ICS: 91.100.30

norme belge enregistrée

NBN EN 14487-2

1e éd., avril 2007

Indice de classement: B 15

Béton projeté - Partie 2 : Exécution

Spuitbeton - Deel 2: Uitvoering

Sprayed concrete - Part 2: Execution

Autorisation de publication: 19 décembre 2006

La présente norme européenne EN 14487-2:2006 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

standards for .be

Bureau de Normalisation - Avenue de la Brabançonne 29 - 1000 Bruxelles - Belgique
Tél: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Banque 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 TVA: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prix: groupe 13

ICS: 91.100.30

Geregistreerde Belgische norm

NBN EN 14487-2

1e uitg., april 2007

Normklasse: B 15

Spuitbeton - Deel 2: Uitvoering

Béton projeté - Partie 2 : Exécution

Sprayed concrete - Part 2: Execution

Toelating tot publicatie: 19 december 2006

Deze Europese norm EN 14487-2:2006 heeft de status van een Belgische norm.

Deze Europese norm bestaat in drie officiële versies (Duits, Engels, Frans).

Bureau voor Normalisatie Brabançonnelaan 29 B-1000 Brussel België
Tel: +32 2 738 01 12 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be
Bank 000-3255621-10 IBAN BE41 0003 2556 2110 BIC BPOT BEB1 BTW: BE 0880.857.592

© NBN 2007

Prijsgroep: 13

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

EN 14487-2

Octobre 2006

ICS 91.100.30

Version Française

Béton projeté - Partie 2 : Exécution

Spritzbeton - Teil 2: Ausführung

Sprayed concrete - Part 2: Execution

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 3 août 2006.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Centre de Gestion: rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2006 CEN Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

Réf. n° EN 14487-2:2006 F

Sommaire

Page

Avant-propos 3

1 Domaine d'application 4

2 Références normatives 4

3 Termes et définitions 4

4 Documentation 4
4.1 Spécification du projet 4
4.2 Documentation relative à l'exécution 5

5 Travaux préparatoires 6
5.1 Pour le soutènement 6
5.1.1 Préparation du substrat 6
5.1.2 Dépoussiérage 6
5.1.3 Pré-humidification 6
5.1.4 Protection contre les températures ambiantes extrêmes 6
5.2 Pour la réparation et le renforcement de structures, et pour les structures indépendantes 6
5.2.1 Échafaudages, coffrages et étaiements 6
5.2.2 Préparation du substrat 7
5.2.3 Pré-humidification 7
5.2.4 Protection contre les températures ambiantes extrêmes 7

6 Armatures 7

7 Équipement 8
7.1 Stockage des matériaux 8
7.2 Équipement de dosage 8
7.3 Malaxeurs 8
7.4 Équipement de projection 8
7.5 Équipement d'essai 9

8 Dosage, malaxage et livraison du béton 9
8.1 Dosage et malaxage 9
8.2 Livraison 9
8.2.1 Mélange pour voie sèche 9
8.2.2 Mélange pour voie mouillée 9

9 Exécution de la projection 10
9.1 Projection 10
9.2 Parements 11
9.3 Cure et protection 11

10 Tolérances géométriques 11
10.1 Généralités 11
10.2 Épaisseur 11

11 Inspection 12
11.1 Généralités 12
11.2 Niveau d'inspection de l'exécution 12
11.3 Actions d'inspection relatives au domaine de l'inspection 13

Annexe A (informative) **Guide pour la documentation** 16

Bibliographie 17

Avant-propos

Le présent document (EN 14487-2:2006) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 104 “Béton et produits relatifs au béton”, dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en avril 2007, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en avril 2007.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

1 Domaine d'application

La présente Norme européenne s'applique au béton projeté destiné au soutènement, à la réparation et au renforcement de structures existantes ainsi qu'à des structures indépendantes.

La présente Norme spécifie les exigences relatives à l'exécution de la projection du béton tant par voie sèche que par voie mouillée.

La présente Norme s'applique aux structures temporaires ou permanentes.

Elle ne traite pas des aspects de santé et de sécurité de l'exécution.

Elle ne comprend aucune prescription relative à l'assurance qualité ou à la qualification des personnels chargés des différentes activités.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 206-1:2000, *Béton – Partie 1 : Spécification, performances, production et conformité*.

EN 1504-3, *Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton - Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 3 : Réparation structurale et réparation non structurale*.

EN 1504-10, *Produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton - Définitions, prescriptions, maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité – Partie 10 : Application sur site des produits et systèmes et contrôle de la qualité des travaux*.

ENV 13670-1, *Exécution des ouvrages en béton – Partie 1 : Tronc commun et document d'application nationale*.

EN 14487-1:2005, *Béton projeté – Partie 1 : Définitions, spécifications et conformité*.

EN 14488-6, *Essais pour béton projeté – Partie 6 : Épaisseur du béton sur un support*.

EN 14889-1, *Fibres pour béton – Partie 1 : Fibres d'acier – Définitions, spécifications et conformité*.

EN 14889-2, *Fibres pour béton – Partie 2 : Fibres de polymère – Définitions, spécifications et conformité*.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions donnés dans l'EN 14487-1 :2005 s'appliquent.

4 Documentation

4.1 Spécification du projet

La spécification du projet doit comprendre toutes les informations nécessaires et les exigences techniques relatives à l'exécution des travaux.

Les informations suivantes doivent être mentionnées au minimum :

— le type de projet (pont, habitation, route, voie ferrée, centrale hydraulique, etc.) ;

— la fonction de la projection de béton (support permanent ou temporaire etc. pour le soutènement), (structurel ou non structurel pour la réparation) ;

— la catégorie d'inspection selon l'EN 14487-1 ;

— les exigences relatives à la santé et à la sécurité ;

— la qualification du personnel ;

— les exigences du plan d'assurance qualité relatif à l'exécution, le cas échéant ;

NOTE 1 Le plan qualité relatif à l'exécution est généralement exigé pour les catégories d'inspection 2 et 3.

— les agréments techniques européens et les dispositions pertinentes en vigueur sur le lieu de la projection ;

NOTE 2 Les dispositions en vigueur sur le lieu de la projection sont les normes nationales et les documents homologués par les autorités compétentes définis dans la spécification du projet.

— les procédures permettant l'établissement d'avenants aux exigences ayant fait l'objet d'un accord antérieur ;

— une liste des documents d'études pertinents.

Pour le soutènement, également ce qui suit :

— les caractéristiques générales du terrain (type et qualité de roche, etc.) ;

— les principes fondamentaux appliqués lors du calcul de soutènement par du béton projeté ;

— toute condition particulière d'exécution (par exemple substrat gelé, projection sous air comprimé, décharges pour déchets spéciaux).

Pour la réparation et le renforcement des structures ainsi que pour les structures indépendantes, également ce qui suit :

— les exigences relatives à l'état de surface ;

— les exigences relatives à l'épaisseur ;

— les principes et objectifs principaux de la conception.

NOTE 3 L'Annexe A informative contient une liste récapitulative des exigences et des informations pouvant être incluses dans la spécification du projet le cas échéant.

Avant le début de l'exécution de toute partie des travaux, la spécification du projet correspondant à cette partie des travaux doit être complète et disponible. Il convient que la spécification du projet comprenne aussi les commentaires au sujet des exigences relatives à la distribution, au classement et à la consignation des documents techniques utilisés pour les travaux.

4.2 Documentation relative à l'exécution

Au besoin, un plan qualité relatif à l'exécution des travaux comprenant la liste exhaustive des références applicables doit être préparé. Le cas échéant, il faut faire référence aux exigences et aux critères de conformité spécifiés dans l'EN 14487-1.

L'exécution du béton projeté doit être documentée selon les exigences énoncées dans la présente Norme et dans le plan d'assurance qualité établi.

5 Travaux préparatoires

Avant de commencer les travaux de projection de béton, les travaux préparatoires doivent être achevés.

5.1 Pour le soutènement

5.1.1 Préparation du substrat

La surface de la roche doit être purgée de tout élément médiocre ou branlant.

Les infiltrations de nappe doivent être canalisées par des tuyaux flexibles, des tubes ou d'autres systèmes de drainage, afin d'éviter qu'elles n'affectent la qualité du béton projeté.

Toute instrumentation de mesure pour la mécanique des roches spécifiée doit être installée.

5.1.2 Dépoussiérage

Les poussières et autres débris doivent être éliminés par jet d'eau sous pression avant la projection.

5.1.3 Pré-humidification

La nécessité d'une humidification complémentaire préalable à la projection doit être envisagée en fonction de l'avidité en eau du support et des risques d'effets négatifs qui peuvent en résulter sur le béton projeté.

5.1.4 Protection contre les températures ambiantes extrêmes

Des précautions doivent être prises en raison du risque encouru en cas de températures trop élevées ou trop basses.

S'il est prévu que la température ambiante descende en dessous de 0 °C pendant la projection ou pendant la période de cure, des précautions doivent être prises pour protéger le béton des effets dommageables du gel.

S'il est prévu une température ambiante élevée pendant la projection ou pendant la période de cure, des précautions doivent être prises pour protéger le béton des effets dommageables.

5.2 Pour la réparation et le renforcement de structures, et pour les structures indépendantes

5.2.1 Échafaudages, coffrages et étaiements

Les échafaudages, les coffrages et les étaiements doivent normalement satisfaire aux exigences de l'ENV 13670-1.

Les dispositions supplémentaires suivantes doivent être prises en compte pour les échafaudages et les étaiements destinés aux opérations de projection de béton :

— ils doivent être suffisamment solides pour supporter sans trop de déformation les charges réelles, y compris le rebond produit ;

— ils ne doivent pas entraver les mouvements du porte-lance ;

— ils doivent être placés de façon à laisser une distance suffisante entre la lance et la surface d'application (voir 9.1) ;

— ils doivent permettre un accès facile à toutes les parties des éléments à traiter.

Les coffrages destinés à des opérations de projection de béton doivent être conçus de façon à éviter les nids de pertes.

5.2.2 Préparation du substrat

Il est essentiel d'appliquer le béton projeté sur une surface propre, rugueuse et sans défauts. Les méthodes recommandées pour arriver à ce résultat sont le décapage à l'eau sous pression ou par projection d'abrasifs.

Pour la réparation et le renforcement, la préparation du substrat en béton et l'armature doivent être conformes à l'EN 1504-10.

5.2.3 Pré-humidification

Avant la projection, pour la réparation et le renforcement, le substrat en béton existant (ou autre matériau poreux) doit être pré-humidifié conformément à l'EN 1504-10.

5.2.4 Protection contre les températures ambiantes extrêmes

Les coffrages ou les parties de structure en contact avec la zone à projeter doivent être à une température suffisante pour éviter le gel du béton projeté avant que celui-ci n'ait atteint une résistance suffisante pour le supporter sans dommage.

S'il est prévu que la température ambiante descende en dessous de 0 °C pendant la projection ou pendant la période de cure, des précautions doivent être prises pour protéger le béton des effets dommageables du gel.

S'il est prévu une température ambiante élevée pendant la projection ou pendant la période de cure, des précautions doivent être prises pour protéger le béton des effets dommageables.

6 Armatures

Les armatures d'acier peuvent se présenter sous forme de treillis, de barres (ou ronds à béton) ou de fibres.

Pour le soutènement, des poutrelles réticulées et des cintres en acier peuvent être enrobés dans le béton projeté, conformément à une spécification distincte de ces matériaux.

Les armatures sous forme de treillis ou de barres destinées à des structures en béton projeté doivent satisfaire aux exigences de l'ENV 13670-1.

Le renforcement par des fibres d'acier ou de polymères doit satisfaire aux exigences de l'Annexe B de l'EN 14489-1 ou de l'EN 14889-2.

En outre, il faut veiller à ce que :

— les armatures soient fixées de façon à rester en place et ne pas vibrer pendant le processus de projection ;

— la conception et le positionnement des barres d'armature soient adaptés au procédé de projection afin de minimiser l'effet d'ombre et d'améliorer le compactage ;

— dans le cas où deux nappes ou plus de treillis soudés sont incorporées, la nappe arrière soit recouverte de béton projeté préalablement à la fixation de la nappe avant (ce qui n'est pas applicable aux chevauchements nécessaires au sein d'une nappe), laquelle doit être fixée à une distance au moins égale à deux fois la dimension maximale des granulats de la couche de béton projeté préalable.

L'air sous pression utilisé doit être débarrassé de toute huile par tout moyen adéquat (par exemple des déshuileurs).

7 Équipement

7.1 Stockage des matériaux

Les constituants doivent être stockés et manipulés de manière que leurs propriétés ne changent pas de façon significative, par exemple en raison du climat, d'un mélange entre les constituants ou encore d'une contamination, et de façon à maintenir leur conformité à leur norme respective.

Les compartiments de stockage doivent être clairement identifiés de façon à éviter des erreurs sur les constituants à utiliser.

Les instructions particulières des fournisseurs de constituants doivent être prises en compte.

Il faut prévoir les moyens nécessaires pour le prélèvement d'échantillons sur les tas, silos ou trémies.

7.2 Équipement de dosage

En cas d'utilisation de mélanges secs élaborés en usine, ces derniers doivent être conformes à l'EN 1504. Pour les mélanges élaborés *in situ*, les performances de l'équipement de dosage doivent être telles que, dans les conditions de fonctionnement réelles, les tolérances indiquées dans le Tableau 1 puissent être atteintes.

Tableau 1 — Tolérances admissibles pour le dosage des constituants

Constituants	Tolérances admissibles % de la quantité requise	
	Classe d'inspection 2	Classe d'inspection 3
Ciment	± 5 %	± 3 %
Eau (uniquement pour la voie mouillée)	± 5 %	± 3 %
Ensemble des granulats	± 5 %	± 3 %
Additions	± 5 %	± 3 %
Fibres	± 5 %	± 5 %
Adjuvants ajoutés sur le lieu de malaxage en quantités ≤ 5 % de la masse du ciment	± 7 %	± 5 %
Matériaux ajoutés à la lance	± 10 %	± 5 %
NOTE La tolérance est la différence entre la valeur cible et la valeur mesurée.		

La précision des équipements de mesure doit être conforme aux exigences ou réglementations nationales pertinentes en vigueur sur le lieu d'utilisation du béton. En l'absence de telles exigences, des dispositions conformes au paragraphe 9.6.2.2 de l'EN 206-1 s'appliquent.

7.3 Malaxeurs

Pour les méthodes de projection par voie sèche ou mouillée, le malaxeur doit être capable d'assurer un mélange homogène des constituants.

7.4 Équipement de projection

En cas d'utilisation d'un accélérateur, l'équipement de dosage doit être réglé de telle sorte que la teneur du béton projeté en accélérateur reste dans les limites données dans le Tableau 1 à la rubrique « Matériaux ajoutés à la lance ».

NOTE Généralement le débit de béton n'est pas constant dans le temps ; la vitesse d'ajout de l'accélérateur doit donc être synchronisée avec celui du béton.

Si des fibres d'acier ou de polymères sont employées, la longueur des fibres ne doit pas dépasser 70 % du diamètre intérieur des tubes ou des tuyaux utilisés, sauf si un essai a démontré que des fibres plus longues pouvaient être projetées sans obstruction.

7.5 Équipement d'essai

Toutes les installations, tous les équipements et toutes les instructions nécessaires à une utilisation appropriée doivent être disponibles pour les inspections et essais sur les équipements, les matériaux et le béton.

L'équipement d'essai approprié doit être étalonné au moment de l'essai et le mode opératoire doit être consigné.

8 Dosage, malaxage et livraison du béton

8.1 Dosage et malaxage

Les ciments, granulats, fibres, adjuvants et additions sous forme de poudres doivent être dosés en masse. D'autres méthodes, y compris le dosage en volume, sont admises dans la mesure où la précision de dosage requise peut être respectée et est consignée.

Le malaxage des constituants doit être effectué et poursuivi jusqu'à obtention d'un mélange de béton d'aspect homogène. Si les additions sont des fibres, des précautions particulières doivent être prises pour assurer leur répartition homogène dans le mélange.

Aucun mélange déversé au cours de la manipulation ou éjecté de la machine à projeter ne doit être réutilisé.

8.2 Livraison

8.2.1 Mélange pour voie sèche

Des mesures appropriées doivent être prises pour assurer un temps de maniabilité suffisant du béton malaxé par rapport au temps nécessaire s'écoulant jusqu'à la fin de la projection.

Les compositions malaxées à sec avec des granulats humides doivent généralement être appliquées dans un délai de 90 min après le malaxage. Si un temps supérieur à 90 min est requis pour achever la projection d'une gâchée, le temps d'utilisation fourni par les mesures choisies doit être démontré et vérifié au préalable.

Les compositions malaxées à sec avec des granulats séchés au four peuvent être stockées pendant un temps limité mais elles doivent être appliquées immédiatement après le gâchage avec de l'eau. Il convient de pré-humidifier les matériaux séchés au four en amont de la lance ou avant leur chargement dans la machine à< projeter.

Pour l'utilisation de ciment à prise rapide, le mode opératoire doit être adapté au temps d'utilisation limité du mélange.

Des modifications néfastes du mélange sec, telles que la ségrégation, doivent être minimisées pendant le chargement, le transport et le déchargement ainsi que pendant le transport sur le chantier.

8.2.2 Mélange pour voie mouillée

Des mesures adéquates doivent être prises pour assurer un temps de maniabilité suffisant du béton malaxé par rapport au temps nécessaire jusqu'à la fin de la projection. Le temps de maniabilité normal doit être déterminé par des essais préalables à la construction. Si les travaux requièrent des temps de maniabilité plus longs, ceux-ci doivent être vérifiés par des essais supplémentaires.

Des modifications néfastes du mélange de base, telles que la ségrégation, le ressuage, la perte de cohésion ou toute autre modification doivent être minimisées pendant le chargement, le transport et le déchargement ainsi que pendant le transport sur le chantier.

9 Exécution de la projection

9.1 Projection

Pour la projection de béton, les règles générales suivantes s'appliquent.

Avant la projection, toujours contrôler la température du béton et l'affaissement sur site.

Pour régler l'écoulement de béton dans la lance (pression d'air, flux d'accélérateur et de béton), la lance doit toujours être orientée dans le sens opposé au substrat.

Le béton à projeter doit être composé et projeté de manière à limiter le rebond. Les facteurs importants jouant sur le rebond sont la composition du béton, l'angle de la lance et la distance par rapport au substrat, le dosage de l'accélérateur, la zone d'application dans le tunnel, etc.

La lance doit être dirigée, dans la mesure du possible, à angle droit par rapport au support pour produire une couche d'une densité et d'une épaisseur optimales avec un enrobage complet des barres d'armature et un rebond minimal. Les écarts par rapport à la distance et à l'angle optimaux de la lance peuvent accroître le rebond et amoindrir la qualité du béton projeté.

La distance entre la lance et la surface est choisie en fonction des conditions du site et de la possibilité d'obtenir un bon compactage, un enrobage complet des armatures et un rebond minimal. Pour un support rocheux, une distance de 1 m à 2 m est généralement recommandée. L'épaisseur de béton projeté spécifiée peut requérir l'application postérieure de deux couches ou plus afin d'éviter les affaissements et les glissements. Cela s'applique en particulier pour les projections vers le haut.

L'épaisseur de chaque couche de béton dépend de plusieurs paramètres et doit être fondée sur les conditions du site et la composition du mélange. L'épaisseur de la couche peut être augmentée en utilisant des adjuvants (des accélérateurs, par exemple), des additions (fumée de silice par exemple) ou des ciments à prise rapide.

Une couche ne doit pas être appliquée tant que la couche précédente n'est pas capable de la supporter.

Si un temps très long s'écoule entre l'application des différentes couches pour obtenir l'épaisseur totale spécifiée, la surface du béton projeté précédemment doit être nettoyée et décapée à l'air comprimé, à l'eau sous haute pression, brossée ou sablée et pré-humidifiée comme spécifié à l'article 5.

Pour une application sur des surfaces rocheuses irrégulières et rugueuses (comme la plupart des excavations exécutées à l'explosif), une couche supplémentaire de régularisation peut être spécifiée. Dans ce cas, elle doit être exécutée au préalable.

Le béton projeté appliqué doit posséder une composition homogène et être exempt de toute inclusion de rebonds.

Les pertes aériennes et les rebonds doivent être enlevés des surfaces environnantes et du substrat avant toute application de béton projeté.

Lors de la projection sur les armatures ou à travers celles-ci, il faut particulièrement tenir compte des conséquences des rebonds et de l'effet d'ombre. Bien que l'effet d'ombre soit inévitable, il faut s'efforcer d'en minimiser les possibles effets négatifs et s'assurer tout particulièrement :

— que la vitesse du flux d'air autour de la barre est suffisante ; cette condition est respectée soit par une distance appropriée entre la lance et les barres d'armature, soit par un flux plus puissant de l'air servant à propulser le mélange ;

— que le recouvrement des armatures est achevé le plus vite possible pour garantir le bon enrobage requis ; il faut remarquer que les exigences relatives à l'enrobage s'appliquent aussi bien à une surface projetée rugueuse qu'à une surface coffrée lisse ;

— que tout compactage insuffisant est évité lors de la projection de béton renforcé par des fibres d'acier sur d'autres types d'armatures ;

— que les substrats pré-humidifiés ne portent pas de traces d'eau ruisselante.

9.2 Parements

Étant donné que l'exécution d'une finition sur un béton fraîchement projeté peut nuire à l'adhérence et à la résistance, le béton projeté doit généralement être laissé tel que projeté sauf si les caractéristiques du matériau projeté permettent le contraire et si cela est documenté.

Si un autre parement est requis, une opération supplémentaire peut être effectuée, par exemple l'application d'une couche de finition qui est retravaillée pour obtenir l'état de surface désiré.

9.3 Cure et protection

La cure doit être réalisée afin de minimiser le retrait plastique et d'assurer une durabilité et une résistance d'adhérence convenables entre les couches.

Après l'achèvement de la projection, la cure de la surface doit être effectuée sans attendre. Cela s'applique également aux étapes intermédiaires de projection, si la couche suivante est appliquée plus de 2 h après.

Pour les bétons devant être soumis à un environnement de classe X0 ou XC1 seulement, les périodes de cure doivent être de 12 h au minimum, à condition que la surface du béton soit à une température supérieure ou égale à 5 ºC.

Sauf exigences contraires dans les normes nationales ou les dispositions en vigueur sur le lieu de la projection, les règles ci-après s'appliquent :

— le béton projeté destiné aux classes d'exposition autres que X0 ou XC1 doit faire l'objet d'une cure jusqu'à ce que sa surface atteigne une résistance au moins égale à 50 % de la classe de résistance à la compression spécifiée ; le béton projeté spécifié doit faire l'objet d'une cure pendant une période au moins équivalente ;

— les normes nationales ou les dispositions en vigueur sur le lieu de la projection peuvent traduire les exigences ci-dessus en durées équivalentes.

La cure peut être réalisée à l'aide d'un produit de cure pulvérisé sur la surface du béton ou d'un adjuvant ajouté pendant le malaxage du béton. Le produit de cure doit être éliminé avant l'application de la couche de béton suivante. L'effet de ce produit doit être démontré par des essais avant la construction ou par tout autre document. Des essais d'adhérence entre les couches (résistance d'adhérence) doivent être réalisés avant le commencement des travaux. Des essais *in situ* doivent être réalisés en cas de changement de produit de cure.

Des mesures de protection contre le gel doivent être prises si la projection doit se faire par temps froid ou si le béton est projeté contre une roche ou un sol gelés. De telles mesures de protection doivent demeurer en place jusqu'à ce que le béton projeté ait atteint une résistance à la compression d'au moins 5 MPa.

10 Tolérances géométriques

10.1 Généralités

Si des tolérances géométriques sont requises, l'EN 13670-1 s'applique.

10.2 Épaisseur

Des mesures doivent être prises pour contrôler l'épaisseur du béton pendant la projection. Parmi les méthodes utilisables, on peut citer l'emploi de guides, d'inserts, de fils de guidage et de baguettes en bois.

Si cela est requis ou spécifié, l'épaisseur du béton projeté doit être déterminée selon l'EN 14488-6.

Pour le béton projeté renforcé par des fibres, le contrôle de l'épaisseur doit être réalisé préalablement à l'application de toute couche extérieure non renforcée.

La fréquence de la vérification de l'épaisseur et du contrôle de conformité doit être définie dans les spécifications.

11 Inspection

11.1 Généralités

L'inspection doit garantir que les opérations ont été exécutées conformément à la présente Norme et aux dispositions de la spécification du projet.

L'étendue de l'inspection est liée à la classification selon les catégories d'inspection données dans l'EN 14487-1.

En ce qui concerne les essais sur les constituants, le mélange de base et le béton projeté, l'EN 14487-1 s'applique.

Les produits portant le marquage CE ou une certification par un organisme tiers doivent être comparés avec le bon de livraison et, généralement, inspectés. En cas de doute, un contrôle supplémentaire doit être réalisé afin de vérifier la conformité des produits à leur spécification. Les autres produits doivent faire l'objet d'une inspection et d'essais de réception tels que définis dans la spécification du projet.

11.2 Niveau d'inspection de l'exécution

Le niveau de l'inspection à mettre en œuvre est défini par le Tableau 2, sauf indication contraire dans la spécification du projet.

Tableau 2 — Domaine de l'inspection

Objet	Catégorie d'inspection 1	Catégorie d'inspection 2	Catégorie d'inspection 3
Programmation de l'inspection	Aucune exigence	Programme d'inspection et d'essais, procédures et instructions suivant spécifications Actions en cas de non-conformité	
Échafaudages, coffrages et étaiements	Contrôle visuel	Les échafaudages et coffrages principaux doivent être inspectés avant projection	Tous les échafaudages et coffrages doivent être inspectés avant projection
Préparation du substrat et pré-humidification	Contrôle visuel	Les surfaces principales doivent être inspectées avant projection	Toutes les surfaces doivent être inspectées avant projection
Protection contre les températures ambiantes extrêmes	Contrôle visuel et mesures de température		
Armatures	Contrôle visuel et mesurages au hasard	Les armatures principales doivent être inspectées avant projection	Toutes les armatures doivent être inspectées avant projection
Inserts	Contrôle visuel	Selon la spécification du projet	
Stockage des matériaux	Contrôle visuel		
Équipement de dosage	Contrôle visuel	Inspection selon la documentation d'essai des fournisseurs	Mesurages au hasard sur les constituants
Malaxeurs	Contrôle visuel		
Équipement de projection	Contrôle visuel	Inspection selon la documentation d'essai des fournisseurs	Mesurages au hasard de la production de matériau et du dosage de l'accélérateur
Équipement d'essai	Contrôle visuel		
Dosage et malaxage	Contrôle visuel		
Livraison de béton	Contrôle visuel	Mesurages au hasard du temps d'utilisation (mélange sec) et du temps de maniabilité (mélange mouillé)	

Objet	Catégorie d'inspection 1	Catégorie d'inspection 2	Catégorie d'inspection 3
Projection du béton	Contrôle visuel		
Traitement de surface	Contrôle visuel		
Cure et protection du béton	Contrôle visuel	Contrôles au hasard de la température et de l'humidité pendant la projection et la période de cure	Mesurages fréquents de la température et de l'humidité pendant la projection et la période de cure
Contrôle géométrique de l'ouvrage	Contrôle visuel	Selon la spécification du projet	
Documentation de l'inspection	Consignation de tout incident Rapports sur toute non-conformité et actions correctives entreprises	Tous les documents de programmation Consignation de toutes les inspections Rapports sur toute non-conformité et actions correctives entreprises	

11.3 Actions d'inspection relatives au domaine de l'inspection

Tableau 3 — Actions d'inspection relatives au niveau de l'inspection

X : normalement applicable

Actions d'inspection	Soutènement	Réparation et renforcement		Structures indépendantes
Programmation de l'inspection	X	X	X	X
Échafaudages, coffrages et étaiements				
Géométrie et stabilité des coffrages		X	X	X
Etanchéité des coffrages		X	X	X
Élimination des détritus (poussière, neige etc.) de la zone à projeter		X	X	X
Préparation de la surface du coffrage		X	X	X
Estimation de la résistance du béton comme étant compatible avec la dépose des coffrages		X	X	X
Préparation du substrat et pré-humidification				
Purge de la roche exécutée selon la spécification	X			
Le substrat est propre, humide et sa surface est sèche	X	X	X	
Les instruments de mesure requis pour la mécanique des roches sont installés	X			
Les drains ponctuels de la nappe phréatique ont été installés le cas échéant	X			
Protection contre les températures ambiantes extrêmes				
Protection contre le gel	X	X	X	X
Protection contre les températures élevées, ventilation extrême etc.	X	X	X	X
Armatures				
Treillis et barres				

Actions d'inspection	Soutènement	Réparation et renforcement		Structures indépendantes
Type et position selon les dessins et les spécifications	X	X	X	X
Attaches et fixations correctes de façon à éviter les déplacements pendant la projection	X	X	X	X
Non-contamination par des substances nuisibles (huile, graisse, peinture etc.)	X	X	X	X
Espace suffisant entre les barres pour permettre un compactage convenable	X	X	X	X
Pas de chevauchements inutiles entre les barres	X	X	X	X
Enrobage selon la spécification	X	X	X	X
Fibres d'acier et de polymères				
Type selon les spécifications	X	X	X	X
Inserts				
Type et position selon les dessins et les spécifications		X	X	X
Attaches et fixations correctes de façon à éviter les déplacements pendant la projection		X	X	X
Stockage des matériaux				
Protection contre l'humidité	X	X	X	X
Non-contamination par des substances nuisibles	X	X	X	X
Équipement de dosage	X	X	X	X
Malaxeurs	X	X	X	X
Équipement de projection				
Précision de l'équipement de dosage de l'accélérateur	X	X	X	X
Équipement d'essai				
Contrôle visuel	X	X	X	X
Livraison de béton				
Vérification que le temps d'utilisation ou temps de maniabilité spécifié n'est pas dépassé	X	X	X	X
Vérification de l'homogénéité du béton introduit dans l'équipement de projection	X	X	X	X
Projection de béton				
Alimentation suffisante en air comprimé permettant d'obtenir un bon compactage	X	X	X	X
Dosage d'accélérateur suffisamment faible pour éviter l'accumulation de béton sur les armatures	X	X	X	X
Distance de projection bien adaptée et variation d'angle de projection nécessaire	X	X	X	X
Traitement de surface				
Vérification que le traitement de surface est exécuté selon les spécifications		X	X	X
Cure et protection				

Actions d'inspection	Soutènement	Réparation et renforcement		Structures indépendantes
vérifier que la cure du béton projeté est réalisée comme spécifié	X	X	X	X
Vérification que le produit de cure pulvérisé est éliminé selon la spécification avant l'application de toute couche supplémentaire de béton projeté	X	X	X	X
Contrôle géométrique de l'ouvrage				
Mesure de l'épaisseur	X	X	X	X
Documentation	X	X	X	X

Annexe A
(informative)

Guide pour la documentation

Le Tableau A.1 fournit un résumé des informations appropriées qu'il convient d'inclure dans la spécification du projet pour satisfaire à la présente Norme.

Tableau A.1 — Liste des informations à inclure dans la spécification du projet

Section	Contenu	Référence
1. Domaine d'application	Spécifier les exigences spéciales du projet	4.1
	Spécifier les exigences concernant l'hygiène et la sécurité	
	Spécifier les exigences concernant la qualification du personnel	
	Définir les responsabilités s'il y a lieu	
2. Références normatives	Ajouter toutes les normes nationales ou les dispositions pertinentes en vigueur sur le lieu de la projection	2
3. Documentation	Toute information technique devant figurer dans la spécification du projet	4.1
	Dispositions nationales à respecter	
	Inclure la procédure d'avenant de la spécification du projet	
	Exigences pour la diffusion des documents	
	Mentionner si un plan qualité est exigé	
	Mentionner si une documentation de l'exécution est exigée	
4. Travaux préparatoires	Spécifier les dispositions pour l'application des agents de décoffrage	5.2.1
	Spécifier toute exigence pour le traitement de surface, les finitions spéciales ou les panneaux d'essai	9.2
5. Armatures	Spécifier les types d'armatures	6
	Spécifier les dispositions pour l'acier de béton armé	
	Fournir les programmes de coupe et façonnage ou indiquer que cette tâche incombe au constructeur	
	Indiquer si le façonnage est permis à température inférieure à – 5 °C et, le cas échéant, spécifier les précautions à prendre	
	Indiquer si le façonnage à chaud est permis	
	Spécifier toute exigence concernant le dépliage des barres	
	Dispositions pour le soudage des armatures	
	Confirmer si le soudage par points est autorisé	
	Dispositions pour les jonctions d'armatures	
	Position des armatures y compris de leurs jonctions	
6. Équipement	Spécifier les exigences pour le stockage des matériaux	7.1
7. Exécution de la projection	Vérifier que toutes les propriétés requises du béton ont été spécifiées	4.1
	Indiquer si une projection d'essai est requise	9.2
	Indiquer toute exigence spécifique liée aux parements	9.3
	Dispositions pour traduire le pourcentage de résistance à la compression en durées	
	Indiquer toute restriction pour les produits de cure sur les parements	
	Indiquer si des pointes de température élevées sont acceptables	5.2.4
8. Tolérances géométriques	Indiquer toute exigence concernant l'esthétique	10
9. Inspection	Spécifier la catégorie d'inspection et définir le responsable de l'inspection	11.1
	Spécifier les dispositions relatives au personnel d'inspection	
	Définir les inspections et les essais de réception des produits dépourvus du marquage CE ou d'une certification par un organisme tiers	

Bibliographie

[1] EN 934-5, *Adjuvants pour béton, mortier et coulis – Partie 5 : Adjuvants pour bétons projetés – Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage*.