



Choix des classes d'exposition pour travaux maritimes

Janvier 2017

Les textes normatifs relatifs au béton prennent en compte la durabilité en s'appuyant sur la notion de classe d'exposition. Ils imposent au prescripteur de définir les actions dues à l'environnement auxquelles le béton de chaque partie d'ouvrage va être exposé pendant la durée d'utilisation de la structure.

La **norme NF EN 206/CN**, en conformité avec l'Eurocode 2 (norme NF EN 1992-1-1), définit 18 classes d'exposition regroupées par risque de **corrosion des armatures** (XC, XD, XS) et d'attaques du **béton** (XF, XA) dépendant des actions et conditions environnementales auxquelles le béton est soumis.

Les classes d'exposition de chaque partie d'ouvrage sont une donnée de base du projet.

La norme NF EN 206/CN fixe, pour chaque classe d'exposition, les valeurs limites spécifiées applicables pour la composition et les propriétés du béton :

- Rapport maximal eau efficace/ liant équivalent ;
- Dosage minimal en liant équivalent ;
- Classe de résistance minimale à la compression du béton ;
- Teneur minimale en air dans le béton (le cas échéant) ;
- Type et classe de constituants permis.

Chaque béton d'une partie d'ouvrage peut être soumis simultanément à plusieurs classes d'exposition.

Le béton doit respecter toutes les valeurs limites applicables pour la composition et les propriétés du béton pour chaque classe d'exposition et donc la sélection des plus sévères exigences et spécifications.

Nota : les classes d'exposition relatives à la corrosion des armatures (XC1 à XC4, XD1 à XD3, XS1 à XS3) permettent aussi de **dimensionner** la valeur de l'enrobage des armatures.

Ouvrages côtiers et autres ouvrages à la mer

	Partie d'ouvrage	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel	Autres chimie
Bassin portuaire	Epave	XC4	XS3	--	XF1**	--
	Rebordement de quais (partie aérienne ou immergée, préfabriquée)	XC4	XS3	--	XF1**	--
	Marchés, quais, pontons de bûches, couronnement (aériels et immergés)	XC4	XS3	--	XF1**	--
Pierres	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	--	XF1**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	--	--
Pierres	Partie complètement immergée	XC2	XS1	--	--	--
	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	--	XF1**	--
Pierres	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	--	--
	Partie complètement immergée	XC2	XS1	--	--	--
Pierres et autres	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	--	XF1**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	--	--

OUVRAGES CÔTIERS ET AUTRES OUVRAGES À LA MER

- (1) - Les parties « immergées en permanence » des ouvrages sont celles dont on peut s'assurer qu'elles sont situées, pour toute la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage, en dessous du niveau de la basse mer, de vive eau, sauf dans le cas des bassins à flot où cette limite est déterminée par le mode d'exploitation du plan d'eau.
- (2) - Y compris éventuellement les parties d'ouvrage (ou corps morts d'amarrage) posées au fond.
- (3) - Dans le cas de salage de l'ouvrage, ou d'utilisation de produits chlorés pour son exploitation, classe à choisir le cas échéant entre XD1, XD2 ou XD3.
- (4) - Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marée et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours par an). Pour le cas particulier de Saint-Pierre-et-Miquelon et des terres Australes et Antarctiques françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrage en zone de marée ou d'embruns.
- (5) - Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage.
- (6) - Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée, des eaux souterraines, et des marchandises, liquides ou produits pouvant être en contact avec l'ouvrage, en fonction de son utilisation prévue et du risque de pollution accidentelle.
- (7) - Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins (cf. norme NF EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13)).
- (8) - Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité de la houle, des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la fréquence des tempêtes, des frottements d'amarres, des jets d'hélices, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux abrasifs pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une é
- épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2 (13) de la norme NF EN 1992-1-1.
- (9) - Ouvrage particulièrement exposé à l'abrasion induite par les matériaux et sédiments environnants.

Chaque béton d'une partie d'ouvrage peut être soumis simultanément à plusieurs classes d'exposition.

Le béton doit respecter toutes les valeurs limites applicables pour la composition et les propriétés du béton pour chaque classe d'exposition et donc la sélection des plus sévères exigences et spécifications.

Nota : les classes d'exposition relatives à la **corrosion des armatures** (XC1 à XC4, XD1 à XD3, XS1 à XS3) permettent aussi de **dimensionner** la valeur de l'enrobage des armatures.

Ouvrages portuaires et digues

		Valeurs limites	XC4	XS3	XS3**	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**
Parties communes à différents types d'ouvrages	Déclassement des parties aériennes de tous quais	XC4	XS3	XS3**	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Marchés, pontons	XC4	XS3	XS3**	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Parties aériennes	XC4	XS3	XS3**	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Parties immergées	XC4	XS3	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
Quai sur pilotis	Partie aérienne	XC1	XS2	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	--	--	--	--	--
	Partie complètement immergée	XC2	XS1	--	--	--	--	--	--
	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
Duc d'habiter	Partie aérienne	XC4	XS3	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
Quai à terre	Partie aérienne	XC4	XS3	XS3**	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
Quai à terre	Partie aérienne	XC4	XS3	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--
	Partie immergée, en permanence	XC1	XS2	--	XF1**	XF2**	XF3**	XF4**	--

OUVRAGES PORTUAIRES ET DIGUES

- (1) - Les parties « immergées en permanence » des ouvrages sont celles dont on peut s'assurer qu'elles sont situées, pour toute la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage, en dessous du niveau de la basse mer, de vive eau, sauf dans le cas des bassins à flot où cette limite est déterminée par le mode d'exploitation du plan d'eau.
- (2) - Béton non armé et sans pièces métalliques noyées. Pas de corrosion mais attaque chimique par l'eau de mer.

- (3) - Dans le cas de salage fréquent ou très fréquent de l'ouvrage, ou d'utilisation de produits chlorés pour son exploitation.
- (4) - Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marnage et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours par an). Pour le cas particulier de Saint-Pierre-et-Miquelon et des terres Australes et Antarctiques françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrage en zone de marnage ou d'embruns.
- (5) - Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage.
- (6) - Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée, des eaux souterraines, et des marchandises, liquides ou produits pouvant être en contact avec l'ouvrage, en fonction de son utilisation prévue et du risque de pollution accidentelle.
- (7) - Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins (cf. norme NF EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13)). (8) - Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité de la houle, des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la fréquence des tempêtes, des frottements d'amarres, des jets d'hélices, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux abrasifs pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2 (13) de la norme NF EN 1992-1-1.
- (9) - Pour ce béton non armé susceptible de relever de la classe X0, les spécifications (autres que la résistance minimale liée aux efforts à reprendre) sont données par le FD P 18-011.
- (10) - Béton non armé et sous pièces métalliques noyées. Pas de corrosion mais attaque chimique par l'eau de mer.
- (11) - En France, pour éviter l'attaque chimique du matériau béton dans le cas particulier de l'exposition à l'eau de mer, il est admis par le fascicule FD P 18-011, appelé par la norme NF EN 206 /CN, d'appliquer les prescriptions de composition de la classe XS1 (parties exposées à l'air véhiculant du sel marin et, par interprétation de la norme, à l'infiltration des chlorures marins pour les parties enterrées), XS2 (béton immergé en permanence) ou XS3 (béton en zone de marnage et d'exposition aux embruns) des tableaux NAF de la norme NF EN 206/CN, que l'élément de béton soit armé ou non, et non les prescriptions de composition de la classe XA3 qui résulteraient de l'application du tableau 2 de la norme NF EN 206/CN. Pour le cas d'ouvrages au contact d'eau de mer polluée ou mélangée à d'autres eaux de surface, par exemple, une analyse est à effectuer au cas par cas vis-à-vis des attaques chimiques possibles.

Exposition	Partie d'ouvrage	Contraintes par carbonatation	Contraintes par les chlorures libres	Contraintes induites par les chlorures liés (sel marin)	Attaque gel/dégel	Attaque chimique	Risque d'abrasion
parties noyées	Parties noyées à l'intérieur de l'ouvrage	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
	Parties noyées à l'extérieur de l'ouvrage en permanence**	XC1	XS2	---	---	---	---
	Parties noyées pendant les opérations d'entretien	XC2	XS1	---	---	---	---
	Parties noyées pendant l'entretien	XC2	XS2	---	---	---	---
à l'air	Parties	XC2	XS2	---	---	---	---
	Marquages	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
en zone de marnage	Parties non noyées	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
	Béton immergé pendant les opérations d'entretien en permanence**	---	XS2**	---	---	---	---
à l'air	Béton immergé pendant les opérations d'entretien en permanence**	---	XS3**	---	XF1*	---	---
	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	---	---	---	---	---	---
	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	XC1	XS2	---	---	---	---
	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
à l'air	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	XC4	XS3	---	XF1*	---	---
	Parties non noyées pendant les opérations d'entretien en permanence**	XC4	XS3	---	XF1*	---	---

Suite du tableau : OUVRAGES PORTUAIRES ET DIGUES

- (1) - Les parties « immergées en permanence » des ouvrages sont celles dont on peut s'assurer qu'elles sont situées, pour toute la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage, en dessous du niveau de la basse mer, de vive eau, sauf dans le cas des bassins à flot où cette limite est déterminée par le mode d'exploitation du plan d'eau.
- (4) - Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marnage et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours par an). Pour le cas particulier de Saint-Pierre-et-Miquelon et des terres Australes et Antarctiques françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrage en zone de marnage ou d'embruns.
- (5) - Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage.
- (7) - Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins (cf. norme NF EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13)).
- (8) - Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité de la houle, des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la fréquence des tempêtes, des frottements d'amarres, des jets d'hélices, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux abrasifs pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2
- (13) de la norme NF EN 1992-1-1.
- (10) - Béton non armé et sans pièces métalliques noyées. Pas de corrosion mais attaque chimique par l'eau de mer.
- (11) - En France, pour éviter l'attaque chimique du matériau béton dans le cas particulier de l'exposition à l'eau de mer, il est admis par le fascicule FD P 18-011, appelé par la norme NF EN 206 /CN, d'appliquer les prescriptions de composition de la classe XS1 (parties exposées à l'air véhiculant du sel marin et, par interprétation de la norme, à l'infiltration des chlorures marins pour les parties enterrées), XS2 (béton immergé en permanence) ou XS3 (béton en zone de marnage et d'exposition aux embruns) des tableaux NAF de la norme NF EN 206/CN, que l'élément de béton soit armé ou non, et non les prescriptions de composition de la classe XA3 qui résulteraient de l'application du tableau 2 de la norme NF EN 206/CN. Pour le cas d'ouvrages au contact d'eau de mer polluée ou mélangée à d'autres eaux de surface, par exemple, une analyse est à effectuer au cas par cas vis-à-vis des attaques chimiques possibles.

Description des classes d'abrasion

Classes d'abrasion

Le risque d'abrasion est pris en compte par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3. La prévention de l'abrasion conduit à augmenter l'enrobage minimal Cmin d'une valeur kl.

<p>...ée, telle celle des éléments de site industriel so quipés de pneumatiques.</p>
<p>...ante, telle celle des éléments de site industriel mateurs équipés de pneumatiques ou de bandag</p>
<p>...ne, telle celle des éléments de site industriel so mateurs équipés de pneumatiques ou de bandag ou d'engins.</p>

Description des classes d'abrasion

Découvrez l'ensemble de la revue



Cet article est extrait de **Les ouvrages en béton en site maritime**

Auteur

Patrick Guiraud



Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
 Accédez à toutes nos archives
 Abonnez-vous et gérez vos préférences
 Soumettez votre projet