

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, enroulement	Attaques gel/dégel	Attaque chimique
basse mer	Eau	XC4	XS3	—	XF1**
	Redondement de table, type de béton ou de béton préfabriqué	XC4	XS3	—	XF1**
	Mur, chapeau, dougrie de filé, couronnement	XC4	XS3	—	XF1**
	Escalier en rampe et caisson	XC4	XS3	—	XF1**
à l'eau	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**
	Partie immergée en permanence**	XC1	XS2	—	—
	Partie complètement immergée	XC2	XS1	—	—
à l'air	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**
	Partie immergée, en permanence**	XC1	XS2	—	—
	Partie complètement immergée	XC2	XS1	—	—
à l'eau et à l'air	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**
	Partie immergée en permanence**	XC1	XS2	—	—
	Partie complètement immergée	XC2	XS1	—	—

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 circulants 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
- *paisseur 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

Partie d'ouvrage	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures, enroulement	Attaques gel/dégel	Attaque chimique	
Parties communes à différents types d'ouvrages	Nœuds de poutres	XC4	XS3	XC3**	XF1**	
	Table et couronnement arrivés à leur cours	XC4	XS3	XC3**	XF1**	
	Table de pont	XC4	XS3	XC3**	XF1**	
	Parapets de couronnement	XC4	XS3	XC3**	XF1**	
	Appuis	XC4	XS3	—	—	
	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**	
	Parties immergées en permanence**	XC1	XS2	—	—	
	Parties complètement immergées	XC2	XS1	—	—	
	Quai sur pilotis	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**
		Parties immergées en permanence**	XC1	XS2	—	—
Parties complètement immergées		XC2	XS1	—	—	
Table de pont		XC4	XS3	—	XF1**	
Parties aériennes ou en zone de marée		XC4	XS3	—	XF1**	
Ouvrage d'axe	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**	
	Parties immergées en permanence**	XC1	XS2	—	—	
Quai d'axe	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**	
	Parties immergées en permanence**	XC1	XS2	—	—	
Quai de pont	Parties aériennes ou en zone de marée	XC4	XS3	—	XF1**	
	Parties immergées en permanence**	XC1	XS2	—	—	

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 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 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	Classe de corrosion par immersion	Classe de corrosion par chlorures marins	Classe de corrosion induite par les chlorures marins en cas de mer	Attaque par sulfates	Attaque chimique	Risque d'abrasion
à permanente	Partie mouillée, partie aérienne ou au sec de marage	XC4	XS3		XF1*		
	Partie mouillée, partie enterrée	XC1	XS2				
	Partie mouillée, partie enterrée, partie au sec de marage	XC2	XS1				
au sec	Risque ou humidité, drainage	XC2	XS2				
	Risque	XC2	XS2				
au sec	Marais salés	XC4	XS3		XF1*		
	Risque ou de sel et d'hydrogène	XC4	XS3		XF1*		
au sec	Béton immergé en permanence		XS2*				
	Béton immergé en permanence, partie enterrée		XS3*		XF1*		
	Partie enterrée, partie au sec de marage	XC1	XS2				
	Partie enterrée, partie au sec de marage	XC4	XS3		XF1*		
au sec	Risque d'encrassement, risque d'abrasion	XC4	XS3		XF1*		
	Changement de classe, non armés et sous pièces	XC4	XS3		XF1*		

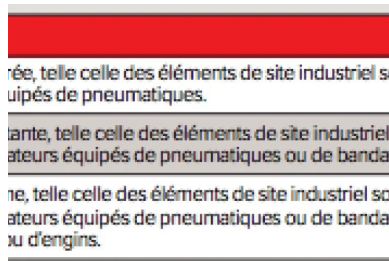
Suite du tableau : OUVRAGES PORTUAIRES ET DIGUES

- (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 marage 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 marage 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 marage 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 Cmind'une valeur ki .



Description des classes d'abrasion

Découvrez l'ensemble de la revue



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



**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