

Agrément technique - Secteur du Génie Civil
--

Guide d'agrément n° G0019

BETONS DE GUNITAGE

Le présent document a été établi par le Bureau Exécutif "Mortiers" constitué du

- Ministère wallon de l'Équipement et des Transports -
Division du Contrôle technique/Direction des Structures en
béton;
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Leefmilieu &
Infrastructuur;
- Bureau SECO;
- Centre belge d'Études des Polymères et des Composites.
- Ministère des Communications et de l'Infrastructure -
Direction Agrément et Spécifications;
- Centre scientifique et technique de la construction.

Le présent document a été proposé par le bureau exécutif "Mortiers" en sa réunion du 13 décembre 2000, approuvé par le groupe spécialisé "Réparation et Protection du Béton" le 31 janvier 2001 et par le Comité Directeur Exécutif Génie Civil le 12 mars 2001.

SOMMAIRE

Note préliminaire

1. Objet

2. Terminologie

3. Domaines d'application

- 3.1. Classification en fonction de la destination
- 3.2. Classification en fonction des classes d'exposition
- 3.3. Classification en fonction de la dimension maximale des granulats
- 3.4. Classification en fonction des résistances mécaniques

4. Règles de qualité

- 4.1. Exigences sur le produit
 - 4.1.1. Exigences générales
 - 4.1.1.1. Applicabilité
 - 4.1.1.2. Adhérence et résistance en traction
 - 4.1.1.3. Résistance en compression
 - 4.1.1.4. Teneur en chlorures
 - 4.1.1.5. Exigences de durabilité
 - 4.1.1.6. Identification
 - 4.1.1.7. Exigences sur les matières premières
 - 4.1.2. Exigences spécifiques
 - 4.1.2.1. Résistance aux produits de déverglaçage
 - 4.1.2.2. Résistance à la carbonatation
 - 4.1.2.3. Résistance à la pénétration d'eau
 - 4.1.2.4. Perméabilité aux chlorures
 - 4.1.2.5. Résistance à l'alcali-réaction
 - 4.1.2.6. Exigences en relation avec la présence de fibres
 - 4.1.2.7. Absorption d'eau
- 4.2. Exigences sur le matériel

5. Description des travaux et mise en oeuvre des produits

- 5.1. Préparation de surface
 - 5.1.1. Préparation du béton
 - 5.1.1.1. Réparations localisées
 - 5.1.1.2. En cas de recouvrement général
 - 5.1.2. Protection de l'armature en cas de dépassivation par carbonatation
 - 5.1.2.1. Réparations localisées
 - 5.1.2.2. Réparations et renforcement avec recouvrement général de la surface par béton gunité
 - 5.1.3. Préparation de la maçonnerie

- 5.2. Mise en place des armatures
- 5.3. Mise en oeuvre du béton
 - 5.3.1. Projections
 - 5.3.2. Coffrages
 - 5.3.3. Conditions de surface
 - 5.3.4. Cure du béton
 - 5.3.5. Joints de reprise

6. Description des essais

- 6.1. Applicabilité et préparation des éprouvettes
- 6.2. Adhérence et résistance en traction
 - 6.2.1. Bétons de catégorie M2
 - 6.2.2. Bétons de catégories M3 et M4
- 6.3. Résistance en compression
- 6.4. Teneur en chlorures
- 6.5. Durabilité
 - 6.5.1. Résistance au gel
 - 6.5.2. Essai de résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants
- 6.6. Résistance à la carbonatation
- 6.7. Absorption d'eau
- 6.8. Perméabilité à l'eau
- 6.9. Perméabilité aux chlorures
- 6.10. Identification
 - 6.10.1. Identification du béton de base
 - 6.10.2. Identification des adjuvants ajoutés à la lance
 - 6.10.3. Identification du béton appliqué
- 6.11. Essais en relation avec la présence de fibres

7. Présentation des produits

8. Contrôles de qualité

- 8.1. Contrôle sur le béton de base
 - 8.1.1. Bétons provenant d'usines de fabrication de bétons en silos ou en sacs (bétons acheminés secs)
 - 8.1.1.1. Autocontrôle dans l'usine productrice
 - 8.1.1.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant du fabricant
 - 8.1.2. Bétons provenant de centrales à béton
 - 8.1.2.1. Autocontrôle dans la centrale à béton
 - 8.1.2.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant de la centrale
 - 8.1.3. Dispositions générales pour l'application de l'autocontrôle industriel et du contrôle externe
 - 8.1.3.1. Appréciation de l'autocontrôle industriel
 - 8.1.3.2. Appréciation du contrôle externe

- 8.2. Contrôle sur la technique de mise en oeuvre
 - 8.2.1. Contrôle sur les adjuvants ajoutés de projection
 - 8.2.2. Contrôle sur le matériel de gunitage
 - 8.2.2.1. Autocontrôle
 - 8.2.2.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant
 - 8.2.3. Dispositions générales pour l'appréciation de l'autocontrôle industriel et du contrôle externe.
- 8.3. Modalités pratiques des contrôles de qualité
 - 8.3.1. Cas où le titulaire de l'agrément est le fabricant du béton de base
 - 8.3.2. Cas où le titulaire de l'agrément est une entreprise spécialisée
- 8.4. Réduction du contrôle
- 8.5. Répartition des frais du contrôle externe
 - 8.5.1. Cas où le titulaire de l'agrément est le fabricant du béton de base
 - 8.5.2. Cas où le titulaire de l'agrément est une entreprise spécialisée
- 8.6. Remarque générale

9. Contenu de l'agrément

10. Déroulement de la procédure d'agrément

Annexe 1 (réglementaire)

Résistance aux réactions alcalis-granulats

Annexe 2 (réglementaire)

Mise en place des armatures

Annexe 3 (réglementaire)

Mesure du rebond

Annexe 4 (informatif)

Classification des bétons projetés en fonction de la destination

Annexe 5 (informatif)

Contrôles de qualité : cas d'application pratiques

Note préliminaire.

L'agrément délivré aux bétons de gunitage porte sur le produit et la technologie de mise en œuvre.

L'ATG est constitué de deux parties, décrivant les deux aspects.

Selon le cas, le titulaire de l'agrément pourra être :

- soit, le producteur du béton de base; il s'agira habituellement dans ce cas, de béton acheminé sec.
L'ATG contiendra une liste des applicateurs reconnus par le producteur, et disposant de la technologie nécessaire;
- soit, une entreprise spécialisée, disposant de la technologie nécessaire; dans ce cas, le titulaire achètera habituellement le béton de base dans une centrale à béton. L'ATG contiendra une liste de fournisseurs de béton de base, capables de fournir la formulation exigée par le titulaire.

Le contrôle externe comprend 2 aspects :

- le contrôle sur le béton de base;
- le contrôle sur la technologie de mise en œuvre, incluant aussi le contrôle sur le béton appliqué.

Les modalités pratiques de ce double contrôle externe sont décrites au § 8.3. du guide.

Des cas d'application pratiques figurent dans l'annexe 5 (informative). A ces diverses missions de contrôle correspondent diverses conventions de certification.

Remarque.

Au cas où une demande d'agrément ne correspond pas aux cas de figure envisagés, il y a lieu d'aménager les dispositions décrites dans ce document en fonction des caractéristiques de la demande.

1. **OBJET.**

Le présent guide définit :

- les caractéristiques technologiques auxquelles doivent satisfaire les bétons et micro-bétons (voir § 3.3.) de gunitage; les micro-bétons (ou mortiers) désignent les bétons pour lesquels les granulats ont une dimension inférieure à 4 mm;
- les conditions de mise en oeuvre.

Les bétons destinés au gunitage dont les constituants sont bénorisés ou non doivent faire l'objet de formulations spécifiques.

Le guide ne couvre pas les mortiers de ragréage qui peuvent être appliqués à la main et par projection; pour ce type de produit, on se référera au guide d'agrément n° G0007 "Mortiers de ragréage à base de liants hydrauliques".

L'agrément technique porte sur le produit, ainsi que sur la technologie de mise en oeuvre, celle-ci conditionnant les propriétés du produit appliqué. Il ne concerne pas la qualité de l'exécution. La technologie de mise en oeuvre comprend :

- le matériel de projection;
- les adjuvants (raidisseurs, accélérateurs, ...) ajoutés à la lance.

La mise en oeuvre du produit doit être effectuée, en respectant les règles de sécurité et d'hygiène, par du personnel, dont la compétence aura été démontrée au préalable.

Remarques.

Préalablement à toute mise en oeuvre de béton gunité dans le cadre de travaux de réparation ou de renforcement d'un ouvrage existant, il y a lieu :

- de procéder à un diagnostic approfondi préliminaire de l'ouvrage.

Ce diagnostic doit permettre de déterminer la ou les causes de dégradations, les caractéristiques actuelles des matériaux et du support, et les techniques d'intervention les plus appropriées; en outre, si nécessaire, il contiendra les considérations sur la stabilité de l'ouvrage avant et pendant les travaux.

- de déterminer les objectifs :

* dans le cas d'une réparation, il faut en premier lieu remédier aux causes des désordres, soit en les supprimant, soit en empêchant les mécanismes qui, à partir de ces causes, leur ont permis de se développer. Ce n'est qu'en second lieu qu'il faut envisager de remédier aux effets en réparant les désordres;

- * dans le cas d'un renforcement ou d'une réparation de structure, un calcul de celle-ci est nécessaire afin de déterminer les insuffisances éventuelles de résistance de chacun de ses éléments en fonction de l'usage envisagé, ainsi que l'aptitude de celle-ci à reprendre le supplément d'épaisseur.

Les exigences et méthodes d'essais qui n'ont pas encore été établies à la date de publication de ce document seront précisées au fur et à mesure de l'avancement des travaux CEN dans le domaine.

2. TERMINOLOGIE.

Béton gunité.

Mélange de liants, d'agrégats, d'eau et éventuellement d'additions, d'adjuvants et de fibres, transporté dans une conduite résistant à la pression et projeté sur le support par une lance; la force de projection assure le compactage.

Béton de base : béton auquel n'ont pas été ajoutés les adjuvants de projection.

Béton appliqué : béton obtenu par projection sur un support et auquel ont été ajoutés les adjuvants de projection.

Béton préparé en usine.

Deux situations peuvent se présenter :

- a. Acheminés secs en silos ou en sacs : mélange de liants, d'agrégats, de fillers, d'adjuvants en poudre, de fibres ... préparé en usine. Sur site, au moment de l'application, l'eau est ajoutée à la lance.
- b. Acheminés humides en camion toupie : mélange frais de liants, d'agrégats, de fillers, de fibres d'adjuvants liquides, préparé en centrale à béton. Sur site, au moment de l'application, l'adjuvant (ou additif) raidisseur ou accélérateur est ajouté à la lance.

Béton préparé sur chantier ou semi-préparé en usine.

Le béton préparé sur chantier est un béton pour lequel tous les composants sont mélangés individuellement sur le site.

Le béton semi-préparé en usine est un béton pour lequel certains composants sont prédosés et/ou partiellement prémélangés en usine (systèmes multichambres).

Ces bétons doivent, tout comme le béton préparé en usine, faire l'objet d'une formulation spécifique.

Béton gunité modifié aux polymères.

Béton gunité auquel sont ajoutés des polymères au taux pondéral minimal de 5 % et maximal de 20 % par rapport au ciment (taux pondéral exprimé en polymère sec).

Voie sèche.

Technique par laquelle les composants solides sont au préalable mélangés, puis transportés secs par air comprimé jusqu'à la lance, où de l'eau est ajoutée au mélange, qui est alors projeté de manière continue sur le support. Les composants solides peuvent être prémouillés.

Voie humide.

Technique par laquelle le mélange homogène des composants solides et de l'eau est pompé jusqu'à la lance, où des adjuvants ou additifs liquides sont ajoutés, et ensuite projetés par air comprimé de manière continue sur le support.

On distingue :

- *la voie humide à flux dilué* : l'air comprimé, comme en voie sèche, est introduit dans la machine.
Le béton est donc additionné d'une quantité d'air plus au moins importante durant son transport.
Pour augmenter la force de projection, une quantité d'air complémentaire peut être ajoutée à la lance.
- *la voie humide à flux dense.*
L'air comprimé est exclusivement introduit dans la lance.
Le béton gâché remplit entièrement la conduite de transport.

Préhumidification des composants secs.

La préhumidification peut être assurée par l'humidité naturelle des granulats ou par l'apport d'humidité au mortier avant acheminement à la machine. La préhumidification peut diminuer l'usure et le rebond en facilitant le transport dans la machine; la formation de poussière est réduite.

Lance.

Dispositif situé en bout de la conduite d'amenée du mélange, permettant la projection, et comprenant une unité d'homogénéisation dans laquelle les constituants sont injectés. En voie sèche, l'eau et les éventuels adjuvants liquides sont ajoutés. En voie humide, les adjuvants et additifs ainsi que l'air comprimé sont amenés.

Pression d'alimentation à la machine à projeter.

Pression permettant la circulation du mélange dans la conduite, et développée par la pompe à béton ou par l'air comprimé en cas de transport pneumatique.

Pression d'alimentation à la lance.

Pression de l'air comprimé à la lance, en vue d'accélérer la vitesse du mélange en cas de gunitage par voie humide.

Tuyaux d'approvisionnement.

Tuyaux aboutissant à l'entrée de la lance, et approvisionnant :

- en eau, et éventuellement en adjuvants liquides dans la projection par voie sèche;
- en adjuvants liquides et dans certains cas en air comprimé dans la projection par voie mouillée.

Pertes par rebond.

Pertes de matière projetée, par rebond sur le support.

Passe.

Une passe est une opération élémentaire de dépôt continu d'un produit. Répétée plusieurs fois en un court laps de temps, plusieurs passes constituent une seule et même couche durcissante.

Couche.

Une couche est un dépôt continu d'un produit effectué au cours d'une seule opération d'application, ayant conduit à un durcissement suffisant avant application de la couche suivante. Le délai minimal entre application de deux couches successives est fixé par le fabricant.

Produit de cure.

Protection liquide répandue à la surface du béton, et qui forme un film continu d'une épaisseur suffisante pour empêcher un dessèchement prématuré du béton jeune.

Traitement de cure.

Mesures prises pour éviter la dessiccation du béton.

Raidisseur.

Additif dont la fonction principale est de permettre l'adhérence et le maintien en place immédiats, sans fluage, du béton dès sa projection sur le support, quelle que soit l'inclinaison de celui-ci.

Support.

Le béton de gunitage peut être projeté sur les supports suivants :

- béton de ciment;
- maçonnerie : support constitué de petits éléments aux joints nombreux en mortier;
- paroi rocheuse.

Remarque : Stratification.

La projection par voie sèche et, dans une moindre mesure, la projection par voie humide, peuvent donner lieu, sur l'épaisseur de la couche rapportée, à des variations de composition, d'autant plus importantes que la vitesse à la sortie de la lance est grande.

Ces variations conduisent à une stratification dont les caractéristiques influencent les propriétés du béton gunité (adhérence, résistances mécaniques et climatiques, susceptibilité au retrait, ...).

Il s'ensuit que les propriétés ne peuvent pas être uniquement déduites des propriétés mesurées sur des éprouvettes préparées à partir du matériau homogène; aussi, les essais réalisés dans le cadre des exigences performancielles sont effectués sur matériau appliqué par projection.

3. DOMAINES D'APPLICATION.**3.1. CLASSIFICATION EN FONCTION DE LA DESTINATION.****Catégorie M1.**

Béton utilisé comme support de base, destiné à reprendre des efforts transitoires et à permettre la mise en place ultérieure de bétons de structure.

Les bétons de catégorie M1 ne font pas l'objet du présent guide d'agrément.

Catégorie M2.

Béton destiné à reprendre des charges permanentes, sans interaction avec le support.

Les classes de résistance et d'exposition sont définies par le maître d'ouvrage selon la fonction à laquelle il est destiné.

Catégorie M3.

Béton destiné à la constitution d'une couche de protection ou de finition, au ragréage de défauts ou dégradations superficielles d'un ouvrage existant.

Cette catégorie concerne les travaux pour lesquels aucune participation à la résistance mécanique de la structure n'est attendue du béton projeté.

Le béton doit satisfaire entre autres aux critères d'adhérence du paragraphe 4.1.1.2.

Catégorie M4.

Même domaine d'emploi que la catégorie M3 mais, en plus, béton destiné à la réparation de structure (restitution à un élément de structure d'une capacité portante qu'il n'a plus) ou au renforcement (augmentation des capacités portantes).

Le béton doit satisfaire entre autres aux critères d'adhérence du § 4.1.1.2.

A titre informatif, l'annexe 4 décrit quelques domaines d'application de chaque catégorie.

3.2. CLASSIFICATION EN FONCTION DES CLASSES D'EXPOSITION.

Les classes d'exposition sont basées sur la NBN B15-001 et son addendum.

1. Environnement sec.
- 2a. Environnement humide sans gel.
- 2b. Environnement humide avec gel.
3. Environnement humide + gel + agents de déverglaçage.
- 3S. Environnement humide avec exposition modérée à l'eau + gels + agents de déverglaçage.
- 4a. Environnement marin sans gel.
- 4b. Environnement marin + gel.
- 5a. Environnement chimique agressif faible.
- 5b. Environnement chimique agressif modéré.
- 5c. Environnement chimique agressif fort.

Le classement en fonction de l'exposition se fait via les essais de durabilité.

3.3. CLASSIFICATION EN FONCTION DE LA DIMENSION MAXIMALE DES GRANULATS.

Le D_{\max} sera, à titre indicatif, choisi parmi les dimensions suivantes :
2 - 4 - 8 - 10 - 14 - 20 - 28 mm.

D_{\max} doit être plus petit que :

1/3 de l'épaisseur à appliquer

1/3 de l'enrobage de l'armature

1/4 de la distance entre barres d'armatures et de l'espace entre le plan des armatures et le support.

3.4. CLASSIFICATION EN FONCTION DES RESISTANCES MECANQUES.

En fonction de la résistance caractéristique f_{ck} sur cube de 150 mm de côté, on distingue les classes suivantes.

Tableau I

Classe de résistance							
	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
f_{ck}	25	30	37	45	50	55	60

Pour les catégories M3 : au moins C 30/37
M4 : au moins C 40/50

4. REGLES DE QUALITE.

4.1. EXIGENCES SUR LE PRODUIT.

4.1.1. Exigences générales.

4.1.1.1. Applicabilité.

Le béton gunité doit être applicable sur support béton aux épaisseurs minimales et maximales définies par le fabricant.

Un béton est considéré comme pouvant être appliqué par gunitage lorsque les critères suivants sont remplis.

- Critère de continuité.

A l'âge de 28 jours, la surface du béton ne peut présenter de fissuration suite au retrait ou à un affaissement.

- Critère de planéité.

Les tolérances en matière de planéité sont

Distance entre points de mesure (m)	Tolérances (mm)
0,4	4
1,0	6

Les irrégularités de surface ne peuvent être supérieures à 20 mm, les mesures étant faites à la règle de 3 m.

- Critère de compacité et d'homogénéité.

Les prélèvements effectués ne peuvent présenter sur l'épaisseur du béton des vides ou fissures dus à un défaut de compacité, des hétérogénéités tels que nids de gravier, etc.

Une stratification du matériau gunité peut néanmoins être tolérée.

- Contrôle sur le produit fraîchement appliqué.

Ce contrôle sert à caractériser l'opération de projection.

* Dosage en eau.

A vérifier uniquement en cas de gunitage par voie sèche.

* Granulométrie.

La granulométrie du produit frais appliqué est déterminée et comparée à la granulométrie du produit avant projection. Ces données constitueront des valeurs indicatives facilitant ultérieurement la vérification d'autres moyens de projection.

(Essais : voir § 6.1.).

- Retrait hydraulique.

En fonction de l'épaisseur et de la composition du béton et du type de gunitage, des investigations complémentaires peuvent être menées en vue d'apprécier la sensibilité du matériau à la fissuration par retrait hydraulique. Une éprouvette spécifique (dalle c), sur support éventuellement plus rigide, est préparée pour mener les investigations complémentaires, consistant essentiellement en une mesure de l'adhérence et des observations visuelles après conservation pendant une durée et à des conditions hygrothermiques à définir.

Remarques.

- Matériel.

Le rapport de l'essai d'applicabilité reprend aussi les paramètres pertinents du matériel de projection utilisé (voir § 6.1).

Le matériel est sélectionné parmi celui repris dans le dossier technique du demandeur et sera similaire à celui utilisé sur chantier.

Des adaptations de pression d'alimentation et de longueur de conduite peuvent néanmoins être envisagées en fonction des conditions d'application réelles, pour autant qu'il puisse être démontré que la vitesse des matières à la sortie de la lance est similaire.

En l'absence de possibilités de mesure directe de la vitesse des matières à la sortie de la lance, les éléments d'appréciation suivants peuvent être considérés :

- * débit de produit;
- * débits d'air et d'eau;
- * pression d'alimentation de l'air;
- * rebond;
- * pression d'alimentation en eau.

- Inclinaison de la dalle.

Au cas où les essais d'applicabilité ont été réalisés sur dalle fixée au plafond, l'agrément porte également sur les surfaces verticales ou faiblement inclinées. Par contre, lorsque les essais d'applicabilité ont été réalisés sur dalle verticale, l'agrément ne porte que sur les surfaces verticales.

4.1.1.2. Adhérence et résistance en traction.

La résistance en traction pour les bétons de catégorie M2, l'adhérence moyenne A28 du béton et les valeurs individuelles A_i28 , mesurées après 28 jours pour les bétons de catégories M3 et M4, doivent satisfaire aux exigences ci-après :

Catégorie M2 : pas de spécification.

La résistance en traction sert de valeur de référence, pour l'évaluation de la résistance aux cycles de gel-dégel des classes d'exposition 2b, 3, 3S et 4.

Catégorie M3.

$$A_{28} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2 = A_{28s}$$

$$A_{i28} \geq 1,0 \text{ N/mm}^2 = A_{i28s}$$

Catégorie M4.

$$A_{28} \geq 2,0 \text{ N/mm}^2 = A_{28s}$$

$$A_{i28} \geq 1,5 \text{ N/mm}^2 = A_{i28s}$$

(Essais et obtention de A_{28} et A_{i28} : voir § 6.2).

Remarque.

- Le nombre 28 succédant à **A** signifie que l'essai est réalisé à 28 jours.
- La lettre **s** signifie qu'il s'agit de valeurs spécifiées.

Note : Les exigences d'adhérence pour les supports en maçonnerie (catégories M3 ou M4) sont fixées par le cahier des charges. De manière générale, le producteur de béton fixe les modalités visant à assurer l'adhérence sur maçonnerie (humidification préalable, remplacement d'une partie du ciment par la chaux, utilisation d'adjuvants en vue d'améliorer la rétention d'eau, utilisation de barbotine d'adhérence spécifique, ...). Ce point sera discuté cas par cas en bureau exécutif.

4.1.1.3. Résistance en compression.

Les résistances en compression σ_c mesurées après 7 et 28 jours doivent satisfaire aux exigences ci-après :

σ_c 7 : à titre d'information et d'identification.

$$\sigma_c 28 \geq f_{ck} + 9$$

f_{ck} est la résistance caractéristique sur cube de 150 mm de côté exigée pour la classe considérée (voir § 3.4).

σ_c 28 est la résistance en compression moyenne mesurée sur 6 cylindres \varnothing 50 x h 50 mm (équivalente à la résistance sur cube de 150 mm).

Remarque.

Le nombre 7 et 28 succédant à σ signifie que l'essai est réalisé à 7 et 28 jours.

(Essais : voir § 6.3.).

N.B. : Il peut être prévu à l'état intact à 28 jours une classe supérieure à la classe revendiquée, en vue de compenser les pertes éventuelles de résistance à long terme (voir § 4.1.1.6).

4.1.1.4. **Teneur en chlorures.**

La teneur en chlorures est de maximum 0,04 % en poids du béton durci sec.

(Essais : voir § 6.4.).

4.1.1.5. **Exigences de durabilité.**

Résistance au gel (pour les classes d'exposition 2b, 3, 3s et 4).

a) **Exigences relatives à la résistance en compression.**

La résistance en compression moyenne doit correspondre aux spécifications du § 4.1.1.3.

(Essais : voir § 6.5.1.).

b) **Exigences relatives à l'adhérence et à la résistance en traction**- **Bétons de catégorie M2.**

La valeur moyenne de résistance en traction doit valoir au minimum 85 % des valeurs obtenues à l'état initial.

- **Bétons de catégories M3 et M4.**

La valeur moyenne d'adhérence mesurée par traction doit valoir au minimum 85 % des valeurs obtenues à l'état initial. Si ce n'est pas le cas, et si la valeur moyenne est supérieure à la valeur moyenne spécifiée, le résultat est considéré comme satisfaisant.

Chaque résultat individuel doit valoir au minimum 85 % de la valeur spécifiée pour les résultats individuels.

L'adhérence résiduelle A_r doit satisfaire aux exigences ci-après.

Catégorie M3.

$$A_r \geq 0,85 \times A_{28}$$

si ce critère n'est pas respecté :

$$A_r \geq A_{28s} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ri} \geq 0,85 \times A_{i28s} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

Catégorie M4.

$$A_r \geq 0,85 \times A_{28}$$

si ce critère n'est pas respecté :

$$A_r \geq A_{28s} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ri} \geq 0,85 \times A_{i28s} = 1,28 \text{ N/mm}^2$$

(Essais : voir § 6.5.1).

4.1.1.6. Identification.

Le béton de gunitage doit être identifié afin de pouvoir procéder au contrôle du suivi de la production et/ou de vérifier ultérieurement par un programme d'essais restreint que le produit livré sur chantier est bien identique à celui qui a subi le programme complet des essais d'agrégation.

a) Identification du béton de base.

Les essais et écarts maxima tolérés pour chaque essai sont repris au § 6.10.1.

b) Identification des adjuvants ajoutés à la lance.

Les essais et écarts maxima tolérés pour chaque essai sont repris au § 6.10.2.

c) Identification du produit appliqué.

- Absorption d'eau.

L'absorption d'eau est mesurée afin de pouvoir contrôler ultérieurement sur prélèvement de chantier la constance du produit et la qualité de l'application.

Critère : ± 10 % par rapport aux valeurs de référence.

(Essais : voir § 6.7).

- Masse volumique sèche.

La masse volumique sèche est également mesurée en vue du contrôle de la qualité de l'application sur chantier (en particulier en cas de présence de structures bimodales).

Critère : ± 5 % par rapport aux valeurs de référence.

(Essais : voir § 6.7).

- Résistance en compression.

Les résultats à prendre en considération pour cet essai sont les résultats obtenus au § 6.3.

Critère : supérieur à 85 % des valeurs de référence.

- Stratification éventuelle du produit appliqué.

Outre les essais repris au § 6.10, la stratification de la couche sera illustrée par un ou plusieurs clichés photographiques d'une section polie représentative, recouvrant toute l'épaisseur de la couche, et prélevée de la dalle à préparer lors des essais d'applicabilité (voir § 6.1. - carotte n° 34).

Ces clichés sont conservés dans le dossier technique du matériau et serviront, le cas échéant, comme référence lors de contrôles ultérieurs de mise en œuvre.

4.1.1.7. Exigences sur les matières premières.

Les matières premières doivent de manière générale satisfaire aux exigences ci-après :

a) Ciment.

Conforme aux spécifications des documents suivants :
NBN 12-001, PTV 600, PTV 601.

b) Agrégats.

Graviers roulés et semi-roulés.

Conformes aux spécifications du PTV 402.
Ils seront au minimum de catégorie C III.

Pierres concassées.

Conformes aux spécifications du PTV 400.
Ils seront au minimum de catégorie C III.

Sables naturels de construction.

Conformes aux spécifications du PTV 401.
Variabilité de la granularité : classe A.
Variabilité de la teneur en fines : classe I.
Qualité des fines : classe a.
Classe CPA : PB.
Classe teneur en coquillages : SA.

Teneur en humidité naturelle.

La teneur en humidité naturelle des granulats pour le gunitage par voie sèche sera inférieure à 0,5 %.

Néanmoins, des teneurs en humidité supérieures sont admises si la durée de conservation du mélange complet est inférieure à 100 min ou en cas d'utilisation d'adjuvants régulateurs de l'hydratation. Elle ne devrait néanmoins pas excéder 5 %.

Proportion d'agrégats concassés.

La proportion d'agrégats concassés doit être maintenue constante afin de ne pas modifier les conditions de transport du mélange dans la conduite d'aménée à la lance.

c) Eau de gâchage.

Conforme aux spécifications de la pr EN 1008.

d) Adjuvants.

Conformes aux spécifications du EN 934-1, EN 934-2 (identification) ou EN 934-5 (performances) et EN ...

e) Additions.

Cendres volantes : conformes aux spécifications de la norme EN 450.

Fumées de silice : conformes aux spécifications de la norme NS 3045 (pr EN 13263-99).

f) Résistance à l'alcali-réaction.

Si la résistance à l'alcali-réaction est revendiquée, il y a lieu de connaître la teneur maximale garantie en alcalis des matières premières utilisées.

g) Remarque.

L'utilisation de matières premières non conformes à ces spécifications ou d'autres types de matières premières est tolérée, pour autant que

1. leur aptitude soit démontrée.
2. les caractéristiques de ces matières soient définies.
3. les modalités de contrôle soient identiques ou similaires.

4.1.2. Exigences spécifiques.

4.1.2.1. Résistance aux produits de déverglaçage (classes d'exposition 3, 3S et 4).

La perte de poids cumulée moyenne des 3 éprouvettes testées est de maximum 0,4 mg/mm².

Si cette exigence n'est pas satisfaite (ou si l'essai n'a pas été effectué), mais que tous les autres critères des exigences générales ont été remplis, le béton peut être néanmoins agréé. Le domaine d'application du béton est cependant limité aux constructions en béton relevant des classes d'exposition 1 et 2 d'après la NBN B15-001 (en environnement humide avec gel, mais sans agents de déverglaçage).

(Essais : voir § 6.5.2.).

4.1.2.2. Résistance à la carbonatation.

La profondeur de carbonatation des carottes ne peut être supérieure à la moitié de la profondeur de carbonatation des barrettes de référence.

Cette exigence doit être satisfaite dans le cadre de travaux de réparation de désordres dus à la corrosion des armatures, et au cas où la couche est prévue pour protéger les armatures.

(Essais : voir § 6.6.).

4.1.2.3. Résistance à la pénétration d'eau.

La pénétration d'eau doit être inférieure à 50 mm.

4.1.2.4. Perméabilité aux chlorures.

A définir.

(Essais : voir § 6.9.).

4.1.2.5. Résistance à l'alcali-réaction.

La susceptibilité à l'alcali-réaction est évaluée, soit par établissement du bilan des alcalis, soit par une étude minéralogique des granulats, soit par un essai en laboratoire.

Il y a lieu de se référer à l'annexe 1.

4.1.2.6. Exigences en relation avec la présence de fibres.

Au cas où le produit est armé de fibres en vue de modifier certaines caractéristiques performantielles, le bureau exécutif établira la nature des essais complémentaires à réaliser, en vue d'évaluer cette modification.

(Voir par exemple : Specification for Sprayed Concrete EFNARC).

4.1.2.7. Absorption d'eau.

La valeur moyenne d'absorption d'eau doit être inférieure à 6 %. Les valeurs individuelles doivent être inférieures à 6,5 %.

(Essais : Voir § 6.7.)

Si $D_{\max} < 8$ mm, les exigences sur l'absorption d'eau sont : $< 6,5$ % (< 7 % sur les valeurs individuelles).

4.2. EXIGENCES SUR LE MATERIEL.

Le matériel de gunitage doit être décrit dans le dossier technique du demandeur.

L'équipement de pompage doit satisfaire aux exigences minimales suivantes :

- L'air comprimé doit être exempt de graisses, huiles, et autres substances susceptibles de nuire à la qualité du matériau projeté. A cet effet, le compresseur doit être équipé d'un déshuileur.
- La conduite doit présenter un diamètre constant approprié au mélange et aux caractéristiques éventuelles des fibres.
- En cas de gunitage par voie sèche :
 - * l'équipement de pompage doit amener le béton à la lance avec un minimum de pulsations;
 - * l'utilisation de produits prédosés est préférable;
 - * le matériel doit être muni d'un dispositif de contrôle continu des adjuvants à la lance en fonction du débit de béton;
 - * les tolérances sur le dosage des adjuvants ajoutés à la lance ne peuvent dépasser 10 %, en plus et en moins, en valeur relative par rapport à la teneur en ciment.
- En cas de gunitage par voie humide :
 - * l'équipement de pompage doit amener le béton à la lance avec un minimum de pulsations;
 - * le matériel doit être muni d'un dispositif de contrôle continu du dosage des adjuvants à la lance, en fonction du débit de béton;
 - * les tolérances sur le dosage des adjuvants ajoutés à la lance ne peuvent dépasser 10 %, en plus et en moins, en valeur relative par rapport à la teneur en ciment.

5. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET MISE EN OEUVRE DES PRODUITS.

5.1. PREPARATION DE SURFACE.

Les considérations décrites ci-après sont essentiellement applicables pour les bétons de catégories M3 et M4.

Dans le cas des bétons de catégorie M2, la préparation de surface a seulement pour objet de permettre la mise en œuvre du béton, en assurant un accrochage suffisant pour que la couche projetée se maintienne en place.

5.1.1. Préparation du béton.

5.1.1.1. Réparations localisées.

- Au préalable, les zones à réparer sont sondées. Toutes les zones où la surface présente des défauts ou des dégradations sont marquées, ainsi que les zones sonnantes creux, celles pour lesquelles la couche d'enrobage est de qualité mécanique insuffisante (désagrégée, sableuse, ...), et celles où le béton contient des produits nocifs pour le béton ou l'acier.
- Après accord du maître d'œuvre ou de son délégué concernant les zones ainsi répertoriées, les bords de celles-ci sont décapés perpendiculairement à la surface du béton, sur une profondeur au moins égale à 3 fois le diamètre du plus gros granulats de béton à projeter. On veillera à ne pas altérer les armatures lors de cette opération.
- Les parties non adhérentes ou de moindre qualité du béton sont éliminées dans la zone ainsi délimitée, jusqu'au béton sain, et sur une profondeur d'au moins 3 fois le diamètre du plus gros granulats. L'élimination a lieu en principe à l'aide d'un marteau pneumatique. Le décapage à la flamme est interdit. Des transitions abruptes d'épaisseur du béton rapporté sont évitées. La profondeur à laquelle le béton doit être décapé dans le voisinage des armatures en cas de dépassivation par carbonatation est précisée dans la suite.

- On procède ensuite au décapage de la surface à traiter de façon à enlever toutes traces d'huile, de graisse, de laitance, les granulats peu adhérents et à obtenir une rugosité de surface suffisante pour garantir une bonne adhérence de la couche rapportée. Si un degré de rugosité plus important est stipulé dans l'aTg, la préparation de surface du béton est réalisée de façon à obtenir la texture prescrite par l'aTg. Les armatures dégagées sont dérouillées au degré prévu dans l'aTg.

Ensuite, les zones à traiter sont dépoussiérées à l'aide d'air comprimé exempt d'huile, ou par un lavage à l'eau sous pression.

D'autres techniques peuvent être utilisées sur approbation du maître de l'ouvrage, pour autant que les résultats soient techniquement équivalents (par ex. méthode hydromécanique avec de l'eau sous très haute pression, ...).

- Après préparation, le support présente une cohésion superficielle au moins égale à l'adhérence exigée par le béton de gunitage. Si cette condition ne peut être satisfaite pour le béton de l'ouvrage à réparer, la cohésion superficielle doit être égale à la résistance en traction de la masse du béton support.
- La surface de béton préparée est convenablement humidifiée, au moins 2 heures avant l'application du béton. Lors de la projection du béton, la surface du béton doit être humide, mais ne peut présenter un aspect brillant (pas de film d'eau en surface).
- Il est obligatoire de prendre les dispositions adéquates pour que tout développement de pression d'eau sous la surface traitée soit évité, avant le durcissement du béton projeté.

Dans tous les cas, et à chaque phase des travaux, il faut tenir compte du fait qu'à **aucun moment, la capacité portante de l'élément à traiter ne peut être mise en danger** (par exemple, suite à une importante diminution de la section, au flambement de l'armature,...).

5.1.1.2. En cas de recouvrement général.

- Les parties non adhérentes ou de moindre qualité du béton, celles où il contient des produits nocifs pour le béton ou l'acier, sont éliminées jusqu'au béton sain, par toute méthode appropriée. Le décapage à la flamme est interdit.

- On procède ensuite au décapage de la surface à traiter de façon à enlever toutes traces d'huile, de graisse, de laitance, les granulats peu adhérents et à obtenir une rugosité de surface suffisante pour garantir une bonne adhérence de la couche rapportée. Si un degré de rugosité plus important est stipulé dans l'aTg, la préparation de surface du béton sera réalisée de façon à obtenir la texture prescrite par l'aTg. Les armatures dégagées sont dérouillées au degré prévu dans l'aTg.

Ensuite, les zones à traiter sont dépoussiérées à l'aide d'air comprimé exempt d'huile, ou par un lavage à l'eau sous pression.

D'autres techniques peuvent être utilisées sur approbation du maître de l'ouvrage, pour autant que les résultats soient techniquement équivalents (par ex. méthode hydromécanique avec de l'eau sous très haute pression, ...).

- Après préparation, le support présentera une cohésion superficielle au moins égale à l'adhérence exigée par le béton de gunitage. Si cette condition ne peut être satisfaite pour le béton de l'ouvrage à réparer, la cohésion superficielle doit être égale à la résistance en traction de la masse du béton.
- La surface de béton préparée est convenablement humidifiée, au moins 2 heures avant l'application du béton. Lors de la projection du béton, la surface du béton doit être humide, mais ne peut présenter un aspect brillant (pas de film d'eau en surface).
- Il est obligatoire de prendre les dispositions adéquates pour que tout développement de pression d'eau sous la surface traitée soit évité, avant le durcissement du béton projeté.
- Des transitions abruptes d'épaisseur du béton rapporté sont évitées. Le cas échéant, les cavités sont au préalable comblées par des projections de béton en première couche.

5.1.2. Protection de l'armature en cas de dépassivation par carbonatation.

(Applicable aux catégories M3 et M4).

Considérations générales.

Les recommandations décrites ci-après concernent les dégâts liés à la corrosion des armatures, due à un défaut d'enrobage et/ou à la carbonatation du béton.

En cas de corrosion provoquée par contamination des chlorures, une procédure spécifique d'intervention est définie, en accord avec le maître d'œuvre.

5.1.2.1. Réparations localisées.

Au cas où l'intervention est limitée à un remplissage de vides, dus à une mise en œuvre ou un comportement déficient du béton, ou à la corrosion des armatures, ou encore à des sollicitations mécaniques, physiques, ou chimiques, les règles générales relatives au décapage du béton autour de l'armature, et à la protection de l'armature par un revêtement, sont identiques à celles développées au § 5.2.1.1. du guide d'agrément n° G0007 : "Mortiers de ragréage à base de liants hydrauliques".

5.1.2.2. Réparations et renforcement avec recouvrement général de la surface par béton gunité.

Si la surface totale de béton est recouverte d'une couche de mortier avec une épaisseur d'au minimum 20 mm (par rapport à la surface initiale du béton), le décapage du béton peut être limité à une simple mise à nu des armatures aux zones où ont lieu les dislocations.

Le décapage doit être mené jusqu'à une profondeur correspondant au dégagement du $\frac{1}{2}$ périmètre antérieur de l'armature, si la corrosion n'affecte pas plus de la moitié antérieure.

Si, par contre, la corrosion affecte plus que la moitié antérieure de l'armature, alors le décapage est réalisé jusqu'au minimum 10 mm derrière l'armature.

La largeur minimale de décapage est de 3 x le diamètre de l'armature, de part et d'autre de l'armature.

Lorsque la surface totale du béton est recouverte d'une couche rapportée dont l'épaisseur est comprise entre 5 et 20 mm, les mêmes principes de décapage sont applicables que sans recouvrement général (voir § 5.2.1.1. du guide d'agrément n° G0007). L'enrobage à considérer est le nouvel enrobage résultant de la mise en œuvre du béton.

5.1.3. Préparation de la maçonnerie.

- La surface à traiter doit être débarrassée des éléments instables et des corps étrangers de manière à être propre et présenter une rugosité suffisante, permettant un bon accrochage de la couche rapportée. En cas de sablage, les réglages de pression et la granularité du sable doivent être adaptés à la friabilité des matériaux à traiter. D'autres techniques peuvent être utilisées sur approbation du maître de l'ouvrage, pour autant que les résultats soient techniquement équivalents. Si l'aTg stipule un degré de rugosité plus important, la préparation de surface de la maçonnerie sera réalisée de façon à obtenir la texture prescrite par l'aTg.
- Avant projection de la surface, les joints doivent être au préalable comblés, les fissures au préalable injectées ou comblées.
- La surface préparée est convenablement humidifiée, au moins deux heures avant l'application du béton. Lors de la projection du béton, la surface doit être humide, mais ne peut présenter un aspect brillant (pas de film d'eau en surface).
- Le cas échéant et afin de réduire les transitions abruptes d'épaisseur, les cavités sont au préalable comblées par des moellons/briques de nature similaire et/ou par des projections de béton en première passe.

5.2. MISE EN PLACE DES ARMATURES.

La mise en place d'armatures technologiques ou de renforcement est décrite dans l'annexe 2.

Le diamètre maximal D des granulats du béton doit être choisi en tenant compte des indications du § 3.3.

Les considérations de l'annexe 2 sont valables pour les bétons non armés de fibres.

En cas de présence de fibres, l'influence de celles-ci sur les manifestations du retrait est déterminée pendant les essais d'applicabilité. Les dimensions, la forme et la concentration des fibres feront partie intégrante de la formulation du béton gunité.

5.3. MISE EN ŒUVRE DU BETON.

5.3.1. Projections.

- Matériel de projection.
Le matériel de projection utilisé est similaire à celui utilisé lors de l'agrément; en particulier, la vitesse du matériau à la sortie de la lance est similaire à celle relevée pendant l'essai d'applicabilité (voir remarques au § 4.1.1.1.). Au cas où un autre type de matériel de projection est utilisé, et pour des chantiers importants, il y a lieu de réaliser un essai préalable de convenance afin d'évaluer l'adéquation du matériel.

- Conditions hygrothermiques de mise en œuvre.
La projection du béton ne peut être effectuée en dehors des conditions limites de température reprises dans l'aTg. En règle générale, sauf indication contraire du fabricant, la température ne peut être inférieure à 5 °C et supérieure à 25 °C.
En cas de basses températures ou de risque de gel, il y a lieu de prendre des mesures adéquates pour favoriser le durcissement, jusqu'à ce que le béton présente une résistance suffisante contre le gel.
La projection est interdite en cas de pluie, si le gunitage ou la surface fraîche du matériau peuvent être altérés.
La projection est interdite en cas de vent fort, si le gunitage peut être altéré. La projection est interdite sur un support gelé.

- La lance de projection doit être dans la mesure du possible maintenue perpendiculairement à la surface à traiter sauf quand il y a lieu d'assurer un bon enrobage de l'acier. En cas de projection sur des surfaces verticales, il y a lieu de commencer par le bas. Sur des surfaces horizontales, il faut éliminer au fur et à mesure les dépôts provoqués par les rebonds, de manière à éviter leur incorporation dans le béton, et une chute de résistance.

- La distance entre la lance et la surface à traiter dépend de la vitesse du matériau à la sortie de la lance.
De manière générale, la distance doit être telle que la perte par rebond soit la plus faible possible.
Si la distance est trop courte, le produit appliqué est continuellement dispersé par le flux.
Si la distance est trop longue, la force d'impact est trop faible pour obtenir une bonne adhérence et compacité.
En général, la distance lance-surface à traiter doit rester dans les limites de 0,5 à 1,5 m.

- Le flux de matériau projeté est régulier, et exempt de variations dues par exemple à des pulsations liées à l'alimentation en produit ou en air comprimé.
- Le dosage de l'eau des raidisseurs, activateurs d'hydratation etc. n'est pas supérieur au dosage maximal prévu dans l'agrément pour la catégorie envisagée.
- L'épaisseur d'une couche est au maximum égale à l'épaisseur de couche relevée dans l'aTg. L'épaisseur minimale par couche ne peut être inférieure à 3 x le diamètre du plus gros granulat.
- Les conduites doivent présenter un diamètre constant, approprié au mélange et aux caractéristiques des fibres; elles doivent être exemptes de vrilles, pliures entre la machine et la lance.
- Le nombre de passes en vue d'obtenir une épaisseur donnée de béton sera le plus faible possible.
- Le fabricant doit donner les délais minima et maxima à respecter pour l'application de deux couches successives.

5.3.2. Coffrages.

Lorsque des arêtes sont à délimiter avec précision, il peut être souhaitable de mettre en place des coffrages. Ceux-ci doivent être disposés de façon à ne pas gêner la projection. Le béton est projeté directement sur la surface à réparer sous une incidence convenable, et le coffrage ne doit en aucun cas servir de subjectile.

En outre, les coffrages doivent être disposés de telle sorte qu'ils ne servent pas de pièges pour les retombées.

Les surfaces coffrées soumises à une reprise de bétonnage sont traitées par sablage après décoffrage.

Produits de décoffrage.

La consistance des produits de décoffrage utilisés sur le coffrage et les guides d'épaisseur doit être telle qu'ils ne soient pas soufflés, ou qu'il y ait risque d'incorporation avec le béton projeté, pendant l'application.

5.3.3. Conditions de surface.

A l'exception de remaniements explicitement prévus dans l'aTg, la surface projetée sera laissée brute de projection, sans être remaniée, afin d'éviter de détruire sa structure et d'altérer ainsi sa qualité. S'il est exigé que cette surface ait un autre aspect, on la traitera avec une couche de finition projetée après durcissement de la couche précédente.

Le remaniement de la surface projetée risque de provoquer des pertes d'adhérence, et une augmentation de la porosité des couches superficielles.

5.3.4. Cure du béton.

La surface du béton gunité doit être protégée contre la dessiccation, pendant au minimum 3 jours.

Il sera ensuite fait référence au tableau 12 de la NBN B15-001.

Les temps mentionnés au tableau 12 sont augmentés de 2 jours pour les classes d'exposition 3, 3S, 4 et 5b et de 3 jours pour la classe d'exposition 5c.

Si le traitement de cure est réalisé par humidification à l'eau, celle-ci doit répondre aux critères de la norme Pr EN 1008.

L'aTg précise les mesures de cure appropriées pour le matériau.

L'emploi de produits de cure entre deux couches successives est interdit, sauf indication contraire dans l'aTg.

5.3.5. Joints de reprise.

Les joints de reprise peuvent être réalisés suivant l'une des procédures suivantes :

- Le bord de la couche rattachée est réalisé lors de la projection ou par remaniement après projection de manière telle que le plan de reprise présente un angle d'environ 30° par rapport au plan de la surface du béton support. Le sens de l'inclinaison est tel qu'il n'y ait pas d'infiltration des eaux provenant des précipitations.
- La partie extérieure de la surface de reprise peut, par remaniement après projection à l'aide d'une latte, être dressée perpendiculairement à la surface du béton, sur une partie de l'épaisseur de la couche rattachée, ou jusqu'au plan des armatures.

Au cas où la projection peut recommencer avant la prise, il n'est pas nécessaire de prévoir des joints de reprise.

6. DESCRIPTION DES ESSAIS.

6.1. APPLICABILITE ET PREPARATION DES EPROUVETTES.

- Support dalle de béton.

Le support dalle en béton armé d'au minimum 1000 x 1000 x 80 mm est conforme au projet de norme EN 1766, type MC (0,4). La dalle est au préalable sablée sur la face d'application (fond de moule) de manière à éliminer la laitance de décoffrage. Elle est ensuite dépoussiérée.

Au cas où le degré de rugosité obtenu par sablage n'est pas suffisant, une autre préparation de surface peut être demandée. Le degré de rugosité à obtenir est décrit le cas échéant dans l'aTg.

La cohésion superficielle vaut au minimum 3,5 N/mm².

- Inclinaison du support.

En principe, les essais d'applicabilité sont réalisés sur dalles fixées au plafond. Pour des bétons applicables uniquement en position verticale, les essais sont réalisés sur dalles placées en verticale.

Dans ce cas, la dalle est posée sur 2 supports d'angle de maximum 5 cm de large, de façon à ce qu'elle se trouve à minimum 10 cm du sol, et que le béton ne puisse trouver appui ni sur les supports, ni sur le sol.

- Epaisseur.

Des calibres latéraux sont utilisés sur les deux longueurs de la dalle, mais pas sur les deux largeurs.

Le produit est appliqué sur 3 dalles :

- * dalle a : épaisseur maximale prévue par le fabricant avec le dosage maximal de raidisseur ou accélérateur (voir fig. II);
- * dalle b : épaisseur maximale prévue par le fabricant avec le dosage minimal de raidisseur ou accélérateur (voir fig. II);
- * dalle c : à définir en bureau exécutif (en vue de mesurer l'effet du retrait hydraulique).

Au cas où l'épaisseur nominale de la couche appliquée est inférieure à 50 mm, il y a lieu de préparer une éprouvette spécifique, pour la réalisation de l'essai 6.3. (Résistance en compression).

- Conditions thermiques.

L'application est effectuée sur les dalles à 20 ± 5 °C, dans un hall fermé.

- Moment de la mise en œuvre du béton au cas où il est acheminé humide.

Le gunitage est effectué au moment correspondant à la durée maximale d'utilisation prévue par le fabricant (100 min minimum, sauf indication contraire).

- Matériel d'application.

Le matériel d'application est celui utilisé sur chantier, éventuellement adapté aux conditions envisagées, pour autant que les paramètres suivants restent constants :

- * homogénéisation des composants, et localisation de celle-ci;
- * vitesse du matériau, à la sortie de la lance (voir remarques du § 4.1.1.1.);
- * type d'homogénéisation de la lance;
- * taux des adjuvants incorporés pendant le gunitage, et localisation de l'incorporation.

- Préparation de surface des supports.

L'applicateur prépare la surface à recouvrir d'après la procédure prévue sur chantier; néanmoins, l'humidification de la surface est réalisée au maximum 2 heures avant le recouvrement.

- Dosage des composants (eau, adjuvants ajoutés à la lance.....).

L'essai d'applicabilité est réalisé aux dosages les moins favorables (teneur maximale en eau,...).

- Conservation.

Les éprouvettes sont conservées :

- * 1 jour dans les conditions d'application, à l'abri du vent;
- * 27 jours à 20 ± 2 ° et 60 ± 5 % d'humidité relative.

- Prélèvement des éprouvettes.

* *Sur béton fraîchement appliqué.*

Immédiatement après l'application, le laboratoire prélève par raclage jusqu'au support, la totalité de béton projeté recouvrant une surface de 20 x 20 cm² de la dalle b en vue de réaliser une analyse granulométrique, comme décrit au § 6.10.1. (voir figure IIb - Zone A). En outre, en cas de gunitage par voie sèche, il sera procédé à une mesure de la teneur en eau sur ce prélèvement.

* *Sur béton durci.*

Le prélèvement des éprouvettes d'essai a lieu par carottage en diamètre 50 ou 113 mm, selon les figures IIa et IIb, entre le 21^{ème} et le 28^{ème} jour suivant l'application.

- Rapport de l'essai d'applicabilité.

Le rapport de l'essai d'applicabilité contient toutes les informations nécessaires en vue de définir les paramètres de mise en œuvre sur chantier :

* Inclinaison du support.

* Epaisseur de couche maximale, avec les dosages maximal et minimal en raidisseur.

* Appareillage utilisé :

- homogénéisation des ingrédients;
- régularité du débit;
- diamètre et longueur de la conduite;
- pour le gunitage par voie sèche :
 - type de lance et d'homogénéisation dans la lance;
 - pression d'alimentation et débit d'air;
 - nature des adjuvants incorporés pendant le gunitage;
 - dosages, et incorporation de l'eau et des activateurs/raidisseurs à la lance;
 - pression d'alimentation en eau;

- pour le gunitage par voie humide :
 - type de lance;
 - type de pompe;
 - pression d'alimentation, débit d'air et localisation de l'entrée d'air sur le trajet du matériau;
 - nature, taux des adjuvants incorporés pendant le gunitage, et localisation de l'incorporation;
 - description des contrôles de dosage.
- * Distance substrat-lance.
 - * (éventuellement) Remaniement de la surface, en vue de satisfaire aux critères de surface (lissage, raclage, talochage, compactage).
 - * Appréciation du rebond (voir annexe 3, réglementaire).

6.2. ADHERENCE ET RESISTANCE EN TRACTION.

6.2.1. Bétons de catégorie M2.

La résistance en traction est mesurée sur les carottes 1 à 6 prélevées de la dalle a. La face supérieure de la carotte est sciée et rectifiée de manière à enlever 1 cm d'épaisseur de la couche nominale (voir fig. I).

La face inférieure de la carotte est sciée et rectifiée de manière à enlever le support et l'épaisseur de couche rapportée nécessaire pour que la hauteur de la carotte soit de 50 mm.

A l'âge de 28 jours, les éprouvettes sont soumises à un essai de traction comme décrit dans la NBN B15-211.

6.2.2. Bétons de catégories M3 et M4.

L'adhérence est mesurée sur les carottes 1 à 6, prélevées des 2 dalles a et b.

Les carottes sont au préalable sciées et rectifiées de manière à présenter de part et d'autre de l'interface support/couche rapportée une hauteur de 40 mm.

Sur les faces d'about sont collées des pastilles métalliques à l'aide d'un adhésif approprié.

A l'âge de 28 jours, les éprouvettes sont soumises à un essai de traction, selon la direction normale aux surfaces collées, comme décrit dans la norme Pr EN 1542.

On note la contrainte de rupture et le type de rupture : dans la couche rapportée, à l'interface couche rapportée/béton, dans le béton etc.

Si la rupture a lieu dans la colle, le résultat obtenu n'est pas considéré, et le laboratoire exécute une nouvelle série de mesures, avec un adhésif approprié.

Les résultats permettent d'obtenir :

- La valeur moyenne de l'adhérence après 28 jours : A_{28} .
 Cette valeur moyenne est calculée à partir des 6 valeurs individuelles.
 Néanmoins, si l'une des valeurs individuelles est inférieure aux spécifications, on ne tient pas compte de cette valeur, et on élimine en outre la valeur supérieure.
 On considère alors uniquement les 4 valeurs restantes, et leur moyenne.
- Les valeurs individuelles de l'adhérence après 28 jours : A_{i28} .

Remarque.

Si jugé nécessaire par le bureau exécutif, les essais d'adhérence sur béton gunité en forte épaisseur seront réalisés après une période de conservation plus longue, afin d'évaluer l'effet du retrait hydraulique (dalle c).

6.3. RESISTANCE EN COMPRESSION.

La résistance en compression est mesurée sur les carottes 7 à 18, prélevées de la dalle a.

La face supérieure de la carotte est sciée et rectifiée, de manière à enlever 1 cm d'épaisseur, de la couche nominale (voir figure I).

La face inférieure de la carotte est sciée et rectifiée de manière à enlever le support et l'épaisseur de couche rapportée nécessaire pour que la hauteur de la carotte soit de 50 mm.

Si l'enlèvement de la couche supérieure de 1 cm empêche l'obtention de carottes de 50 mm de hauteur, on procédera à l'enlèvement d'une couche de plus faible épaisseur.

A l'âge de 7 (carottes 7 à 12) et de 28 jours (carottes 13 à 18), les éprouvettes sont soumises à un essai de compression, comme décrit dans la norme NBN B15-220; avant essai, la masse volumique apparente est déterminée.

Remarque.

Au cas où l'épaisseur nominale de la couche appliquée sur la dalle a est inférieure à 50 mm, il y a lieu de préparer les carottes hors d'une pièce d'essai de 100 mm d'épaisseur constituée par gunitage sur une dalle de béton de 300 x 300 mm et d'au moins 40 mm d'épaisseur, munie d'un coffrage. La dalle est placée en verticale. Le prélèvement des éprouvettes a lieu dans les 2/3 centraux.

6.4. TENEUR EN CHLORURES.

La teneur en chlorures est mesurée comme décrit dans la norme NBN B15-250, sur un échantillon provenant du broyage de la carotte n° 7 prélevée sur la dalle b.

Le support est, préalablement au broyage, enlevé par sciage.

6.5. DURABILITE.

Les mesures de durabilité sont réalisées sur des carottes prélevées de la dalle a.

6.5.1. Résistance au gel.

Douze éprouvettes (les carottes 19 à 30) sont préparées et conservées de la même manière que celles utilisées pour la mesure de l'adhérence ou de la résistance en traction.

A l'âge de 28 jours, elles sont soumises à l'essai de gélivité selon les directives suivantes :

Conditions de conservation.

Les carottes sont conservées 14 jours supplémentaires à 20 ± 2 °C et 60 ± 5 % d'humidité relative : à la fin de cette période des pesées successives à 24 heures d'intervalle doivent accuser **des différences de masse inférieures à 0,05 %** de la masse de l'éprouvette déterminée lors de la dernière pesée.

Immersion des éprouvettes.

L'éprouvette est immergée dans un bac à eau en la posant sur des appuis et en veillant à ce que toutes ses faces soient en contact avec l'eau.

L'immersion se prolonge jusqu'à obtention de la masse humide constante.

On considère que la masse constante est atteinte lorsque 2 pesées effectuées à 24 heures d'intervalle accusent une différence de masse inférieure à 0,1 % de la masse de l'éprouvette obtenue lors de la dernière pesée.

On procède à la pesée de l'éprouvette humide, toutes les 24 heures, avec une précision de 0,05 % et en respectant le mode opératoire suivant : sortir l'éprouvette de l'eau, l'essuyer avec une peau de chamois humide de manière à la débarrasser de son eau superficielle et procéder à la pesée de l'éprouvette.

Procédure d'essai.

- L'essai est exécuté selon le point 6 de la NBN B15-231 (1987) (méthode longue) excepté que le nombre d'éprouvettes est de 12 au lieu de 5. Le nombre de cycles selon NBN B05-203 (1977) est de 14.
- Les éprouvettes font l'objet des observations décrites au point 7 de la NBN B15-231 (1987).
- Après le 14^{ème} cycle, les éprouvettes sont conservées pendant 7 jours à 23 ± 2 °C et 50 ± 5 % d'humidité relative. On procède ensuite à la mesure de l'adhérence par traction selon le point 6.2. sur les éprouvettes 19 à 24 (pour les bétons de catégories M3 et M4), à la mesure de la résistance en traction selon le point 6.2. sur les éprouvettes 19 à 24 (pour les bétons de catégorie M2) et à la mesure de la résistance en compression selon le point 6.3. pour les éprouvettes 25 à 30.

6.5.2. Essai de résistance à l'écaillage des surfaces soumises à des agents chimiques dégivrants.

Le demandeur peut ne pas faire exécuter cet essai.

L'essai est réalisé sur les carottes A, B et C (voir figure IIa) de \varnothing 113 mm (surface : 100 cm²).

Elles sont prélevées entre le 21^{ème} et le 28^{ème} jour et rectifiées comme décrit en figure I.

Elles restent conservées jusqu'à l'âge de 28 jours à 20 ± 2 °C et 60 ± 5 % d'humidité relative, l'essai ne débutant que sur des éprouvettes de 28 jours d'âge.

L'essai est ensuite conduit conformément au projet de norme ISO/DIS 4846.2, en réalisant 25 cycles.

6.6. RESISTANCE A LA CARBONATATION.

L'essai est réalisé sur 2 séries d'éprouvettes :

- 3 barrettes d'un mortier de référence (barrettes à référence);
- 3 carottes 31 à 33 prélevées de la dalle a (voir figure IIa).

L'essai est réalisé comme décrit dans la pr EN 13295 "Resistance to Carbonatation" mais adapté de la manière suivante.

Les carottes sont prélevées de la dalle a entre le 21^{ème} et le 28^{ème} jour et conservées avec la dalle jusqu'à 28 jours.

Les carottes sont ensuite emballées sous feuille plastique et conservées à 20 ± 2 °C jusqu'au début de l'essai de carbonatation accélérée.

Les barrettes de mortier de référence sont préparées au laboratoire avec un mortier standardisé d'après la norme EN 196 partie I avec du ciment CEM I 42,5 et conservées de manière identique à la conservation décrite pour les mortiers.

Les faces en contact avec le moule sont abrasées à l'aide de papier abrasif, de manière à enlever toute trace d'huile de démoulage.

Les éprouvettes sont soumises à un essai de carbonatation accélérée à une concentration de CO₂ de 10 %.

Les mesures de profondeur de carbonatation sont effectuées après 28 jours, 2 mois et 3 mois, sur l'épaisseur nominale (voir figure I).

6.7. ABSORPTION D'EAU.

L'essai est réalisé sur les carottes 34 à 39 de la dalle a (voir figure IIb), forées entre le 21^{ème} et le 28^{ème} jour.

Le support est enlevé par sciage. Les carottes sont rectifiées comme indiqué en figure I.

Elles sont conservées à 20 ± 2 °C et 60 ± 5 % d'humidité relative jusqu'à l'âge d'au minimum 28 jours.

Ensuite, les carottes sont soumises à l'essai suivant la norme NBN B15-215 (excepté la dimension des carottes). La masse volumique sèche des carottes est également déterminée par mesure des dimensions géométriques des éprouvettes.

6.8. PERMEABILITE A L'EAU.

La perméabilité à l'eau est déterminée comme décrit dans la EN 7031 sur les carottes 8, 9 et 10 prélevées de la dalle b (voir figure IIb).

Il y a lieu de rectifier les carottes comme indiqué en figure I.

6.9. PERMEABILITE AUX CHLORURES.

Mode opératoire à définir.

6.10. IDENTIFICATION ET TOLERANCES (PAR RAPPORT AUX VALEURS DE REFERENCE).

6.10.1. Identification du béton de base.

	Bétons préparés en usine, acheminés secs	Bétons préparés en usine, acheminés humides
<p><u>Sur composants liquides</u> (Voir remarque 1)</p> <p>Teneur en sec (%)</p> <p>Masse volumique (g/cc)</p> <p>Spectre infrarouge sur le résidu sec</p> <p>Dosage</p>	<p>EN 480-8 ($\pm 5 \%$)</p> <p>EN 480-7 ($\pm 0,03$ si $> 1,10$ - $\pm 0,02$ si $< 1,10$) ISO 758</p> <p>EN 480-6 : les principales bandes d'absorption doivent correspondre en position et en intensité relative</p> <p>Tolérances fixées par le fabricant</p>	
<p><u>Sur composant solide</u></p> <p>Granulométrie</p> <p>Granulométrie laser sur $< 80 \mu$</p> <p>Perte au feu sur $< 80 \mu$</p> <p>Spectre IR sur $< 80 \mu$</p> <p>Analyse chimique sur $< 80 \mu$ (perte au feu, CO₂, insoluble dans HCl, SiO₂ soluble, R₂O₃ solubles, CaO soluble, SO₃, MgO soluble)</p> <p>Présence de fibres et caractéristiques géométriques</p>	<p>Pr EN 12192-1 à réaliser</p> <p>Prise d'essai de 5 g, pendant 30 min à 500 °C ($\pm 1 \%$ en valeur absolue)</p> <p>A réaliser sur le polymère extrait, uniquement en cas de présence de polymères</p> <p>Les principales bandes d'absorption doivent correspondre en position et en intensité relative</p> <p>NBN B15-250 ($\pm 10 \%$)</p> <p>Observation visuelle (si présence de fibres)</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

	Bétons préparés en usine, acheminés secs		Bétons préparés en usine, acheminés humides	
Teneur en fibres	Tamisage ($\pm 10\%$) (si présence de fibres) (voir annexe 6)		-	
Spectre infrarouge sur les fibres	Les principales bandes doivent correspondre en position et en intensité relative (si présence de fibres)		-	
Teneur en matières solubles dans l'eau	A réaliser uniquement si le béton est du type CC Mode opératoire décrit en remarque 2 ($\pm 10\%$)		-	
Spectre infrarouge sur les matières solubles dans l'eau	Les principales bandes doivent correspondre en position et en intensité relative		-	
Sur mélange durci (moyenne d'au moins 3 éprouvettes)	Mortiers Micro-bétons (mortiers)	Bétons	Mortiers Micro-bétons (mortiers)	Bétons
Préparation des éprouvettes (malaxage selon les directives du producteur)	EN 196-1	NBN B15-236 et B15-237	EN 196-1	NBN B15-236 et B15-237
Conservation des éprouvettes	CC : 28 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 % PCC : 7 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 % puis : 21 j à 20 ± 2 °C/HR $60 \pm 5\%$	CC : 28 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 % PCC : 7 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 % puis : 21 j à 20 ± 2 °C/HR $60 \pm 5\%$	CC : 28 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 %	CC : 28 j à 20 ± 2 °C/HR > 90 %
Masse volumique à 28 jours à l'état naturel avant essai d'écrasement	NBN B14-218 ($\pm 5\%$)	NBN B15-221 (cubes de 150 mm)	NBN B14-218 ($\pm 5\%$)	NBN B15-221 ($\pm 5\%$)
Absorption d'eau	NBN B15-215 ($\pm 10\%$)	NBN B15-215 ($\pm 10\%$)	NBN B15-215 ($\pm 10\%$)	NBN B15-215 ($\pm 10\%$)
Résistance en compression à 28 jours	NBN EN 196-1 (> 85 % des valeurs de référence)	NBN B15-220 (> 85 % des valeurs de référence) (cubes de 150 mm)	NBN EN 196-1 (> 85 % des valeurs de référence)	NBN B15-220 (> 85 % des valeurs de référence) (cubes de 150 mm)
à 1 jour	Informatif	Informatif	Informatif	Informatif

	Bétons préparés en usine, acheminés secs		Bétons préparés en usine, acheminés humides	
	Mortiers	Bétons	Mortiers	Bétons
à 7 jours	Informatif (si identification rapide : > 90 % des valeurs de référence)	Informatif (si identification rapide : > 90 % des valeurs de référence)	Informatif (si identification rapide : > 90 % des valeurs de référence)	Informatif (si identification rapide : > 90 % des valeurs de référence)
Retrait	-	-	NBN B14-217 Retrait maximal : 120 % des valeurs de référence	NBN B15-216 Retrait maximal : 120 % des valeurs de référence
Analyse chimique (perte au feu, CO ₂ , insoluble dans HCl, SiO ₂ soluble, R ₂ O ₃ solubles, CaO soluble, SO ₃ , MgO soluble)	-	-	NBN B15-250 (± 10 %)	NBN B15-250 (± 10 %)
Essai en relation avec la présence de fibres	-	-	A définir avec le fabricant	A définir avec le fabricant
<u>Sur mélange frais</u>			A définir avec le fabricant parmi les normes reprises dans la NBN B15-001	
Consistance (directement après homogénéisation et ensuite après maintien pendant 100 min à 20 °C)	-	-	NBN B15-210	
Granulométrie	-	-	NBN B15-210	
Teneur en eau	-	-	NBN B15-210	

6.10.2. Identification des adjuvants ajoutés à la lance.

La liste des essais est celle reprise au § 6.10.1 "Identification sur composants liquides".
Les adjuvants disposant de la marque BENOR ne sont pas soumis aux essais d'identification.

6.10.3. Identification du béton appliqué.

	Méthode d'essai	Critère
Temps de prise	A définir avec le titulaire de l'agrément	(à définir)
Résistance en compression	§ 6.3 du guide	> 85 % (90 % pour les essais à 7 jours) des valeurs de référence
Absorption d'eau	§ 6.7 du guide	± 10 % en valeur relative par rapport aux valeurs de référence
Masse volumique sèche	§ 6.7 du guide	± 5 % en valeur relative par rapport aux valeurs de référence

- Remarque 1 :**
- Essais à réaliser uniquement s'il s'agit de composants liquides formulés par le producteur.
 - Les composants disposant de la marque BENOR ne sont pas soumis aux essais d'identification.

Remarque 2 : Détermination de la teneur en matières solubles.

Teneur en matières solubles.

Une prise d'essai d'environ 10 g est portée dans 100 ml d'eau désionisée, contenant 1 ml de méthanol.

Le mélange est porté à ébullition pendant 5 min, et versé dans un jaugé de 250 ml.

On porte au trait de jauge, avec de l'eau désionisée.

Après décantation, la suspension est filtrée.

Les 25 premiers ml de filtrat sont rejetés.

On prélève ensuite 100 ml, qui sont évaporés à une température de 100-105 °C.

La teneur en matières solubles est donnée par la relation
$$\dots\dots\dots a = \frac{2,5 \times b}{c} \times 100$$

dans laquelle a = teneur en matières solubles (%);

b = résidu sec (en g);

c = masse de la prise d'essai (g).

Ecart maximum : ± 10 % relatifs par rapport aux valeurs de référence.

Remarque 3 : Essais d'identification des bétons préparés sur chantier ou semi-préparés en usine :

- gunitage par voie sèche : mêmes essais que bétons préparés en usine, acheminés secs;
- gunitage par voie humide : mêmes essais que bétons préparés en usine, acheminés humides.

6.11. ESSAIS EN RELATION AVEC LA PRESENCE DE FIBRES.

A définir par le bureau exécutif.

7. PRESENTATION DES PRODUITS.

La description des produits et de la technologie de mise en œuvre est reprise dans des fiches techniques.

Les informations minimales suivantes sont consignées :

- le nom du produit;
- la classification en fonction du § 3;
- le nombre de composants et ratio de mélange de composants, le dosage en eau;
- les noms et adresse du fournisseur ou du fabricant, ou marque de l'usine;
- l'épaisseur maximale applicable par couche;
- le numéro de fabrication;
- la date d'emballage, la durée de conservation, les conditions de stockage pour les produits acheminés secs;
- la durée pratique d'utilisation, pour les produits acheminés humides;
- les indications appropriées concernant le matériel de mise en œuvre :
 - * procédure;
 - * débit du produit;
 - * débit et pression d'alimentation en air;
 - * etc.;
- le numéro et le sigle de l'agrément.

8. CONTROLES DE QUALITE.

Le produit et la technique de mise en œuvre ne peuvent faire l'objet d'un agrément avec certification que si la fabrication du produit de base et la technologie de mise en œuvre sont soumises à un autocontrôle et à un contrôle externe par un organisme indépendant agréé par les organes de l'UBA_{tc}.

Le contrôle de qualité porte

- sur le béton de base;
- sur la technologie de mise en œuvre.

8.1. CONTROLE SUR LE BETON DE BASE.

8.1.1. Bétons provenant d'usines de fabrication de béton en silos ou en sacs (bétons acheminés secs).

Notes préalables.

1. La nature et la fréquence des contrôles (internes et externes) mentionnés ci-dessous ne doivent pas faire double emploi avec les contrôles effectués pour un même composant dans le cadre d'un agrément technique aTg.
2. En cas de réduction importante de la production ou en cas d'arrêt momentané, l'organisme de contrôle peut, avec l'accord préalable du bureau exécutif, adapter la fréquence des visites.

8.1.1.1. Autocontrôle dans l'usine productrice.

a) Généralités.

Les trois conditions suivantes doivent être remplies :

- le laboratoire de l'usine réceptionne effectivement les matières premières;
- les postes de fabrication ayant une influence sur la qualité des produits finis sont régulièrement contrôlés;
- le laboratoire de l'usine vérifie que la qualité des produits est constante et que les produits satisfont aux exigences de l'Agrément.

b) Réception des matières premières et constituants..

Nomenclature et fréquence minimale indicative des essais d'autocontrôle.

Toutes les données techniques concernant les matières premières, que celles-ci soient certifiées par le fournisseur ou testées à partir d'un propre contrôle industriel, doivent être enregistrées (ciments, granulats, émulsions, polymériques, adjuvants, additifs, résines, ...). Les données certifiées par le fournisseur ne doivent pas faire l'objet d'essais de réception propres.

Compte tenu de la variété des matières premières pouvant entrer dans la composition d'un composant, une liste d'essais a été établie en fonction de la classe chimique de la matière première.

- Matières premières minérales inertes (granulats).
 - * granulométrie;
 - * nature;
 - * teneur en humidité.

- Matières premières minérales réactives (liants hydrauliques).
 - * composition chimique (teneur en clinker, laitier de haut fourneau, cendres volantes siliceuses, calcaire, anhydride sulfurique, chlorures);
 - * perte au feu;
 - * temps de prise;
 - * résistance mécanique à 28 jours.

- Matières premières organiques liquides (émulsions polymériques, adjuvants, ...).
 - * masse volumique;
 - * extrait sec;
 - * test spécifique à la fonction;
 - * viscosité.

- Matières premières organiques solides (fibres, ...).
 - * nature;
 - * caractéristiques géométriques.

Les données techniques doivent être fournies pour chaque lot de livraison ou de fabrication.

c) Contrôles sur la chaîne de fabrication.

Le fabricant doit disposer de moyens (équipements de contrôle, personnel, instruction au personnel) suffisants et significatifs sur les postes de fabrication.

Les contrôles sur chaîne ont pour but de constater sans retard des écarts pouvant influencer les caractéristiques du produit fini.

Ces contrôles, qui suivent la cadence de production, portent

- sur les dosages des diverses matières premières;
- sur des paramètres de réglage de diverses parties de la chaîne de fabrication;
- éventuellement, sur des caractéristiques du produit en cours de fabrication ou venant juste d'être fabriqué.

d) Contrôle sur composant.

Ce contrôle a pour but de s'assurer que la qualité des composants est conforme à celle exigée par l'agrément et d'éliminer de la commercialisation les fractions de la fabrication reconnues comme défectueuses.

Il convient de distinguer parmi les essais servant à ce contrôle :

- les essais à effectuer en sortie de chaîne;
- les essais à effectuer suivant une périodicité plus longue (ou suivant une plus faible fréquence).

Le tableau II ci-après reprend la liste des contrôles de sortie de chaîne et des contrôles périodiques.

Remarques.

- Lot de production : à définir en fonction des moyens de production, avec un maximum de 8 h de production continue, et 150 tonnes.
- Le schéma de l'autocontrôle repris dans les points a à d représente le schéma normal du contrôle interne. Celui-ci peut être adapté éventuellement après discussion avec le fabricant, moyennant justification de sa part. La décision finale est prise par le bureau exécutif.

e) Enregistrement des résultats de l'autocontrôle.

Les résultats de l'autocontrôle doivent être enregistrés. L'enregistrement doit tenir compte du mode de production et de contrôle selon le degré d'automatisme.

Les registres doivent être conservés pendant 10 ans au moins.

Tableau II**Bétons préparés en usine, acheminés secs****CONTROLE SUR LES COMPOSANTS FINIS DU BETON DE BASE**

Nature des essais	Bétons préparés en usine, acheminés secs
Identification basée sur la composition Teneur en sec Masse volumique Spectre IR Granulométrie Présence de fibres Analyse des composants minéraux (< 80 µ) Granulométrie laser (< 80 µ) Teneur en matières solubles Poids net des composants	a(L), c(L) a(L), c(L) c(L), c(s)(*) a(S), c(S) b(S), c(S) c(s) c(s) c(s) a; c
Identification basée sur le mélange frais Temps de prise	b(Mf), c(Mf)
Identification basée sur les caractéristiques à l'état durci Résistance en compression Absorption d'eau Masse volumique Teneur en chlorures	a(M), c(M) b1(M), c(M) a(M), c(M) c(M)

Essais réalisés sur :

- le mélange frais ou durci : Mf et M;
- sur les composants solide et liquide : S et L (les essais sur le composant liquide ne sont à réaliser que s'il s'agit d'un composant formulé);
- sur le passant à 80 µ du composant solide : s.

(a) : autocontrôle sur composant à chaque lot de production.

(b) : contrôle périodique (par 5 lots).

(b1) : contrôle périodique (1 fois par mois ou au moins 1 fois par chantier).

(c) : contrôle en laboratoire extérieur.

(*) : sur le polymère extrait au passant à 80 µ, ou sur les matières solubles dans l'eau si le matériau ne contient pas de polymères.

8.1.1.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant du fabricant.

a) Vérifications.

a) 1- En l'absence de certification du système de fabrication.

But des contrôles.

Les contrôles sont destinés à s'assurer de la qualité et de la véracité de l'autocontrôle.

Ils doivent être réalisés conformément aux règles de l'agrément.

Fréquence des visites de contrôle.

Hormis le cas de modification d'un produit certifié, de production discontinuée ou d'arrêt d'une production, le contrôle externe comporte en principe 6 visites par année.

Nature des contrôles.

Lors de chaque visite de contrôle, le délégué de l'organisme de contrôle effectue les tâches ci-après dont la liste n'est pas exhaustive.

- Il procède à la vérification des registres de contrôle et de leur contenu.
- Il assiste aux mesures et essais de contrôle en cours au moment de sa visite, dans le cadre de l'autocontrôle industriel.
- Il vérifie si les procédures sont correctes et si les résultats obtenus sont comparables à ceux consignés au cours de l'autocontrôle; si tel n'était pas le cas, il demande des explications sur les divergences.
- Il contrôle les lieux de stockage et, le cas échéant, les modes d'emballage.
- Il s'assure de l'identification correcte des produits et des documents y afférents.
- Il contrôle les mesures correctives afférentes à la production et suit l'application de décisions prises concernant les sanctions éventuelles.

a) 2- En cas de certification du système qualité, par un certificateur reconnu par l'UBAtc.

Au cas où le fabricant dispose d'un système qualité certifié selon la série des normes ISO 9000, le nombre de visites de l'organisme de contrôle se limite à 4 par année, sauf pour la 1^{ère} année, pour laquelle 6 visites par année sont prévues.

Ceci est d'application, pour autant que les conditions suivantes soient satisfaites.

- Le système qualité certifié doit comprendre le processus de fabrication du (des) produit(s) concerné(s) par l'agrément.
- Le contrôle de production (autocontrôle) dans le cadre du système qualité doit être réalisé conformément aux règles de l'agrément, tant au niveau du type des essais et des critères exigés, que de leur fréquence.
- L'organisme ayant délivré la certification doit être reconnu par l'UBAtc.
- L'UBAtc doit être mis au courant de la partie des audits de suivi concernant le(s) produit(s) faisant l'objet de l'agrément. A partir de cette information, il doit être possible de vérifier si l'autocontrôle est en conformité avec les exigences reprises dans la "Convention d'Agrément Technique avec Certification", Doc A/G 35.

Lorsque l'agrément est demandé par un producteur obtenant la certification ISO pendant la période d'instruction ou pendant la durée de validité de l'agrément, le nombre de visites de l'organisme de contrôle est de 6, pendant les 2 premières années suivant l'octroi de la certification.

L'objet des contrôles sera essentiellement de vérifier que les procédures d'autocontrôles permettent de rencontrer les exigences de l'agrément.

b) Nomenclature et fréquence des essais de contrôle extérieur.

L'organisme de contrôle fait procéder 2 fois par an à des prélèvements, sur chantier ou chez un distributeur pour faire procéder aux essais de contrôle définis au tableau II, selon les méthodes d'essais définies au § 6.10.

La fréquence des essais est telle que l'éventail complet est entièrement couvert après 1 an, pour autant qu'il y ait des chantiers.

8.1.2. Bétons provenant de centrales à béton (bétons acheminés humides).

8.1.2.1. Autocontrôle dans la centrale à béton.

Les prescriptions relatives au personnel, à l'équipement et aux installations, au dosage des matériaux constitutifs et au malaxage sont définies dans la NBN B15-001 et les prescriptions du règlement particulier d'usage et de contrôle de la marque BENOR dans le secteur du béton relevant de la NBN B15-001, et tout document normatif du CRIC-CERTIFICATION y relatif.

Les bétons livrés par la centrale sont du type "bétons à performances" avec prescriptions complémentaires de composition qui sont définies dans le dossier technique de l'aTg et dans la convention de certification relative à l'aTg.

Cette composition doit être décrite et enregistrée dans un dossier technique qui décrit aussi les procédures de dosage.

Les spécifications portent sur les données figurant au § 8.3 de la NBN B15-001, à savoir

- dosage en ciment;
- type de ciment, origine et classe de résistance;
- classe de consistance du béton frais, rapport E/C;
- type de granulats;
- dimensions nominale, maximale et granulométrie des granulats;
- type, quantité et origine des adjuvants et additions.

a) Généralités.

Les mêmes principes de base sont applicables que ceux définis au § 8.1.1.1.a.

b) Réception des matières premières et constituants, contrôle sur la chaîne de fabrication.

Les principes sont définis par la pr EN 206-1 et les prescriptions du règlement particulier d'usage et de contrôle de la marque BENOR dans le secteur du béton relevant de la NBN B15-001, et tout document normatif de l'organisme de certification CRIC.

c) Contrôle sur le produit tel que livré par la centrale.

Ce contrôle a pour but de s'assurer que la qualité du béton de base est conforme à celle exigée par l'agrément et d'éliminer de la livraison les fractions de la fabrication reconnues comme défectueuses.

Il convient de distinguer parmi les essais servant à ce contrôle :

- les essais à effectuer à fréquence élevée;
- les essais à effectuer suivant une périodicité plus longue (ou suivant une plus faible fréquence).

Le tableau III reprend la liste des contrôles.

Remarques

- Le schéma de l'autocontrôle repris dans les points a à c représente le schéma normal du contrôle interne. Celui-ci peut être adapté éventuellement après discussion avec la centrale moyennant justification de sa part.

La décision finale est prise par le bureau exécutif.

d) Enregistrement des résultats de l'autocontrôle.

Les résultats de l'autocontrôle doivent être enregistrés.

Les registres doivent être conservés pendant 10 ans au moins.

Tableau III**Bétons provenant de centrales à béton, acheminées humides****CONTROLE SUR LE BETON DE BASE**

Nature des essais	Bétons préparés en usine, acheminés humides	
	autocontrôle	contrôle en laboratoire extérieur (1 fois par année)
Identification basée sur le mélange frais		
Granulométrie	b	c
Teneur en eau (par calcul)	a	-
Teneur en eau (par séchage)	b	c
Consistance (prélèvement chantier)	b	c
Identification basée sur les caractéristiques à l'état durci		
Résistance en compression (cube de 150 mm)	b	c
Analyse chimique	-	c
Absorption d'eau (cube de 150 mm)	b1	c
Masse volumique (cube de 150 mm)	b	c
Teneur en chlorures	-	c
Retrait	-	c
Essai en relation avec la présence de fibres	-	c
		Voir § 8.1.1.2.b

(a) : autocontrôle à fréquence élevée : 4 fois par jour.

(b) : autocontrôle périodique (1 fois par jour de production et au moins 1 fois par chantier).

(b1) : autocontrôle périodique (1 fois par mois, et au moins une fois par chantier).

(c) : contrôle en laboratoire extérieur.

8.1.2.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant de la centrale.

Les mêmes principes sont applicables que ceux définis au § 8.1.1.2.

Cependant, le contrôle externe comporte 2 visites par trimestre et par centrale dans le cas des centrales sans BENOR, et 1 visite par trimestre et par centrale dans le cas des centrales avec BENOR.

En cas d'absence de production d'une durée supérieure à 1 mois pour une centrale non BENOR et supérieure à 2 mois pour une centrale BENOR, les visites sont suspendues mais la centrale doit avertir l'organisme de contrôle préalablement à une reprise de production de manière telle que 1 visite puisse avoir lieu au moins pendant la 1^{ère} semaine de production.

L'organisme de contrôle doit avoir accès à tous les documents de fabrication, de contrôle et aux installations de dosage.

Pour les essais de contrôle en laboratoire extérieur il est fait référence au tableau III.

8.1.3. Dispositions générales pour l'appréciation de l'autocontrôle industriel et du contrôle externe.

Sauf indication contraire mentionnée ci-dessus, les modes opératoires utilisés pour la réalisation des essais d'autocontrôle industriel et de contrôle externe ainsi que les exigences et écarts admissibles par rapport à la valeur nominale sont définis au § 6. du présent guide d'agrément. A défaut, une corrélation sera établie entre les méthodes internes et les méthodes spécifiées, sur un même lot de production.

8.1.3.1. Appréciation de l'autocontrôle industriel.

De manière générale et en tous cas pour les essais fournissant un résultat "immédiat", la règle suivante est d'application :

Les résultats des essais d'identification sont interprétés individuellement par le fabricant.

S'ils ne sont pas conformes, il procède immédiatement à une nouvelle prise et recommence l'essai en question sur le témoin du premier échantillon ainsi que le deuxième échantillon.

Si, cette fois, les deux résultats sont conformes, il accepte le lot.

Si un des deux résultats n'est toujours pas conforme, l'unité de production (lot) est enregistrée dans le registre des lots non conformes et éliminée selon la législation en vigueur.

Pour les essais dont les résultats sont différés (résistance à la compression, absorption d'eau), si le producteur constate après la livraison la non conformité, la règle suivante est d'application: il doit en informer immédiatement le client ainsi que l'organisme de contrôle en mentionnant les raisons de la non conformité et les quantités présumées non conformes, de manière à permettre des essais complémentaires éventuels sur le matériau mis en œuvre in situ.

8.1.3.2. Appréciation du contrôle externe.

Si les résultats des essais effectués en laboratoire extérieur ne sont pas conformes, l'organisme de contrôle demande des explications au producteur. Il peut également faire procéder à un ou des essais complémentaires en accord avec le producteur et aux frais de ce dernier. Ces essais sont réalisés sur l'échantillon litigieux et sur au moins un autre échantillon prélevé sur site par l'organisme de contrôle.

Si aucune explication de la non-conformité n'a pu être trouvée, le cas est examiné par le bureau exécutif qui peut proposer au groupe spécialisé de suspendre ou retirer l'agrément pour une période déterminée afin de s'assurer que les produits livrés n'ont pas eu d'influence défavorable au cours de leur utilisation antérieure. Il ne sera par ailleurs plus tenu compte de la certification "système" du producteur, et la procédure appliquée sera celle pour un fabricant sans certification "système". Si le fabricant n'est pas le titulaire de l'agrément, il sera rayé de la liste des fabricants reconnus par le titulaire.

Afin d'accélérer le traitement de non conformités de moindre gravité, l'organisme de contrôle peut également prendre toute mesure adéquate, ce qui sera signalé dans le rapport de visite.

(Voir Article 14 du règlement général AG7).

8.2. CONTROLE SUR LA TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE.

8.2.1. Contrôle sur les adjuvants de gunitage.

8.2.1.1. Adjuvants provenant du producteur de béton de base.

Ceci est habituellement le cas pour les bétons provenant d'usines de fabrication de béton en silos ou en sacs (bétons acheminés secs).

Les modalités des contrôles interne et externe sont celles définies au § 8.1.1.1. sur les composants liquides.

8.2.1.2. Adjuvants provenant du producteur d'adjuvants.

Ceci est habituellement le cas pour les bétons provenant de centrales à béton (bétons acheminés humides). L'autocontrôle est réalisé selon les modalités du § 8.1.1.1. applicables aux composants liquides.

Le contrôle externe est réalisé selon les modalités du § 8.1.1.2., le nombre de visites et le nombre de prélèvements pour essais en laboratoire extérieur étant limité à une par année.

Au cas où les adjuvants de projection disposent de la marque BENOR, aucune visite complémentaire à celles de la marque BENOR n'est demandée

8.2.2. Contrôle sur le matériel de gunitage.

8.2.2.1. Autocontrôle par l'applicateur.

- a) En début de chaque chantier, et à chaque remplacement de matériel de gunitage, l'applicateur note la marque et le type du matériel utilisé, et vérifie que le matériel répond aux exigences minimales définies au § 4.2 du présent guide.

Il consigne en outre les caractéristiques du matériel mentionnées au § 6.1 du guide "Applicabilité et préparation des éprouvettes" à l'alinéa "Appareillage utilisé", ainsi que toute autre caractéristique jugée pertinente.

- b) Au cas où le matériel diffère de celui utilisé lors de l'instruction de l'agrément, l'applicateur procède à un essai de convenance consistant à projeter le béton sur un support béton conforme à celui décrit au § 6.1 "Applicabilité et préparation des éprouvettes" à l'alinéa "Support dalle de béton", ou sur le support faisant l'objet du chantier.

L'inclinaison du support est l'inclinaison la plus défavorable rencontrée sur le chantier.

L'épaisseur de couche est l'épaisseur maximale prévue sur le chantier.

Sur l'éprouvette obtenue, il est procédé aux essais

- d'identification du § 6.10.3;
- aux essais d'adhérence décrits au § 6.2 (uniquement pour les catégories M3 et M4).

Ces essais sont réalisés par l'entrepreneur ou dans un laboratoire externe.

Les résultats obtenus doivent correspondre aux critères du § 6.10.3 et du § 4.1.1.2 (les résultats sont acceptables si les ruptures ont lieu dans le support faisant l'objet du chantier, si ce dernier présente une cohésion inférieure aux critères d'adhérence).

En outre, le rebond est évalué comme décrit dans l'annexe 3.

- c) Enregistrement de l'autocontrôle.

Les résultats de l'autocontrôle doivent être enregistrés et être mis à la disposition du titulaire de l'agrément.

Les registres doivent être conservés pendant 10 ans au moins, par le titulaire de l'agrément.

8.2.2.2. Surveillance par un organisme de contrôle indépendant.

- a) Vérifications chez le titulaire de l'agrément.

Le délégué de l'organisme de contrôle procède à la vérification des registres de contrôle et de leur contenu. Le cas échéant, il effectue les tâches pertinentes parmi celles décrites au § 8.1.1.2.

Le contrôle externe comporte 6 visites par année.

Si le titulaire de l'agrément dispose d'un système qualité certifié selon la série des normes ISO 9000, le nombre de visites de l'organisme de contrôle se limite à 4 par année, sauf pour la 1^{ère} année, pour laquelle 6 visites par année sont prévues.

b) Contrôles sur chantier.

Le délégué de l'organisme de contrôle assiste et fait procéder aux essais sur produit appliqué, détaillé au § 8.2.2.1.b. du guide.

Il vérifie si les procédures sont correctes et si les résultats obtenus sont comparables à ceux consignés au cours de l'autocontrôle. Si tel n'était pas le cas, il demande des explications sur les divergences.

La fréquence des visites de chantier est la suivante :

- au cas où le béton de base provient d'usines de fabrication de béton en silos ou sacs, l'organisme de contrôle procède à 2 visites par année, avec un minimum de 1 visite par applicateur.
- au cas où le béton de base provient de centrales à béton, l'organisme de contrôle procède à 6 visites par année, avec un minimum de 2 visites par centrale.

Afin de faciliter les prestations de l'organisme de contrôle, il est demandé au titulaire d'envoyer à l'UBA^{tc} une liste des chantiers tous les 2 mois.

Les contrôles externes sont impérativement réalisés lors des chantiers importants.

8.2.3. Dispositions générales pour l'appréciation de l'autocontrôle industriel et du contrôle externe.

- Contrôles sur les adjuvants de gunitage.

Les dispositions décrites au § 8.1.3. sont d'application.

- Contrôles sur le matériel de gunitage.

Appréciation de l'autocontrôle industriel.

Les résultats des vérifications sur le matériel sont interprétés par l'applicateur.

S'ils ne sont pas conformes, il procède immédiatement aux réglages nécessaires.

Au cas où des essais de convenance sont réalisés, les résultats des essais d'identification sont interprétés individuellement par l'applicateur. S'ils ne sont pas conformes, les adaptations nécessaires sont entreprises.

Appréciation du contrôle externe.

Les dispositions du § 8.1.3.2. sont d'application.

Cependant, l'interlocuteur de l'organisme de contrôle est l'applicateur.

Si des non conformités constatées ne peuvent être justifiées, et que l'applicateur n'est pas le titulaire de l'agrément, il sera rayé de la liste des applicateurs reconnus par le titulaire.

8.3. MODALITES PRATIQUES DES CONTROLES DE QUALITE.

8.3.1. Cas où le titulaire de l'agrément est le fabricant du béton de base.

Dans ce cas, l'autocontrôle sur le produit de base et sur les adjuvants ajoutés à la lance est réalisé chez le titulaire.

Le titulaire doit également centraliser dans ses registres les résultats de l'autocontrôle sur le matériel de gunitage réalisé par le ou les applicateurs.

Les visites de l'organisme de contrôle sont réalisées chez le titulaire (§ 8.1.1.2., 8.2.1.1. et 8.2.2.2.a) et sur chantier (§ 8.2.2.2.b).

8.3.2. Cas où le titulaire de l'agrément est une entreprise spécialisée dans la projection.

Dans ce cas, l'autocontrôle sur le produit de base est réalisé chez le fabricant de béton de base. Celui-ci est tenu de fournir au titulaire de l'agrément un bordereau de livraison se rapportant à chaque charge de béton, et sur lequel sont imprimées, tamponnées ou écrites toutes les informations (éventuellement codifiées mais en utilisant les codes utilisés dans l'aTg) reprises au § 8.1.2.1 du présent guide, ainsi que les informations suivantes :

- nom de la centrale de béton prêt à l'emploi;
- numéro de série du bordereau;
- date et moment de malaxage, à savoir instant du premier contact entre l'eau et le ciment;
- numéro du camion de transport;
- nom de l'utilisateur;
- nom et lieu du chantier;
- spécifications, détails ou références aux spécifications (par ex. numéro de code, numéro de commande);
- volume de béton livré en mètres cubes;
- nom de l'organisme de certification, s'il y a lieu.

Les adjuvants ajoutés à la lance sont certifiés par un fournisseur tiers et les rapports d'essais sont enregistrés chez le titulaire.

Les visites de l'organisme de contrôle sont réalisées chez le fabricant du béton de base (§ 8.1.2.2), chez le titulaire (§ 8.2.2.2.a), sur chantier (§ 8.2.2.2.b) et chez le producteur d'adjuvants ajoutés à la lance (§ 8.2.1.2.).

L'annexe V (informative) décrit deux cas d'application pratiques.

8.4. REDUCTION DU NOMBRE DE CONTROLES.

En cas d'interruption de production ou s'il y a peu de chantier le nombre de visites de l'organisme de contrôle peut être adapté.

8.5. REPARTITION DES FRAIS DU CONTROLE EXTERNE.

8.5.1. Cas où le titulaire de l'agrément est le fabricant du béton de base.

Dans ce cas, de manière générale, une seule convention de certification est établie avec le titulaire de l'agrément.

Les frais du contrôle externe (visite de l'organisme de contrôle chez le fabricant et sur chantier, essais en laboratoire externe) sont à charge du titulaire.

8.5.2. Cas où le titulaire de l'agrément est une entreprise spécialisée dans la projection.

Dans ce cas, de manière générale, diverses conventions de certification sont établies, une avec le titulaire de l'agrément, une par centrale à béton (fabricant de béton de base).

Les frais relatifs à l'établissement de chaque convention et aux prestations détaillées dans chaque convention sont à charge du titulaire de la convention.

Les frais de contrôle externe sur le béton de base (visite de l'organisme de contrôle en centrale, essais en laboratoire externe), chez le titulaire, et sur chantier sont à charge du titulaire de l'agrément.

8.6. REMARQUE GENERALE.

Les 2 cas envisagés dans le guide, c'est-à-dire : soit, le producteur de béton acheminé sec est le titulaire de l'agrément, soit une entreprise spécialisée est titulaire, constituent deux cas extrêmes.

Toutes les situations intermédiaires peuvent être envisagées. Les conventions de certification préciseront dans chaque cas particulier les modalités et l'étendue des contrôles pris en charge par chacun des intervenants.

9. CONTENU DE L'AGREMENT.

L'agrément technique sera structuré comme suit :

Carnet 1 Produits.

§1. Objet.

Ce chapitre décrira la destination des produits, définis en fonction de la classification du § 3.2 et des essais réalisés dans le cadre des exigences spécifiques.

§2. Matériaux.

Ce chapitre décrira :

- le(s) matériau(x) : les épaisseurs, maximale et minimale, par couche seront précisées;

§3. Description succincte de la fabrication et commercialisation.

§4. Résultats des essais.

L'agrément technique reprendra les résultats des essais en relation avec les exigences générales et spécifiques, à l'exception des résultats des essais d'identification, ainsi que le type de matériel de projection utilisé lors des essais d'applicabilité.

§5. Conditionnement.

L'agrément technique spécifiera :

- pour les produits acheminés secs :
 - * le type et le poids des conditionnements;
 - * le marquage des emballages;
 - * les conditions de stockage.

- pour les produits acheminés humides :
 - * les conditions de transport;
 - * la durée pratique d'utilisation.

Carnet 2 Technologie de mise en oeuvre.

§1. Adjuvants de gunitage.

Ce chapitre décrira les adjuvants de gunitage, leur dosage et l'origine de fabrication.

§2. Matériel de projection.

Ce chapitre décrira le matériel de projection, par référence à la terminologie décrite au chapitre 2 du guide, aux données reprises dans le compte-rendu de l'essai d'applicabilité et dans le dossier technique du titulaire.

§3. Mise en œuvre.

Ce chapitre fera référence

- à la préparation du support;
- à la préparation des aciers d'armature;
- aux conditions de température et d'humidité extrêmes pour l'application du béton;
- aux modalités pratiques de la projection et à la nécessaire qualification de la main d'œuvre;
- aux mesures à prendre pendant le durcissement.

§4 Caractéristiques d'identification du béton appliqué.

Ce chapitre reprendra les caractéristiques d'identification du béton appliqué, ainsi que les tolérances applicables.

Annexes : L'annexe reprendra le cas échéant :

- La liste des applicateurs reconnus par le titulaire de l'agrément.
- La liste des centrales à béton reconnues par le titulaire de l'agrément

10. DEROULEMENT DE LA PROCEDURE D'AGREMENT.

En règle générale, le déroulement de la procédure d'agrément est la suivante :

- Etude préliminaire de la recevabilité de la demande. En particulier, le dossier technique fournira les informations nécessaires relatives au matériel de projection.
- Désignation du rapporteur par le bureau exécutif.
- Etablissement du programme d'essais par le rapporteur, sur base du guide technique de l'agrément, des domaines d'application visés par le demandeur (voir chapitre 3) et d'autres caractéristiques éventuelles non reprises par le guide. Sélection du matériel de projection, en fonction des données reprises dans le dossier technique.
- Proposition et discussion du programme d'essais au sein du bureau exécutif et mise au point éventuelle avec le demandeur.
- Visite du rapporteur dans l'usine productrice du béton de base, afin de prendre connaissance du mode de fabrication et de la nature des contrôles de fabrication. Prélèvement des échantillons pour essais. Une partie des échantillons est confiée au producteur, pour effectuer la totalité des essais d'autocontrôle (y compris l'identification complète des composants).
- Réalisation des essais de performance en laboratoire extérieur en accord avec le demandeur, et reconnu par l'UBA_{tc}.

Les résultats des essais figurant dans le dossier technique remis par le demandeur peuvent être pris en considération, pour autant qu'un laboratoire reconnu par l'UBA_{tc} ait :

- * réalisé les essais d'identification prévus par le guide sur les composants réellement utilisés;
 - * préparé ou surveillé la préparation, dans ses installations, des éprouvettes ou pièces d'essai;
 - * réalisé les essais de performance en question.
- En cas de résultats positifs, réalisation des essais d'identification.
 - Présentation du projet d'aTg au bureau exécutif, puis au groupe spécialisé.
 - Etablissement des diverses conventions de contrôle.
 - Octroi d'un agrément provisoire, pendant une période probatoire de quatre chantiers ou d'un chantier important de minimum 6 mois.
 - Octroi de l'agrément définitif ou prolongement de la période probatoire.

Remarque.

Au cas où une demande d'agrément est introduite, portant sur plusieurs produits destinés à couvrir une gamme d'épaisseurs de mise en œuvre, le programme d'essais sera établi en sélectionnant pour chaque essai le produit le plus sensible à la sollicitation envisagée.

En principe, une telle demande est recevable lorsque les conditions suivantes sont satisfaites :

- rapport E/C identique pour les différents produits;
- intervalle de dosage des adjuvants et additions identiques, par rapport à la teneur en ciment;
- courbes granulométriques du squelette fixée répondant à la même courbe $y = f\left(\frac{d}{D}\right)$.

Dans ce cas, la fréquence des essais en laboratoire extérieur dans le cadre de la certification est telle que l'éventail complet est entièrement couvert après 1 an pour la gamme (et non pour chaque produit constituant la gamme).

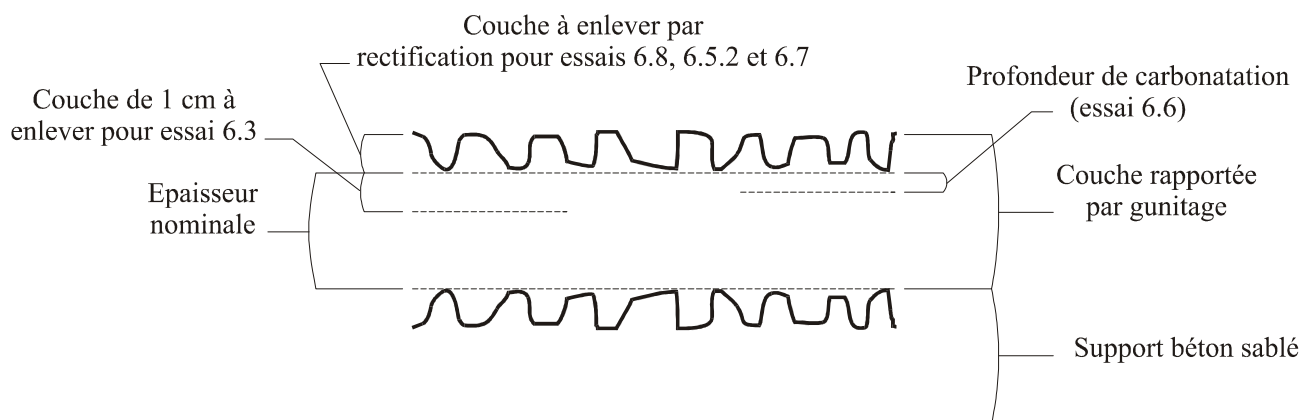


Figure I : Couche gunitée sur support béton.
Définition des épaisseurs.

Dalle a

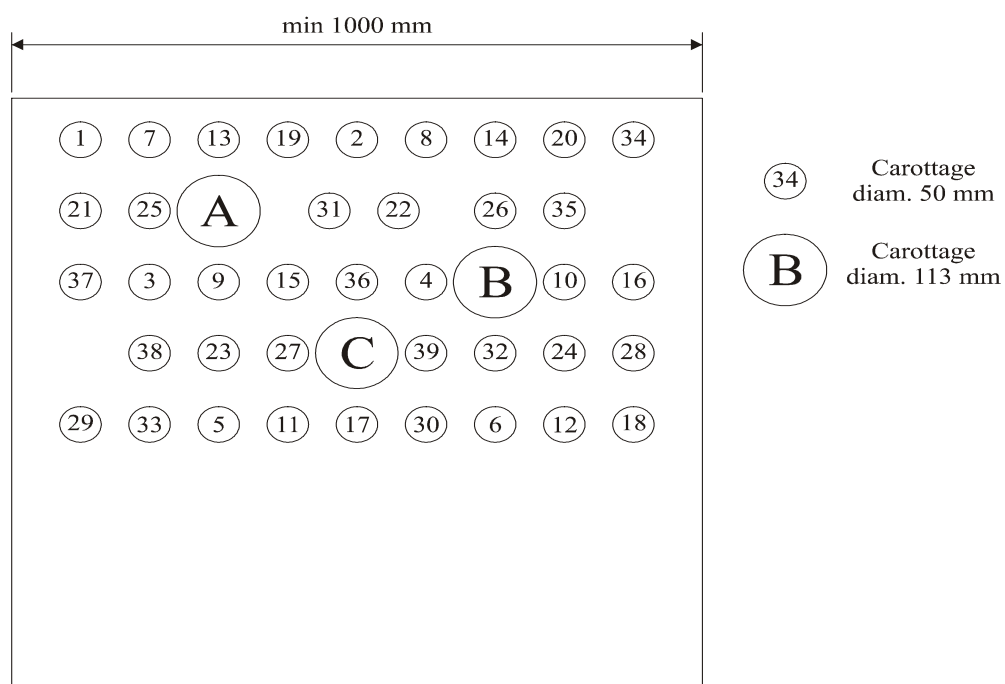


Figure IIa : Dalle préparée à 20 ± 5 °C
(épaisseur maximale avec dosage maximal en raidisseur)

Dalle b

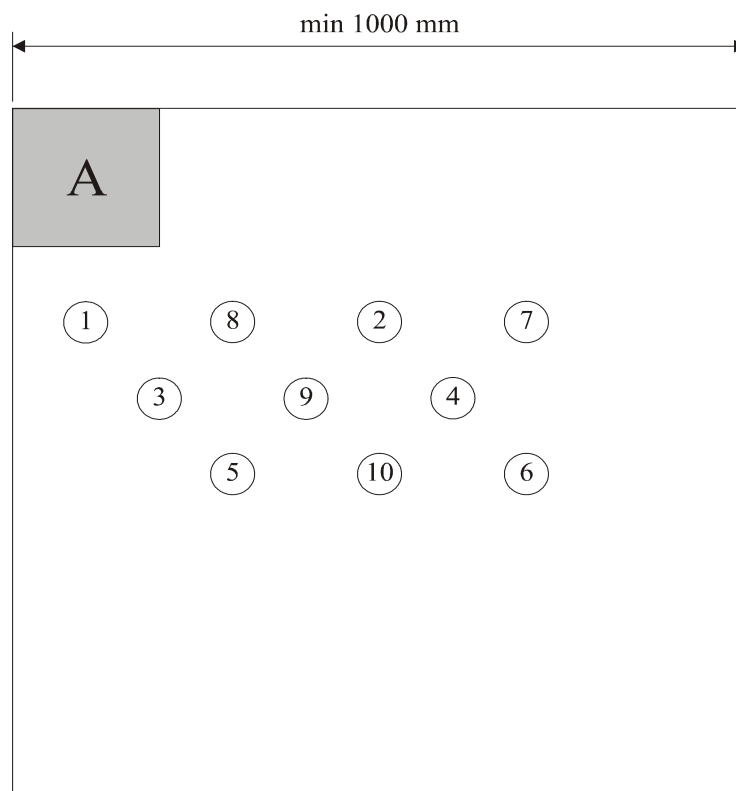


Figure IIb : Dalle préparée à 20 ± 5 °C
(épaisseur maximale, avec dosage minimal en raidisseur)

Annexe 1 (informative)

RESISTANCE AUX REACTIONS ALCALIS-GRANULATS

1. INTRODUCTION.

Les solutions pour diminuer le risque d'apparition de réactions alcalis-granulats sont au nombre de quatre.

Il s'agit de :

Solution 1 : Choix d'un ciment à teneur limitée en alcalis avec bilan des autres alcalis.

Solution 2 : Choix de granulats non réactifs.

Solution 3 : Choix d'une composition de béton satisfaisant à un essai de gonflement.

Solution 4 : Choix d'un béton avec additions minérales (cendres volantes, fumées de silice, ...).

2. SOLUTION 1 : CHOIX D'UN CIMENT A TENEUR LIMITEE EN ALCALIS (LA ou Low Alkalis).

La teneur en alcalis du ciment est exprimée en % Na₂O équivalent.

% Na₂O équ = (% Na₂O + 0.658 % K₂O) soluble dans l'acide.

Conventionnellement, le Na₂O équivalent est exprimé en % lorsqu'il est rapporté à la masse du ciment et en kg/m³ lorsqu'il est rapporté à la masse du béton.

L'industrie cimentière produit différents types de ciment à teneur limitée en alcalis.

Selon la NBN B12-109, pour pouvoir être considéré comme tel, le Na₂O équivalent de ces ciments doit être inférieur aux valeurs suivantes (en % par rapport à la masse du ciment) :

Type de ciment	% Na ₂ O équivalent maximum
- Portland CEM I 32.5/ 42.5/52.5 LA	0.6
- Haut fourneau :	
CEM III/A LA.(de 36 à 50 % de laitier)	0.9
CEM III/A LA.(de 50 à 65 % de laitier)	1.1
CEM III/B LA (de 66 à 80 % de laitier)	2.0
CEM III/C LA (de 81 à 95 % de laitier)	2.0

Tableau 6-1.

Lorsque l'adjudicataire soumet à l'approbation de l'administration la composition complète de chaque béton qu'il emploiera (voir § B.5.1.), il communique également pour chacun de ces bétons un bilan de la teneur en Na₂O équivalent. Ces bilans sont réalisés par calcul en considérant que les **granulats non marins** ont une teneur en Na₂O équivalent maximale de **0,1 kg/tonne** de granulat et les **granulats marins** une teneur en Na₂O équivalent maximale de **0,3 kg/tonne** de granulat. Pour les ciments, on prendra les teneurs maximales du tableau ci-dessus et pour les adjuvants, les teneurs maximales garanties par le producteur. L'adjudicataire veille par ailleurs à utiliser une eau de gâchage qui ne comporte pas d'alcalis.

Le résultat de ce bilan ne peut dépasser les teneurs maximales en Na₂O équivalent admises dans 1 m³ de béton en fonction du type de ciment employé à savoir :

Béton à base de ciment	Na ₂ O équivalent maximum (kg/m ³)
- Portland CEM I 32.5/ 42.5/52.5 LA	3
- Haut fourneau :	
CEM III/A LA (de 36 à 50 % de laitier)	4.5
CEM III/A LA (de 50 à 65 % de laitier)	5.5
CEM III/B LA (de 66 à 80 % de laitier)	10
CEM III/C LA (de 81 à 95 % de laitier)	10

Tableau 6-2.

Au cours de la mise en œuvre du béton, l'administration peut, à ses frais, procéder à tout contrôle qu'elle estime nécessaire pour vérifier la conformité du béton aux critères mentionnés ci-dessus.

S'il s'avère impossible de limiter les alcalis d'autres provenances que celle du ciment (adjuvants, eau de gâchage, ...) et que le Na_2O équivalent du béton dépasse les valeurs mentionnées ci-dessus, la solution "ciment à teneur limitée en alcalis" n'est pas suffisante et une des trois autres solutions permettant de minimiser le risque d'apparition de réactions alcalis-granulats est choisie. Il est cependant à noter que ces autres solutions entraînent la réalisation d'**essais pouvant durer plusieurs mois**.

3. SOLUTION 2 : CHOIX DE SABLES ET DE GRANULATS NON REACTIFS.

Les granulats montrant une réaction alcalis-granulats en présence d'alcalis solubles sont le plus souvent constitués de minéraux du groupe de la silice, composés de silice amorphe, micro ou cryptocristalline, sous forme d'opale, de calcédoine et de silice vitreuse (voir tableau en annexe 6.5.). Les granulats belges considérés comme potentiellement réactifs sont : les silex ou cherts, les calcaires partiellement silicifiés et les porphyres.

La quantité de silice réactive joue un rôle important dans l'apparition ou non des réactions.

Une quantité critique (située entre des limites déterminées) en minéraux siliceux réactifs (appelée également "pessimum content") doit apparemment être présente pour conduire à une réaction. Ce pessimum peut correspondre à un pourcentage relativement faible de granulats réactifs.

Les différentes procédures d'appréciation de la réactivité des granulats dans les bétons ou les mortiers sont définies :

- en annexe 6.2. : via des essais de gonflement sur mortier;
- en annexe 6.3. : via des analyses pétrographiques sur lame mince (essai rapide).

Des **essais d'identification des sables et des granulats utilisés pour les essais précités** doivent être réalisés **avant ces essais ainsi que tous les trois mois** lors de la mise en œuvre du béton afin de vérifier la constance des approvisionnements. Ces essais d'identification consistent en analyses pétrographiques sur lames minces qui doivent être réalisées par un laboratoire spécialisé dans ce type d'analyse et dont les compétences sont reconnues par l'administration.

Le programme des essais de gonflement et d'identification est établi en accord avec l'administration. Le suivi de ce programme est assuré par la Direction des structures en béton (M.E.T. - D.423). **Les frais de ces essais sont à charge de l'adjudicataire.**

Si après 4 contrôles trimestriels, les granulats apparaissent constants, l'intervalle entre 2 contrôles est porté à 6 mois. Si après 4 contrôles supplémentaires la constance des granulats est confirmée, l'intervalle entre 2 contrôles est porté à 12 mois.

En cas de doute, l'administration peut par ailleurs faire exécuter sur tout béton ayant au moins 28 jours d'âge un essai de gonflement OBERHOLSTER modifié selon l'annexe 6.1. Les échantillons sont, selon le cas, prélevés hors cubes ou par carottage dans l'ouvrage.

4. SOLUTION 3 : CHOIX D'UNE COMPOSITION SATISFAISANT A UN ESSAI DE GONFLEMENT.

Le principe de cet essai consiste à mesurer l'allongement d'éprouvettes de béton soumises à des conditions favorables au développement de réactions alcalis-granulats. L'annexe 6.1. précise la procédure des différents essais de gonflement retenus.

Une formulation de béton conviendra si :

Gonflement mesuré < Gonflement limite

L'essai de base pour apprécier la réactivité d'une composition de béton est l'essai de gonflement Oberholster modifié.

Dans certains cas, selon la nature des granulats, l'importance du chantier, etc., cet essai pourra être remplacé, moyennant l'accord de la Direction des Structures en Béton (D.423), par un des suivants :

- Essai NF P 18-587 modifié.
- Essai danois.

Cette liste d'essais n'est pas limitative et peut être complétée en fonction de l'expérience acquise.

Préalablement à cet essai, une identification des différents constituants entrant dans la composition du béton en question doit être établie. Le ciment et les adjuvants sont identifiés par leur type, leur origine, et leur teneur maximale en alcalis garantie par leurs producteurs; les cendres volantes et autres additions par leur analyse chimique et les granulats le sont via une analyse pétrographique sur lames minces. **Lors de la mise en œuvre du béton, les mêmes essais d'identification sont réalisés tous les trois mois afin de vérifier la constance des approvisionnements.**

Au moyen des granulats et constituants ainsi identifiés, le béton de la composition déterminée est confectionné en laboratoire. La teneur en alcalis du ciment retenu est mesurée et cette teneur est portée à la teneur maximale garantie par le producteur augmentée de 0,3 % par ajout de NaOH à l'eau de gâchage.

Le programme des essais est établi en accord avec l'administration et les essais sont réalisés par un laboratoire spécialisé dans ce type d'étude et dont les compétences sont reconnues par cette dernière. Le suivi du programme est assuré par la Direction des structures en béton (M.E.T. - D.423). **Les frais de ces essais sont à charge de l'adjudicataire.**

Si après 4 contrôles trimestriels, les granulats apparaissent constants et/ou respectent les teneurs maximales garanties, l'intervalle entre 2 contrôles est porté à 6 mois. Si après 4 contrôles supplémentaires la constance des granulats est confirmée, l'intervalle entre 2 contrôles est porté à 12 mois.

En cas de doute, l'administration peut par ailleurs faire exécuter sur tout béton ayant au moins 28 jours d'âge un essai de gonflement OBERHOLSTER modifié selon l'annexe 6.1. Les échantillons sont, selon le cas, prélevés hors cube ou par carottage dans l'ouvrage.

5. SOLUTION 4 : CHOIX D'UN BETON AVEC ADDITIONS MINERALES.

L'adjonction de cendres volantes ou fumées de silice ou l'utilisation de granulats recomposés contenant des additions (p. ex. sable + cendres volantes) est susceptible de contribuer plus ou moins efficacement à la prévention des désordres par réactions alcalis-griculats.

L'adjonction au moment du malaxage du béton doit être réalisée avec précaution en raison du risque d'une distribution hétérogène de l'addition (mauvais malaxage).

Il faut veiller à n'utiliser qu'une quantité minimum de ces ajouts, compromis entre l'apport supplémentaire d'alcalis et l'effet bénéfique dû à la nature de l'addition.

Note explicative :

Les quantités optimales de ces additifs sont les suivantes (en % de la masse de ciment) :

- *cendres volantes : impossible à fixer en raison d'une composition chimique variable, notamment au niveau de la teneur en alcalis qui peut varier de 1 % à plus de 3 %;*
- *fumées de silice : 5 à 7,5 %.*

L'utilisation de cendres volantes est délicate car leur dosage est fonction de la quantité d'alcalis qu'elles peuvent libérer ainsi que du degré de réactivité des granulats. Un dosage incorrect peut entraîner des désordres plus importants que ceux qui auraient été constatés sans addition.

Ce sont les fumées de silice qui ont l'action inhibitrice la plus efficace. La fumée de silice est coûteuse, aussi son utilisation est généralement réservée à des cas particuliers tels que du béton projeté dans lequel elle est ajoutée pour en améliorer certaines propriétés (ouvrabilité, adhérence, compacité, ...).

L'efficacité des additions minérales est testée par des essais de gonflement (voir annexe 6.1. - Qualification d'une composition de béton - Essais de gonflement sur béton). Le choix du type d'essai est laissé à l'appréciation de l'administration. Les frais d'essais sont à charge de l'adjudicataire.

Il y a lieu de **contrôler la constance de la composition chimique des cendres volantes et des fumées de silice** incorporées au béton ainsi que la constance des autres constituants du béton selon le § B.5.7.3.; aussi des essais d'identification sont réalisés avant les essais de gonflement et tous les trois mois lors de la mise en œuvre du béton. **Les frais de ces essais sont à charge de l'adjudicataire.** Par ailleurs, pour les cendres volantes et les fumées de silice, l'adjudicataire doit obtenir chaque mois de son fournisseur et communiquer à l'administration les certificats d'analyse relatifs à la production du mois. La comparaison des résultats de l'analyse préalable et des résultats des analyses effectuées tous les trois mois lors de la mise en œuvre du béton permet de vérifier la constance de la composition de ces produits.

REACTIONS ALCALIS-GRANULATS
QUALIFICATION D'UNE COMPOSITION DE BETON
ESSAIS DE GONFLEMENT SUR BETON.

1. ESSAI OBERHOLSTER modifié.

1.1. Préparation des éprouvettes.

Trois carottes de 50 mm de diamètre et de 160 mm de longueur sont prélevées à l'âge de 28 jours ou plus hors d'un cube ou d'un élément fabriqué avec le béton à tester.

Les éprouvettes sont munies à leurs deux extrémités de plots de mesure scellés dans la masse (le produit de scellement est insensible au NaOH). Ces plots de mesure peuvent être remplacés par tout autre dispositif qui n'altère pas la précision des mesures.

1.2. Conditions d'essai.

Immédiatement après leur prélèvement, les éprouvettes sont immergées durant 24 heures dans de l'eau à température ambiante puis réchauffée jusqu'à 80 °C. Elles sont ensuite transférées dans une solution de NaOH 1N à 80 °C. Leur longueur est mesurée quotidiennement avec une précision de 0.001 mm pendant **20 jours**.

1.3. Interprétation.

La composition analysée est considérée comme **non réactive** si au terme des **20 jours** d'essai, l'allongement des trois éprouvettes est inférieur à 0.1 %.

2. ESSAI NF P 18-587 MODIFIE.

Le mode opératoire est celui des paragraphes 7.2 à 8 inclus de la norme NF P 18-587, aux modifications suivantes près :

- en 7.3, lire 60 °C au lieu de 38 °C;
- en 7.4, lire 60 °C au lieu de 38 °C;
- en 7.5, supprimer les échéances de 8, 10 et 12 mois;
- l'essai se fait sur le béton à tester ayant au moins 28 jours d'âge.

Les caractéristiques de cet essai sont les suivantes :

- nombre d'éprouvettes : 3;
- durée : 6 mois;
- éprouvette : 70 x 70 x 280 mm;
- conservation : 60 °C et 100 % d'humidité relative;
- critère de réactivité : allongement < 0.04 % après 6 mois pour les trois éprouvettes.

3. ESSAI DANOIS.

3.1. Préparation des éprouvettes.

Trois carottes de 50 mm de diamètre et de 160 mm de longueur sont prélevées à l'âge de 28 jours ou plus hors d'un cube ou d'un élément fabriqué avec le béton à tester.

Les éprouvettes sont munies à leurs deux extrémités de plots de mesure scellés dans la masse. Ces plots de mesure peuvent être remplacés par tout autre dispositif qui n'altère pas la précision des mesures.

3.2. Conditions d'essai.

Immédiatement après leur prélèvement, les éprouvettes sont immergées durant 28 jours dans de l'eau à 20 °C. Elles sont ensuite transférées dans une solution saturée de NaCl à 50 °C. Leur longueur est mesurée hebdomadairement avec une précision de 0.001 mm pendant **25 semaines**. L'essai peut cependant être arrêté si un allongement de 0.1 % est atteint plus tôt.

3.3. Interprétation.

La composition analysée est considérée comme **non réactive** si au terme des **25 semaines** d'essai, l'allongement des trois éprouvettes est inférieur à 0.1 %.

REACTIONS ALCALIS-GRANULATS
QUALIFICATION DE GRANULATS
CAS GENERAL - ESSAIS DE GONFLEMENT SUR MORTIER.

L'essai de base pour apprécier la réactivité des granulats est l'essai de gonflement Oberholster (ou essai ASTM C1260 modifié).

Dans certains cas particuliers (par exemple lorsque l'essai n'est pas adapté au granulat), l'administration remplacera cet essai par l'essai NF P-585 ou par l'essai ASTM C 227-87.

1. ESSAI OBERHOLSTER (ou essai ASTM C1260).

1.1. Confection des éprouvettes.

Les éprouvettes sont des barrettes de mortier prismatiques de 40 x 40 x 160 mm. Elles sont au nombre de 3 et sont confectionnées selon la NBN-B14-217.

Si nécessaire, les granulats sont broyés à une granulométrie de sable conformément au § 7.2 de l'ASTMC 1260 de 94. *La fraction inférieure à 0.080 mm sera éliminée.*

Le ciment est du Portland dont la teneur en Na₂O équivalent est connue.

Cette teneur est portée à **1.25 % par ajout de NaOH** à l'eau de gâchage. La teneur en Na₂O équivalent est calculée par la formule :

$$\% \text{ Na}_2\text{O équ} = (\% \text{ Na}_2\text{O} + 0.658 \% \text{ K}_2\text{O}) \text{ soluble dans l'acide.}$$

La composition du mortier est la suivante :

- 450 g de ciment (Na₂O équ = 1.25 %);
- environ 225 ml d'eau afin d'obtenir une consistance entre 1.2 et 1.3 (selon NBN-B14-207);
- 1350 g de sable *sans particules inférieures à 0.080 mm.*

1.2. Conditions d'essai.

Les éprouvettes sont démoulées à l'âge de 7 jours. Elles sont alors immergées 24 heures dans de l'eau à température ambiante puis réchauffée à 80 °C. Elles sont ensuite transférées dans une solution de NaOH 1N à 80 °C. Leur longueur est mesurée quotidiennement avec une précision de 0.001 mm pendant 14 jours.

L'essai peut cependant être arrêté si un allongement de 0.1 % est atteint avant le délai imposé.

1.3. Interprétation.

Le granulat analysé est considéré comme **non réactif** si au terme des 14 jours d'essai, l'allongement des trois éprouvettes est inférieur à 0.1 %.

2. ESSAI NF P-585.

Les caractéristiques de cet essai sont les suivantes :

- durée : 6 mois;
- 3 éprouvettes : 25 x 25 x 285 mm;
- conservation : 38 °C et 100 % d'humidité relative;
- critères de réactivité :
 - allongement < 0.05 % après 3 mois;
 - allongement < 0.10 % après 6 mois.

3. ESSAI ASTM C 227-87.

Les caractéristiques de cet essai sont les suivantes :

- durée : 1 an ou plus;
- 3 éprouvettes : barrette de 1" x 1" x 10" démoulées après 24 h;
- conservation : vapeur d'eau à 37.8 °C;
- critères de réactivité : le granulat testé est considéré comme non réactif si l'allongement des éprouvettes est inférieur à 0.05 % après 6 mois et inférieur à 0.1 % après un an (condition double).

Rappel : Dans certains cas particuliers, la réactivité peut être évaluée par des essais plus rapides (voir annexe 6.3).

REACTIONS ALCALIS-GRANULATS
QUALIFICATION DE GRANULATS
CAS PARTICULIERS - ESSAIS RAPIDES.

1. ANALYSE PETROGRAPHIQUE.

L'analyse pétrographique permet d'identifier la nature des granulats utilisés.

1.1. Essai pétrographique sur sables siliceux naturels.^{(1) (2)}

L'expérience acquise ces dernières années, permet de définir une marche à suivre, pour la réalisation de l'essai rapide pétrographique :

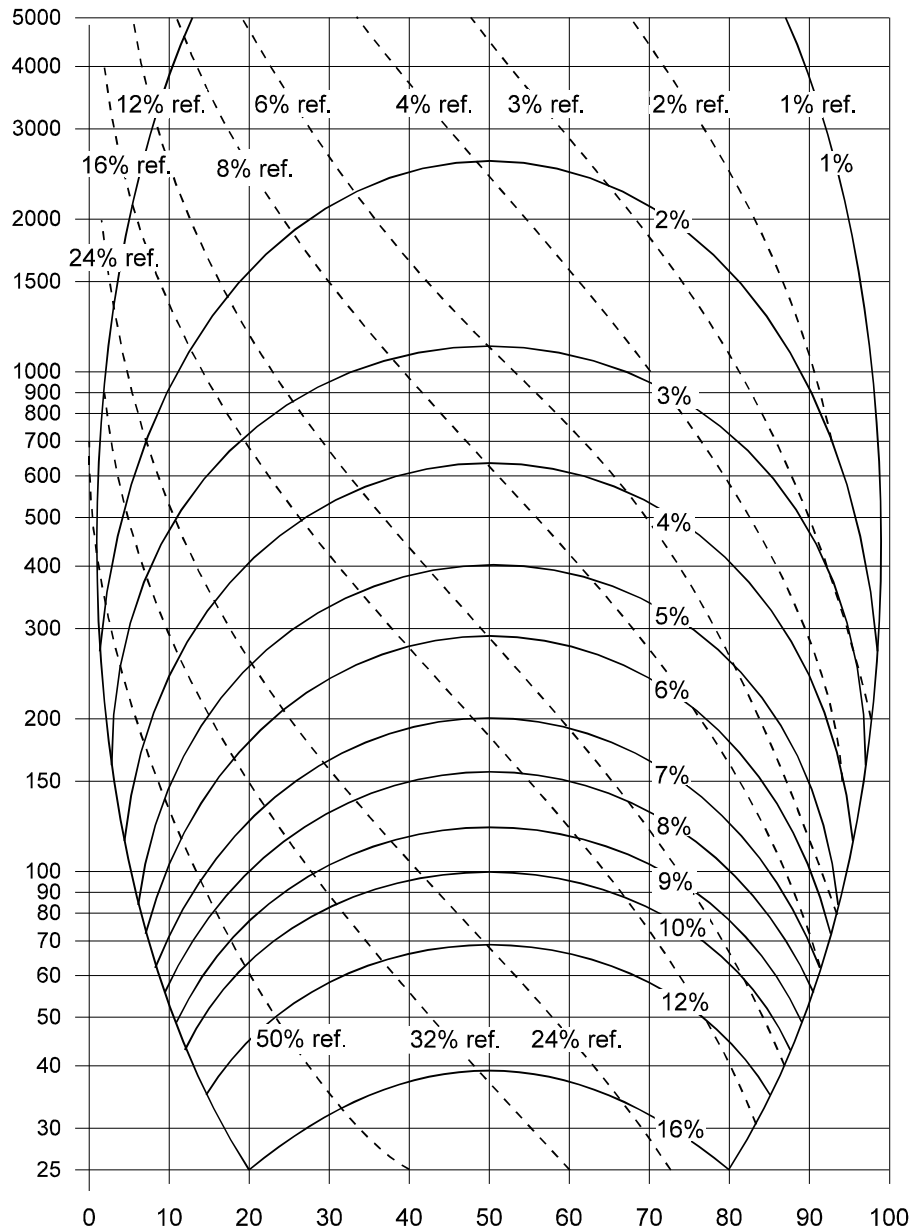
1. Prélèvement de l'échantillon : constituer l'échantillon par plusieurs prises représentatives du sable à analyser.
2. Echantillon reçu en laboratoire : veiller à l'homogénéité de l'échantillon.
3. Quantification des granulats réactifs par comptage de points :
 - * doit être confiée à un pétrographe expérimenté en RAG (reconnaissance des grains réactifs);
 - * après tamisage sur les fractions 0-2 et 2-4 mm, réaliser 2 lames minces à partir de ces fractions et procéder au comptage :
 - maille : 500 x 500 à 1000 x 1000 µm avec un grossissement de 100 à 60 fois, avec un minimum de 1000 points par fraction granulométrique;
 - estimation des erreurs de comptage par l'abaque (Van de Plas et Tobi - voir ci-après).
 - * La fraction supérieure à 4 mm n'est pas broyée pour éviter les particules trop fines. Elle fait l'objet d'une 3^{ème} lame.
4. Sont considérés comme granulats réactifs belges :
 - silex ou cherts (opale, quartz cryptocristallin, calcédoine);
 - calcaires partiellement silicifiés;
 - porphyres.

Le sable⁽²⁾ est considéré comme réactif si la quantité des granulats potentiellement réactifs est supérieure à 2 %.

(1) Etude interlaboratoire d'analyse de granulats par examen microscopique réalisée dans le cadre de la rédaction de la présente circulaire.

(2) Sables belges ou apparentés (sable de Meuse, ... etc.).

FIGURE 1 : GRANULATS - EXAMEN MICROSCOPIQUE
Abaque des erreurs de comptage de VAN DE PLAS et TOBI.



Proportion of constituent under analysis, P_v , %
 Chart for estimating errors involved in point-counting

Note 1 : The figure is after Van de Plas and Tobl.

Note 2 : Curved solid lines indicate absolute errors, broken lines indicate relative errors, e.g. in a total count of 900 points fall on quartz, hence :

$$A = 900. P_v = \frac{90}{900} = 10 \%$$

The absolute error is $\pm 2\%$ indicating a range of 8% to 12% within 95% confidence limits. The relative error is $\frac{2}{10}$ or 20% which can be inferred by extrapolation between the broken lines corresponding to 16% and 24%.

1.2. Cas des sables de concassage ou des granulats concassés.

Une analyse pétrographique sur lame mince permet de reconnaître directement la roche d'origine.

L'expérience a montré que les calcaires silicifiés et les porphyres sont potentiellement réactifs. Ils ne peuvent donc quelques soient les quantités utilisées être considérés comme non réactifs.

1.3. Cas des sables ou granulats étrangers.

Une analyse pétrographique est nécessaire à leur identification. La connaissance de leur réactivité (pessimum) doit être établie par des essais de gonflement sur mortier (annexe 6.2.) combinée des analyses pétrographiques (dossier technique à établir par le fournisseur).

1.4. Remarques.

Des recommandations internationales (RILEM) utilisables dans tous les cas pourront être proposées à l'administration en variante, dès qu'elles auront été mises au point, approuvées et publiées.

2. CAS DES ROCHES CALCAIRES.

Sont considérées comme roches calcaires les alluvions à plus de 95 % de CaCO_3 et les roches carbonatées massives.

2.1. Détermination de la teneur en silice totale.

Si la teneur en silice totale est inférieure à 4 %, le granulat examiné est considéré comme **non réactif**.

2.2. Procédure pour le dosage de la silice totale dans les granulats calcaires à plus de 95 % de CaCO_3 .

a) Préparation de l'échantillon.

Prélever au moyen d'un échantillonneur ou par quartage 1 kg de granulats calcaires. On peut se référer à la norme NBN-B11-002 pour réaliser un échantillonnage correct. Broyer les granulats de manière à ce que les particules aient une dimension inférieure à 300 μ .

Transférer ensuite l'échantillon dans un récipient adéquat et le faire sécher dans une étuve à $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ pendant 24 heures. Sortir l'échantillon de l'étuve et le laisser refroidir dans un dessiccateur. Il servira pour le dosage chimique de la silice, de l'alumine et du fer.

b) Mise en solution - Dosage de la silice.

La prise d'essai, fixée à 5 g, subira une calcination préalable à 1000°C afin de se débarrasser de l'excès de CO_2 dû à la grande quantité de CaCO_3 présente dans les échantillons.

La mise en solution de l'échantillon sera effectuée par fusion au moyen de peroxyde de sodium et/ou de carbonate sodico-potassique conformément aux § 13.1 et 13.2 de la norme EN-196 partie 2.

La quantité de fondant et la durée de fusion sont à adapter en conséquence.

Le dosage de la silice totale est effectué par double insolubilisation selon les § 13.4, 13.6, 13.7, 13.8 et 13.9 de la norme EN-196 partie 2.

3. CAS DES ROCHES SILICEUSES ($\text{SiO}_2 > 90\%$) ET/OU SILICATEES.

3.1.

Peuvent être considérées comme **non réactives** les roches siliceuses et silicatées pour lesquelles toute la silice est du quartz.

Cet examen est réalisé par microscopie sur lames minces.

3.2.

Peuvent être considérés comme **non réactifs** les sables naturels (non broyés et non concassés) dont la teneur en silice soluble est inférieure à 50 millimoles par litre.

L'essai de solubilisation est effectué conformément aux prescriptions de la norme MFP 18-584 (Déc. 91). Quant au dosage de la silice soluble, il est effectué selon la norme MFP 18-589 (sept. 92).

4. REMARQUE.

Les essais proposés peuvent être remplacés par d'autres procédures ayant fait leur preuve pour autant qu'elles soient approuvées par l'administration.

REACTIONS ALCALIS-GRANULATS
BILAN DES ALCALINS
METHODES DE DETERMINATION DE LA TENEUR
EN ALCALINS DES CONSTITUANTS DU BETON

1. CIMENTS.

La teneur en alcalins est déterminée selon la NBN-EN-196-21.

2. ADJUVANTS.

La teneur en alcalins est déterminée selon la pr EN 480 - partie 12.

3. GRANULATS.

La détermination de la teneur en alcalins des granulats est réalisée selon le mode opératoire décrit à l'annexe I du document "Recommandations provisoires pour la prévention des désordres dus à l'alcali réaction" du LCPC (juin 1994).

Dans un récipient en acier inox, on introduit 500 g de granulats, 300 g d'eau distillée et 20 g de chaux vive obtenue par calcination de CaCO_3 exempt d'alcalins. Le carbonate de calcium utilisé est du type pour analyse des silicates (teneurs en Na max. 0,005 % - teneurs en K max. 0,002 %). La chaux vive est obtenue par calcination de 200 g de ce produit pendant 16 h à 1000 °C.

Au-dessus du récipient, on dispose une colonne réfrigérante dans laquelle on fait circuler un courant d'eau froide.

Le récipient est alors porté à ébullition pendant une période de 7 heures : après ébullition, on filtre et on rince.

Le dosage des alcalins sur le filtrat est effectué par absorption atomique ou par photomètre à flamme.

La teneur est exprimée en %.

4. BETON DURCI.

La détermination de la teneur en alcalins du béton durci s'effectue selon la procédure suivante :

L'échantillon sec, destiné à l'analyse chimique, est broyé au moyen d'un appareillage d'une dureté suffisante pour ne pas contaminer l'échantillon. Par quartages et broyages successifs, on obtient un échantillon dont la masse est d'environ 100 g et la finesse inférieure à 0,125 mm (refus maximal autorisé sur le tamis de 0,125 mm = 5 %). Réunir le passant et le refus, homogénéiser et conserver dans un récipient étanche et étiqueté. Eviter toute pollution de l'échantillon et la perte des particules les plus fines, riches en ciment. Le nombre d'essais par échantillon est fixé à deux.

Réactifs :

Acide nitrique concentré (HNO₃) 1,40 à 1,42

Acide nitrique dilué (1 + 2)

Carbonate de calcium (CaCO₃) de qualité analytique.

Mode opératoire :

Peser $5 \pm 0,1$ g de mortier ou de béton à 0,01 mg près et introduire cette prise dans un bûcher de 250 ml. Ajouter 50 ml d'eau distillée et, tout en mélangeant avec un agitateur en verre, ajouter 50 ml d'acide nitrique dilué 1 + 2. Chauffer la solution jusqu'à ébullition en agitant de temps à autre puis laisser bouillir une minute. Neutraliser avec du CaCO₃ en excès et filtrer à froid. Laver le substrat avec de l'eau distillée portée à ébullition. Recueillir le filtrat et les eaux de lavage dans un jaugé de 200 ml. Porter au trait à l'aide d'eau distillée.

On mesure la quantité d'ions Na⁺ et K⁺ par absorption atomique ou par photomètre à flamme.

Résultats.

On exprimera les résultats obtenus sous forme de Na₂O équivalent.

$$\text{Na}_2\text{O éq.} = \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}$$

exprimé

- d'une part en %

- d'autre part en kg/m³ en adoptant une masse volumique de 2.300 kg/m³.

Note : la teneur en alcalins du béton durci est réalisée comme contrôle du bilan des alcalins. Cet examen n'est effectué que pour des bétons dont on dispose de valeurs de référence.

Annexe 2 (réglementaire)

MISE EN PLACE DES ARMATURES

1. Pas d'armatures principales nécessaires.

Il est souhaitable d'armer le béton projeté lorsque son épaisseur dépasse 5 cm (pour les classes d'exposition 1 et 2) ou 6 cm (pour les autres classes d'exposition).

L'armaturage technologique est constitué de treillis soudés dont la quantité par m³ de béton projeté est de 65 kg/m³ et dont la dimension des mailles est comprise entre 75 et 150 mm. Ces aciers sont de la qualité BE 500 S ou DE 500 BS (suivant la série de normes NBN A24.300). Le diamètre de l'acier et le maillage doit être choisi de façon à ce qu'il n'y ait aucune vibration pendant le gunitage.

Ce treillis peut être remplacé par des armatures ligaturées pour autant que ces armatures respectent les conditions d'entredistance citées ci-dessus et que les quantités d'acier dans chacune des deux directions perpendiculaires soient d'au moins 32,5 kg/m³ de béton projeté.

En cas d'utilisation de treillis technologiques à mailles carrées, le tableau I ci-dessous permet de déterminer directement le diamètre et la dimension de la maille en fonction de l'épaisseur nominale de béton projeté. Ces valeurs satisfont au critère de la quantité d'armature technologique de 65 kg/m³ de béton projeté.

Tableau I

Epaisseur nominale du béton projeté (mm)	TREILLIS MINIMUM			Diamètre des armatures du treillis à mailles carrées en mm et poids par m ²			
	Poids au m ² correspondant à une quantité de 65 kg/m ³ (kg/m ²)	Poids au m ² dans un sens (kg/m ²)	Section par m de largeur dans chaque direction (mm ² /m)		Mailles (mm)		
					75	100	150
<u>50</u>	3,25	1,625	207	∅ kg	4,5 3,32	5,5 3,74	6,5 3,45
<u>60</u>	3,90	1,95	248	∅ kg	5 4,12	6 4,44	7 4,02
<u>70</u>	4,55	2,275	290	∅ kg	5,5 4,98	6,5 5,20	7,5 4,60
<u>80</u>	5,20	2,60	331	∅ kg	6 5,92	6,5 5,20	8 5,25
<u>90</u>	5,85	2,925	373	∅ kg	6 5,92	7 6,04	8,5 5,91
<u>100</u>	6,50	3,25	414	∅ kg	6,5 6,94	7,5 6,94	9 6,65

Remarque.

- * Le dispositif de fixation est à soumettre pour approbation au maître d'oeuvre avant projection du mortier; en effet, la présence de ces treillis risque d'altérer les caractéristiques de la couche rapportée suite aux vibrations pendant le gunitage.

2. Armatures principales nécessaires.

Dans ce cas, l'épaisseur du béton projeté est d'au moins 80 mm.

Ces armatures sont déterminées par calcul en vue du renforcement de la structure.

Ces aciers sont de la qualité BE 500 S ou DE 500 BS.

Des armatures technologiques sont placées :

- soit en complément des armatures principales (parallèlement à celles-ci, perpendiculairement à celles-ci ou encore dans un autre plan dans les deux directions);
- soit seules, dans les zones où les armatures principales ne sont pas nécessaires.

La quantité totale des armatures principales et des armatures technologiques éventuelles doit atteindre au moins 80 kg/m³ de béton projeté. La quantité dans chaque direction doit atteindre en toute section au moins 32,5 kg/m³ de béton projeté.

3. Placement des armatures.

Le ferrailage est placé le plus près possible de la demi-épaisseur du béton, tout en respectant les conditions suivantes :

- * Recouvrement des armatures.

Le recouvrement des armatures doit satisfaire aux critères de la norme NBN B15-002.

Recouvrement minimal (mm)	Classe d'exposition									
	1	2a	2b	3s	3	4a	4b	5a	5b	5c
	15	20	25	30	40	40	40	25	30	40

Au cas où il ne peut être satisfait à cette exigence, un recouvrement moindre peut être toléré, en combinaison avec un revêtement de protection de surface (voir guide d'agrément G0007).

* Distance entre armatures et support.

La distance entre les armatures et le support (enrobage côté support) doit être égale ou supérieure à $4 \times D_{max}$.

Au cas où plusieurs couches d'armatures sont nécessaires, l'équidistance entre ces armatures est supérieure à 75 mm. Cette valeur est portée à 100 mm lorsque le diamètre est égal ou supérieur à 12 mm. Dans ce cas, le travail de projection doit être réalisé en 2 phases.

4. Fixation des armatures.

Les armatures sont fixées d'une manière rigide. Tout déplacement sous l'action de la projection est interdit.

Les dispositifs d'attache des armatures sont ancrés dans le support sain sous-jacent. Ils doivent résister à un effort de traction de 100 kg sans qu'il y ait commencement d'arrachement. Le nombre de points de fixation est d'au moins 6 par m^2 . Les dispositifs doivent être soumis à l'agrégation du maître d'oeuvre après mise en place et avant projection du béton.

Des écarteurs doivent être prévus pour éviter le flottement des armatures.

La fourniture et le placement des dispositifs d'attache et des écarteurs constituent une charge d'entreprise.

5. Maillage des armatures.

La distance entre barres doit être :

- de minimum 4 fois le diamètre de l'armature;
- de minimum 3 fois le diamètre de l'armature, au droit des recouvrements;
- de minimum 4 fois le diamètre du plus gros granulat du béton projeté.

6. Remarque générale.

Les dimensions et la mise en séquence des armatures doivent être adaptés le mieux possible au gunitage.

En particulier, en cas d'utilisation d'un réseau serré ou de barres à grand diamètre, des affaissements invisibles ou des inclusions de sable peuvent se produire derrière les armatures, qui sont difficiles à détecter, mais qui peuvent altérer la durabilité de l'ouvrage.

Annexe 3 (réglementaire)

MESURE DU REBOND

Le rebond peut être évalué selon les deux méthodes suivantes.

- Méthode 1.

- Mesure de la vitesse de gunitage, qui est le rapport entre la masse totale de matériau gunité (en kg) et le temps de gunitage (en h).
- Mesure de la quantité de rebond par unité de temps lors du gunitage sur un support défini; la quantité (en kg) est rapportée au temps de gunitage (en h).

Le rebond est donné par le rapport entre la quantité de rebond par unité de temps et la vitesse de gunitage, multiplié par 100.

La méthode 1 est essentiellement applicable sur chantier.

- Méthode 2.

Le rebond est donné par la relation :

$$\text{rebond} = 100 \times \frac{a}{a + b}$$

dans laquelle a = quantité de matières ayant rebondi sur la dalle de béton (en kg);
 b = quantité de matières appliquées sur la dalle de béton (en kg).

Annexe 4 (informative)

CLASSIFICATION DES BETONS PROJETES **EN FONCTION DE LA DESTINATION**

Catégorie M1.

Béton destiné à colmater des venues d'eau.

Béton servant de fond de radier ou d'anneau extérieur, projeté sur la paroi de galeries creusées lors de la réalisation de tunnels.

...

Ces bétons sont utilisés comme support de base, en vue de permettre la mise en place ultérieure des bétons de structure.

Catégorie M2.

Béton de structure dans les nouvelles constructions, ou de remplacement d'éléments porteurs.

Béton de reconstitution ou de renforcement d'ouvrages en maçonnerie, lorsque la cohésion résiduelle des éléments est très faible, ou lorsque l'adhérence attendue sur les éléments est faible (dans le cas de maçonneries en pierres de taille par exemple).

Béton de stabilisation de massifs rocheux.

L'interaction des bétons de catégorie M2 avec le support doit uniquement permettre la mise en place du béton.

Lorsqu'une interaction plus importante est souhaitée, il y a lieu d'utiliser un béton de catégorie M3 ou M4, ou d'assurer un ancrage mécanique.

Catégorie M3.

Béton destiné à la réparation du béton, lorsqu'aucune participation à la résistance mécanique de la structure n'est attendue (remplissage de vides dus à une mise en oeuvre ou un comportement déficient du béton, ou à la corrosion des armatures, ou encore à des sollicitations mécaniques, physiques ou chimiques).

Béton de jointoiement et de rétablissement du monolithisme des maçonneries.

Béton destiné à la constitution d'une couche de protection (augmentation de l'épaisseur d'enrobage des armatures, réparation de dégradations de parements affectant des surfaces importantes, ...).

Béton destiné à la constitution d'une couche de finition, au rétablissement de la continuité de surface d'un ouvrage.

Catégorie M4.

Béton destiné aux réparations structurelles.

Béton destiné au renforcement (augmentation de la section résistante du béton).

Béton destiné à la constitution d'éléments porteurs supplémentaires, tels que contre-voûte, ...

Dans les cas d'application de cette catégorie, l'efficiencia des couches rapportées à la reprise des efforts est conditionnée par leur adhérence au support.

Annexe 5 (informative)

CONTROLES DE QUALITE : CAS D'APPLICATION PRATIQUES.

Titulaire de l'aTg	Béton de base	Adjuvants de gunitage	Matériel de gunitage	
Producteur de béton acheminé sec	Usine du producteur	Usine du producteur du béton de base	Applicateurs reconnus par le producteur Le producteur centralise les registres des autocontrôles réalisés par les applicateurs	
	Contrôle externe : ISO : 4 visites par an Sans ISO 6 visites par an		Contrôle externe. Chez le producteur : vérification des registres 4 ou 6 x par année Sur chantier (béton appliqué) : 2 visites par an avec un minimum de 1 par applicateur	
	Contrôle interne : § 8.1.1.1.		Contrôle interne : Registre du matériel utilisé et, le cas échéant, des essais de convenance Liste des applicateurs à tenir à jour	
Entreprise spécialisée dans la projection	Centrale à Béton	Producteur d'adjuvants	Entreprise titulaire de l'agrément	
	Contrôle externe : BENOR : 1 visite par trimestre et par centrale. Sans BENOR : 2 visites par trimestre et par centrale	Contrôle externe BENOR : - Sans BENOR : 1 visite par année	Contrôle externe : Dans l'entreprise : vérification des registres 4 ou 6 x par année sur chantier (béton appliqué) : ISO : 4 visites par année Sans ISO : 6 visites par année avec un minimum de 2 visites par centrale.	
	Contrôle interne : § 8.1.2.	Contrôle interne : § 8.1.1.1.	Contrôle interne : Registre du matériel utilisé et, le cas échéant, des essais de convenance. Registre des bordereaux de livraison de la centrale à béton. Registre des bulletins d'analyse des adjuvants de projection.	
	Liste des centrales à tenir à jour.			

Annexe 6 (informative)

DETERMINATION DE LA TENEUR EN FIBRES

La détermination de la teneur en fibres dépend de la nature, des caractéristiques géométriques, des propriétés électrostatiques de celles-ci, ainsi que de la granulométrie du béton; il s'ensuit qu'aucune procédure générale ne peut être proposée.

La procédure suivante, basée sur un tamisage, est proposée à titre informatif :

- prise d'essai : 500 g.
- tamiser sous eau sur un tamis d'environ 0,1 mm d'ouverture de maille, jusqu'à ce que toutes les particules fines (ciment, filler etc.) soient séparées.
- le refus sur le tamis (granulats et fibres) est séché à 105 °C jusqu'à poids constant.
- les fibres sont séparées des granulats :
 - * soit manuellement;
 - * soit par aspiration;
 - * soit par un dispositif mécanique ou électronique;
 - * soit par décantation des granulats dans un liquide approprié.
- les fibres sont pesées, éventuellement après lavage et séchage.

La teneur en fibres est donnée par la relation : poids des fibres /5 (en %).