

Solutions

béton

Les facteurs de dégradation du béton P. 2

Les classes d'exposition P. 3

La protection de surface
des bétons par peinture P. 4

La certification ACQPA
des systèmes de peinture P. 5

Mettre en œuvre une protection
du béton par peinture P. 7

Le Fascicule 65 Rabat

L'ICRI P. 8

La Filière Peinture Anticorrosion



La protection des ouvrages de Génie Civil en béton par **peinture**

Malgré ses performances intrinsèques, le béton demeure sensible aux agents extérieurs. Une protection de sa surface par une peinture adéquate permet plus particulièrement de limiter les principaux risques que sont la carbonatation et la pénétration des chlorures, tout en apportant l'esthétisme de la couleur. Une maîtrise du choix du système de peinture et de son application est requise pour atteindre pleinement ces objectifs de performance. Le Fascicule 65, relatif aux ouvrages de Génie Civil en béton dans les marchés publics, a intégré dans sa version de 2018 un chapitre dédié à la protection par peinture des bétons sur la base d'une approche performantielle.

Textes : Christophe Le Cloarec, François Legay, Elizara Petrova, Alain Pinon, Philippe Zarka pour la Filière Peinture Anticorrosion et Patrick Guiraud pour CIMbéton.

Les facteurs de dégradation du béton

L'utilisation du béton s'est largement développée depuis le début du xx^e siècle dans les ouvrages de Génie Civil, tels que les ponts, les tunnels, les structures de soutènement..., aussi bien sur sites terrestres que maritimes.

Considéré au début de son utilisation comme un matériau inerte et insensible aux agressions, le béton s'est révélé potentiellement affecté au fil du temps de phénomènes de dégradation plus ou moins complexes, selon les conditions d'exposition des ouvrages aux environnements et/ou selon la composition intrinsèque du béton et ses conditions de mise en œuvre.

Les facteurs de dégradation du béton peuvent être déclinés en trois principaux types d'altérations :

- les altérations chimiques dont la corrosion des aciers, la dissolution de la matrice cimentaire, l'alcali-réaction, la réaction sulfatique interne, la biodétérioration ;
- les altérations mécaniques dues aux surcharges, aux cycles de fatigue ;

■ les altérations physiques causées par les chocs, l'abrasion, les cycles gel/dégel...

Parmi toutes celles-ci, la corrosion des armatures représente la première cause de dégradation des structures en béton, évaluée à 47 % des typologies relevées selon une enquête menée à l'échelle européenne auprès des gestionnaires de parcs d'ouvrages en béton (source : données Rehabcon – Naar, 2006).

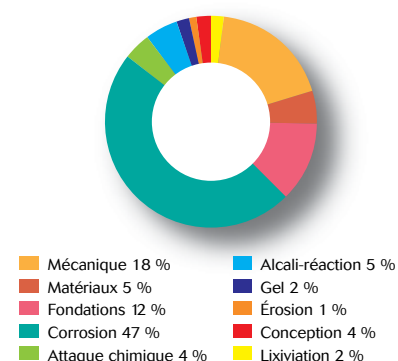
Les principales sources de corrosion des armatures sont liées à deux phénomènes :

- la carbonatation du béton, notamment sous l'effet d'une alternance de phases d'humidité et de séchage ;
- la pénétration des chlorures dans le béton, que ce soit sous l'action de l'air véhiculant des sels marins, ou bien de sels de déverglaçage.

Ces altérations se traduisent par des fissurations et des éclatements du béton. Elles conduisent à terme à une diminution de l'adhérence des armatures et à des pertes de section de celles-ci (réduction de la capacité résistante), ainsi qu'à

un affaiblissement des caractéristiques de ductilité et de tenue à la fatigue. Ces dommages sont potentiellement aggravés par des défauts d'exécution des bétons, tels que les défauts d'épaisseur d'enrobage des armatures et les défauts de la qualité du béton de recouvrement. ■

Causes de dégradation des structures en béton



DOCUMENTS TECHNIQUES ET NORMES ASSOCIÉES

Documents techniques

- Fascicule 65 du CCTG – Chapitre 11 « Peintures » : exécution des ouvrages de Génie Civil en béton.
- Fascicule de documentation FD P 18-503 : surfaces et parements de béton – Éléments d'identification.
- Guide d'application GA P18-902 : produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Recommandations pour la sélection des systèmes de protection de surface des bétons destinés aux ouvrages de Génie Civil.
- Guides techniques LCPC :
 - mise en peinture des bétons de Génie Civil (06/1999) ;
 - protection des bétons par application de produits à la surface du parement (12/2002).
- Guide du STRRES (Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement de structures) : FABEM 4-V2 Protection des bétons (07/2017).
- Note d'information technique CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction, Belgique) : NIT 231 Réparation et protection des ouvrages en béton (bâtiment et Génie Civil) (09/2007).
- Guide ICRI (International Concrete Repair Institute) n° 310.2R-2013 : choisir et spécifier la bonne préparation des surfaces de béton pour l'application d'agents de scellement, d'enduits et de recouvrements polymères.

Normes associées

- NF EN ISO 2811 : peintures et vernis – Détermination de la masse volumique.
- NF EN ISO 4624 : peintures et vernis – Essai de traction.
- NF EN ISO 4628 : peintures et vernis – Évaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect.
- NF EN 206/CN : béton – Spécification, performances, production et conformité.
- NF EN 1504 (parties 1, 2, 9 et 10) : produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité.
- NF P95-103 : ouvrages d'art – Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Traitement des fissures et protection du béton – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.
- NF T 34-554-1 et 2 : peintures et vernis – Système de peinture anticorrosion – Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique.

Les classes d'exposition

Chaque partie d'ouvrage est exposée à divers environnements traduits par des classes d'exposition définies dans l'article 4.1 (classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement) de la norme NF EN 206/CN. Il convient donc, pour chaque portion d'ouvrage, de déterminer l'ensemble des classes d'exposition pour prendre en compte, avec précision, la globalité des risques et attaques auxquels est soumis le béton.

Les classes d'exposition **courantes** (voir tableau 1) concernent les ouvrages en béton soumis aux environnements les plus communs.

Tableau 1

CLASSES D'EXPOSITION COURANTES		CARACTÉRISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT
Aucun risque de corrosion ni d'attaque	X0	Pour le béton non armé ou sans pièces métalliques noyées : toutes les expositions sauf l'abrasion, l'attaque chimique, ou le gel/dégel Pour le béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec
Béton armé ou contenant des pièces métalliques noyées, exposé à l'air et à l'humidité		
Corrosion par carbonatation	XC1	Sec ou humide en permanence
	XC2	Humide, rarement sec
	XC3	Humidité modérée
	XC4	Alternance d'humidité et de séchage
Béton exposé à des cycles gel/dégel, alors qu'il est mouillé		
Attaque par le gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage	XF1	Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage
	XF2	Saturation modérée en eau avec agent de déverglaçage
	XF3	Forte saturation en eau sans agent de déverglaçage
	XF4	Forte saturation en eau avec agent de déverglaçage ou eau de mer

Les classes d'exposition **particulières** (voir tableau 2) concernent les parties d'ouvrages en béton soumises à des environnements agressifs tels que l'eau de mer, les sels de déverglaçage ou les attaques chimiques.

Le choix des différentes classes d'exposition de chaque partie d'ouvrage est de la responsabilité du maître d'ouvrage. Les classes d'exposition doivent être prescrites dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP). ■

Tableau 2

CLASSES D'EXPOSITION PARTICULIÈRES		CARACTÉRISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT
Béton armé ou contenant des pièces métalliques noyées, soumis au contact des chlorures de l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin		
Corrosion par les chlorures de l'eau de mer	XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer
	XS2	Immergé en permanence
	XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns
Béton armé ou contenant des pièces métalliques noyées, soumis au contact d'une eau contenant des chlorures d'origine autre que marine, y compris ceux des sels de déverglaçage		
Corrosion par des chlorures autres que ceux de l'eau de mer	XD1	Humidité modérée
	XD2	Humide, rarement sec
	XD3	Alternance d'humidité et de séchage
Béton soumis à une attaque chimique par les sols et les eaux souterraines naturels		
Attaques chimiques	XA1	Environnement à faible agressivité chimique
	XA2	Environnement à agressivité chimique modérée
	XA3	Environnement à forte agressivité chimique

Nota : la norme NF EN 206/CN donne dans le tableau 1 de l'article 4.1 des exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition. Son Annexe Nationale fournit dans l'encadré NA.4.1 des précisions pour déterminer les classes d'exposition de chaque partie d'ouvrage. Pour le choix des classes d'exposition, il est conseillé de se référer aux guides de l'École Française du Béton (EFB).

Guides pour le choix des classes d'exposition :

- des ouvrages d'art en béton ■ des ouvrages maritimes et fluviaux ■ des ouvrages divers de Génie Civil ■ des tunnels routiers creusés
- des tranchées couvertes et des galeries.

La protection de surface des bétons par peinture

UN OBJECTIF ESSENTIEL : PROLONGER LA DURÉE D'UTILISATION

Parmi les types de procédés destinés à la protection de surface des bétons, l'application d'un système de peinture est une solution offrant un réel gain de performance et d'efficacité vis-à-vis de deux objectifs majeurs :

- limiter ou bloquer la pénétration des agents agressifs sous forme liquide ou gazeuse tels que l'eau, le gaz carbonique, les chlorures ;
- diminuer le taux d'humidité interne du béton et ainsi augmenter sa résistivité électrique.

Pour les ouvrages neufs, cette action préventive permet d'augmenter leur durée d'utilisation, en préservant ainsi leur capacité de service.

Pour les ouvrages anciens, cette démarche permet un prolongement de la durée d'utilisation après une opération de maintenance curative, tout en apportant une unité d'aspect par un apport de couleur, améliorant ainsi l'esthétique d'un parement d'apparence hétérogène suite aux réparations localisées (effet *patchwork*).

La peinture, généralement appliquée en plusieurs couches successives, permet d'obtenir un film de protection continu à la surface du béton, d'une épaisseur sèche supérieure à 100 µm. L'efficacité du revêtement de peinture est directement fonction de plusieurs critères dont les principaux sont :

- la nature et la composition chimique de la peinture ;
- l'architecture du système de peinture constitué de différentes couches fonctionnelles (primaire, intermédiaire, finition) et de leurs épaisseurs sèches nominales associées ;
- la régularité de l'épaisseur déposée, ceci pour chaque couche ;
- l'absence de porosité dans le film de peinture.

UNE EFFICACITÉ TESTÉE ET VALIDÉE

Afin d'illustrer les bénéfices apportés par des revêtements à base de peinture pour résister à la pénétration des agents agressifs, plusieurs caractéristiques spécifiques au matériau béton sont mesurables expérimentalement.

Deux indicateurs de durabilité du béton sont plus particulièrement représentatifs :

- la perméabilité au gaz (la plus faible possible pour accroître la durabilité du béton) ;
- la résistivité électrique (la plus forte possible pour accroître la durabilité du béton).

Tableau 3

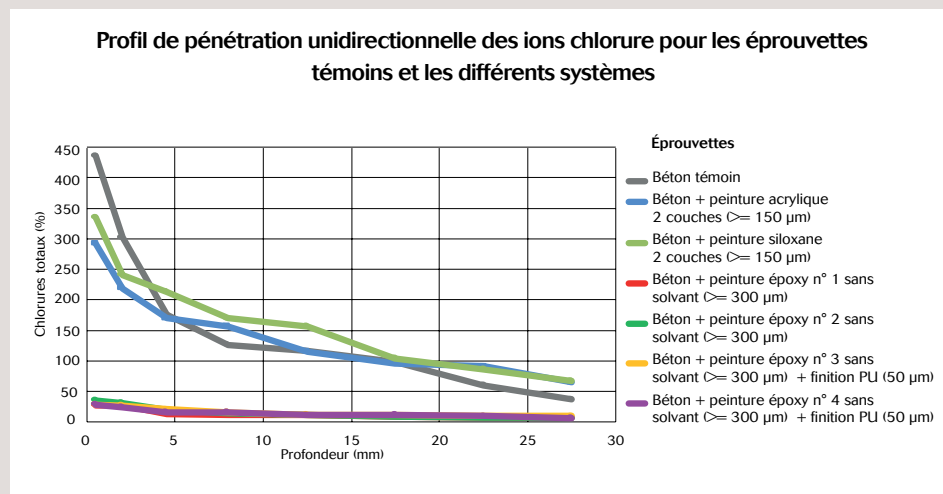
Systèmes de peinture testés indicateurs de durabilité du béton	INDICATEURS DE DURABILITÉ DU BÉTON	
	Perméabilité au gaz (10^{-18} m^2) Norme XP P 18-463	Résistivité électrique ($\Omega \cdot \text{m}$) Méthode interne
Béton de référence	130	45
Béton + peinture acrylique ($\geq 150 \mu\text{m}$ en 2 couches)	64	67
Béton + peinture siloxane ($\geq 150 \mu\text{m}$ en 2 couches)	68	69
Béton + époxy n° 1 sans solvant ($\geq 300 \mu\text{m}$)	Non déterminable	2 959
Béton + époxy n° 2 sans solvant ($\geq 300 \mu\text{m}$)	Non déterminable	14 234
Béton + époxy n° 3 sans solvant ($\geq 300 \mu\text{m}$) + finition PU (50 µm)	29	44 327
Béton + époxy n° 4 hydro ($\geq 300 \mu\text{m}$) + finition PU (50 µm)	Non déterminable	1 838

Ces indicateurs ont fait l'objet d'une étude comparative, effectuée par le laboratoire de Saint-Brieuc du CEREMA et appartenant au groupe d'ouvrages d'art et maritimes DTer Ouest (rapport Tiffany Desbois/Benoit Thauvin « Protection contre la pénétration des chlorures » 10/2016). Les essais ont été réalisés sur différents supports :

- un béton de référence, brut de décoffrage ;
- ce même béton revêtu de peintures acrylique et siloxane monocomposant en phase aqueuse, et représentatives du marché de la façade dans le secteur du bâtiment ;
- ce même béton, revêtu de peintures époxydique sans solvant ou en phase aqueuse, avec ou sans finition polyuréthane, et utilisées dans le domaine des structures du Génie Civil.

Les valeurs présentées dans le tableau 3 reprennent les résultats d'essais et démontrent une augmentation significative de la durabilité du béton en présence des systèmes époxy/époxy – polyuréthane. En comparaison, les autres peintures n'apportent qu'un faible gain en matière de durabilité du béton.

Concernant la diffusion des chlorures dans le béton, le graphique (*ci-dessous*) démontre l'effet « barrière » maximal obtenu avec des systèmes de peinture de type époxydique, avec ou sans finition polyuréthane (PU), par rapport à un béton de référence brut ou revêtu d'autres peintures types acrylique ou siloxane. ■



La certification ACQPA¹ des systèmes de peinture

L'intérêt d'une protection de surface du béton par peinture a conduit les acteurs de la profession à promouvoir des revêtements organiques spécifiquement dédiés à cet effet, en l'appuyant sur une procédure de certification mise en œuvre par l'ACQPA.

Le référentiel technique ACQPA intègre les dispositions suivantes :

- une nouvelle approche performantielle avec la notion de protection de surface des ouvrages en béton selon les dispositions de la norme NF EN 1504-2, en couvrant les principes 1, 2 et 8 de la norme NF EN 1504-9 :
 - Principe 1 : protection contre toute pénétration,
 - Principe 2 : contrôle de l'humidité,
 - Principe 8 : augmentation de la résistivité électrique ;
- le marquage CE des peintures avec le niveau EVCP² 2+ comme prérequis (niveau le plus élevé parmi les possibilités offertes par la norme NF EN 1504-2) ;
- la prise en compte des besoins spécifiques des ouvrages de Génie Civil avec l'exigence du niveau de performances 2 du guide d'application GA P18-902 « Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en

béton – Recommandations pour la sélection des systèmes de protection de surface des bétons destinés aux ouvrages de Génie Civil », conduisant aux critères présentés dans le tableau 4.

Sont visées par la certification ACQPA toutes les classes d'exposition de la norme NF EN 206/CN, hormis celles correspondant aux environnements chimiquement agressifs de type XA et celles correspondant aux classes XC2/XS2. Trois classes de certification sont définies en fonction des classes d'exposition et des épaisseurs sèches des systèmes de peinture indiquées dans le chapitre 11 du Fascicule 65 « Exécution des Ouvrages de Génie Civil en Béton », selon le tableau 5.

En complément de la fonction de protection de surface des bétons de Génie Civil, la certification ACQPA couvre également les fonctions suivantes :

- l'amélioration de l'entretien des parements en facilitant leur nettoyage par des opérations de lavage et de lessivage à l'eau chaude sous haute pression ; cette aptitude est notamment requise pour les revêtements destinés à la mise en peinture des tunnels routiers ;
- la mise en valeur esthétique des ouvrages avec des exigences de stabilité aux rayonnements

lumineux pour les couches de finition dédiées à cet effet ;

- la sécurité de l'usager par la facilitation du guidage et la perception de la signalisation.

Nota : la certification ACQPA intègre la classe d'exposition X0 (aucun risque de corrosion ni d'attaque) en raison de ces fonctions complémentaires.

Ne sont pas visées par la certification ACQPA les fonctions suivantes :

- le comportement au feu ;
- la protection antigraffiti ;
- la résistance chimique ;
- la résistance mécanique (impact, érosion...) ;
- l'étanchéité ou la résistance à la contrepression d'eau.

Les structures visées sont les surfaces extérieures et intérieures des ouvrages de Génie Civil en béton de type :

- tunnels ;
- tranchées et trémies couvertes, ou partiellement couvertes ;

Tableau 4

Type d'essai	Norme d'essai	Spécifications
Perméabilité au CO ₂ (Sd = résistance à la diffusion de vapeur)	NF EN 1062-6	Sd > 300 m
Perméabilité à la vapeur d'eau	NF EN ISO 7783	Classe déclarée (classe I/II/III)
Absorption capillaire et perméabilité à l'eau	NF EN 1062-3	< 0,01 kg/m ² .h ^{0,5}
Adhérence sur support béton	NF EN 1542	≥ 2,0 N/mm ²
Résistance au vieillissement climatique (cycles UV/humidité)	NF EN 1062-11	Aucune dégradation d'aspect adhérence ≥ 1,5 N/mm ²
Résistance aux cycles gel/dégel avec ou sans sels de déverglaçage	NF EN 13687-1 NF EN 13687-3	Aucune dégradation d'aspect adhérence ≥ 1,5 N/mm ²
Résistance aux cycles de lessivage à l'eau chaude sous haute pression	NFT30-304	Aucune dégradation d'aspect adhérence ≥ 1,5 N/mm ²

Tableau 5

CLASSES DE CERTIFICATION	CLASSES D'EXPOSITION SELON LA NORME NF EN 206/CN	ÉPAISSEURS SÈCHES NOMINALES MINIMALES DES SYSTÈMES DE PEINTURE (µm)
B-300	X0, XC1, XC3, XC4, XD1, XF1	300
B-500	XD2, XF2, XF3, XS1, XD3	500
B-1000	XF4, XS3	1 000



1 – Association pour la Certification et la Qualification en Peinture Anticorrosion.
2 – Évaluation et Vérification de la Constance des Performances.

- ouvrages sous plate-forme (routière, autoroutière ou ferroviaire) ;
- ponts, viaducs et passerelles (hors zones circulées) ;
- murs de soutènement ;
- ouvrages maritimes et fluviaux (parties émergées et zones de marnage uniquement) ;
- parois extérieures d'ouvrages types châteaux d'eau, tours de refroidissement...

Les natures de subjectile sont les surfaces en béton (béton armé ou non, béton précontraint, béton coulé en place ou produit préfabriqué en béton), comportant ou non un enduit de débulage³ selon la qualité de parement recherchée. La typologie des travaux concernés regroupe l'exécution de mise en peinture sur ouvrages neufs et sur ouvrages existants lors des opérations de maintenance ; dans ce dernier cas, la surface du béton est remise à nu par décapage et, le cas échéant, des travaux préalables de réparation effectués selon les dispositions des normes NF EN 1504-9 et NF EN 1504-10.

L'ACQPA, en certifiant des systèmes de peinture, offre ainsi aux maîtres d'ouvrage des solutions fiables contribuant à atteindre les performances spécifiées, dès lors que tous les paramètres

d'application et de préparation de surface sont respectés et que le système retenu présente une bonne adéquation entre d'une part sa classe de certification et d'autre part les conditions d'environnement et de contraintes en service de l'ouvrage.

AVANTAGES DE LA CERTIFICATION ACQPA

- Référentiel reconnu par les pouvoirs publics et de nombreux donneurs d'ordres (SNCF, EDF...);
- conformité des systèmes de peinture aux prescriptions du Fascicule 65 du CCTG concernant la mise en peinture des ouvrages dans les marchés publics ;
- prescriptions simplifiée harmonisée avec les classes d'exposition de la norme NF EN 206/CN ;
- systèmes de peinture testés et validés par un organisme indépendant tierce partie ;
- description technique des systèmes de peinture, incluant leurs conditions de mise en œuvre ;
- procédures de surveillance en continu des produits au travers d'audits en usine et d'analyses chimiques réalisées sur des peintures prélevées sur stock ;
- fiabilité et disponibilité des informations.

Outre les systèmes de peinture, l'ACQPA certifie également les compétences professionnelles des opérateurs. Concernant la protection du béton, cette certification consiste en une option spécifique (option g) dans son référentiel. ■



Pour plus d'informations
www.acqpa.com

3 – Enduit de fine granulométrie, permettant le rebouchage des cavités apparentes en surface du béton après le décoffrage (phénomène dû à la persistance d'inclusions d'air dans le béton frais).

L'HOMOLOGATION DE GARANTIE PAR L'OHGPI

L'OHGPI¹ agit de façon reconnue depuis plus de 60 ans pour que les garanties dans l'industrie de la protection par peinture reflètent la réalité technique de l'offre, de façon objective et contrôlable, sans surenchère infondée.

Créé en 1958, avec l'agrément de l'Administration et de plusieurs institutions (Ponts et Chaussées, EDF, GDF, UIC...) et sous le patronage de groupements professionnels (GEPI, Groupement Anticorrosion du SIPEV), il fédère près de 200 sociétés, fabricants de peinture ou entreprises d'application, engagées durablement pour une protection de qualité.

Il donne un avis technique impartial sur les garanties contractuelles, d'anticorrosion et d'aspect, conjointes entre le fabricant de peinture et l'entrepreneur applicateur, dans le respect de la confidentialité des dossiers traités. Loin de n'être qu'un formulaire ou qu'un document administratif dans un dossier d'offres, la Fiche H (ou Fiche d'Homologation) qui en découle est garante de l'adéquation entre travaux proposés et garantie associée. Elle est associée à une ou plusieurs Fiches Système, cosignées également, qui détaillent en 5 parties les caractéristiques du chantier et les prestations prévues, dans son ensemble s'il est homogène ou pour chacune de ses parties.

Son domaine de compétence concerne les travaux de protection par peinture industrielle et/ou par revêtements anticorrosion :

- en construction neuve ou en maintenance ;
- d'ouvrages d'art, d'ensembles industriels ou de Génie Civil ;
- en béton, mais aussi en acier faiblement allié, fer et fonte, acier métallisé ou galvanisé, aluminium ou alliage d'aluminium.

L'OHGPI n'est ni un contrôleur ou expert des travaux réalisés, ni un porteur de garantie, ni un assureur. La garantie conjointe entrepreneur – fabricant ainsi homologuée peut être plus aisément couverte, à titre onéreux, par un contrat souscrit auprès d'une compagnie d'assurance.

Ses termes sont définis dans une Directive Générale d'Orientation et portent sur la fourniture et la réfection.

L'homologation des garanties accordées dans une offre apporte au donneur d'ordres le confort d'un avis objectif permettant la comparaison entre les propositions de travaux. Son champ d'action dépasse largement les seuls marchés publics couverts par le Fascicule 65, il s'avère également pertinent pour tout marché privé.



1 – Office d'Homologation des Garanties de Peinture Industrielle.

Mettre en œuvre une protection du béton par peinture

Le béton doit être considéré comme un matériau « vivant ». Il est nécessaire de déterminer et de contrôler ses propriétés physico-chimiques avant de commencer tous travaux de préparation de surface et d'application de peinture.

LA RÉCEPTION DE SURFACE AVANT PRÉPARATION

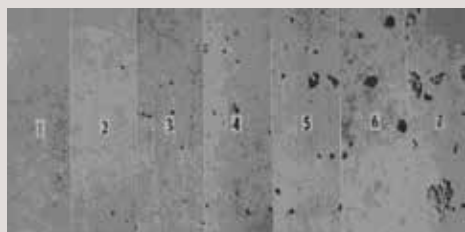
Avant la préparation, tant pour un béton neuf que pour un béton existant lors de travaux de maintenance, un ensemble de caractéristiques physiques doivent être évaluées au regard du cahier des charges et, le cas échéant, corrigées pour permettre les travaux.

La propreté de surface implique l'absence de laitance, d'huile, de produit de cure, de micro-organismes, de coulures de rouille, de pulvéulence ou d'autres polluants.

L'état de surface est caractérisé par plusieurs critères :

- le bullage doit être au niveau prévu par le cahier des charges pour obtenir l'aspect visé et/ou pour permettre une éventuelle décontamination dans les constructions en site nucléaire. À défaut, il peut être nécessaire de mettre en œuvre un enduit sur le support avant application. Le Fascicule de Documentation P18-503 définit, dans son annexe A, 7 niveaux de bullage sur une planche de référence. Le niveau maximal admis est généralement de 3 à 5 ;
- la planéité doit être compatible avec le degré de finition visé ;
- la présence de balèvres, d'arêtes, de nids de cailloux, de fissures ou autre irrégularité doit être relevée.

Enfin, les propriétés physiques et chimiques doivent être vérifiées. Les premières comprennent la porosité, la cohésion et la résistance en compression conformément aux préconisations techniques, les secondes consistent à mesurer et à vérifier la basicité par papier pH humide posé sur le support (la valeur maximale



→ Niveau de bullage FD P 18-503.

habituelle se situant souvent entre 9 et 12) et l'humidité dont le seuil maximal varie selon les spécifications pour se situer généralement à 5 % ou moins. Pour les bétons jeunes, il est même nécessaire d'attendre 28 jours de séchage avant toute application.

LES MÉTHODES DE DÉCAPAGE

Plusieurs techniques de décapage peuvent être utilisées sur béton. Chacune donnera au sujet un profil de surface et de rugosité différent. Le choix de la technique devra se faire en fonction des recommandations du fournisseur et du type de peinture. Le guide de l'ICRI (*voir rabat*) indique des correspondances types entre le niveau de profil, noté CSP1 à CSP10, et le type de revêtement qui peut être appliqué.

Le décapage mécanique peut se faire par marteau à aiguille, plus proche du nettoyage que de la création d'un profil (niveau CSP1). Il peut aussi consister en du rabotage ou du ponçage pour monter à un niveau de CSP3 à CSP6. Le décapage à eau de Haute à Ultra Haute Pression (HP, THP et UHP) permet des niveaux variant selon la pression exercée : de CSP3 à CSP5 (entre 1 600 et 2 200 bars), de CSP7 à CSP9 (au-delà). Enfin, le décapage à l'abrasif, par voie sèche ou humide, permet de créer un profil de CSP4 à CSP7 suivant le type d'abrasif, la pression et la durée d'exposition.

L'APPLICATION DU SYSTÈME DE PEINTURE

L'application requiert d'être effectuée en maîtrisant un certain nombre de paramètres clés, sur l'état de la surface, les conditions atmosphériques lors de l'application de la peinture, la préparation et l'application des produits. Le niveau d'empoussièrement, la rugosité et l'humidité doivent être conformes aux préconisations du fabricant de peinture.

Le contrôle des conditions atmosphériques est essentiel lors de l'application. La température doit être comprise dans les limites d'utilisation fixées par la fiche technique du fabricant et l'hygrométrie relative généralement inférieure à 85 %. Le point de rosée doit être calculé, la température du sujet doit lui être supérieure ou égale d'au moins 3 degrés, tout en restant inférieure à la température maximale d'utilisation du produit indiquée par la fiche technique du fabricant.

L'application des diverses couches de peinture doit alors respecter les recommandations de la fiche technique du fabricant, en particulier pour ce qui est de la préparation des produits, du type et de la quantité de diluant, et de l'éventuel temps de mûrissement du mélange. Le temps de recouvrement définit les durées minimales et maximales entre les différentes couches.

Enfin, l'épaisseur de chaque couche appliquée doit être conforme aux spécifications. L'opérateur s'en assurera par un contrôle de l'épaisseur humide en cours d'application au moyen d'un peigne et par la vérification des quantités consommées.

Un contrôle des épaisseurs sèches est possible mais il s'agit d'un contrôle destructif.

LA RÉCEPTION DES TRAVAUX ET LA TRAÇABILITÉ

Le contrôle de l'aspect final, dont les critères sont définis au marché, est fonction de la destination et du type d'ouvrage.

Un contrôle de l'adhérence du système sur le béton est également possible.

L'ensemble des paramètres et des contrôles liés à la préparation de surface, l'application... devra être reporté par l'opérateur dans un document de suivi d'intervention qui est partagé avec le maître d'œuvre. ■



→ Peigne pour mesure de l'épaisseur humide.

Le Fascicule 65

Le Fascicule 65 est le « Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux de Génie Civil – **Exécution des ouvrages de Génie Civil en béton** ».

Afin de le mettre en conformité avec la norme *NF EN 13670/CN* « **Exécution des structures en béton – Complément National à la NF EN 13670 : 2013** », une nouvelle version du Fascicule 65 fut publiée en mai 2018. Elle précise en préambule :

« Les peintures sur béton ne sont pas traitées dans la norme *NF EN 13670/CN* mais il est apparu nécessaire de maintenir, en l'actualisant, le chapitre 15 du fascicule de 2008. La fonction de protection est rendue systématique et le niveau de performance requis est le niveau 2 du *GA P 18-902*. Des critères d'aptitude du parement à la mise en peinture ont été définis, ainsi que trois points d'arrêt : convenance, acceptation du subjectile et réception.

Enfin, les garanties ont été refondues en lien avec l'OHGPI. Elles s'appuient désormais sur les classes d'exposition. »

Le Chapitre 11 « Peintures » qui a été ajouté dans cette nouvelle version du Fascicule 65 traite de la peinture à travers ses 8 parties détaillées ci-après.

1. Domaine d'application

La peinture y est définie comme un produit pigmenté qui, appliqué sur un subjectile, forme une feuille opaque continue possédant des qualités protectrices, décoratives ou spécifiques. Le système de peinture est composé d'une ou de plusieurs couches dont l'épaisseur totale est supérieure ou égale à 300 µm en excluant les éventuels enduits préparatoires.

Les prescriptions du chapitre 11 s'appliquent aux travaux de fourniture et de mise en œuvre de systèmes de peinture sur béton, afin d'améliorer la protection de surface au sens de la norme *NF EN 1504-2* et, éventuellement, une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : l'esthétique, la sécurité d'utilisation de l'ouvrage, la facilité de nettoyage. Les produits et systèmes ayant une fonction antigraffiti, ou destinés à assurer l'étanchéité de l'ouvrage ou bien encore appliqués à des réservoirs ne sont pas visés par le texte, il en est de même de la problématique de la tenue au feu.

Le texte précise la fonction du système de peinture : il ne se substitue pas aux propriétés attendues du béton. Son emploi vise à limiter les effets du milieu extérieur.

2. Définition des conditions d'exposition et d'entretien de l'ouvrage

Les classes d'exposition de chaque partie d'ouvrage, selon la norme *NF EN 206/CN*, sont spécifiées dans les prescriptions du marché. Il en est de même des conditions d'entretien de l'ouvrage, telle que la méthode de lavage par exemple.

3. Dossier d'étude et procédure d'exécution

Le dossier d'étude soumis au maître d'œuvre par le titulaire du marché doit comporter un certain nombre de pièces : la désignation des produits et la description du système de peinture (nombre de couches et épaisseurs, y compris pour l'éventuel enduit de débouillage), les fiches techniques et les fiches de données de sécurité des produits, les références d'emploi, la déclaration de performances associée au marquage CE selon la norme *NF EN 1504-2*.

L'entreprise de peinture doit rédiger une procédure d'exécution en y précisant plus particulièrement, outre le système de peinture, l'organisation et la répartition des différents postes de travail, les modalités de préparation du subjectile, les caractéristiques du subjectile, les paramètres d'application et ceux de la période de séchage – en particulier les conditions atmosphériques acceptables en termes de température, d'humidité de l'air et du subjectile –, les points critiques et les points d'arrêt de l'exécution, les consignes à respecter et les dispositions particulières à prendre en cas d'incident.

4. Produits et matériaux

Le marché définit le ou les objectifs attendus parmi les critères esthétiques qui concernent la teinte (à partir du nuancier RAL) et la brillance, les critères de sécurité d'utilisation et de facilité de nettoyage (*NF T 30-304*) selon le *GA P 18-902* et la protection de surface selon la norme *NF EN 1504-2*.

Celle-ci détermine les propriétés de base requises : adhérence, absorption capillaire et perméabilité à l'eau, perméabilité au CO₂, perméabilité à la vapeur d'eau.

Le niveau de performance du système de peinture est le niveau 2, adapté aux ouvrages de Génie Civil, du guide d'application *GA P 18-902* « **Guide d'application – Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton – Recommandations pour la sélection des systèmes de protection de surface des bétons destinés aux ouvrages de Génie Civil** ».

Les systèmes de peinture doivent bénéficier de la certification ACQPA « Revêtement par peinture des bétons de Génie Civil » ou d'une certification équivalente.

Les produits sont livrés en récipients d'origine, hermétiques, avec mention des renseignements nécessaires, parmi lesquels le fabricant, la dénomination commerciale, le coloris, le numéro du lot de fabrication.

5. Mise en œuvre

La mise en œuvre doit être réalisée par un personnel titulaire d'une certification ACQPA option béton ou d'une certification équivalente. Le chapitre 11 détaille successivement la réception initiale, la préparation de surface, la préparation des produits et l'exécution des travaux.

Le titulaire du marché doit fournir à l'entreprise de peinture des surfaces destinées à être peintes qui satisfont à la fois à trois critères donnés pour ce qui concerne le bullage moyen, la planéité et la cohésion de surface (*voir tableau 6*), et à d'éventuelles exigences spécifiques définies dans les pièces particulières du marché. Tout écart constaté par rapport à ces critères et à ces éventuelles exigences fera l'objet d'une fiche de non-conformité. L'état de surface à obtenir est validé lors des épreuves de convenance. La préparation de surface du béton appropriée est



→ Le pont Kerisper à La Trinité-sur-Mer après mise en peinture.

choisie en fonction de l'état initial du subjectile, le Fascicule 65 mentionne plus spécifiquement le décapage à l'abrasif ou à l'eau sous pression. L'usage de solvants et le lavage à l'acide sont proscrits pour l'opération de nettoyage préalable.

La préparation et l'application des produits découlent directement des dispositions de la fiche technique du fabricant du système de peinture et des dispositions de la procédure d'exécution des travaux rédigée par l'entreprise de peinture (voir paragraphe 3). La mise en œuvre ne peut ainsi avoir lieu que si les conditions climatiques et les données du subjectile sont conformes aux indications techniques fournies par le fabricant. Elle doit respecter les durées de séchage d'une part de l'enduit si les préparations de support incluent une opération d'enduisage, d'autre part des différentes couches de peinture ainsi que les délais de recouvrement associés. Enfin, il est obligatoire d'appliquer préalablement à toutes les couches du système de peinture des touches de peinture, dites pré-touches, sur les points singuliers.

6. Contrôle intérieur

Toute exécution des ouvrages de Génie Civil en béton requiert du titulaire du marché un Plan Qualité, décrit dans le chapitre 4 du Fascicule 65, « Gestion de l'exécution ». Pour ce qui concerne les peintures, des dispositions particulières doivent être incluses dans ce Plan Qualité : les tolérances sur les Caractéristiques d'Identification Rapide (CIR) elles-mêmes définies lors de la certification des produits, les modalités du contrôle intérieur de la préparation du support et de la mise en œuvre. Ce contrôle intérieur à l'entreprise est défini au chapitre 3 du Fascicule 65, « Termes et définitions », il consiste au contrôle interne réalisé par un membre de l'équipe d'exécution et/ou au contrôle externe par un membre

extérieur à cette équipe, sur un certain nombre de conformités décrites dans les paragraphes 4 et 5.

7. Contrôle extérieur

Le maître d'œuvre s'assure de l'exécution du contrôle intérieur dans les conditions définies par le Plan Qualité de l'entreprise de peinture et réalise un certain nombre de vérifications durant trois phases, qui correspondent à des points d'arrêt. En premier lieu, cela concerne les épreuves de convenance consistant dans les conditions du chantier à une préparation de surface et un essai d'application des produits sur une surface représentative. Puis, le contrôle procède à l'acceptation du subjectile par un examen contradictoire. Dans les deux cas, si les résultats ne sont pas conformes aux prescriptions du marché, des modifications sont à proposer par le titulaire du marché. Enfin, le maître d'œuvre procède à la réception des travaux de peinture.

8. Garanties

Les garanties sont de deux ordres, d'aspect et de couleur, et s'appliquent par zone homogène. Une telle zone se caractérise comme étant tout ou partie de l'ouvrage présentant une unité vis-à-vis des conditions d'exposition et/ou d'un enjeu esthétique d'homogénéité. Le Fascicule 65 requiert que les zones homogènes soient définies au marché.

La garantie d'aspect repose sur les critères d'altération définis dans la série des normes NF EN ISO 4628 « Évaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts et de l'intensité des changements uniformes d'aspect ». Sa durée est de 10 ans et concerne 13 des 18 classes d'exposition en leur associant des épaisseurs sèches minimales des systèmes de peinture (voir tableau 7).

La garantie d'aspect est mise en jeu lorsque l'un des degrés d'altération cloquage, craquelage, écaillage dépasse sur la zone homogène le niveau 3(S3) défini par la norme NF EN ISO 4628. En outre, pendant la durée de la garantie, il n'est pas toléré d'altérations dont la superficie cumulée dépasse 3 % de la superficie de la zone homogène.

La garantie de couleur concerne la non-altération (constance) de la couleur évaluée selon les normes NFT 34-554-1 et 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 par un organisme équivalent, suivant un référentiel s'appuyant sur la norme NF T 34-554-1. Sa durée est de 3 ans pour les classes X0, XC1, XC3, XC4, XF1, XD1. Pour chaque zone homogène, une surface de référence est réalisée contradictoirement, permettant la détermination des caractéristiques colorimétriques initiales utilisées comme référence pour la mesure de la stabilité de la couleur de finition. La garantie est mise en jeu lorsque la moyenne des mesures relevées sur la zone homogène dépasse la différence totale de couleur ΔE^*_{ab} de la norme NF T 34-554-1. Le contrôle de la couleur est effectué selon la norme NF T 34-554-2.

Des conditions atmosphériques plus exigeantes sont requises pendant l'application et le durcissement de la couche de finition pour que la garantie de couleur puisse s'appliquer.

Le titulaire du marché est tenu de fournir la preuve que les obligations contractuelles sont répercutées dans les contrats de sous-traitance. À cet effet, une attestation commune doit être fournie au moment de la demande d'acceptation du système par le titulaire du marché, qui peut se présenter sous la forme de la Fiche H produite par l'OHGPI ou par un organisme équivalent. ■

Tableau 6

CRITÈRES GÉNÉRAUX D'ACCEPTATION DU SUBJECTILE (CHAPITRE 11 DU FASCICULE 65)	
Bullage	Bullage moyen au maximum à l'échelle n° 3 du Fascicule de Documentation P 18-503 – Surface individuelle des bulles inférieure à 0,3 cm ² – Profondeur des bulles inférieure à 2 mm – Surface du bullage inférieure à 2 %
Planéité	Niveau P2 (3 mm au réglet de 0,2 m) selon le FD P 18-503
Cohésion	Cohésion de surface supérieure ou égale à 1,5 MPa selon la norme NF EN ISO 4624 avec des plots de diamètre 50 mm

Tableau 7

CLASSES D'EXPOSITION (SELON NF EN 206/CN)	ÉPAISSEUR SÈCHE NOMINALE MINI (µm)
X0, XC1, XC3, XC4, XD1, XF1	300
XD2, XD3, XF2, XF3, XS1	500
XF4, XS3	1000



INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE

L'ICRI (International Concrete Repair Institute) a publié un guide technique* qui fournit aux prescripteurs, aux fabricants et aux applicateurs les outils nécessaires pour bien choisir et spécifier les méthodes appropriées pour la préparation de surface du béton en vue de l'application d'un système de peinture. Il synthétise les prin-

cipales techniques, leurs limites, l'impact sur l'environnement, la sécurité, les équipements utilisables et leur productivité.

En particulier, il contient un jeu de cales, numérotées de CSP1 à CSP10, qui permet à la fois de qualifier et de réceptionner un état de surface avant et après préparation de surface.

* Guideline n° 310.2R-2013, *Electing and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, Polymer Overlays, and Concrete Repair.*

Les deux tableaux suivants synthétisent les préconisations de l'ICRI.

Relation entre la méthode de préparation de surface et le profil de surface pouvant être obtenu

MÉTHODE DE PRÉPARATION DE SURFACE	CSP 1	CSP 2	CSP 3	CSP 4	CSP 5	CSP 6	CSP 7	CSP 8	CSP 9	CSP 10
Eau basse pression										
Marteau à aiguille										
Décapage à l'abrasif minéral										
Décapage à l'abrasif métallique										
Eau de Haute à Ultra Haute Pression										

Plages de profil de surface possibles selon le type de revêtement à appliquer

TYPE DE REVÊTEMENT	CSP 1	CSP 2	CSP 3	CSP 4	CSP 5	CSP 6	CSP 7	CSP 8	CSP 9	CSP 10
Bouche-pore (< 75 µm)										
Film mince (100 à 250 µm)										
Film semi-épais (250 µm à 1 mm)										
Autonivellant (1,2 mm à 3 mm)										
Revêtement organique épais (3 à 6 mm)										
Revêtement inorganique et produits de réparation (3 à 6 mm)										

LA FILIÈRE PEINTURE ANTICORROSION

La Filière Peinture Anticorrosion regroupe l'ensemble des acteurs œuvrant à la protection des surfaces en béton et en métal. Véritable structure d'échanges et de réflexion entre ces professionnels, elle fédère des ressources pour promouvoir le secteur, son expertise et ses bonnes pratiques en visant par la qualité une durabilité accrue. Elle organise annuellement, en collaboration avec le CEFACOR (Centre Français de l'Anticorrosion), les Rencontres de la Peinture Anticorrosion (RPA), carrefour incontournable de la profession. Les instances de la filière prennent part aux travaux d'organismes nationaux et internationaux traitant de la protection contre la corrosion (commissions des Fascicules 65 et 56, AFNOR, ISO...) pour contribuer à la cohérence des textes et pour viser à les rendre applicables sur le terrain.

La filière est structurée autour de ses 4 associations fondatrices :

- le SIPEV – Groupement Anticorrosion Marine, intégré à la FIPEC, qui fédère et représente les fabricants de peinture pour les promouvoir et les faire progresser dans des problématiques communes, en particulier réglementaires et environnementales ;
- le GEPI, qui rassemble les entreprises d'application de peinture anticorrosion industrielle, les informe sur les évolutions techniques

et les représente dans les organismes techniques et dans la mise en place de formations qualifiantes ;

- l'ACQPA, accréditée par le COFRAC, qui certifie de façon indépendante et impartiale des systèmes de peinture et des niveaux de compétences professionnelles d'opérateurs et d'inspecteurs, respectivement sur la base de tests normés et d'exams théoriques et pratiques ;
- l'OHGPI, qui examine et qui porte un avis technique impartial sur les garanties contractuelles, d'anticorrosion et d'aspect, dans l'industrie de la protection par peinture sur une base déclarative pré-alable aux travaux.

