibrés, sauf spécification particulière du marché, la formule dérivée basse en eau peut présenter une consistance inférieure d'au plus 20 mm à la limite basse de la plage de consistance spécifiée.**
- les résultats obtenus le cas échéant pour les grandeurs associées à la durabilité pour la ou les classes d'exposition visées (8.1.1.4) **ou pour les exigences complémentaires** (8.1.1.5) sont conformes aux valeurs limites autorisées.

Bétons : Convenance, Contrôle, autres dispositions en production (nouveau)



ÉPREUVE DE CONVENANCE

RSI

si $T_{\max}$ évaluée selon annexe IV du guide Ifsttar (2017) est à moins de 5° C du seuil de température
⇒ vérification de la T°C à cœur d'un élément témoin en béton représentatif des conditions sur chantier

BFUP

renvoi vers les normes NF P18-451 et NF P18-470 (contenu de l'épreuve, élément témoin, critères d'acceptation)

Méthode performantielle

réalisation d'éprouvettes prélevées sur une gâchée nominale (ou sur le mélange de 3 gâchées nominales) :

- approche à composition unique : grandeurs associées à la durabilité (à 90 j)
- pour les 2 approches : indicateurs généraux (à 28 j)

Critères d'acceptation : FD P18-480

NOTE En ce qui concerne les grandeurs associées à la durabilité, il est possible de retenir l'âge de 28 jours pour l'évaluation de la conformité des épreuves de convenance en appliquant les dispositions décrites au 8.1.1.4.

ÉPREUVE DE CONVENANCE

Adaptation de l'adjuvantation

Adaptation en production de l'ordre de $\pm 0,2$ % possible (par rapport à la masse de liant) pour le plastifiant ou le superplastifiant, par rapport à la convenance, afin de pallier les variations habituelles de rhéologie du béton

Si valeurs d'adaptation plus élevées : **convenance simplifiée**

CONTRÔLE DES BÉTONS A LA MISE EN ŒUVRE

Méthode performantielle

En outre, pour les bétons justifiés par méthode performantielle (8.1.1.4), l'épreuve de contrôle comprend :

- dans le cas de l'approche à composition unique ou dans le cas de l'approche par domaine de composition, un **contrôle de régularité de la production qui est réalisé de manière indirecte (indicateurs généraux)** à une fréquence définie dans le **FD P18-480** à partir des résultats des mesures de porosité à l'eau ou d'absorption d'eau à 28 jours et de résistivité à 28 jours
- dans le cas de l'approche à composition unique des prélèvements complémentaires destinés à la vérification des performances du béton vis-à-vis de la durabilité (**grandeurs associées à la durabilité – 90 jours**), à une fréquence définie dans le **FD P18-480**

critères d'acceptation : FD P18-480

PROGRAMME DE BÉTONNAGE

Il précise, pour chaque phase s'il y a lieu :

- ...
- les dispositions à prendre pour lutter contre la fissuration du béton au jeune âge, **intégrant notamment les conditions de décoffrage et de maîtrise des chocs thermiques et hydriques induits,**
- ...

Pour les bétons pour **travaux géotechniques spéciaux**, programme de bétonnage conforme aux dispositions de :

- la NF EN 1536 pour les pieux forés
- la NF EN 1538 pour les parois moulées
- la NF EN 12 699 pour les pieux avec refoulement de sol exécutés en place
- la NF EN 14 199 pour les micropieux

Attention attirée sur la cohérence entre les dispositions de mise en place de certains bétons de fondations profondes et la cadence de production minimale à respecter

BÉTON DE MASSE ET DE PIÈCES CRITIQUES

Les procédures devront intégrer :

- précautions à prendre en fonction des conditions atmosphériques sur le chantier,
- dispositions permettant de limiter la montée en température du béton,
- dispositions pour assurer le suivi de l'évolution de la température du béton,
- les protections à disposer pendant le durcissement et lors du décoffrage pour limiter l'effet des gradients thermo-hydriques
- ...

Les documents de suivi de chantier doivent intégrer le **relevé des conditions climatiques**

MÉTHODES DE CURE

NOTE L'attention est attirée sur le fait que la **diversification des liants disponibles** peut nécessiter la mise en œuvre de dispositions particulières prenant en compte les **vitesse de durcissement**

CONDITIONS DE TEMPÉRATURES PARTICULIÈRES

si T°C mesurée sur chantier < 5°C

ou si la T°C du béton au moment de sa mise en œuvre est susceptible de dépasser 32°C

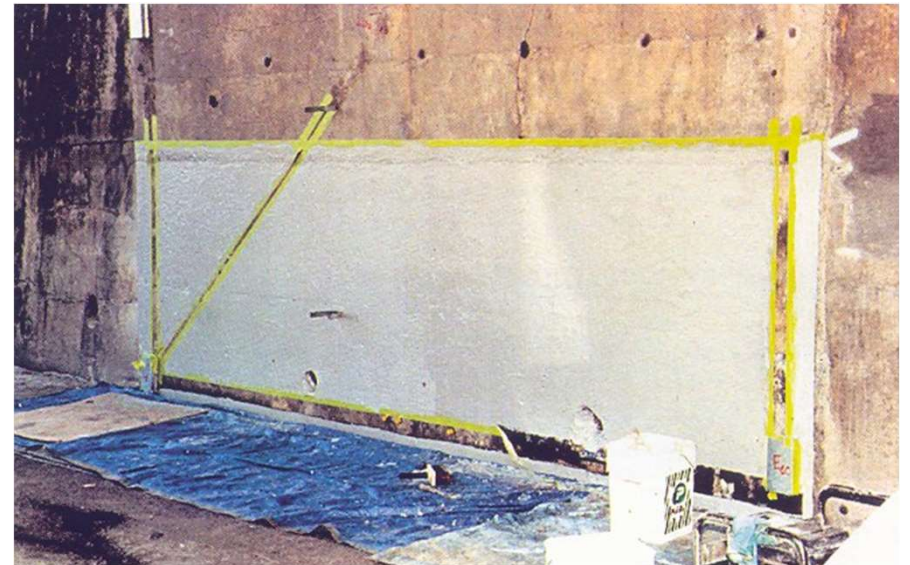
⇒ des **dispositions** particulières, **préalablement définies**, sont adoptées, **pour assurer que la T°C mini ou maxi du béton frais à la mise en œuvre ne dépasse pas une valeur limite déterminée**

La T°C max autorisée (sous couvert d'atteinte des performances visées), est **la plus faible** des valeurs entre :

- T°C maxi compatible avec la DPU (ou le maintien rhéologique du béton) spécifiée
- T°C maxi à ne pas dépasser vis-à-vis de la RSI
- T°C maxi à ne pas dépasser vis-à-vis des fissurations d'origine thermiques ou du retrait gêné

T°C béton à la mise en œuvre **≤ 36°C**

Chapitre 11 : Revêtements de protection et produits d'imprégnation hydrophobe



PRINCIPES ADOPTÉS

- **conserver une structure du chapitre qui met en avant une approche commune pour les peintures et l'ensemble des revêtements de protection**, par référence au référentiel commun NF EN 1504-2 + GA P18-902 + NF P95-103, et distinguer ensuite de façon claire les clauses qui ne concernent qu'une catégorie de produits-systèmes;
⇒ Réalisé pour l'article 11.8 « Responsabilités et garanties »: 11.8.2 « Cas des systèmes de peinture », 11.8.3 « Cas des imprégnations hydrophobes » et 11.8.4 « Cas des revêtements de protection de surface autres que systèmes de peinture ».
- **clarifier le domaine couvert par ce chapitre**, compte tenu de sa valeur contractuelle, vis-à-vis d'emplois uniquement esthétiques (architectural) ou fonctionnels (exemple: signalisation) de la peinture, ou pour les revêtements de protection en situation chimiquement agressive.
=> Réalisé (cf. article 11.1 / diapo ci-après)

DOMAINE D'APPLICATION ET ILLUSTRATION DE LA DISTINCTION DES EXIGENCES FONCTIONNELLES

Article 11.1:

« Le présent chapitre s'applique aux travaux de fourniture et de mise en œuvre de produits et systèmes de **protection de surface des bétons, au sens de la norme NF EN 1504-2 devant éventuellement remplir d'autres fonctions** explicitées ci-après (...).

Principe de protection au sens de la norme NF EN 1504-9	Méthode de protection au sens de la norme NF EN 1504-9
1 - Protection contre toute pénétration	1.1 Imprégnation hydrophobe 1.3 Revêtement
2 - Contrôle du taux d'humidité	2.1 Imprégnation hydrophobe 2.3 Revêtement
8 - Augmentation de la résistivité	8.1 Imprégnation hydrophobe 8.3 Revêtement

Sont exclus du présent chapitre les produits et systèmes :

- de protection des bétons exposés à un **environnement chimiquement agressif (classes d'exposition XA de la norme NF EN 206/CN)** ;
- **répondant seulement à une unique fonction esthétique ou anti-graffiti** sans exigence de protection ;

NOTE 6 : **La protection des bétons exposés à un environnement chimiquement agressif nécessite des études préalables spécifiques.** Il existe un essai de résistance chimique suivant la norme NF EN ISO 2812-1 ainsi qu'un essai de résistance à une forte attaque chimique suivant la norme NF EN 13529 cités dans le tableau n°1 de la norme NF EN 1504-2 qui peuvent être prescrits par le **marché**, mais il n'existe pas de corrélation entre les résultats de ces essais et les classes d'exposition XA1 à XA3 de la norme NF EN 206/CN.

NOTE 7 : Les systèmes répondant à une **fonction de signalisation réglementaire** (exemple des ESM : équipements de signalisation en mer) peuvent également répondre à des exigences complémentaires de protection fixées au **marché** ».

PERMEABILITE A LA VAPEUR D'EAU ET DÉLAI D'APPLICATION

Sujet important de la **perméabilité à la vapeur d'eau des revêtements de protection appliqués sur bétons jeunes**:

=> **Article 11.1**: « Concernant les classes de perméabilité à la vapeur d'eau au sens de la norme NF EN 1504-2 pour les revêtements de protection de surface, lorsque l'objectif visé n'est pas de limiter la pénétration de la vapeur d'eau, **on doit veiller à ce que le système adopté pour répondre à un autre objectif de protection laisse suffisamment « respirer » le béton « jeune ».**

Ne sont appliqués en sous-face de dalles (intrados de tabliers de ponts par exemple) **que des revêtements perméables à la vapeur d'eau** (classe I au sens de la norme NF EN 1504-2) afin de permettre à l'humidité de s'échapper du béton.

En ce qui concerne les autres surfaces, la classe de perméabilité est à définir au marché en fonction des cas. Il en est de même dans le cas des tunnels ».

En outre: 11.4.2. Plan Qualité, procédures d'exécution et plan de contrôles:

« Le délai minimal à respecter entre l'exécution du béton et l'application des produits à base de liant polymère (P ou PC) doit respecter celui prescrit dans leur fiche technique, mais est a minima de 28 jours après coulage du béton.

NOTE 2 : Le délai minimal de 28 jours de séchage du béton se justifie par la nécessité d'un début de carbonatation du support pour ne pas risquer de dégrader les produits à base de liant polymère (milieu alcalin), ainsi que d'une durée de dégazage du béton suffisante pour éviter le risque de décollement prématuré d'un revêtement non perméable à la vapeur d'eau ou pour faciliter la pénétration d'une imprégnation hydrophobe ».

GARANTIES

Sujet sensible : => Article 11.8.1 « Généralités »

« Les documents particuliers du **marché** peuvent prévoir des **garanties particulières contractuelles avec leurs natures et les délais associés** en complément de la garantie de « parfait achèvement » de un an prévue au CCAG.

Deux approches sont envisageables pour juger de l'efficacité d'une protection du béton à satisfaire dans le temps les fonctions exigées et mettre en jeu, si nécessaire, les garanties particulières contractuelles :

- approche basée sur l'existence d'altérations visibles d'un revêtement de protection (défauts d'aspect voire de couleur) ;
- approche basée sur une démarche performantielle présentée à l'annexe D informative de la norme NF P95-103.

Pour pouvoir bénéficier des garanties, **il est nécessaire que les conditions d'exposition de l'ouvrage ou des parties d'ouvrage protégées ne soient pas dégradées vis-à-vis des spécifications initiales du marché.**

Les garanties ne couvrent pas :

- les dégradations provenant de causes fortuites ou accidentelles telles que choc, frottement, abrasion, infiltration d'eau dans le support, incendie, etc., survenues après la réalisation des travaux de protection,
- les désordres liés à un défaut de fonctionnement mécanique ou à une pathologie générant un gonflement interne du béton, se traduisant notamment par des fissures d'ouvertures anormales,
- le changement de destination de l'ouvrage ou la modification des classes d'exposition ».

GARANTIES

Le sujet sensible des **garanties** : => Article 11.8.2 « Cas des systèmes de peinture »

« **Garantie d'aspect**: Dans le cas des travaux de protection par système de peinture, la **garantie particulière décrite ci-après est systématiquement requise**. Son approche est uniquement basée sur l'existence éventuelle d'altérations visibles (défauts d'aspect voire éventuellement de couleur) évaluées sur des zones homogènes qui doivent être définies dans le **marché**.

Dans ce cadre, une attestation commune signée des parties impliquées dans la réalisation des travaux de protection est fournie par le titulaire du marché au moment de la demande d'agrément du système de peinture.

NOTE : Cette attestation peut prendre la forme de la fiche H produite par l'OHGPI.

Durant la période de garantie et jusqu'à son extinction, les défauts de type cloquage, craquelage et écaillage ne doivent pas dépasser le niveau 3(S3) de la norme NF EN ISO 4628 (parties 2, 4 et 5) et la surface des altérations plus de 3% de la superficie d'une zone homogène.

La durée de la garantie particulière d'aspect est de 10 ans pour les classes d'exposition et les épaisseurs des systèmes de peinture (certifiés ACQPA) définies dans le tableau suivant :

Cette garantie est homologable sur cette base par l'OHGPI ».

Classes d'exposition selon la norme NF EN 206/CN	Épaisseur sèche nominale minimale (µm)
X0, XC1, XC3, XC4, XD1, XF1	300
XD2, XD3, XF2, XF3, XS1	500
XF4, XS3	1000

GARANTIES

Cas sensible des peintures (suite) : => **Article 11.8.2 « Cas des systèmes de peinture »**

« **Garantie de couleur:** La garantie particulière **optionnelle** de couleur d'un système de peinture concerne la non-altération (constance) de la couleur évaluée selon les normes NF T 34-554-1 et NF T 34-554-2.

Elle ne peut s'appliquer qu'aux produits et pour leurs couleurs ayant obtenu la certification après exposition Floride et dont la stabilité est certifiée par l'ACQPA ou équivalent, suivant un référentiel s'appuyant sur la norme NF T 34-554-1.

*La garantie est mise en jeu lorsque la moyenne des mesures relevées sur la zone homogène dépasse le ΔE^*_{ab} du tableau 1 de la norme NF T 34-554-1.*

*La durée de la garantie particulière de couleur est de **3 ans uniquement pour les classes d'exposition** (selon la norme NF EN 206/CN) **X0, XC1, XC3, XC4, XF1, XD1**. Cette garantie est homologable par l'OHGPI ».*

GARANTIES

Paragraphe nouveau dans le cas des imprégnations hydrophobes :

=> **Article 11.8.3 « Cas des imprégnations hydrophobes »**

*« Dans le cas d'une protection de surface du béton au moyen d'une imprégnation hydrophobe, non filmogène, les garanties particulières **contractuelles** sont basées sur une démarche performantielle telle que présentée à l'annexe D de la norme NF P95-103.*

Dans le cadre du présent document, il est préconisé une durée de garantie particulière à spécifier au marché de 10 ans.

Lorsque l'imprégnation hydrophobe est appliquée dans l'objectif de prévenir la pénétration des chlorures, on applique la démarche de l'article D.3.3 « Cas de la fonction augmentation de la protection contre la pénétration des ions Cl⁻ » de l'annexe D de la norme NF P95-103.

*Le **marché** fixe les emplacements des points de mesure, le nombre des mesures à effectuer, les conditions d'interprétation des mesures et les seuils à partir desquels les garanties peuvent être mises en jeu (...) ».*

Précisions apportées concernant l'exécution des prélèvements de poudre de béton (sur les trois premiers centimètres du béton d'enrobage), les déterminations de taux de chlorures et l'interprétation des résultats (appréciation de l'efficacité de la protection).

GARANTIES

Paragraphe nouveau dans le cas des revêtements de surface autres que les peintures :

=> **Article 11.8.4 « Cas des revêtements de protection de surface autres que systèmes de peinture »**

*« Dans le cas d'une protection de surface du béton au moyen d'un revêtement de protection autre qu'un système de peinture, des garanties particulières **contractuelles** peuvent couvrir les travaux dans une approche basée :*

- soit sur l'existence éventuelle d'altérations visibles (défauts d'aspect voire de couleur),*
- soit sur une démarche performantielle présentée à l'annexe D informative de la norme NF P95-103 (cf. §11.8.3).*

*Le **marché** exprime les garanties particulières attendues vis-à-vis des fonctions et niveaux de performance du GA P18-902 prescrits.*

11.8.4.1 Garantie basée sur l'existence éventuelle d'altérations visibles:

Concernant l'approche basée sur l'existence éventuelle d'altérations visibles, durant la période de garantie particulière les défauts de type cloquage, craquelage ou écaillage évalués sur les zones homogènes telles que définies au **marché**, doivent se conformer aux **mêmes exigences que pour les systèmes de peinture** : ils ne doivent pas dépasser le niveau 3(S3) de la norme NF EN ISO 4628 (parties 2, 4 et 5) et la surface des altérations plus de 3% de la superficie d'une zone homogène.

Dans le cadre du présent document, il est préconisé une durée de garantie particulière sur l'existence éventuelle d'altérations visibles de 10 ans ».

GARANTIE POUR LA FONCTION « APTITUDE À PONTER LES FISSURES »

« **Cas des revêtements de protection avec fonction principale optionnelle d'aptitude à ponter les fissures :**

Lorsque la fonction principale optionnelle n°4 « Aptitude à ponter les fissures » du GA P18-902 (basée sur la réalisation d'essais statiques et dynamiques suivant la NF EN 1062-7) est prescrite par le **marché** pour un niveau de performance donné, durant la période de garantie le revêtement ne doit pas présenter de fissuration au droit des fissures du support dont les ouvertures en surface restent inférieures aux valeurs fixées dans le **marché**, qui doivent être compatibles avec les ouvertures de calcul selon les Eurocodes 2 ou 4.

Dans le cadre du présent document, il est préconisé une durée de garantie particulière vis-à-vis de la fonction principale optionnelle d'aptitude à ponter les fissures de 10 ans ».

GARANTIE DE COULEUR

11.8.4.3 Garantie esthétique (couleur) optionnelle

« Lorsque la fonction optionnelle complémentaire esthétique (couleur) est prescrite par le **marché**, durant la période de garantie les altérations de la teinte d'un revêtement sont mesurées sur une ou plusieurs zones homogènes de l'ouvrage, définies au **marché**, conformément aux prescriptions de la norme NF T34-554-1 et la moyenne des mesures effectuées ne doit pas dépasser ΔE^*_{ab} fixé dans le **marché**.

Dans le cadre du présent document, il est préconisé une durée de garantie particulière de 3 ans ».

GARANTIE SUR LES PERFORMANCES

11.8.4.2 Garantie basée sur une démarche performantielle

« Concernant l'approche basée sur une démarche performantielle, les procédures décrites dans l'annexe D de la norme NF P95-103 sont les plus courantes. Il est possible d'en prévoir d'autres dans le **marché** pour traiter d'autres fonctions.

Le **marché** fixe les emplacements des points de mesure, le nombre des mesures à effectuer, les conditions d'interprétation des mesures et les seuils à partir desquels les garanties peuvent être mises en jeu.

Cas de la fonction « augmentation de la protection contre la pénétration de CO₂ » pour les revêtements de protection et les systèmes mixtes (imprégnation hydrophobe et revêtement) :

On applique la démarche de l'article D.3.2 « Cas de la fonction augmentation de la protection contre la pénétration de CO₂ » de l'annexe D de la norme NF P95-103.

La profondeur maximale admise de carbonatation est définie au **marché**. Les essais et mesures sont effectués conformément à la norme NF EN 14630 ».

Précisions apportées...

« Cas de la fonction « augmentation de la protection contre la pénétration des ions Cl⁻ » pour les revêtements de protection et les systèmes mixtes (imprégnation hydrophobe et revêtement):

On applique la même procédure que prévue pour les imprégnations hydrophobes au §11.8.3 ci-avant ».

A retenir

- Cohérence avec le référentiel normatif
- Dispositions de spécification **et** d'exécution
- Facilitation de l'approche performantielle
- Leviers de décarbonation
- Elargissement aux revêtements de protection et imprégnations hydrophobes

Calendrier à venir



Enquête 1 mois lancée par DGITM

Sous réserve du résultat, publication à l'issue

Dès à présent...

- Prendre connaissance d'un texte complet / complexe
- Apprécier sa **cohérence** avec les normes à jour
- Se préparer à l'utiliser en support d'une démarche de **décarbonation** cohérente avec la maîtrise de la **durabilité**

Merci de votre attention
Questions ?

