

# **CHAPITRE F**

## **SOUS-FONDATIONS ET FONDATIONS**

## TABLE DES MATIERES

Pages

|  |          |
|--|----------|
| <b>F. 1. TRAVAUX PRELIMINAIRES</b> .....   | <b>1</b> |
| <b>F. 2. TRAVAUX PREALABLES</b> .....  | <b>1</b> |
| F. 2.1. POSE D'UNE GEOGRILLE OU D'UN GEOTEXTILE .....  | 1        |
| F. 2.2. COMPACTAGE DU FOND DE COFFRE .....   | 1        |
| F. 2.3. STABILISATION DU FOND DE COFFRE .....  | 2        |
| F. 2.4. REMPLACEMENT DE SOLS IMPROPRES A CONSTITUER LE FOND DE COFFRE .....                      | 4        |
| <b>F. 3. SOUS-FONDACTIONS</b> .....  | <b>5</b> |
| F. 3.1. DESCRIPTION .....  | 5        |
| F. 3.2. CLAUSES TECHNIQUES .....   | 5        |
| F. 3.3. SPECIFICATIONS .....   | 6        |
| F. 3.4. VERIFICATIONS .....  | 7        |
| F. 3.5. PAIEMENT .....   | 7        |
| <b>F. 4. FONDATIONS</b> .....  | <b>7</b> |
| F. 4.1. TRAVAUX PREALABLES : REPROFILAGE D'UNE SOUS-FONDATION OU FONDATION<br>PREEXISTANTE ..... | 7        |
| F. 4.2. FONDATION EN EMPIERREMENT .....  | 8        |
| F. 4.3. FONDATION EN SABLE-CIMENT .....  | 11       |
| F. 4.4. FONDATION EN SABLE-LAITIER .....   | 15       |
| F. 4.5. FONDATION EN BETON MAIGRE OU BETON POUZZOLANIQUE .....                                   | 16       |
| F. 4.6. FONDATION EN BETON MAIGRE POREUX .....   | 22       |
| F. 4.7. FONDATION EN BETON SEC COMPACTE (BSC) .....  | 24       |
| F. 4.8. RETRAITEMENT EN PLACE DE CHAUSSEES EXISTANTES AU MOYEN DE CIMENT .....                   | 28       |
| F. 4.9. FONDATIONS EN PRODUITS DE SCALPAGE TRAITES A LA CHAUX .....                              | 33       |
| F. 4.10. FONDATION EN GRAVE-BITUME .....   | 34       |

## **F. 1. TRAVAUX PRELIMINAIRES**

Préalablement à la mise en oeuvre d'un géotextile ou de la sous-fondation, toute irrégularité du fond du coffre qui dépasse les tolérances admises au [E. 3.3.3](#) est nivelée et recompactée. Le fond de coffre est débarrassé de toute trace d'eau stagnante et de matériaux indésirables.

Ces opérations constituent une charge d'entreprise.

## **F. 2. TRAVAUX PREALABLES**

Les travaux préalables peuvent comprendre les travaux suivants :

- la pose d'une géogrille et/ou d'un géotextile ([F. 2.1](#))
- le compactage du fond de coffre ([F. 2.2](#))
- la stabilisation du fond de coffre ([F. 2.3](#))
- le remplacement de terrains impropres à constituer le fond de coffre ([F. 2.4](#)).

### **F. 2.1. POSE D'UNE GEOGRILLE OU D'UN GEOTEXTILE**

#### **F. 2.1.1. DESCRIPTION**

La pose d'une géogrille est réalisée pour renforcer le fond de coffre; la pose d'un géotextile est exécutée pour renforcer le fond de coffre et éviter la remontée d'éléments fins indésirables dans la sous-fondation.

#### **F. 2.1.2. CLAUSES TECHNIQUES**

Les géogrilles répondent aux prescriptions du [C. 27](#).

Les bandes de géotextile répondent aux prescriptions du [C. 25](#).

Elles se posent avec recouvrement minimal de 50 cm. Toute circulation sur les membranes est interdite avant la mise en oeuvre de matériaux de sous-fondation d'une épaisseur suffisante afin d'éviter le percement.

La pose d'une géogrille ou d'un géotextile n'est effectuée que sur ordre du fonctionnaire dirigeant.

#### **F. 2.1.3. VERIFICATIONS ET PAIEMENT**

Les vérifications portent sur le respect des recouvrements.

Le paiement s'effectue sur base de la surface recouverte du fond de coffre.

### **F. 2.2. COMPACTAGE DU FOND DE COFFRE**

#### **F. 2.2.1. CLAUSES TECHNIQUES**

Le fond de coffre n'est compacté que sur ordre du fonctionnaire dirigeant, après vérification de la portance naturelle. L'entrepreneur prend toutes les dispositions pour maintenir la portance du sol. La restitution éventuelle de la portance naturelle est une charge d'entreprise.

Si la portance ne peut être atteinte par suite des caractéristiques du sol, l'entrepreneur en avertit le fonctionnaire dirigeant qui décide des mesures à prendre.

#### **F. 2.2.2. SPECIFICATIONS**

La compacité ou portance du fond de coffre doit répondre aux prescriptions du [E. 3.3.3.1](#).

#### **F. 2.2.3. VERIFICATIONS ET PAIEMENT**

La conformité aux critères retenus de compacité ou de portance est vérifiée par les essais appropriés. Le fonctionnaire dirigeant détermine le nombre et l'emplacement des essais à réaliser.

Le paiement de la préparation du fond de coffre s'effectue sur base de la surface compactée.

### **F. 2.3. STABILISATION DU FOND DE COFFRE**

#### **F. 2.3.1. DESCRIPTION**

Amélioration sur une certaine épaisseur de la portance du sol par adjonction d'additif aux matériaux constituant le terrain et par compactage.

#### **F. 2.3.2. CLAUSES TECHNIQUES**

##### **F. 2.3.2.1. MATERIAUX**

L'additif utilisé est :

- de la chaux conforme au [C. 9](#) pour les sols limoneux et argileux
- du ciment conforme au [C. 8](#) pour les sols sableux.

Le dosage de l'additif est fixé de commun accord.

##### **F. 2.3.2.2. EXECUTION**

###### **F. 2.3.2.2.1. EPANDAGE**

Le sol est scarifié sur une épaisseur maximale de 30 cm et l'additif est épandu mécaniquement de manière uniforme. La répartition de l'additif ne s'écarte pas de plus de 10 % du dosage fixé. Cette régularité du dosage est obtenue indépendamment de la vitesse des engins.

Les engins d'épandage sont pourvus de dispositifs spéciaux pour réduire au maximum la production de poussière.

###### **F. 2.3.2.2.2. MALAXAGE ET COMPACTAGE**

Le malaxage s'exécute par bandes longitudinales successives. Chaque bande recouvre la précédente sur une largeur minimale de 10 cm. Le malaxage réalise un mélange homogène. La section traitée présente une structure uniforme sur toute l'épaisseur. La couche traitée est compactée.

Si la portance imposée n'est pas atteinte, le fond de coffre est recompacté (en cas d'utilisation de chaux) ou remplacé et compacté (en cas d'utilisation de ciment).

#### F. 2.3.2.2.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

En cas de vent fort, de pluie persistante ou lorsque la température est inférieure à 10° C, le traitement de sol est interrompu.

En cas de gel, les couches éventuellement décompactées lors du dégel sont recompactées au degré imposé; les matériaux éventuellement détremés sont retraités.

En cas de pluie soudaine intervenant en cours d'exécution, l'épandage est immédiatement arrêté.

Un premier malaxage et un lissage des surfaces déjà traitées sont effectués. A la reprise des travaux, le malaxage est achevé, avec épandage complémentaire d'additif, rendu nécessaire par la nouvelle teneur en eau. Les sols non traités le sont avec des dosages compatibles avec la teneur en eau.

#### **F. 2.3.2.3. PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES POUR LES MATERIAUX TRAITES A LA CHAUX**

##### F. 2.3.2.3.1. EPANDAGE

Pour des tronçons limités où l'épandage mécanique est impossible, le fonctionnaire dirigeant peut autoriser la mise en oeuvre de chaux éteinte en sacs répartis uniformément sur la surface à traiter. Les sacs sont crevés et vidés en place; l'épandage se fait prudemment à la pelle et au râteau. La production de poussière est limitée au maximum.

##### F. 2.3.2.3.2. MALAXAGE

Le délai entre le malaxage et le compactage est compris entre 2 et 4 heures en cas d'utilisation de chaux vive.

#### **F. 2.3.2.4. PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES POUR MATERIAUX TRAITES AU CIMENT**

##### F. 2.3.2.4.1. EPANDAGE

Pour des tronçons limités où l'épandage mécanique est impossible, le fonctionnaire dirigeant peut autoriser la mise en oeuvre de ciment en sacs répartis uniformément sur la surface à traiter. Les sacs sont crevés et vidés en place; l'épandage se fait à la pelle et au râteau.

##### F. 2.3.2.4.2. MALAXAGE

Le délai entre le malaxage et le compactage est de 2 heures au maximum.

##### F. 2.3.2.4.3. PROTECTION

La protection contre la dessiccation des matériaux traités au ciment s'effectue en deux phases :

- la 1e phase consiste en un arrosage modéré à l'eau de la surface du matériau traité; cet arrosage s'effectue immédiatement après le dernier passage du ou des engins de compactage
- la 2e phase s'effectue au plus tard en fin de journée; elle consiste en l'application :
  - d'une émulsion de bitume type A conforme au C 12.8, à raison de 0,7 l/m<sup>2</sup>
  - d'un épandage de sable conforme au C. 3.2, à raison de 3 kg/m<sup>2</sup>.

Pour les sols, les empièvements, les sables stabilisés au ciment ainsi que pour les fondations des trottoirs et des éléments linéaires, cette protection peut être remplacée par le maintien humide de la surface pendant 72 heures.

La protection contre le gel s'effectue conformément au § 10.6.5. de la norme NBN B 15-001. En cas d'utilisation de CaCl<sub>2</sub>, le § 5.5. de la norme NBN B 15-001 est d'application.

### **F. 2.3.3. SPECIFICATIONS**

La compacité ou portance du fond de coffre doit répondre aux prescriptions du [E. 3.3.3.1](#).

### **F. 2.3.4. VERIFICATIONS**

Sont contrôlés en cours d'exécution :

- l'épaisseur de scarification
- le temps s'écoulant entre le malaxage et le compactage
- le respect des prescriptions d'exécution complémentaires (conditions météorologiques, épandage, malaxage, protection contre la dessiccation).

La conformité aux critères retenus de compacité ou de portance est vérifiée par les essais appropriés. Le fonctionnaire dirigeant détermine le nombre et l'emplacement des essais à réaliser.

### **F. 2.3.5. PAIEMENT**

Le paiement s'effectue sur base du volume de terres traitées et de la quantité d'additif utilisée conformément au dosage fixé.

## **F. 2.4. REMPLACEMENT DE SOLS IMPROPRES A CONSTITUER LE FOND DE COFFRE**

### **F. 2.4.1. DESCRIPTION**

Remplacement de sols impropres par des matériaux susceptibles de fournir la portance désirée.

### **F. 2.4.2. CLAUSES TECHNIQUES**

Les matériaux de remplacement répondent aux prescriptions du [F. 3](#).

L'épaisseur du terrain impropre à remplacer est déterminée par le fonctionnaire dirigeant.

### **F. 2.4.3. SPECIFICATIONS**

La compacité ou portance du fond de coffre doit répondre aux prescriptions du [E. 3.3.3.1](#).

Si la compacité ou la portance imposée n'est pas atteinte, la couche est recompactée.

### **F. 2.4.4. VERIFICATIONS**

Les contrôles d'exécution portent sur l'épaisseur du terrain à remplacer.

La conformité aux critères retenus de compacité ou de portance est vérifiée par les essais appropriés. Le fonctionnaire dirigeant détermine le nombre et l'emplacement des essais à réaliser.

#### **F. 2.4.5. PAIEMENT**

Le paiement s'effectue sur base du volume de terres remplacées. L'évacuation des déblais, la fourniture des matériaux de remplacement et la réalisation des remblais sont comprises dans le prix du volume excavé.

La mise en C.E.T. des déchets non valorisables fait l'objet d'un seul poste au métré. Le paiement s'effectue comme au [D. 1.1.2.](#)

### **F. 3. SOUS-FONDITIONS**

#### **F. 3.1. DESCRIPTION**

La sous-fondation appartient à l'un des 3 types suivants :

- type 1 : en sable ou en cendrées; les 10 cm supérieurs peuvent être un mélange discontinu de pierres et de sable;
- type 2 : schiste rouge ou graves ou mélange de pierres, de sable et de fines (particules inférieures à 0,063 mm);
- type 3 : mélange effectué en centrale de cendres volantes, de chaux et de chlorure de calcium.

#### **F. 3.2. CLAUSES TECHNIQUES**

##### **F. 3.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- eau : [C. 1](#)
- sable : [C. 3.4.2](#)
- pierres: [C. 4.4.1](#)
- graves : [C. 5](#)
- cendres volantes : [C. 7](#)
- ciment : [C. 8](#)
- chaux : [C. 9](#)
- émulsion type A : [C. 12.8](#)
- chlorure de calcium en solution : [C. 10.](#)

##### **F. 3.2.2. EXECUTION**

Les matériaux sont épanchés par couches et compactés mécaniquement. La dimension de l'élément pierreux le plus gros ne peut être supérieure aux 2/3 de l'épaisseur des couches mises en oeuvre.

Si une ségrégation des matériaux est constatée au cours de l'épandage, ceux-ci sont remélangés.

L'arrosage éventuel des matériaux se fait pendant les opérations, de façon à obtenir une teneur en eau homogène.

Si la portance imposée n'est pas atteinte, la sous-fondation est recompaquée.

Lorsque les niveaux réalisés ne correspondent pas aux niveaux prescrits ou lorsque les tolérances autorisées sont dépassées, la sous-fondation est rectifiée et recompaquée.

Aux endroits où la tolérance est dépassée, la sous-fondation est rectifiée par régilage et compactage.

### F. 3.3. SPECIFICATIONS

#### F. 3.3.1. GRANULARITE

- les 10 cm supérieurs du type 1 en cas d'utilisation d'un mélange discontinu répondent aux prescriptions suivantes :

| Ouvertures des mailles (mm) | Passant (%) |
|-----------------------------|-------------|
| 63                          | 100         |
| 31,5                        | 30 à 100    |
| 2                           | 20 à 50     |

- la sous-fondation de type 2 répond aux prescriptions suivantes :

| Ouvertures des mailles (mm) | Passant (%) |
|-----------------------------|-------------|
| 125                         | 100         |
| 80                          | 70 à 100    |
| 20                          | 30 à 70     |
| 2                           | 15 à 60     |
| 0,063                       | 0 à 7       |

la teneur en particules inférieures à 0,020 mm est comprise entre 0 et 3 %.

- La composition massique du type 3 est la suivante : 90 à 93,5 % de cendres volantes, 3,5 à 5 % de chaux et 3 à 6 % de chlorure de calcium. La teneur en eau du mélange est comprise entre wopt.- 3 % et wopt.+ 1 % (wopt. étant la teneur en eau optimale du mélange lors de l'essai Proctor modifié USCE estimée au moyen de l'essai Opticomact effectué sur les cendres volantes seules).

#### F. 3.3.2. PORTANCE

Le coefficient de compressibilité  $M_1$  est égal ou supérieur à 35 MPa (droite OC, voir [Fig. E. 3.3.3.1a](#) ou [1b](#)).

#### F. 3.3.3. NIVEAU DE SURFACE

Les niveaux de surface de la sous-fondation respectent les profils en long et en travers prescrits. Des tolérances locales de 2 cm sont admises pour autant qu'elles soient compatibles avec les tolérances en moins des couches sus-jacentes.

#### F. 3.3.4. REGULARITE DE SURFACE

Les irrégularités de surface ne peuvent dépasser 2 cm.

#### F. 3.3.5. EPAISSEUR

La tolérance maximum sur l'épaisseur nominale de la sous-fondation est de 10 % sur les épaisseurs individuelles et l'épaisseur moyenne doit être supérieure ou égale à l'épaisseur nominale.



### **F. 3.3.6. TENEUR CONVENTIONNELLE EN MATIERES ORGANIQUES**

La teneur conventionnelle en matières organiques est inférieure à 1 %.

### **F. 3.4. VERIFICATIONS**

Sont contrôlés en cours d'exécution :

- la propreté de la couche de pose
- l'épaisseur des couches mises en oeuvre
- l'homogénéité des matériaux épandus.
- le niveau de surface (vérifié par opérations topographiques)
- la régularité de surface (vérifiée à la règle de 3 m)
- la portance (vérifiée à l'essai à la plaque).

Sont contrôlés après exécution :

- les niveaux de surface
- la régularité de surface
- l'épaisseur.

Lorsque l'épaisseur n'est pas contrôlée en permanence durant l'exécution, un contrôle a posteriori de l'épaisseur de la sous-fondation est effectué par sondages en des endroits choisis aléatoirement sur chantier.

### **F. 3.5. PAIEMENT**

Pour les sous-fondations à épaisseur constante, le paiement s'effectue sur base de la surface exécutée. Pour les sous-fondations à épaisseur variable, le paiement s'effectue sur base du volume des couches de sous-fondation réalisées.

Les surfaces des trappillons ou autres appareils ne sont pas déduites.

## **F. 4. FONDATIONS**

### **F. 4.1. TRAVAUX PREALABLES : REPROFILAGE D'UNE SOUS-FONDATION OU FONDATION PREEXISTANTE**

#### **F. 4.1.1. DESCRIPTION**

Reprofilage et compactage d'une sous-fondation existante.

Les travaux préalables ne sont effectués que lorsqu'une sous-fondation ou fondation est préexistante ou maintenue après démolition des couches supérieures d'une chaussée ou de toute autre partie revêtue existante.

## **F. 4.1.2. CLAUSES TECHNIQUES**

### **F. 4.1.2.1. MATERIAUX**

Les documents d'adjudication précisent la nature des matériaux à utiliser; à défaut, ces matériaux répondent aux prescriptions du [F. 3.2.1](#) en ce qui concerne le reprofilage d'une sous-fondation et du [F. 4.4.2.1](#) en ce qui concerne le reprofilage d'une fondation.

### **F. 4.1.2.2. EXECUTION**

La sous-fondation ou la fondation est scarifiée jusqu'à une profondeur d'au moins 10 cm, puis recompaotée. Le profilage et le compactage définitifs terminent l'opération.

La fourniture éventuelle de matériaux neufs due à un excès de démolition de la couche supérieure est une charge d'entreprise.

### **F. 4.1.3. SPECIFICATIONS**

Les prescriptions de portance, de niveau et de régularité de surface du [F. 3.4](#) sont d'application en ce qui concerne le reprofilage d'une sous-fondation et celles du [F. 4.3.3](#) en ce qui concerne le reprofilage d'une fondation.

### **F. 4.1.4. VERIFICATIONS**

Les prescriptions du [F. 3.4](#) sont d'application.

### **F. 4.1.5. PAIEMENT**

Le paiement s'effectue sur base de la surface traitée. Les surfaces des trappillons ou autres appareils ne sont pas déduites.

Les matériaux d'apport sont payés à la tonne.

## **F. 4.2. FONDATION EN EMPIERREMENT**

### **F. 4.2.1. DESCRIPTION**

#### **F. 4.2.1.1. EMPIERREMENTS A GRANULARITE CONTINUE DE TYPE I OU II**

La fondation de type I est soit une grave de catégorie GR-I-D suivant le PTV 405, soit un mélange de pierres, de sable, d'éléments fins (< 0,063 mm) et d'eau.

La fondation de type II est soit une grave de catégorie GR-II-D suivant le PTV 405, soit un mélange de pierres, de sable, d'éléments fins (< 0,063 mm) et d'eau.

#### **F. 4.2.1.2. EMPIERREMENTS A GRANULARITE CONTINUE DE TYPE I OU II TRAITES AUX ADDITIFS**

Suivant la nature de l'additif utilisé, on distingue les types d'empierrements suivants :

- type I A ou II A : 50 à 80 kg/m<sup>3</sup> de ciment
- type I B ou II B : 25 à 50 kg/m<sup>3</sup> de chlorure de calcium
- type I C ou II C : 17 % à 25 % de laitier granulé et 1 % à 2 % de chaux
- type I D ou II D : 13 à 16 % de cendres volantes, 2 à 3,5 % de chaux et 1,2 à 2,4 % de chlorure de calcium.

Les pourcentages d'additifs sont exprimés par rapport à la masse des granulats secs.

#### **F. 4.2.1.3. EMPIERREMENTS A GRANULARITE DISCONTINUE DE TYPE III**

Ils sont composés d'une ou de plusieurs couches inférieures et d'une couche de finition.

Les couches inférieures sont composées

- de pierres concassées de calibre 20/56 ou 32/56
- de matières d'agrégation
- d'eau.

La couche de finition a une épaisseur nominale de 8 cm et est composée :

- pour le type III E :
  - de pierres concassées de calibre 20/32
  - de matières d'agrégation
  - d'eau
- pour le type III F : de matériaux de type I traités aux additifs conformes au [F. 4.2.1.2](#)
- pour le type III G :
  - de pierres concassées de calibre 20/32
  - de pierres concassées de calibre 4/7
  - de liant hydrocarboné.

#### **F. 4.2.2. CLAUSES TECHNIQUES**

##### **F. 4.2.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- eau : [C. 1](#)
- ensemble sable + éléments fins : [C. 3.4.2](#)
- pierres: [C. 4.4.2](#)
- graves : [C. 5](#)
- cendres volantes : [C. 7](#)
- ciment : [C. 8](#)
- chaux vive : [C. 9](#)
- liant hydrocarboné : [C. 12](#)
- adjuvants : [C. 17](#)
- chlorure de calcium en solution : [C. 10](#)

##### **F. 4.2.2.2. EXECUTION**

###### **F. 4.2.2.2.1. EMPIERREMENT A GRANULARITE CONTINUE**

Les mélanges sont effectués en centrale. Le transport des empièrrements avec additif s'effectue par camions bâchés. La mise en oeuvre est interdite en cas de forte pluie. Les couches sont épandues mécaniquement, en épaisseur uniforme comprise entre 8 et 15 cm, et sont compactées. La dernière couche est mise en oeuvre au finisseur.

Pour les empièrrements type I A ou II A, la protection s'effectue comme pour les sols stabilisés au ciment conformément au [F. 2.3.2.4.3](#).

###### **F. 4.2.2.2.2. EMPIERREMENT A GRANULARITE DISCONTINUE**

L'empièrrement à granularité discontinue type III E est en pierres de calibre 32/56 ou 20/56 sauf les 8 derniers centimètres qui sont en pierres de calibre 20/32. L'utilisation de pierres de calibre 32/56 ou 20/56 est laissée au choix de l'entrepreneur, si rien n'est imposé.

Les pierres sont répandues mécaniquement sans matière d'agrégation et compactées par couches successives dont l'épaisseur est uniforme et ne dépasse pas 15 cm. Après épandage en surface de la matière d'agrégation, chaque couche est arrosée puis cylindrée. Cette opération est répétée jusqu'à fermeture de la couche traitée.

L'exécution de la couche de finition du type III F se fait conformément au [F. 4.2.2.1](#).

Pour l'exécution de la couche de finition du type III G, une couche de pierres 4/7 est uniformément répartie, à raison de 5 kg/m<sup>2</sup> sur la couche de finition de 8 cm en 20/32. Cette couche préalablement compactée est ensuite traitée en pénétration, à raison de minimum 4 kg/m<sup>2</sup> de liant résiduel répandu mécaniquement et de 15 kg/m<sup>2</sup> de pierres 4/7 épandues mécaniquement et immédiatement cylindrées.

#### F. 4.2.3. SPECIFICATIONS

- la granularité est conforme au tableau suivant :

| Ouvertures des mailles<br>(mm) | Passant (en %) |          |
|--------------------------------|----------------|----------|
|                                | Type I         | Type II  |
| 50                             | -              | 100      |
| 32                             | 100            | 80 à 100 |
| 20                             | 80 à 100       | 60 à 90  |
| 7                              | 40 à 70        | 40 à 70  |
| 2                              | 20 à 45        | 20 à 45  |
| 0,400                          | 5 à 25         | 5 à 25   |
| 0,063                          | 0 à 7          | 0 à 7    |

- la fraction inférieure à 0,400 mm des mélanges (à l'exception des additifs) présente les limites d'Atterberg suivantes :  $w_L \leq 25$  et  $w_P$  non mesurable.
- la teneur conventionnelle en matières organiques des mélanges est inférieure à 0,5 %.
- l'indice de forme, mesuré selon la NBN B 11-203 sur la fraction pondérale la plus importante parmi les calibres simples supérieurs à 14 mm, doit être supérieur à 0,300.
- le coefficient de compressibilité  $M_1$  est égal ou supérieur à 110 MPa (droite OD, voir [Fig. E. 3.3.3.1a ou 1b](#)).  
Cet essai est effectué au plus tard dans les 24 heures qui suivent la mise en oeuvre des fondations traitées au ciment.
- les niveaux de surface de la fondation respectent les profils en long et en travers prescrits. Des tolérances locales de 1 cm sont admises, pour autant qu'elles soient compatibles avec les tolérances en moins des couches sus-jacentes.
- les irrégularités de surface ne peuvent dépasser 1 cm.
- la tolérance maximum sur l'épaisseur nominale de la fondation est de 10 % sur les épaisseurs individuelles et l'épaisseur moyenne doit être supérieure ou égale à l'épaisseur nominale.

#### F. 4.2.4. VERIFICATIONS

Sont contrôlés en cours d'exécution :

- la propreté de la surface de pose
- le dosage des matériaux
- l'épaisseur des couches mises en oeuvre
- l'homogénéité des matériaux épandus
- le niveau de surface (vérifié par opérations topographiques)
- la régularité de surface (vérifiée à la règle de 3 m)
- la portance (vérifiée à l'essai à la plaque).

La vérification de la portance est effectuée par des essais à la plaque. Dans le cas des fondations traitées au ciment, les essais sont effectués dans les 24 heures qui suivent la mise en oeuvre. Aux endroits où la portance imposée n'est pas atteinte, la fondation est recompactée.

Sont contrôlés après exécution :

- les niveaux de surface : ils sont vérifiés par mesurages topographiques. Lorsque les niveaux réalisés ne correspondent pas aux niveaux prescrits ou lorsque les tolérances locales sont dépassées, la fondation est rectifiée et recompactée. En cas d'apport de matériaux, la fondation est scarifiée sur une profondeur minimale de 6 cm avant le recompactage.
- la régularité de surface : elle est contrôlée à la règle de 3 m. Aux endroits où la tolérance est dépassée, la fondation est rectifiée comme défini ci-dessus pour les niveaux de surface.
- l'épaisseur : lorsque l'épaisseur n'est pas contrôlée en permanence durant l'exécution, un contrôle après exécution de l'épaisseur de la fondation est effectué par sondages en des endroits choisis aléatoirement sur chantier. Cet essai est effectué au plus tard dans les 24 heures qui suivent la mise en oeuvre des fondations.

#### **F. 4.2.5. PAIEMENT**

Pour les fondations à épaisseur constante, le paiement s'effectue sur base de la surface exécutée. Pour les fondations à épaisseur variable, le paiement s'effectue sur base du volume des couches de fondation réalisées.

Les surfaces des trappillons ou autres appareils ne sont pas déduites.

#### **F. 4.3. FONDATION EN SABLE-CIMENT**

##### **F. 4.3.1. DESCRIPTION**

Les fondations en sable-ciment sont du type I ou du type II.

La fondation de type I est un mélange homogène de sable, de ciment, d'eau et éventuellement de cendres volantes.

La fondation de type II est un mélange homogène de sable, de pierres, de ciment, d'eau et éventuellement de cendres volantes. La quantité de sable est de minimum 65 % de la masse totale sable + pierres.

##### **F. 4.3.2. CLAUSES TECHNIQUES**

###### **F. 4.3.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- sable : [C. 3.4.3](#)
- pierres : [C. 4.4.2](#)
- ciment : [C. 8](#)
- cendres volantes : [C. 7](#)
- émulsion type A : [C. 12.8](#)
- eau : [C. 1](#)
- chlorure de calcium : [C. 10](#)

###### **F. 4.3.2.2. EXECUTION**

Le mélange est effectué en centrale.

La quantité de ciment est de 100 kg/m<sup>3</sup> minimum.

Un ajout de cendres volantes de maximum 5 % de la masse du mélange sec est autorisé.

La teneur en eau du mélange est comprise entre 6 et 11 % de la masse sèche des constituants.

Le transport et la livraison du sable-ciment sont conformes au § 10 de la norme NBN B 15-001.

Le mélange frais de sable stabilisé au ciment est mis en oeuvre avec une consistance de terre humide et compacté dans les 3 heures de sa préparation.

La fondation est exécutée en couche d'épaisseur maximale de 20 cm.

En fin de journée, la fondation est limitée par un plan vertical au moyen d'un coffrage ou d'un madrier posé sur chant et contre lequel vient buter le sable stabilisé. Ce coffrage doit avoir la hauteur de la fondation et être solidement maintenu en place.

En ce qui concerne la fondation routière :

- la mise en oeuvre est interdite lorsque la température de l'air mesurée sous abri, à 1,5 m du sol, est  $\leq$  à 1° C à 8 heures du matin ou  $\leq$  à -3° C durant la nuit.
- la protection s'effectue comme pour les sols stabilisés au ciment conformément au F. 2.3.2.4.3.
- toute circulation est interdite sur le sable stabilisé au ciment pendant une période de 3 jours après la mise en oeuvre.

### F. 4.3.3. SPECIFICATIONS

#### F. 4.3.3.1. PORTANCE

Pour les fondations routières, le coefficient de compressibilité  $M_1$  est supérieur ou égal à 110 MPa (droite OD, voir Fig. E. 3.3.3.1a ou 1b).

#### F. 4.3.3.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION

##### F. 4.3.3.2.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION POUR LES FONDATIONS DE TYPE I

La résistance à la compression simple est contrôlée sur des éprouvettes d'essai Proctor standard. Six éprouvettes sont fabriquées et conservées en laboratoire dans une chambre humide.

La résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  à 7 jours d'âge sur trois éprouvettes est:

- $R'_{bm} \geq$  à 2 MPa dans le cas de remplissage de fouilles et enrobage de tuyaux,
- $R'_{bm} \geq$  à 3 MPa dans le cas de fondation de route.

Si la résistance à 7 jours d'âge n'est pas atteinte, la résistance moyenne à la compression à 28 jours d'âge, contrôlée sur les trois éprouvettes restantes, est:

- $R'_{bm} \geq$  à 3 MPa dans le cas de remplissage de fouilles et enrobage de tuyaux,
- $R'_{bm} \geq$  à 4,5 MPa dans le cas de fondation de route.

##### F. 4.3.3.2.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION POUR LES FONDATIONS DE TYPE II

Les carottes sont conservées en laboratoire, en atmosphère humide saturée, à une température de 20° C pendant au moins 10 jours avant les essais.

Les résistances sont mesurées sur carottes de 100 cm<sup>2</sup> à au moins 90 jours d'âge. Les prescriptions concernent, par lot, la résistance moyenne  $R'_{bm}$  et les résistances individuelles  $R'_{bi}$ .

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Résistance caractéristique $R'_{bk}$                          | 10                    |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$n = 10$          | $R'_{bk} + 1,645 S_R$ |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$3 \leq n \leq 5$ | $R'_{bk} + 2$         |
| Résistance individuelle minimum $R'_{bi,min}$                 | $0,80 R'_{bm,min}$    |

$$\text{où } R'_{bm,min} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R'_{bi}}{n}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (R_{bi} - R'_{bm})^2}{n-1}}$$

Les résistances sont exprimées en MPa à 0,5 MPa près par excès ou par défaut.

#### **F. 4.3.3.3. NIVEAU DE SURFACE**

Les niveaux de surface de la fondation respectent les profils en long et en travers prescrits. Des tolérances locales de 1 cm sont admises pour autant qu'elles soient compatibles avec les tolérances des couches sus-jacentes.

#### **F. 4.3.3.4. REGULARITE DE SURFACE**

Les irrégularités de surface ne peuvent dépasser 1 cm.

#### **F. 4.3.3.5. EPAISSEUR**

La tolérance maximum sur l'épaisseur nominale de la fondation est de 10 % sur les épaisseurs individuelles et l'épaisseur moyenne doit être supérieure ou égale à l'épaisseur nominale.

### **F. 4.3.4. VERIFICATIONS**

#### **F. 4.3.4.1. ESSAIS EN COURS D'EXECUTION**

Les contrôles portent sur:

- la propreté de la surface de pose
- le dosage des matériaux
- l'épaisseur des couches mises en oeuvre
- l'homogénéité des matériaux épandus
- le niveau de surface
- la régularité de surface
- portance : la vérification de la portance est effectuée par des essais à la plaque. Ces essais sont effectués au plus tard dans les 24 heures qui suivent la mise en oeuvre des fondations en ce qui concerne le type II. Aux endroits où la valeur imposée n'est pas atteinte, la fondation est recompactée.

#### **F. 4.3.4.2. ESSAIS APRES EXECUTION**

##### **F. 4.3.4.2.1. NIVEAUX DE SURFACE**

Les niveaux sont vérifiés par mesurages topographiques. Lorsque les niveaux réalisés ne correspondent pas aux niveaux prescrits ou lorsque les tolérances locales sont dépassées, l'entrepreneur est tenu de retravailler la fondation, suivant une méthode approuvée par le fonctionnaire dirigeant.

##### **F. 4.3.4.2.2. REGULARITE DE SURFACE**

Les irrégularités de surface sont mesurées à la règle de 3 m. Aux endroits où la tolérance est dépassée, la fondation est rectifiée suivant une méthode approuvée par le fonctionnaire dirigeant.

##### **F. 4.3.4.2.3. RESISTANCES A LA COMPRESSION**

Les résistances à la compression simple sont mesurées, sur carottes extraites du revêtement par forage.

Le nombre de carottes à prélever est conforme au [G. 1.4.2.1.1.](#)

##### **F. 4.3.4.2.4. EPAISSEUR**

Lorsque l'épaisseur n'est pas contrôlée en permanence durant l'exécution, un contrôle après exécution de l'épaisseur de la fondation est effectué par sondages en des endroits choisis aléatoirement sur chantier.

## F. 4.3.5. PAIEMENT

### F. 4.3.5.1. MESURAGES

Pour les fondations à épaisseur constante, le paiement s'effectue sur base de la surface exécutée.  
Pour les fondations à épaisseur variable, le paiement s'effectue sur base du volume des couches de fondation réalisées.

Les surfaces des trappillons ou autres appareils ne sont pas déduites.

### F. 4.3.5.2. REFACTION POUR MANQUEMENT

#### F. 4.3.5.2.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION DES FONDATIONS DE TYPE I

Si la valeur moyenne de la résistance à la compression à 28 jours d'âge sur trois éprouvettes n'est pas atteinte mais qu'elle est  $\geq$  à 60 % de la valeur exigée, une réfaction est appliquée sur la production représentative comme suit: entre 60 % et 100 % de la résistance demandée, le nouveau prix unitaire est calculé linéairement de 0 % (0,- BEF) à 100 % du prix de l'offre.

Si la valeur moyenne obtenue est  $<$  à 60 % de la résistance à la compression exigée, le travail de la section considérée est refusé. La fondation est démolie et remplacée aux frais de l'entrepreneur (y compris les matériaux déjà posés tels les tuyaux ou revêtements éventuels).

#### F. 4.3.5.2.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION DES FONDATIONS DE TYPE II

##### – Résistance individuelle

Lorsque dans un lot, la résistance individuelle  $R'_{bi}$  d'une carotte est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bi,min}$  fixée au F. 4.3.3.2.2, la section correspondante peut être acceptée moyennant application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Ri} = p \cdot S' \cdot \left( \frac{R'_{bi,min} - R'_{bi}}{0,15R'_{bi,min}} \right)^2$$

où  $R_{bi}$  = réfaction liée à la résistance individuelle à la compression simple (BEF).

$p$  = prix unitaire de la fondation (BEF/m<sup>2</sup>).

$S'$  = surface de la section correspondante (m<sup>2</sup>).

Si  $R'_{bi} < 0,85 R'_{bi,min}$ , la section est refusée.

##### – Résistance moyenne

Lorsque la résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  d'un lot est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bm,min}$  fixée au F. 4.3.3.2.2, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit:

##### – chantier de catégorie A (n = 10)

$$R_{Rm} = p \cdot S \cdot \left( \frac{R'_{bi,min} - R'_{bm}}{1,645S_R} \right)^2$$



- chantier de catégorie B ( $n < 10$ )

$$R_{Rm} = p \cdot S \cdot \left( \frac{R'_{bi,min} - R'_{bm}}{10} \right)^2$$

où  $R_{Rm}$  = réfaction liée à la résistance à la compression d'un lot (BEF).  
 $S$  = surface du lot ( $m^2$ ).

Si  $R'_{bm} < R'_{bk}$ , le lot est refusé.

## F. 4.4. FONDATION EN SABLE-LAITIER

### F. 4.4.1. DESCRIPTION

La fondation est composée d'un mélange homogène de sable de concassage, pierres concassées, laitier granulé, eau et chaux vive.

### F. 4.4.2. CLAUSES TECHNIQUES

#### F. 4.4.2.1. MATERIAUX

Ils répondent aux prescriptions suivantes :

- sable : C. 3.4.3
- pierres: C. 4.4.2
- laitier granulé : C. 3.3.1
- chaux : C. 9
- eau : C. 1.

La granularité du mélange pierres concassées, sable de concassage et laitier granulé est donnée ci-après.

| Tamis<br>(ouverture en mm) | Passant<br>(%) |
|----------------------------|----------------|
| 6,3                        | 100            |
| 4,0                        | 80 à 100       |
| 2,0                        | 45 à 70        |
| 1,0                        | 25 à 45        |
| 0,063                      | 5 à 15         |

Le sable-laitier contient 15 à 20 % de laitier granulé et 0,5 à 2 % de chaux vive.

#### F. 4.4.2.2. EXECUTION

Le mélange est effectué en centrale.

La fondation est exécutée en couche d'épaisseur maximale de 20 cm.

En fin de journée, la fondation est limitée par un plan vertical au moyen d'un coffrage ou d'un madrier posé sur chant et contre lequel vient buter le sable-laitier. Ce coffrage doit avoir la hauteur de la fondation et être solidement maintenu en place.

Le transport et la livraison du béton sont conformes au § 10 de la norme NBN B 15-001.

La mise en oeuvre est interdite lorsque la température de l'air mesurée sous abri, à 1,5 m du sol est  $\leq$  à 1° C à 8 heures du matin ou  $\leq$  à - 3° C durant la nuit.

La protection contre la dessiccation s'effectue conformément au [F. 2.3.2.4.3](#).

Toute circulation est interdite sur le sable-laitier pendant une période de 3 jours après la mise en oeuvre.

#### **F. 4.4.3. SPECIFICATIONS**

Les prescriptions du [F. 4.3.3](#) sont d'application.

#### **F. 4.4.4. VERIFICATIONS**

Les prescriptions du [F. 4.3.4](#) sont d'application.

#### **F. 4.4.5. PAIEMENT**

Les prescriptions du [F. 4.3.5](#) sont d'application

### **F. 4.5. FONDATION EN BETON MAIGRE OU BETON POUZZOLANIQUE**

#### **F. 4.5.1. DESCRIPTION**

Les fondations en béton maigre sont du type I ou II.

Les fondations en béton pouzzolanique sont du type III ou IV.

Le type I est un mélange de :

- pierres naturelles ou concassés de béton et/ou concassés de débris d'enrobés bitumineux
- sables dont la granularité est éventuellement corrigée par addition de laitier granulé (au maximum 20 % de la masse de sable)
- ciment : le ciment est à haute résistance aux sulfates (HSR) et à teneur limitée en alcalis (LA) en cas d'utilisation de concassés de débris de béton
- eau
- éventuellement cendres volantes ou filler
- éventuellement adjuvants, moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant.

Le type II est un mélange de laitier granulé, de ciment et d'eau.

Le type III est un mélange de :

- pierres naturelles ou concassés de béton et/ou concassés de débris d'enrobés bitumineux
- sables
- cendres volantes
- chaux
- chlorure de calcium
- eau.

Le type IV est un mélange de sables, de cendres volantes, de chaux, de chlorure de calcium et d'eau.

## **F. 4.5.2. CLAUSES TECHNIQUES**

### **F. 4.5.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant.

- sable : C. 3.4.4
- laitier granulé : C. 3.3.1
- pierres : C. 4.4.3
- cendres volantes : C. 7
- ciment : C. 8
- chaux : C. 9
- émulsion type A : C. 12.8
- chlorure de calcium : C. 10
- eau : C. 1.

### **F. 4.5.2.2. EXECUTION**

#### **F. 4.5.2.2.1. COMPOSITION**

Lorsque le béton maigre n'est pas fourni à performance spécifiée suivant la norme NBN B 15-001, l'entrepreneur fournit, au moins quinze jours avant le début du bétonnage :

- les certificats Benor ou à défaut les certificats d'origine des composants (pierres, sable, ciment, adjuvants éventuels,...)
- une étude de la composition du béton, certifiée par un laboratoire agréé, reprenant :
  - la composition en masse des pierres et sable
  - la teneur en ciment et en eau
  - la consistance du béton frais
  - la masse volumique du béton à l'état sec
  - le type, les caractéristiques et le dosage des adjuvants
- l'emplacement de la centrale à béton.

Lorsque le béton maigre est fourni à performance spécifiée suivant la NBN B 15-001, il est de classe de résistance C12/15.

#### **F. 4.5.2.2.2. FABRICATION**

Les mélanges sont effectués dans une centrale de malaxage dont la capacité est suffisante pour suivre la cadence du chantier. L'entrepreneur ne peut modifier la composition du béton en cours de bétonnage sans l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant.

La durée de malaxage, comptée à partir de l'introduction du dernier matériau dans le malaxeur (eau comprise), est supérieure à une minute.

Pour les bétons maigres, la teneur en ciment est au minimum de 100 kg/m<sup>3</sup>, la teneur en eau effective ne dépasse pas 8 % de la masse du mélange sec et la teneur éventuelle en cendres volantes ne peut dépasser 8 % de la masse des granulats secs.

Pour le béton pouzzolanique, la composition massique des additifs, par rapport à la masse totale des granulats secs, est la suivante: 11,5 à 16,5 % de cendres volantes, 3 à 4 % de chaux et 0,6 à 1,2 % de chlorure de calcium.

#### F. 4.5.2.2.3. TRANSPORT

Le transport et la livraison du béton sont conformes au § 10 de la norme NBN B 15-001. Le béton frais est transporté, de la centrale au chantier, par des camions-bennes bâchés. Tout autre moyen de transport n'est autorisé qu'avec l'accord du fonctionnaire dirigeant. Si le transport par camion-malaxeur a été autorisé, le malaxeur tourne en vitesse de malaxage pendant au moins 2 minutes avant le déversement du béton.

Les adjuvants autorisés sont introduits, au plus tard, avant la période de malaxage précédant le déversement du béton.

#### F. 4.5.2.2.4. MISE EN OEUVRE

La mise en oeuvre du béton est faite mécaniquement en une seule couche.

Pour les éléments linéaires préfabriqués et les trottoirs, l'épandage du béton peut être exécuté manuellement.

Le béton doit être mis en oeuvre, compacté et protégé contre la dessiccation endéans les 2 heures qui suivent sa fabrication.

La mise en oeuvre est interdite lorsque la température de l'air mesurée sous abri, à 1,5 m du sol, est  $\leq$  à 1° C à 8 heures du matin ou  $\leq$  à -3° C durant la nuit.

En fin de journée, la fondation est limitée par un plan vertical au moyen d'un coffrage ou d'un madrier posé sur chant et contre lequel vient buter le béton. Ce coffrage doit avoir la hauteur de la fondation et être solidement maintenu en place.

#### F. 4.5.2.2.5. PROTECTIONS

La protection contre la dessiccation s'effectue conformément au [F. 2.3.2.4.3.](#)

La protection contre le gel s'effectue conformément au § 10.6.5. de la norme NBN B 15-001. En cas d'utilisation de  $\text{CaCl}_2$ , le § 5.5. de la norme NBN B 15-001 est d'application.

#### F. 4.5.2.2.6. MISE EN SERVICE

Toute circulation sur le béton est interdite pendant les 7 jours qui suivent la mise en oeuvre.

### F. 4.5.3. SPECIFICATIONS

#### F. 4.5.3.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE

Les carottes sont conservées en laboratoire, en atmosphère humide saturée, à une température de 20° C pendant au moins 10 jours avant les essais.

Les résistances sont mesurées sur carottes de 100 cm<sup>2</sup> à au moins 90 jours d'âge. Les prescriptions concernent, par lot, la résistance moyenne  $R'_{bm}$  et les résistances individuelles  $R'_{bi}$ .

|   | Fondation de chaussées et/ou zones d'immobilisation | Fondation de trottoirs, éléments linéaires et localisés |
|---|---|---|
| Résistance caractéristique $R'_{bk}$                        | 10  | 13  |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$n = 10$        | $R'_{bk} + 1,645 S_R$                               | $R'_{bk} + 1,645 S_R$                                   |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$3 \leq n < 10$ | $R'_{bk} + 2$                                       | $R'_{bk} + 2$   |
| Résistance individuelle minimum $R'_{bi,min}$               | $0,80 R'_{bm,min}$                                  | $0,80 R'_{bm,min}$                                      |

$$\text{où } R'_{\text{bm},\text{min}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R'_{\text{bi}}}{n}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (R_{\text{bi}} - R'_{\text{bm}})^2}{n-1}}$$

Les résistances sont exprimées en MPa à 0,5 MPa près par excès ou par défaut.

#### F. 4.5.3.2. EPAISSEUR

Les prescriptions concernent, par lot, l'épaisseur moyenne  $E_m$  et les épaisseurs individuelles  $E_i$  exprimées en mm à 0,5 mm près par excès ou par défaut.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Epaisseur individuelle minimum $E_{i,\text{min}}$ | 0,90 $E_{\text{nom}}$ |
| Epaisseur moyenne minimum $E_{m,\text{min}}$      | $E_{\text{nom}}$      |

où  $E_{\text{nom}}$  est l'épaisseur nominale (mm) fixée aux documents d'adjudication

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n}$$

$n$  = nombre d'échantillons

#### F. 4.5.3.3. NIVEAU DE SURFACE

Les niveaux de surface de la fondation doivent respecter les profils en long et en travers prescrits. Des tolérances locales de 1 cm sont admises pour autant qu'elles soient compatibles avec les tolérances des couches sus-jacentes.

#### F. 4.5.3.4. REGULARITE DE SURFACE

Les irrégularités de surface ne peuvent dépasser 1 cm.

#### F. 4.5.4. VERIFICATIONS

##### F. 4.5.4.1. ESSAIS EN COURS D'EXECUTION

Les contrôles portent sur:

- le matériel
- la propreté du fond de coffre
- l'alignement et la fixation des coffrages ou des fils de guidage ainsi que sur leur niveau
- les épaisseurs probables du béton par mesure par rapport au niveau du fond de coffre
- l'observation des conditions atmosphériques
- le dosage des matériaux
- la protection du béton
- le niveau de surface
- la régularité de surface.

#### **F. 4.5.4.2. ESSAIS APRES EXECUTION**

##### **F. 4.5.4.2.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.3](#) sont d'application.

Pour les fondations des éléments linéaires, il est prélevé aléatoirement au moins 1 carotte par 200 m avec un minimum de 3 carottes.

Pour les fondations des trottoirs, il est prélevé aléatoirement au moins 1 carotte par 500 m<sup>2</sup> avec un minimum de 3 carottes.

##### **F. 4.5.4.2.2. EPAISSEUR**

Cette vérification s'effectue sur les carottes prélevées pour la vérification des résistances à la compression.

##### **F. 4.5.4.2.3. NIVEAU DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.1](#) sont d'application.

##### **F. 4.5.4.2.4. REGULARITE DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.2](#) sont d'application.

#### **F. 4.5.5. PAIEMENT**

##### **F. 4.5.5.1. MESURAGES**

En ce qui concerne la fondation des éléments linéaires, le paiement s'effectue sur base de la longueur ou du volume selon les prescriptions des documents d'adjudication.

Les prescriptions du [F. 4.3.5](#) sont d'application.

##### **F. 4.5.5.2. REFACTION POUR MANQUEMENT**

###### **F. 4.5.5.2.1. EPAISSEUR**

###### **F. 4.5.5.2.1.1. Epaisseur individuelle**

Lorsque, dans un lot, l'épaisseur individuelle  $E_i$  d'une carotte est inférieure à l'épaisseur minimum fixée au [F. 4.5.3.2](#), la section correspondante peut être acceptée moyennant application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Ei} = p \cdot S' \cdot \left( \frac{0,90E_{nom} - E_i}{0,10E_{nom}} \right)^2$$

où  $R_{Ei}$  = réfaction liée à l'épaisseur individuelle (BEF).  
 $p$  = prix unitaire du béton (BEF/m<sup>2</sup>).  
 $S'$  =  $S/n$   
 $S$  = la surface du lot en m<sup>2</sup>  
 $n$  = le nombre de carottes prélevées dans le lot

Si  $E_i < 0,80 E_{nom}$ , la section est refusée ou acceptée moyennant une réfaction égale à  $p \cdot S'$ .

#### F. 4.5.5.2.1.2. Epaisseur moyenne

Lorsque l'épaisseur moyenne d'un lot est inférieure à l'épaisseur nominale, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Em} = p \cdot S \cdot \left( \frac{E_{nom} - E_m}{0,10E_{nom}} \right)^2$$

où  $R_{Em}$  = réfaction liée à l'épaisseur moyenne (BEF).  
 $S$  = surface du lot (m<sup>2</sup>).

Si  $E_m < 0,90 E_{nom}$ , le lot est refusé ou accepté moyennant une réfaction égale à p.S.

#### F. 4.5.5.2.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION

##### F. 4.5.5.2.2.1. Résistance individuelle

Lorsque, dans un lot, la résistance individuelle  $R'_{bi}$  d'une carotte est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bi,min}$  fixée au F.4.5.3.1, la section correspondante peut être acceptée moyennant application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Ri} = p \cdot S' \cdot \left( \frac{R'_{bi,min} - R'_{bi}}{0,15R'_{bi,min}} \right)^2$$

où  $R_{Ri}$  = réfaction liée à la résistance individuelle à la compression simple (BEF).  
 $p$  = prix unitaire du béton (BEF/m<sup>2</sup>).  
 $S'$  = S/n  
 $S$  = la surface du lot en m<sup>2</sup>  
 $n$  = le nombre de carottes prélevées dans le lot

Si  $R'_{bi} < 0,85 R'_{bi,min}$ , la section est refusée ou acceptée moyennant une réfaction égale à p.S'.

##### F. 4.5.5.2.2.2. Résistance moyenne

Lorsque la résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  d'un lot est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bm,min}$  fixée au F. 4.5.3.1, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit:

– chantier de catégorie A (n = 10)

$$R_{Rm} = p \cdot S \cdot \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{1,645S_R} \right)^2$$

– chantier de catégorie B (n < 10)

$$R_{Rm} = p \cdot S \cdot \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{2} \right)^2$$

où  $R_{Rm}$  = réfaction liée à la résistance à la compression d'un lot (BEF).  
 $S$  = surface du lot (m<sup>2</sup>).

Si  $R'_{bm} < R'_{bk}$ , le lot est refusé ou accepté moyennant une réfaction égale à p.S.

## **F. 4.6. FONDATION EN BETON MAIGRE POREUX**

### **F. 4.6.1. DESCRIPTION**

Le béton maigre poreux est composé d'un mélange :

- de matériaux pierreux tels que pierres concassées, graves ou graviers roulés
- éventuellement de sable
- de ciment
- d'eau.

### **F. 4.6.2. CLAUSES TECHNIQUES**

#### **F. 4.6.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- sable : [C. 3.4.4](#)
- laitier granulé : [C. 3.3.1](#)
- pierres : [C. 4.4.3](#)
- graves : [C. 5](#)
- ciment : [C. 8](#)
- eau : [C. 1](#).

#### **F. 4.6.2.2. EXECUTION**

##### **F. 4.6.2.2.1. COMPOSITION**

La composition du béton poreux à mettre en oeuvre en proportions est la suivante :

- 7/20 mm : 1.130 kg
- 2/7 mm : 565 kg
- ciment : 200 kg minimum
- eau : environ 100 litres.

Le fonctionnaire dirigeant peut modifier cette composition en cours de chantier s'il l'estime nécessaire sans droit à modification du prix unitaire pour l'entrepreneur.

##### **F. 4.6.2.2.2. FABRICATION**

Les mélanges sont effectués dans une centrale de malaxage. Le transport et la livraison du béton sont conformes au § 10 de la norme NBN B 15-001.

##### **F. 4.6.2.2.3. MISE EN OEUVRE**

La mise en oeuvre du béton et la finition de la surface sont exécutées mécaniquement en une seule couche.

L'épandage s'effectue en continu par une machine qui règle la hauteur du matériau foisonné au niveau qui permettra, après compactage, d'atteindre la cote désirée.

Le compactage doit être puissant afin d'atteindre la couche en profondeur.

La mise en oeuvre est interdite lorsque la température de l'air mesurée sous abri, à 1,5 m du sol, est  $\leq$  à 1° C à 8 heures du matin ou  $\leq$  à - 3° C durant la nuit.

En fin de journée, la fondation est limitée par un plan vertical au moyen d'un coffrage ou d'un madrier posé sur chant et contre lequel vient buter le béton. Ce coffrage a la hauteur de la fondation et est solidement maintenu en place.



#### F. 4.6.2.2.4. PROTECTION

Immédiatement après la finition de la surface, et au plus tard 30 minutes après mise en oeuvre du béton, celui-ci est protégé contre la dessiccation (généralement, au moyen d'une feuille plastique). La protection contre le gel s'effectue conformément au § 10.6.5. de la norme NBN B 15-001.

#### F. 4.6.2.2.5. MISE EN SERVICE

Toute circulation sur le béton est interdite pendant les 7 jours qui suivent la mise en oeuvre.

### F. 4.6.3. SPECIFICATIONS

#### F. 4.6.3.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE

Les prescriptions du F. 4.5.3.1 sont d'application avec  $R'_{bk} = 13$ .

#### F. 4.6.3.2. POROSITE

La porosité est mesurée sur les carottes extraites du revêtement pour le contrôle de la résistance à la compression simple.

Les éprouvettes sont conservées sous eau à  $20 \pm 2^\circ \text{C}$

Le pourcentage de vides est supérieur à 15 %.

#### F. 4.6.3.3. EPAISSEUR

Les prescriptions du F. 4.5.3.2 sont d'application.

#### F. 4.6.3.4. NIVEAU DE SURFACE

Les prescriptions du F. 4.5.3.3 sont d'application.

#### F. 4.6.3.5. REGULARITE DE SURFACE

Les prescriptions du F. 4.5.3.4 sont d'application.

### F. 4.6.4. RECEPTIONS TECHNIQUES

Les prescriptions du F. 4.5.4 sont d'application.

### F. 4.6.5. PAIEMENT

#### F. 4.6.5.1. MESURAGES

Les prescriptions du F. 4.5.5.1 sont d'application.

#### F. 4.6.5.2. REFACTION POUR MANQUEMENT

Les prescriptions du F. 4.5.5.2 sont d'application.

En outre, le béton dont la porosité n'est pas satisfaisante est refusé.

## **F. 4.7. FONDATION EN BETON SEC COMPACTE (BSC)**

### **F. 4.7.1. DESCRIPTION**

La fondation en béton sec compacté est une fondation mise en oeuvre à la niveleuse et au rouleau, de composition semblable au béton maigre de type I mais avec une teneur en ciment plus élevée et une fraction granulométrique plus petite (0/20). Elle permet une mise en service rapide.

### **F. 4.7.2. CLAUSES TECHNIQUES**

#### **F. 4.7.2.1. MATERIAUX**

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- eau : C. 1
- sable : C. 3.4.4
- pierres : C. 4.4.3
- ciment : C. 8
- cendres volantes : C. 7
- adjuvant : C. 17
- chlorure de calcium : C. 10.

#### **F. 4.7.2.2. EXECUTION**

##### **F. 4.7.2.2.1. COMPOSITION**

La fondation en béton sec compacté est un mélange homogène de sable, de pierres, d'eau, de ciment et éventuellement de cendres volantes et/ou d'adjuvants.

Les bétons secs compactés sont de deux types : les BSC 20 et BSC 30 définis ci-après.

Au moins 15 jours avant le début du bétonnage, l'entrepreneur fournit la composition en tenant compte des éléments suivants :

- pour un BSC 20, la teneur en ciment est d'au moins 200 kg/m<sup>3</sup>
- pour un BSC 30, elle est d'au moins de 250 kg/m<sup>3</sup>
- la quantité de cendres volantes est de maximum 5 % de la masse des granulats secs
- la teneur en eau doit permettre un compactage optimal. Généralement, la teneur en eau est légèrement inférieure à l'Optimum Proctor modifié et est comprise entre 4 et 7 % de la masse des matériaux secs.

##### **F. 4.7.2.2.2. FABRICATION**

Les mélanges sont effectués dans une centrale de malaxage dont la capacité est suffisante pour suivre la cadence du chantier. L'entrepreneur ne peut modifier la composition du béton en cours de bétonnage sans l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant.

La durée de malaxage, comptée à partir de l'introduction du dernier matériau dans le malaxeur (eau comprise), est supérieure à 1 minute.

##### **F. 4.7.2.2.3. TRANSPORT**

Le transport et la livraison du béton sont conformes au § 10 de la norme NBN B 15-001.

Le béton frais est transporté, de la centrale au chantier, par des camions-bennes bâchés. Tout autre moyen de transport n'est autorisé qu'avec l'accord du fonctionnaire dirigeant. Si le transport par camion-malaxeur a été autorisé, le malaxeur tourne en vitesse de malaxage pendant au moins 2 minutes avant le déversement du béton.

Les adjuvants autorisés sont introduits, au plus tard, avant la période de malaxage précédant le déversement du béton.

#### F. 4.7.2.2.4. MISE EN OEUVRE

La mise en oeuvre du béton est faite mécaniquement en une seule couche à la niveleuse ou au finisseur. La mise en oeuvre est interdite lorsque la température de l'air mesurée sous abri, à 1,5 m du sol, est  $\leq$  à 1° C à 8 heures du matin ou  $\leq$  à -3° C durant la nuit.

Le compactage est assuré par un rouleau à pneus d'une masse d'au moins 2,7 t par roue et un rouleau vibrant à jante lisse dont la masse linéique d'au moins un cylindre est supérieure à 30 kg/cm de génératrice. Le compactage est assuré de façon à atteindre au minimum 97 % de l'Optimum Proctor modifié.

Le béton est mis en oeuvre, compacté et protégé contre la dessiccation endéans les 2 heures qui suivent sa fabrication.

En fin de journée, la fondation est limitée par un plan vertical au moyen d'un coffrage ou d'un madrier posé de chant et contre lequel vient buter le béton. Ce coffrage a la hauteur de la fondation et est solidement maintenu en place.

#### F. 4.7.2.2.5. PROTECTION

La protection contre la dessiccation s'effectue conformément au F. 2.3.2.4.3 immédiatement après la mise en oeuvre.

La protection contre le gel s'effectue conformément au § 10.6.5. de la norme NBN B 15-001.

#### F. 4.7.2.2.6. JOINTS

Dans le béton sec compacté, des amorces de fissuration sont réalisées tous les 5 m sur une profondeur d'au minimum 1/3 de l'épaisseur de la fondation.

#### F. 4.7.2.2.7. MISE EN SERVICE

Toute circulation de moins de 3,5 t est permise immédiatement après la fin de la mise en oeuvre. La circulation lourde est interdite pendant les 5 jours qui suivent la mise en oeuvre.

### F. 4.7.3. SPECIFICATIONS

#### F. 4.7.3.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION

Les carottes sont conservées en laboratoire, en atmosphère humide saturée, à une température de 20° C pendant au moins 10 jours avant les essais.

Les résistances sont mesurées sur carottes de 100 cm<sup>2</sup> à au moins 90 jours d'âge. Les prescriptions concernent, par lot, la résistance moyenne  $R'_{bm}$  et les résistances individuelles  $R'_{bi}$ .

|   | BSC 20                | BSC 30                |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Résistance caractéristique $R'_{bk}$                          | 18                    | 26                    |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$n = 10$          | $R'_{bk} + 1,645 S_R$ | $R'_{bk} + 1,645 S_R$ |
| Résistance moyenne minimum $R'_{bm,min}$<br>$3 \leq n \leq 5$ | $R'_{bk} + 2$         | $R'_{bk} + 4$         |
| Résistance individuelle minimum $R'_{bi,min}$                 | $0,80 R'_{bm,min}$    | $0,80 R'_{bm,min}$    |

$$\text{où } R'_{\text{bm,min}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R'_{\text{bi}}}{n}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (R_{\text{bi}} - R'_{\text{bm}})^2}{n-1}}$$

Les résistances sont exprimées en MPa à 0,5 MPa près par excès ou par défaut.

**F. 4.7.3.2. EPAISSEUR**

Les prescriptions du [F. 4.5.3.2](#) sont d'application.

**F. 4.7.3.3. NIVEAU DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.5.3.3](#) sont d'application.

**F. 4.7.3.4. REGULARITE DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.5.3.4](#) sont d'application.

**F. 4.7.4. RECEPTIONS TECHNIQUES**

**F. 4.7.4.1. ESSAIS EN COURS D'EXECUTION**

Les prescriptions du [F. 4.5.4.1](#) sont d'application.

**F. 4.7.4.2. ESSAIS APRES EXECUTION**

**F. 4.7.4.2.1. RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE**

La résistance à la compression simple est mesurée sur 3 carottes, par journée de bétonnage.

**F. 4.7.4.2.2. EPAISSEUR**

Les prescriptions du [F. 4.5.4.2.2](#) sont d'application.

**F. 4.7.4.2.3. NIVEAU DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.1](#) sont d'application.

**F. 4.7.4.2.4. REGULARITE DE SURFACE**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.2](#) sont d'application.

## F. 4.7.5. PAIEMENT

### F. 4.7.5.1. MESURAGES

Les prescriptions du F. 4.3.5 sont d'application.

### F. 4.7.5.2. REFACTION POUR MANQUEMENT

#### F. 4.7.5.2.1. EPAISSEUR

Les prescriptions du F. 4.5.5.2.1 sont d'application.

#### F. 4.7.5.2.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION

##### F. 4.7.5.2.2.1. Résistance individuelle

Les prescriptions du F. 4.5.5.2.2.1 sont d'application.

##### F. 4.7.5.2.2.2. Résistance moyenne

Lorsque la résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  d'un lot est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bm,min}$  fixée au F. 4.7.3.1, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit:

- chantier de catégorie A ( $n = 10$ )

$$R_{Rm} = p.S. \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{1,645S_R} \right)^2$$

- chantier de catégorie B ( $n < 10$ ) pour les BSC 20

$$R_{Rm} = p.S. \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{2} \right)^2$$

- chantier de catégorie B ( $n < 10$ ) pour les BSC 30

$$R_{Rm} = p.S. \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{4} \right)^2$$

où  $R_{Rm}$  = réfaction liée à la résistance à la compression d'un lot (BEF).  
S = surface du lot (m<sup>2</sup>).

Si  $R'_{bm} < R'_{bk}$ , le lot est refusé.

## **F. 4.8. RETRAITEMENT EN PLACE DE CHAUSSEES EXISTANTES AU MOYEN DE CIMENT**

### **F. 4.8.1. DESCRIPTION**

Le retraitement en place consiste à mélanger en place l'empierrement existant avec du ciment, éventuellement de l'eau et un matériau d'apport destiné à corriger la granularité du mélange et/ou à augmenter l'épaisseur de la fondation.

Si l'empierrement existant est recouvert d'un revêtement hydrocarboné, l'épaisseur de celui-ci n'excède pas le tiers de celle de la couche à traiter.

Le retraitement au ciment ne s'applique pas aux routes en béton, ni aux pavages.

Si 10 % au moins des matériaux en place ont un calibre supérieur à 80 mm, un concassage préalable des matériaux est prévu.

### **F. 4.8.2. CLAUSES TECHNIQUES**

#### **F. 4.8.2.1. MATERIAUX**

Le squelette inerte est constitué du matériau en place et, éventuellement, d'un matériau d'apport. Les proportions sont déterminées sur base des résultats des essais en laboratoire décrits ci-après.

La courbe granulométrique des matériaux correspond à la courbe de Talbot d'équation :

$$Y = \left( \frac{d}{D} \right)^{0,4} \cdot 100$$

dans laquelle : Y = % de passant au tamis d  
d = maille du tamis  
D = dimension du plus gros élément

La tolérance sur la courbe est de  $\pm 5\%$ .

Lorsque les matériaux en place ne répondent pas à ce critère de granularité, un matériau d'apport correctif est nécessaire.

Les matériaux d'apport répondent aux prescriptions du chapitre [F. 4.5.2.1](#).

#### **F. 4.8.2.2. COMPOSITION**

La composition du mélange est fournie par l'entrepreneur sur base d'une étude certifiée par un laboratoire agréé.

L'entrepreneur fournit au laboratoire les échantillons des matériaux prélevés in situ (au moins 200 kg par échantillon) et des matériaux d'apport qu'il compte utiliser (au moins 100 kg). Les prélèvements sont effectués à raison d'au moins un sondage par 500 m de route d'un seul tenant et par demi-chaussée, en alternance.

La profondeur du sondage est égale à l'épaisseur du matériau à traiter.

Si la structure et/ou les matériaux sont hétérogènes, le nombre de prélèvements peut être augmenté.

Le rapport du laboratoire précise :

- la granularité des matériaux prélevés in situ y compris la teneur en éléments inférieurs à 0,063 mm
- la teneur en matières organiques
- la granularité des matériaux d'apport éventuels
- la granularité du mélange (matériaux in situ + matériaux d'apport)
- la courbe Proctor modifié du mélange avec une teneur en ciment de 6 % de la masse sèche (ASTM-D-1557-78-Méthode D)
- la quantité de ciment nécessaire pour obtenir une résistance minimale à la compression à 7 jours de 8 MPa sur moules Proctor modifié et une résistance à l'immersion suivant la méthode ci-dessous :
  - deux séries de trois éprouvettes Proctor modifié sont fabriquées aux teneurs en ciment et en eau fixées par l'essai de résistance à la compression.
  - après 7 jours de conservation en atmosphère humide (95 % humidité relative et 20° C) une série d'éprouvettes est immergée sous eau, l'autre est maintenue en atmosphère humide.
  - à 14 jours, les deux séries sont soumises à l'essai de compression. La résistance moyenne des éprouvettes immergées est supérieure ou égale à 70 % de celle des éprouvettes témoins.

Le dosage de ciment par rapport à la masse totale des matériaux est fixé à 6 %, si la méthode fournit une valeur inférieure.

#### **F. 4.8.2.3. EXECUTION**

##### **F. 4.8.2.3.1. PREPARATION**

Toute mise en oeuvre est précédée d'un nettoyage du revêtement avec évacuation des matières terreuses et/ou organiques.

##### **F. 4.8.2.3.2. DISTRIBUTION DES MATERIAUX D'APPORT, DU CIMENT ET DE L'EAU**

La distribution des matériaux d'apport est régulière et homogène; elle ne s'écarte pas de plus de 2 % en valeur absolue des quantités prescrites. Les matériaux d'apport sont mis en oeuvre au finisseur sur l'épaisseur prescrite mesurée après compactage et sont compactés avant fragmentation et malaxage.

Le ciment est soit épandu devant l'engin de retraitement au moyen d'une épandeuse dont le débit est asservi à la vitesse d'avancement, soit injecté sous forme d'un coulis au droit du tambour de fragmentation.

La tolérance sur la quantité de ciment est de maximum 5 % en valeur relative de la quantité imposée.

Le réglage de la teneur en eau est effectué de manière à ne pas s'écarter de plus de 1 % de l'optimum Proctor modifié défini au cours des essais.

##### **F. 4.8.2.3.3. FRAGMENTATION ET MALAXAGE**

L'(les) engin(s) de traitement effectue(nt) la fragmentation et le malaxage en une seule passe sur toute l'épaisseur imposée. Les deux fonctions, fragmentation et malaxage, sont parfaitement dissociées et l'engin est équipé d'un malaxeur indépendant destiné à traiter et homogénéiser l'ensemble des matériaux. Ce malaxeur peut être remplacé par un finisseur qui suit immédiatement la machine de fragmentation et assure l'homogénéisation et le répannage uniforme du produit retraité.

L'engin de fragmentation a une puissance minimale, en mètre linéaire de rotor, de 100 kw/h et un rotor de fragmentation qui tourne dans le sens inverse de l'avancement en soulevant les éléments qui viennent buter contre une barre de fractionnement et ramène ces éléments soit directement dans le malaxeur, soit en un cordon central devant le finisseur.

En cas de présence d'enrobés hydrocarbonés en épaisseur inférieure au 1/3 de la couche à traiter, le fraisage préalable des enrobés avec maintien du matériau en place est autorisé.

#### F. 4.8.2.3.4. COMPACTAGE ET FINITION

Pour des épaisseurs de matériaux traités inférieures ou égales à 25 cm, l'atelier de compactage comprend au moins un rouleau vibrant à jante lisse dont la masse linéique d'au moins un cylindre est supérieure à 30 kg/cm de génératrice.

Pour des épaisseurs supérieures à 25 cm, l'atelier de compactage comprend en plus un rouleau à pneus d'une masse d'au moins 2,7 t par roue. Dans ce cas, le compactage débute avec le rouleau à pneus.

#### F. 4.8.2.3.5. PROTECTION

La protection s'effectue conformément au [F. 2.3.2.4.3.](#)

#### F. 4.8.2.3.6. MISE EN SERVICE

Le trafic léger ( $\leq 3,5$  t) est admis 4 heures après la seconde phase de la protection.  
Le trafic normal n'est admis qu'après la pose de la couche de surface ou du revêtement.

### F. 4.8.3. SPECIFICATIONS

#### F. 4.8.3.1. PORTANCE

Le coefficient de compressibilité M1 est supérieur ou égal à 110 MPa (droite OD, voir [Fig. E. 3.3.3.1a ou 1b](#)). Cet essai est effectué au plus tard dans les 24 heures qui suivent la mise en oeuvre.

#### F. 4.8.3.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION SIMPLE

La résistance moyenne  $R'_{bm}$  minimum et la résistance individuelle  $R'_{bi}$  minimum des carottes, à au moins 90 jours d'âge sur carottes de 200 cm<sup>2</sup> extraites du revêtement, sont :

$$R'_{bm,min} = 8 \text{ MPa}$$

$$R'_{bi,min} = 6,5 \text{ MPa}$$

$$\text{où } R'_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R'_{bi}}{n}$$

n = le nombre de carottes

#### F. 4.8.3.3. EPAISSEUR

Les prescriptions du [F. 4.5.3.2](#) sont d'application.

#### F. 4.8.3.4. NIVEAU DE SURFACE

Les niveaux de surface respectent les profils en long et en travers. Des tolérances locales de 2 cm sont admises.

#### F. 4.8.3.5. REGULARITE DE SURFACE

Les irrégularités de surface ne dépassent pas 1,5 cm.



#### **F. 4.8.4. VERIFICATIONS**

##### **F. 4.8.4.1. ESSAIS EN COURS D'EXECUTION**

Les contrôles portent sur:

- la vérification des matériaux d'apport et leur correspondance avec les matériaux d'apport étudiés en laboratoire
- le matériel de mise en oeuvre
- la profondeur de piochage, de la fragmentation et du malaxage
- la quantité et la régularité de la distribution du matériau d'apport éventuel et du ciment
- l'homogénéité du mélange en largeur et en profondeur
- la teneur en eau du mélange
- le compactage (nombre de passes du ou des rouleaux)
- la protection par humidification puis par émulsion
- l'uni de surface.

##### **F. 4.8.4.2. ESSAIS APRES EXECUTION**

Les prescriptions du [F. 4.3.4.2.3](#) sont d'application à l'exception de la surface des carottes qui est de 200 cm<sup>2</sup>.

#### **F. 4.8.5. PAIEMENT**

##### **F. 4.8.5.1. MESURAGES**

Le paiement s'effectue sur base de la surface traitée et des quantités des matériaux d'apport et de ciment mis en oeuvre conformément au dosage fixé ou adopté.

Les surfaces des trappillons ou autres appareils ne sont pas déduites.

##### **F. 4.8.5.2. REFACTION POUR MANQUEMENT**

###### **F. 4.8.5.2.1. EPAISSEUR**

###### **F. 4.8.5.2.1.1. Epaisseur individuelle**

Lorsque, dans un lot, l'épaisseur individuelle  $E_i$  d'une carotte est inférieure à l'épaisseur minimum fixée au [F. 4.5.3.2](#), la section correspondante peut être acceptée moyennant application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{E_i} = p \cdot S' \cdot \left( \frac{0,90E_{nom} - E_i}{0,10E_{nom}} \right)^2$$

où  $R_{E_i}$  = réfaction liée à l'épaisseur individuelle (BEF).  
 $p$  = prix unitaire du béton (BEF/m<sup>2</sup>).  
 $S'$  = surface de la section correspondante (m<sup>2</sup>).

Si  $E_i < 0,80 E_{nom}$ , la section est refusée.

#### F. 4.8.5.2.1.2. Epaisseur moyenne

Lorsque l'épaisseur moyenne d'un lot est inférieure à l'épaisseur nominale, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Em} = p \cdot S \cdot \left( \frac{E_{nom} - E_m}{0,10 E_{nom}} \right)^2$$

où  $R_{Em}$  = réfaction liée à l'épaisseur moyenne (BEF).  
 $S$  = surface du lot (m<sup>2</sup>).

Si  $E_m < 0,90 E_{nom}$ , le lot est refusé.

#### F. 4.8.5.2.2. RESISTANCE A LA COMPRESSION

##### F. 4.8.5.2.2.1. Résistance individuelle

Lorsque, dans un lot, la résistance individuelle  $R'_{bi}$  d'une carotte est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bi,min}$  fixée au F. 4.5.3.1, la section correspondante peut être acceptée moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit :

$$R_{Ri} = p \cdot S' \cdot \left( \frac{R'_{bi,min} - R'_{bi}}{0,15 R'_{bi,min}} \right)^2$$

où  $R_{Ri}$  = réfaction liée à la résistance individuelle à la compression simple (BEF).  
 $p$  = prix unitaire du béton (BEF/m<sup>2</sup>).  
 $S'$  = surface de la section correspondante (m<sup>2</sup>).

Si  $R'_{bi} < 0,85 R'_{bi,min}$ , la section est refusée.

##### F. 4.8.5.2.2.2. Résistance moyenne

Lorsque la résistance moyenne à la compression  $R'_{bm}$  d'un lot est inférieure à la résistance moyenne minimum  $R'_{bm,min}$  fixée au F. 4.5.3.1, le lot peut être accepté moyennant l'application d'une réfaction calculée comme suit:

$$R_{Rm} = p \cdot S \cdot \left( \frac{R'_{bm,min} - R'_{bm}}{0,15 R'_{bm,min}} \right)^2$$

où  $R_{Rm}$  = réfaction liée à la résistance à la compression d'un lot (BEF).  
 $S$  = surface du lot (m<sup>2</sup>).

Si  $R'_{bm} < 0,85 R'_{bm,min}$ , le lot est refusé.

## **F. 4.9. FONDATIONS EN PRODUITS DE SCALPAGE TRAITES A LA CHAUX**

### **F. 4.9.1. DESCRIPTION**

Le produit de scalpage est un matériau issu du précriblage lors de l'exploitation d'une roche massive.

Son utilisation est prévue pour les routes du réseau III, trafic faible à moyen, régulier ou saisonnier telles que :

- voirie rurale ou forestière
- piste cyclable
- plate-forme de travail
- piste cavalière.

### **F. 4.9.2 CLAUSES TECHNIQUES**

#### **F. 4.9.2.1. MATERIAUX**

- produits de scalpage : [C. 4.3.12](#)
- chaux vive : [C. 9.2.1](#).

#### **F. 4.9.2.2. COMPOSITION**

La granularité du produit de scalpage, avant traitement, répond aux prescriptions du [C. 4.3.12](#).

Le produit est stabilisé avec un pourcentage de chaux vive (calculé par rapport au poids du matériau sec) déterminé par une étude en laboratoire.

#### **F. 4.9.2.3. ETUDES PRELIMINAIRES**

La détermination du comportement du matériau est effectuée par la mesure de l'I.P.I. (indice portant immédiat).

L'indice portant immédiat est supérieur ou égal à 25 % et le rapport de l'I.P.I. à l'indice CBR, après immersion de quatre jours dans l'eau, est supérieur à 1.

Suivant les conditions climatiques du moment, il peut être envisagé un arrosage in situ afin d'obtenir 100 à 102 % de la teneur en eau correspondant à l'optimum "Proctor Standard" lors du compactage.

#### **F. 4.9.2.4. FABRICATION**

La fabrication du produit de scalpage stabilisé à la chaux est effectuée par mélange en carrière ou en centrale.

#### **F. 4.9.2.5. MISE EN OEUVRE**

La mise en oeuvre est effectuée conformément au [F. 3.2.2](#). Toutefois, lorsque la dernière couche constitue la couche de roulement, celle-ci est posée au finisseur.

### **F. 4.9.3. SPECIFICATION**

Le critère d'évaluation de la compacité ou de la portance de la fondation est mentionné dans les documents d'adjudication.

### **F. 4.9.4. VERIFICATIONS**

Les vérifications portent sur la conformité de la granularité et de la compacité ou de la portance.

#### F. 4.9.5. PAIEMENT

- fourniture de chaux : t
- fourniture, traitement et mise en oeuvre des produits de scalpage : m<sup>3</sup>.

#### F. 4.10. FONDATION EN GRAVE-BITUME

##### F. 4.10.1. DESCRIPTION

La grave-bitume est composée d'un mélange de pierres, de graves, de sables, de filler et de bitume.

##### F. 4.10.2. CLAUSES TECHNIQUES

Les clauses techniques du chapitre G. 2 relatives au béton bitumineux type BB-IIIA (dans le cas d'une grave-bitume 0/20) ou type BB-IIIB (dans le cas d'une grave-bitume 0/14) sont d'application, si elles ne sont pas modifiées ou complétées par les prescriptions ci-dessous.

##### F. 4.10.2.1. MATERIAUX

- pierres : C. 4.4.5
- graves : C. 5
- sables : C. 3.4.6
- filler : C. 11
- bitume : C. 12.1

##### F. 4.10.2.2. COMPOSITION

| Type                     | GB-1             | GB-2             |
|--------------------------|------------------|------------------|
| Granularité              | 0/20             | 0/14             |
| Composition en masse (%) |                  |                  |
| Pierres                  | 65 à 69          | 64 à 68          |
| Sables                   | 23,5 à 27,5      | 24 à 28          |
| Filler                   | 6,5 à 8,5        | 7 à 9            |
| Teneur en liant (%)      | 3,5 à 4,3        | 3,5 à 4,5        |
| Type de liant            | B35/50 ou B50/70 | B35/50 ou B50/70 |
| Epaisseur nominale (cm)  | 10 à 15          | 8 à 12           |

##### F. 4.10.2.3. ETUDES PRELIMINAIRES

Les exigences vérifiées dans l'étude Marshall concernent la stabilité, le fluage et le rapport stabilité/fluage.

##### F. 4.10.2.4. FABRICATION

En cas d'utilisation de bitume B35/50, la température du mélange à la sortie de la centrale est comprise entre 155 à 180° C.

##### F. 4.10.2.5. MISE EN OEUVRE

Les spécifications relatives aux joints ne sont pas d'application.

#### **F. 4.10.3. SPECIFICATIONS**

Les clauses techniques du [G. 2.3](#) relatives au béton bitumineux type BB-III A (dans le cas d'une grave-bitume 0/20) ou type BB-III B (dans le cas d'une grave-bitume 0/14) sont d'application, si elles ne sont pas modifiées ou complétées par les prescriptions ci-dessous.

En cas d'épaisseur nominale prescrite, la tolérance individuelle en plus et en moins est de 10 mm.

Le pourcentage de vides moyen est inférieur ou égal à 11 % pour les routes de réseaux I et II et à 14 % pour les routes de réseau III.

Le pourcentage de vides individuel est inférieur ou égal à 14 % pour les routes de réseaux I et II et à 17 % pour les routes de réseau III.

Les prescriptions relatives à la compacité relative ne sont pas d'application.

Seule la régularité de surface est considérée comme caractéristique de surface. Les dénivellations mesurées à la règle de 3 m ne peuvent dépasser 1 cm.

Les niveaux de surface de la fondation doivent respecter les profils en long et en travers prescrits. Des tolérances locales de 1 cm sont admises.

#### **F. 4.10.4. VERIFICATIONS**

Les prescriptions du [G. 2.4](#) relatives au béton bitumineux type BB - III A (dans le cas d'une grave-bitume 0/20) ou du type BB - III B (dans le cas d'une grave-bitume 0/14) sont d'application.

#### **F. 4.10.5. PAIEMENT**

Les prescriptions du [G. 2.5](#) relatives au béton bitumineux type BB - III A (dans le cas d'une grave-bitume 0/20) ou du type BB - III B (dans le cas d'une grave-bitume 0/14) sont d'application à l'exception des réfections pour manquement où seules les réfections relatives aux épaisseurs individuelles et aux pourcentages de vides moyens et individuels sont prises en considération.