

Conférence Technique Territoriale Régions Bretagne et Pays de la Loire

Rencontre Régionale Ouvrages d'art – LEZARDRIEUX

Brèves sur les nouveaux référentiels du matériau béton

Michel MENGUY Cerema Agence de St BRIEUC

4 juillet 2023

Sommaire

➤ **FD P18-480 (Octobre 2022)**

Béton

Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle

➤ **NF EN 206+A2/CN (novembre 2022)**

Béton

Spécification, performance, production et conformité

➤ **Fascicule 65 du C.C.T.G (décembre 2017 en cours de révision)**

Exécution des ouvrages de génie civil en béton

➤ **Fiches « Bien prescrire les bétons » AFGC**

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle

Approche prescriptive usuelle :

- Composition du liant et qualité des granulats imposées
- Justification par respect des limites de composition du béton
- Epaisseurs d'enrobages fixées



Approche performantielle visée :

- Composition du béton, composition du liant et qualité des granulats non imposées *
- Justification par essais de durabilité sur béton (essai(s) performantiel(s) et/ou indicateurs de durabilité)
- Epaisseurs d'enrobages modulées

** les constituants doivent toutefois être aptes à l'emploi selon la norme NF EN 206/CN*

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Exemple pour une classe d'exposition XS3

Suivant l'approche usuelle
Fasc 65 (Tableau 8 .B)

	Classes d'exposition									
	Corrosion induite par carbonatation				Corrosion induite par les chlorures					
					Eau de mer			Chlorures autres que l'eau de mer		
XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	
Rapport E_{210} /liant éq maximal ^{d)}	0,60	0,60	0,55	0,50 ^{l)}	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45
Classe de résistance minimale ^{c)}	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37 ^{p)}	C30/37 ^{p)}	C35/45	C30/37	C30/37 ^{p)}	C35/45
Teneur mini en liant éq (kg/m^3) ^{b) c) d)}	280	280	300	330	330	330	350	330	330	350

Suivant l'approche performantielle
FD P18-480)

Classe d'exposition	Modulation selon la classe de facteur de vieillissement	Coefficient caractéristique de migration des ions chlorure selon XP P18-462 $D_{\text{rem},k,90j}$ ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	
		DUP 50 ans	DUP 100 ans
XS1	0,30 à 0,39	16 (28 [*])	9 (16 [*])
	0,40 à 0,49	28	22
	0,50 à 0,59		
	0,60 et plus		
XS2	0,30 à 0,39	5 (9 [*])	3 (5 [*])
	0,40 à 0,49	16	9
	0,50 à 0,59		
	0,60 et plus		
XS3e	0,30 à 0,39	5	5
	0,40 à 0,49	9	9
	0,50 à 0,59	16	16
	0,60 et plus	22	22
XS3m	0,30 à 0,39	2	2
	0,40 à 0,49	3	3
	0,50 à 0,59	5	5
	0,60 et plus	9	9

* Les valeurs avec astérisque sont applicables pour des bétons dont la porosité à l'eau mesurée à 90 jours (valeur caractéristique associée à un fractile de 90 %) est inférieure ou égale à 13,5 %.

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Pourquoi faire de l'approche performantielle?

- ❑ Mieux utiliser les ressources naturelles
- ❑ Réduire l'empreinte carbone
 - Dosage en clinker et transport des constituants
- ❑ Mieux maîtriser la durée de vie de l'ouvrage
- ❑ Répondre à des spécifications parfois contradictoires
 - (CEM I, RSI, G+S)

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Avant le FD P18-480

NF EN 206/CN (2014 à 2022)

5.3.3 Méthodes performantielles

- 1) Les exigences liées aux classes d'exposition peuvent être établies en utilisant des méthodes performantielles pour la durabilité et peuvent être spécifiées en termes de paramètres performantiels, par exemple une mesure d'écaillage du béton au cours d'un essai de gel-dégel. L'utilisation d'une méthode performantielle est soumise aux dispositions en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton.

NOTE Une série de méthodes d'essai performantielles européennes est en cours d'élaboration, par exemple la CEN/TS 12390-9, la CEN/TS 12390-10, la CEN/TS 12390-11 et le CEN/TR 15177 ; les conditions cadres pour le mode opératoire de détermination de la durabilité équivalente ont été publiées en tant que CEN/TR 16563.



Fascicule 65 actuel

Tableau 8.D – Valeurs maximales des indicateurs de durabilité sans réduction d'enrobage

	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
$P_{eau\ 90j}$ (%)	15,5	15,5	15	14,5	14	14	13
$K_{gaz\ 90j}$ (10^{-18} m ²)	-	-	200	200	-	-	200
$D_{app\ 90j}$ (10^{-12} m ² /s)	-	-	-	-	7	7	3,5

$P_{eau\ 90j}$: Porosité accessible à l'eau par absorption sous vide mesurée selon la norme NF P 18-459, exprimée en %.

$K_{gaz\ 90j}$: Perméabilité apparente au gaz mesurée selon la norme XP P 18-463 après séchage complet, exprimée en 10^{-18} m².

$D_{app\ 90j}$: Coefficient de diffusion apparent des chlorures mesuré selon la norme XP P 18-462, exprimé en 10^{-12} m²/s.

Maitrise de la durabilité des ouvrages d'art en béton

Application de l'approche performantielle



Recommandations provisoires
décembre 2009

Difficultés d'application

- Peu de données pour les bétons riches en pâte
- Manque de données sur les répétabilités des essais

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

52 organismes sont partenaires du projet national PERFDUB :

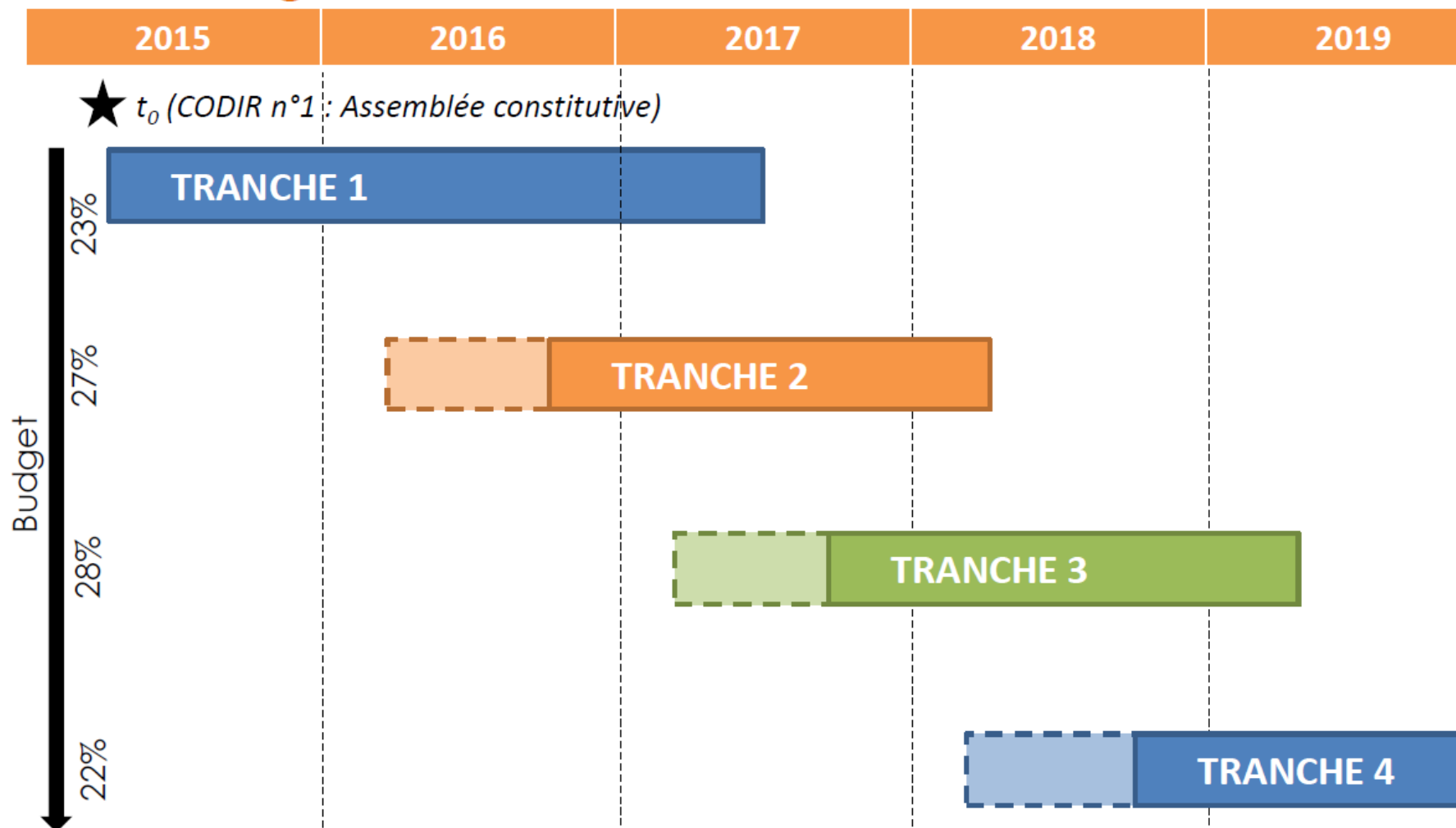


52 PARTENAIRES



PERFDUB Budget d'environ 3,8 M€

► Planning



Fascicule FD P18-480 Résultat du Projet National
PERFDUB

➤ **FD P18-480 (Octobre 2022)**

COMPOSITIONS CONCERNEES - RELAXATIONS POSSIBLES

Rapport Eeff / Leq et/ou dosage Leq mini:

- *par exemple, comptabilisation dans le **Leq d'une part plus importante de ciment(s) ou d'addition(s) utilisée(s)** dans la formulation du béton (cas de liants constitués de mélanges ne respectant pas toutes les spécifications de la norme NF EN 206+A2/CN et du FD P 18-011;*

Nature du liant (NF EN 206+A2/CN + FD P 18-011):

- *par exemple, utilisation d'un béton dont les caractéristiques physiques associées aux caractéristiques chimiques du liant permettent d'assurer une performance de durabilité compatible avec les classes d'exposition prévues;*

Qualité des granulats (NF EN 206+A2/CN):

- *par exemple, utilisation de granulats dont les caractéristiques et/ou les indices A, B, C ou D pour leurs caractéristiques ne respectent pas toutes des spécifications de la norme NF EN 206+A2/CN au regard des classes d'exposition et/ou des classes de résistance mécanique.*

➤ **FD P18-480 (Octobre 2022)**

A respecter dans tous les cas par la formulation du béton à qualifier:

- **l'ensemble des constituants** doit avoir une **aptitude générale à l'emploi** selon la NF EN 206+A2/CN, hors aptitude établie par agrément technique européen;
- les seuls **ajouts autorisés** sont les **fibres** et les **agents de viscosité** ;
- **teneur minimale en liant total** (ciments + additions):
 - 260 kg/m³ pour les classes d'exposition XC et XF1,
 - 300 kg/m³ pour les autres classes ;
- **teneur en clinker minimale du liant total**: 15%.

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)



CRITÈRES POUR LES CLASSES XC

Seuils de performance pour la vitesse de carbonatation accélérée

Classe d'exposition	Modulation selon la classe de résistivité à 90 j selon XP P18-481 ($\Omega.m$)	Vitesse caractéristique de carbonatation accélérée selon XP P 18-458 $V_{acc,k,90j}$ (mm/(jour) ^{0,5})	
		DUP 50 ans	DUP 100 ans
XC1	< 100	4	4
	100 à 175		
	> 175		
XC2	< 100	3	2,6
	100 à 175	3,5	3
	> 175		
XC3	< 100	1,8	1,8
	100 à 175	2,2	
	> 175		
XC4	< 100	1,8	1,8
	100 à 175	2,2	
	> 175	3 *	2,2

Seuils de performance pour la porosité à l'eau divisée par la fraction volumique de pâte

Classes Exposition	Modulation selon la classe de résistivité à 90 j ($\Omega.m$)	Porosité caractéristique accessible à l'eau / Fraction volumique de pâte $P_{eau,k,90d}/fV_p$ (%)	
		50 ans	100 ans
XC1	< 100	65%	65%
	100 à 175		
	> 175		
XC2	< 100	65%	60%
	100 à 175	65%	65%
	> 175		
XC3	< 100	50%	50%
	100 à 175	55%	
	> 175		
XC4	< 100	50%	50%
	100 à 175	55%	50%
	> 175	65%	55%

Fraction volumique de pâte =
 1 – fraction vol. des particules de granulats supérieures à 0,063 mm

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)



CRITÈRES POUR LES CLASSES XS

Classe d'exposition	Modulation selon la classe de facteur de vieillissement	Coefficient caractéristique de migration des ions chlorure selon XP P18-462 $D_{rcm,k,90j}$ ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	
		DUP 50 ans	DUP 100 ans
XS1	0,30 à 0,39	16 (28 [*])	9 (16 [*])
	0,40 à 0,49	28	22
	0,50 à 0,59		
	0,60 et plus		
XS2	0,30 à 0,39	5 (9 [*])	3 (5 [*])
	0,40 à 0,49	9	5
	0,50 à 0,59	16	9
	0,60 et plus		
XS3e	0,30 à 0,39	5	5
	0,40 à 0,49	9	9
	0,50 à 0,59	16	16
	0,60 et plus	22	22
XS3m	0,30 à 0,39	2	2
	0,40 à 0,49	3	3
	0,50 à 0,59	5	5
	0,60 et plus	9	9

* Les valeurs avec astérisque sont applicables pour des bétons dont la porosité à l'eau mesurée à 90 jours (valeur caractéristique associée à un fractile de 90 %) est inférieure ou égale à 13,5 %.

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)



CRITÈRES POUR LES CLASSES XD

Classe d'exposition	Modulation selon la classe de facteur de vieillissement	Coefficient caractéristique de migration des ions chlorures selon XP P18-462 $D_{rcm,k,90j}$ ($\times 10^{-12}$ m ² /s)	
		DUP 50 ans	DUP 100 ans
XD1	0,30 à 0,39	16 (28 *)	16 (22 *)
	0,40 à 0,49	28	28
	0,50 à 0,59		
	0,60 et plus		
XD2	0,30 à 0,39	9	9
	0,40 à 0,49	16	16
	0,50 à 0,59	22	22
	0,60 et plus		
XD3f (salage fréquent)	0,30 à 0,39	9	9
	0,40 à 0,49	16	16
	0,50 à 0,59	22	22
	0,60 et plus		
XD3tf (salage très fréquent)	0,30 à 0,39	5	5
	0,40 à 0,49	9	9
	0,50 à 0,59	16	16
	0,60 et plus		

* Les valeurs avec astérisque sont applicables pour des bétons dont la porosité à l'eau mesurée à 90 jours (valeur caractéristique associée à un fractile de 90 %) est inférieure ou égale à 13,5 %.

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)



FD P18-480 : CRITÈRES POUR LES CLASSES XA

▶ Méthode comparative avec béton de référence

- Résistance aux **attaques sulfatiques**
- Résistance aux **attaques acides**
- Résistance aux attaques par **hydrogène sulfuré (H₂S)**

Nécessité de préciser le type d'attaque pour les classes XA

Même en démarche prescriptive classique

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Niveaux d'application de la méthode performantielle

3 niveaux de contrôles

N1, N2 ou N3

(choix du Maître d'ouvrage)

En fonction

- Classe d'exposition
- Catégorie d'ouvrage

		Classe d'exposition de la partie d'ouvrage		
		XC1	XA	Autres classes
Catégories d'ouvrage	1	N1	N2	N1
	2	N1	N2	N2
	3	N2	N3	N3

➤ Catégorie 1

Éléments à l'intérieur des bâtiments, non structurels

Éléments et ouvrages provisoires ou facilement remplaçables

➤ Catégorie 2

Bâtiments et certains **ouvrages courants de GC durée de vie de 50 ans**

➤ Catégorie 3

Ouvrages d'une durée de vie de 100 ans et ouvrages exceptionnels

➤ FD P18-480 (Octobre 2022)

Epreuves de qualification du béton - Etapes

Références probantes
(derniers essais de moins de 2 ans)
Même composition

- Mêmes conditions de fabrication, transport
- Résultats d'essais (caractéristiques du béton frais et durci : fCE, Durabilité) **Ok**

Sinon →

Grandeur associée à la durabilité
Permet de caractériser la durabilité potentielle pour une classe d'exposition donnée
Vérification/seuils

Indicateurs généraux de durabilité
Peau, abs et résistivité
Utilisés pour vérifier la régularité du béton du point de vue de sa durabilité potentielle

ETUDE en labo - Caractéristiques du béton frais - Justification sur béton durci (fc, Durabilité) Formule nominale + Dérivées (N2, N3)	Cure humide 90J	Grandeurs associées à la durabilité de la classe d'exposition visée (90j)
	Cure humide 28J	Mesures : - Indicateurs généraux de durabilité (28j) - f _{CE} (28j) <i>Option (anticipation convenance)</i> <i>Grandeurs associées à la Dura(28j)</i> <i>(NB : ne dispense pas des mesures à 90j)</i>
CONVENANCE - Caractéristiques du béton frais - Justification sur béton durci (fc, Durabilité) Formule nominale	Cure humide 28J	- Indicateur généraux de durabilité (28j) - Fc(28j)
	Si N3 : Cure humide 90J	Grandeurs associées à la durabilité de la classe d'exposition visée (90j)

CONTRÔLES DE PRODUCTION

➤ NF EN 206+A2/CN (novembre 2022)

Remplace la NF EN 206/CN (2014)

NA.Avant-Propos

Le présent document remplace la norme NF EN 206/CN:2014.

Lors de l'élaboration de la présente norme, les points essentiels suivants ont notamment fait l'objet d'une révision :

- a) modification des prescriptions d'emploi pour les granulats recyclés et les granulats de prémélange ;
- b) introduction de la possibilité d'utilisation des ciments couverts par la norme NF EN 197-5 et modification des prescriptions d'emploi pour certains ciments ;
- c) ajout de principes relatifs aux concepts de performance pour la durabilité des bétons avec référence au fascicule FD P 18-480 qui s'appuie sur des indicateurs de durabilité et des essais de performance pour vérifier que des formulations de béton, qui ne respectent pas les limites usuelles de composition mais dont tous les constituants sont conformes à leur norme de référence et aptes à l'emploi selon la norme NF EN 206+A2/CN, sont adaptées pour obtenir la durée d'utilisation de projet spécifiée ;
- d) ajout de principes relatifs aux possibilités d'utilisation des recommandations provisoires pour l'utilisation de granulats issus de matériaux d'excavation et dont la teneur en sulfates est supérieure aux seuils normalisés.

➤ Fascicule 65 du C.C.T.G déc 2017

Toujours applicable

En contradiction avec le FD P18-480

Document est en cours de révision (sortie prévue 2024)

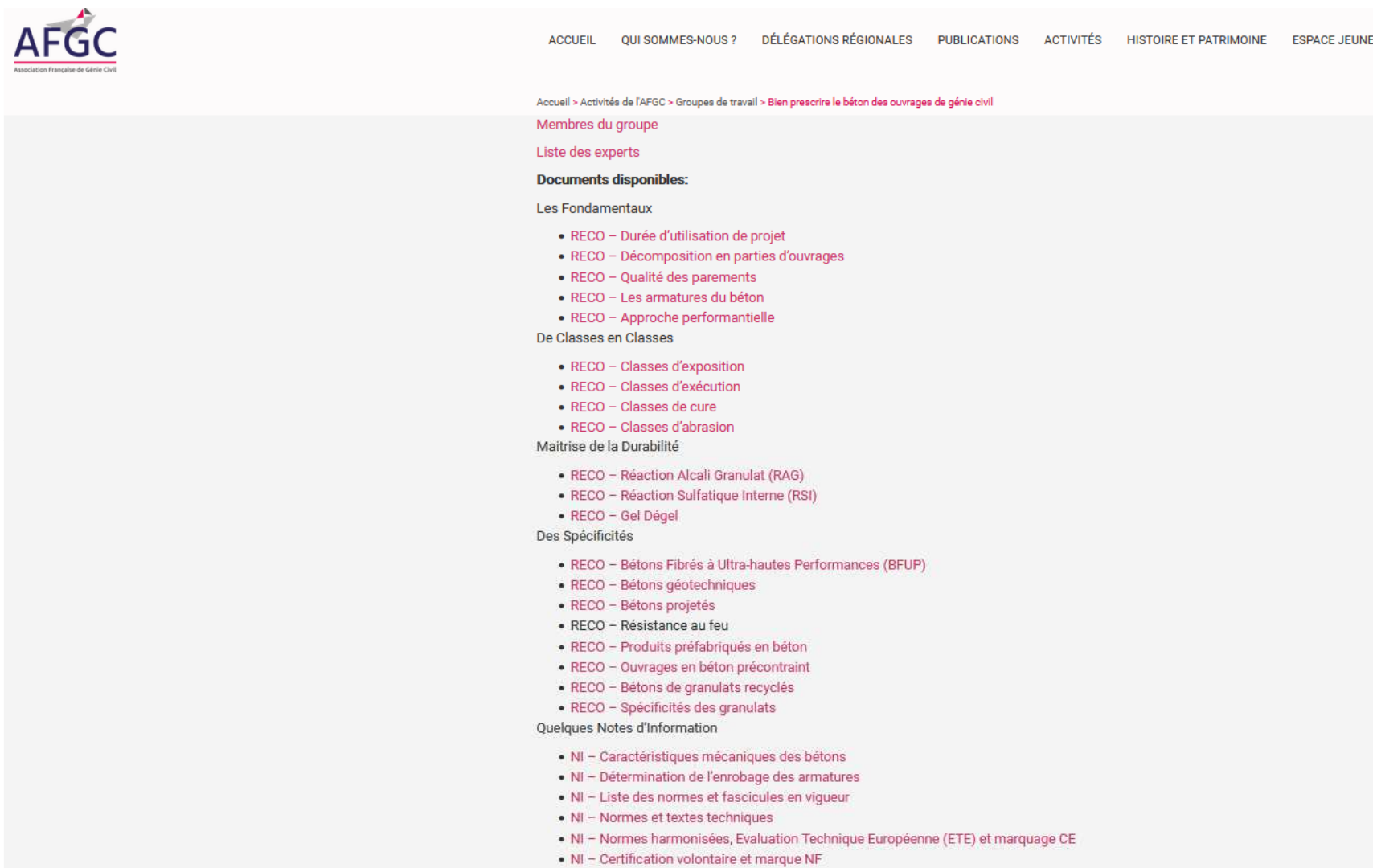
En attendant:

Il est nécessaire, dans les documents particuliers des marchés, de déroger au Fasc 65

➤ Fiches « Bien prescrire les bétons »

Fiches disponibles sur le site de l'AFGC

<https://www.afgc.asso.fr/groupe/bien-prescrire-le-beton-des-ouvrages-de-genie-civil/#home>



AFGC
Association Française de Génie Civil

ACCUEIL QUI SOMMES-NOUS ? DÉLÉGATIONS RÉGIONALES PUBLICATIONS ACTIVITÉS HISTOIRE ET PATRIMOINE ESPACE JEUNES

Accueil > Activités de l'AFGC > Groupes de travail > **Bien prescrire le béton des ouvrages de génie civil**

Membres du groupe

Liste des experts

Documents disponibles:

Les Fondamentaux

- RECO – Durée d'utilisation de projet
- RECO – Décomposition en parties d'ouvrages
- RECO – Qualité des parements
- RECO – Les armatures du béton
- RECO – Approche performantielle

De Classes en Classes

- RECO – Classes d'exposition
- RECO – Classes d'exécution
- RECO – Classes de cure
- RECO – Classes d'abrasion

Maîtrise de la Durabilité

- RECO – Réaction Alkali Granulat (RAG)
- RECO – Réaction Sulfatique Interne (RSI)
- RECO – Gel Dégel

Des Spécificités

- RECO – Bétons Fibrés à Ultra-hautes Performances (BFUP)
- RECO – Bétons géotechniques
- RECO – Bétons projetés
- RECO – Résistance au feu
- RECO – Produits préfabriqués en béton
- RECO – Ouvrages en béton précontraint
- RECO – Bétons de granulats recyclés
- RECO – Spécificités des granulats

Quelques Notes d'Information

- NI – Caractéristiques mécaniques des bétons
- NI – Détermination de l'enrobage des armatures
- NI – Liste des normes et fascicules en vigueur
- NI – Normes et textes techniques
- NI – Normes harmonisées, Evaluation Technique Européenne (ETE) et marquage CE
- NI – Certification volontaire et marque NF

Merci