



Journée technique

CONSTRUIRE DES OUVRAGES EN BETON AVEC LE NOUVEAU FASCICULE 65 DU CCTG

Laval - 26 septembre 2017

L'approche Prescriptive

Benoit THAUVIN
Cerema Ouest
Saint-Brieuc



Les enjeux

Corrosion des armatures :
Carbonatation,
Chlorures



Effets du gel :
Ecaillage, Gel interne

Réactions de gonflement interne :
RAS, RSI



Attaques chimiques

Les données d'entrée de la durabilité

Les classes d'exposition :

- XC1 à XC4 : Carbonatation
- XD1 à XD3, XS1 à XS3 : Chlorures
- XF1 à XF4 : Gel
- XA1 à XA3 : Attaques chimiques
- XH1 à XH3 : RSI (guide LCPC 2007)
- XAR1 à XAR3 : RAS (FD P18-464)
- XM1 à XM3 : Abrasion (Eurocodes)



La Durée d'Utilisation de Projet DUP (Eurocode 0) :

« Durée pendant laquelle une structure ou une de ses parties est censée pouvoir être utilisée comme prévu en faisant l'objet de la maintenance escomptée, mais sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des réparations majeures. »

Approche prescriptive : Rappels

Approche traditionnelle basée sur la spécification d'exigences de moyens:

- Justification de la durabilité par respect des limites de composition des bétons
- Nature et dosage minimal en liant
- Rapport Eeff/Leq maximal
- Classe de résistance minimal

Points forts de l'approche prescriptive :

- Compatibilité entre les exigences fixées et le processus de fabrication des bétons : pesées des constituants notamment
- Retours d'expériences sur les limites de composition



NF EN 2016/CN
Fascicule 65 du CCTG

Approche prescriptive : Rappels

- Exigences de composition liées aux classes d'exposition, basées sur une DUP
 - 50 ans dans la norme NF EN 206/CN (annexe NA.F)

		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Rapport E_{eff} /liant éq maximal ^{o)}		–	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,60	0,55	0,50
Classe de résistance minimale		–	C20/25	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C25/30	C30/37	C35/45
Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{o)} d)		150	260	260	280	280	330	330	350	280	330	350
Teneur minimale en air (%)		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Essai(s) de performances ^{m)}		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal A/(A+C) ⁱ⁾											
	Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Fumées de silice	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Métakaolin type A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Laitier moulu	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Combinaison CEM III/A + addition	Rapport maximal A/(A+C) ⁱ⁾											
	Addition calcaire catégorie A	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,05	0,05	0,05	0,30	0,05	0,05
	Addition calcaire catégorie B	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05
	Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,25	0,15	0,15
	Cendres volantes	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	Fumées de silice ^{g)}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Métakaolin type A ^{g)}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Laitier moulu	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
Addition calcaire catégorie A	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	
Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nature du ciment		–	–	–	–	–	–	PM ^{h)}	PM ^{h)}	–	–	^{l)}

Tableau NA.F.1

Approche prescriptive : Rappels

- Exigences de composition liées aux classes d'exposition, basées sur une DUP
 - 100 ans dans le fascicule 65 du CCTG (tableau 8.B)

		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	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ⁿ⁾		
Rapport $E_{s,liant}$ / 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	0,50 ^{l)}	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
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	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45 ^{q)}	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{a) c) d)}		280	280	300	330	330	330	350	330	330	350	330	350 ^{l)}	385 ^{o)}	385 ^{o)}	330	350	360
Absorption d'eau maxi pour les produits préfabriqués en usine (%)		6,5 ^{m)}	6,5 ^{m)}	6 ^{m)}	6 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	6 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	6 ^{m)}	5 ^{m)}			5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	4,5 ^{m)}
Teneur minimale en air (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- ^{r)}	4 ^{e)}	4 ^{e)}	-	-	-
Essai(s) de performances ^{k)}													XP P 18-420	NF P 18-424 (ou NF P 18-425)	XP P 18-420			
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal A/(A+C)																	
	Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30 ^{l)}	0,00 ^{l)}	0,00 ^{l)}	0,30	0,30	0,30
	Fumées de silice	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Métakaolin type A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Laitier moulu classe A ^{s)}	0,50	0,50	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,15	0,50	0,50	0,50
	Laitier moulu classe B ou C	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	0,30
	Addition calcaire catégorie A	0,30	0,30	0,30	0,30	0,05	0,05	0,05	0,30	0,05	0,05	0,30	0,05	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
Addition calcaire catégorie B	0,25	0,25	0,25	0,25	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,25	0,05	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	
Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,25	0,15	0,15	0,25	0,15	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	

Tableau 8.B

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Nouveau fascicule, des évolutions importantes :

- Fascicule 65 : texte d'application de la norme NF EN13670/CN (février 2013)
 - Reprise du sommaire de la norme : chapitre 8 « bétons et opérations de bétonnage »
 - Terminologies nouvelles ...
- Prise en compte des évolutions normatives :
 - NF EN 206-1 (avril 2004) => NF EN 206-1/CN (décembre 2012) => NF EN 206/CN (décembre 2014)
- Introduction des approches performantielles

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Définitions issues de la norme NF EN 2016/CN :

- Béton d'ingénierie :
 - Destiné à un ouvrage donné ou à un ensemble d'ouvrages d'un projet
 - Formulation résulte d'une étude préliminaire réalisée sous la **responsabilité du prescripteur** avant le début de l'opération de construction et acceptée par le producteur et l'utilisateur du béton
 - BIPS : béton d'ingénierie à propriétés spécifiées
 - BICP : béton d'ingénierie à composition prescrite
 - Fabrication soumise à un contrôle de conformité spécifique défini dans le plan qualité et accepté par toutes les parties concernées
 - Béton coulé en place : le prescripteur peut être l'entreprise
 - Produits préfabriqués en usine : le prescripteur peut être le préfabriquant

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Définitions issues de la norme NF EN 2016/CN :

- Prescripteur :
 - Personne physique ou morale qui établit la spécification du béton frais et durci
 - Un ou plusieurs des intervenants suivants : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entrepreneur ou pré-fabriquant ; selon les modalités du marché

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Définition et spécifications particulières des bétons :

- Fixées par le prescripteurs
 - Conformément aux exigences de la norme de référence (NF EN 206/CN)
 - Intègrent notamment les exigences du projet (ELS, ELU)
 - « *Les choix et données pour la prévention de certains risques qui relèvent du maître d'ouvrage doivent être définis dans le **marché**. En particulier, pour la prévention de la **RSI**, le maître d'ouvrage définit la **catégorie de l'ouvrage** et les **classes d'exposition XH de ses différentes parties** ». Idem XAR pour l'alcali-réaction et XM pour l'abrasion*
- Nota : documents de référence pour le MOA :
 - Guide Sétra 2010 : « Application des eurocodes par le MOA »
 - Note d'information OA n° 31 de 2010 du Sétra : « Application des eurocodes – Recommandations à la maîtrise d'ouvrage »
- Spécifications des bétons validées par le MOE avant transmission au producteur

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Type de béton :

- Béton, béton armé, béton précontraint (pré ou post-tension)
- BFUP (avec ou sans armatures actives ou de béton armé) : renvoi vers le guide AFGC 2013 « Bétons fibrés à ultra-hautes performances – Recommandations » (désormais : + Normes (matériau, calcul))
- « *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. 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 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* ».

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Type de béton :

- Mortiers (pose, calage, scellement), bétons de propreté et de remplissage :
 - Pas de spécifications particulières dans le chap. 8
 - Compositions à présenter dans le plan qualité
 - Prise en compte des conditions d'exposition
 - Calage et scellement : conformité aux normes NFP18-821, NFP18-822 et NF EN 1504-6 et marque NF « Produits spéciaux pour construction en béton hydraulique »
 - Scellement : marque CE selon la norme NF 1504-6

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition :

- En complément des indications de la norme NF EN206-1 (§ 4.1), se référer aux guides préparés par l'Ecole Française du Béton

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition XF :

§ 8.1.1.2.2.
Tab. 8A

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Zone Grand Ouest

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition XF :

§ 8.1.1.2.2.
Tab. 8A

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

(1) Éléments très exposés au risque d'écaillage :

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

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition XF :

§ 8.1.1.2.2.
Tab. 8A

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2 ⁽²⁾	XF2 ⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

(2) Conformément à la norme NF EN 206/CN, les bétons des parties d'ouvrage soumises à la classe d'exposition **XF2** peuvent être formulés de 2 façons :

- avec une teneur en air occlus $\geq 4\%$;
- avec une teneur en air occlus $< 4\%$ et les spécifications correspondant à la classe d'exposition **XD3** (favorable à la protection des armatures).

Dans le cas des **ouvrages d'art**, on appliquera les spécifications correspondant à la classe **XD3*** et on ne spécifiera une **teneur en air $\geq 4\%$ associée à une exigence de teneur en liant équivalent $\geq 370 \text{ kg/m}^3$ ($D_{\text{max}} 20 \text{ mm}$) que pour les éléments très exposés aux risques d'écaillage.**

* Tableau 8B

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition XF :

§ 8.1.1.2.2.
Tab. 8A

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Intérêt (XF2 => XD3) :

- Limiter le recours à des bétons à air entraîné aux cas les + défavorables
- Privilégier la prévention contre les risques de corrosion des armatures due aux chlorures (spécifications XD3) en zone de gel faible/modéré avec salage fréquent/très fréquent

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Classes d'exposition XF :

§ 8.1.1.2.2.
Tab. 8A

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Calcul des enrobages :

- Éléments très exposés aux risques d'écaillage : XD3
- Éléments peu exposés en gel modéré soumis à un salage très fréquents : XD2

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Spécifications de composition liées aux classes d'exposition

§ 8.1.1.2.2. Tab. 8B

		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	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{a)}		
Rapport $E_{ad}/liant$ éq maximal ^{d)}		0,60	0,60	0,55	0,50 ^{f)}	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,50 ^{f)}	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
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	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45 ^{q)}	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant éq (kg/m ³) ^{b) c) d)}		280	280	300	330	330	330	350	330	330	350	330	350 ^{r)}	385 ^{o)}	385 ^{o)}	330	350	360
Absorption d'eau maxi pour les produits préfabriqués en usine (%)		6,5 ^{m)}	6,5 ^{m)}	6 ^{m)}	6 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	6 ^{m)}	5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	6 ^{m)}	5 ^{m)}			5,5 ^{m)}	5 ^{m)}	4,5 ^{m)}
Teneur minimale en air (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- ⁿ⁾	4 ^{e)}	4 ^{e)}	-	-	-
Essai(s) de performances ^{k)}													XP P 18-420	NF P 18-424 (ou NF P 18-425)	NF P 18-424 (ou NF P 18-425)			
Combinaison CEM I + addition	Rapport maximal A/(A+C)																	
	Cendres volantes	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30 ^{f)}	0,00 ^{f)}	0,00 ^{f)}	0,30	0,30	0,30
	Fumées de silice	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Métakaolin type A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Laitier moulu classe A ^{s)}	0,50	0,50	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,15	0,50	0,50	0,50
	Laitier moulu classe B ou C	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	0,30
	Addition calcaire catégorie A	0,30	0,30	0,30	0,30	0,05	0,05	0,05	0,30	0,05	0,05	0,30	0,05	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
	Addition calcaire catégorie B	0,25	0,25	0,25	0,25	0,05	0,05	0,05	0,25	0,05	0,05	0,25	0,05	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00
Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,15	0,25	0,15	0,15	0,25	0,15	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Spécifications de composition liées aux classes d'exposition

§ 8.1.1.2.2. Tab. 8B

		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	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3 ^{a)}	XF4 ^{a)}	XA1	XA2	XA3 ^{a)}	
Combinaison CEM III/A + addition	Rapport maximal A/(A+C)	Cendres volantes	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20 ^{d)}	0,00 ^{d)}	0,00	0,20	0,20	0,20
		Fumées de silice ^{a)}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Métakaolin type A ^{a)}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
		Laitier moulu classe A ^{s)}	0,35	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,30	0,35	0,35	0,30	0,35	0,35	0,00	0,35	0,35	0,35
		Laitier moulu classe B ou C	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,20	0,20
		Addition calcaire catégorie A	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Addition siliceuse de minéralogie QZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nature du ciment	-	-	-	-	-	PM ^{h)}	PM ^{h)}	-	-	0	-	- ⁰	-	0	0	0	0		

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Données de bases et exigences complémentaires :

- Données de bases définies dans la norme NF EN 206/CN
- Le prescripteur spécifie en outre les exigences complémentaires résultant de la prise en compte des points suivants :
 - les spécifications du marché,
 - les méthodes d'exécution,
 - la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction,
 - la prévention des désordres dus aux réactions sulfatiques internes,
 - la durabilité des bétons durcis soumis au gel, ou au gel et aux fondants,
 - la limitation de la fissuration du béton,
 - la limitation des retraits thermique, endogène, de dessiccation,
 - la maîtrise des déformations instantanées et différées et de leurs effets structurels,
 - la qualité des parements,
 - la tenue au feu des ouvrages...

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Données de bases et exigences complémentaires :

- Le **prescripteur** justifie dans une **note** que les spécifications retenues prennent en compte les exigences énoncées ci-avant, et permettent la bonne mise en œuvre du béton, compte tenu des méthodes prévues. La validation de cette note constitue un **point d'arrêt**.
- De plus, le **prescripteur** impose au producteur de béton :
 - une valeur cible de la consistance,
 - une durée pratique d'utilisation du béton,
 - la fourniture d'un bon de livraison détaillé et du bon de pesée. Ces bons doivent définir précisément la nature et la quantité de tous les constituants du béton livré. Une copie de ces bons est remise au maître d'œuvre,
 - dans le cas de bétons autoplacants (BAP), le respect des spécifications à l'état frais données dans le guide AFGC de 2008 « Recommandations pour l'emploi des bétons autoplacants » en fonction de la catégorie retenue.

Approche prescriptive :

Définitions et spécifications des bétons et mortiers

Dimension des plus gros granulats :

- Le prescripteur fixe les bornes D_{sup} et D_{inf} entre lesquelles doit se trouver la dimension nominale supérieure D_{max} des plus gros granulats.

Teneur en chlorures :

- Cf classes de chlorures NF EN 206/CN à l'exception des bétons précontraints par pré-tension : Classe Cl 0,15
- Fourniture par le titulaire d'un bilan analytique de la teneur en chlorures de la formule nominale, distinguant l'apport de tous les constituants

BHP (Bétons Hautes Performances) : caractérisés par

- Classe de résistance $\geq C60/75$ pour les bétons sans entraineur d'air
- Classe de résistance $\geq C50/60$ pour les bétons avec entraineur d'air
- $E_{eff}/L_{eq} < 0,40$

BAP (Bétons Auto-Plaçants) :

- Conformes à la norme NF EN 206/CN
- Respect des limites de compositions du tableau 8B

Merci

Spécifications

- Nature du ciment

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2 ⁽²⁾	XF2 ⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Pour les **classes XF2 et XF4** (utilisation de sels de déverglaçage) :

- Utilisation de ciments conformes à la norme NF P15-317 (PM)
- Ou utilisation de ciments résistants aux sulfates :
 - Ciments conformes à la norme NF 15-319 (ES)
 - Ciments résistants aux sulfates (SR) (NF EN 197-1) et répondant aux exigences complémentaires de la marque NF Liants hydrauliques

- Nature des granulats

Pour les **classes XF3 et XF4** :

- Utilisation de granulats non gélifs (NF P18-545)

Spécifications

- Teneur en air occlus

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Résistance au gel avec ou sans sel de déverglaçage

(XF2, XF3, XF4) :

Possibilité de déroger à la teneur mini en air occlus sous réserve de respecter les seuils associés aux essais de performances :

- NF P18-424 et 425 : Essais de gel
- XP P18-420 : Essai d'écaillage

Spécifications

- Teneur mini en liant équivalent

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2 ⁽²⁾	XF2 ⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Pour les classes XF3 et XF4 : $L_{eq} \geq 385 \text{ kg/m}^3$ (fascicule 65 du CCTG)

Possibilité de réduire le dosage mini en liant équivalent :

- XF3 : $L_{eq} \geq 350 \text{ kg/m}^3$
- XF4 : $L_{eq} \geq 370 \text{ kg/m}^3$

Sous réserve de respecter les seuils associés aux essais de performance (essais de gel interne, essai d'écaillage)

Pour la classe XF2 : $L_{eq} \geq 350 \text{ kg/m}^3$ (fascicule 65 du CCTG)

Pour les éléments très exposés au risque d'écaillage :

- $L_{eq} \geq 370 \text{ kg/m}^3$
- Teneur en air occlus $\geq 4\%$

Spécifications

- Autres

	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 (G+S)
Gel faible ou modéré pour les autres éléments	XF1	XF2⁽²⁾	XF2⁽²⁾
Gel sévère	XF3 (G)	XF4 (G+S)	XF4 (G+S)

Pour les classes XF3 et XF4 :

Les spécifications complémentaires relatives aux bétons G ou G+S sont à respecter si elles sont exigées au marché.

Voir Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel

Spécifications d'essais à réaliser et de seuils à vérifier en :

- Épreuve d'étude
- Épreuve de convenance
- Épreuves de contrôles

