

CHAPITRE K

NOUVEAUX OUVRAGES D'ART

TABLE DES MATIERES

	Pages
K. 1. TRAVAUX PREPARATOIRES	1
K. 1.1. ESSAIS GEOTECHNIQUES COMPLEMENTAIRES	1
K. 1.2. RABATTEMENT DE LA NAPPE AQUIFERE	1
K. 1.3. BATARDEAUX.....	1
K. 1.4. CONSOLIDATION DU TERRAIN EN PLACE	1
K. 1.5. DEMOLITION.....	1
K. 1.5.3. CONTROLE	2
K. 1.6. TERRASSEMENTS (DEBLAIS ET REMBLAIS)	2
K. 1.7. REMBLAIS SPECIAUX.....	2
K. 2. FONDATIONS PROFONDES	2
K. 2.1. GENERALITES	2
K. 2.2. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR REFOULEMENT DE SOL	8
K. 2.3. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR EXTRACTION DE SOL.....	14
K. 2.4. PAROIS MOULEES	17
K. 2.5. ESSAIS DE CONTROLE	17
K. 2.6. PAIEMENT.....	20
K. 3. OUVRAGES ENTERRES.....	21
K. 3.1. PERTUIS EN BUSES METALLIQUES	21
K. 3.2. OUVRAGES EN MACONNERIE	23
K. 3.3. OUVRAGES EN TERRE ARMEE.....	23
K. 3.4. MURS EN PALPLANCHES	24
K. 4. BETON ET MORTIER POUR OUVRAGE D'ART	24
K. 4.1. BETON.....	24
K. 4.2. MORTIER POUR MAÇONNERIE.....	31
K. 5. ACIERS POUR BETON	32
K. 5.1. ACIERS POUR BETON ARME	32
K. 5.2. ACIERS DE PRECONTRAINTE.....	33
K. 6. OUVRAGES METALLIQUES	36
K. 6.1. ACIERS POUR OUVRAGES METALLIQUES	36
K. 6.2. PROTECTION DES ACIERS.....	37
K. 7. ELEMENTS POUR OUVRAGES D'ART	40
K. 7.1. POUTRES PREFABRIQUEES EN BETON PRECONTRAIT.....	40
K. 7.2. PEDALLES EN BETON	42

K. 7.3. AUTRES ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON ARME OU PRECONTRAIT.....	43
K. 7.4. POUTRES PREFLECHIES ENROBEES	44
K. 7.5. HAUBANS.....	47
K. 7.6. OUVRAGES EN BOIS	47
K. 7.7. ELEMENTS DE PONT MOBILE	47
K. 8. DISPOSITIFS D'APPUI, JOINTS DE DILATATION ET D'ETANCHEITE	48
K. 8.1. APPUIS EN NEOPRENE.....	48
K. 8.2. APPUIS SPECIAUX.....	48
K. 8.3. JOINT DE DILATATION POUR PONT	49
K. 8.3.3. CLAUSES TECHNIQUES POUR JOINTS BITUMINEUX.....	53
K. 8.4. JOINTS D'ETANCHEITE	55
K. 9. PROTECTION DES OUVRAGES	55
K. 9.1. ETANCHEITE	55
K. 9.2. DRAINAGE ET EVACUATION DES EAUX DES TABLIERS DE PONTS ET TOITURES- PARKINGS	63
K. 9.3. ETANCHEITE D'OUVRAGE OU ELEMENTS D'OUVRAGES AUTRES QUE LES TABLIERS DE PONTS ET TOITURES-PARKING.....	65
K. 9.4. PROTECTION DES BETONS EN CONTACT AVEC LES TERRES (EN PRESENCE OU NON D'EAU).....	65
K. 9.5. PROTECTION DES BETONS SOUMIS AUX INFLUENCES EXTERIEURES ET NON SOUMIS AU TRAFIC.....	66
K. 10. DISPOSITIFS DE SECURITE ET DISPOSITIFS DE RIVE.....	66
K. 10.1. GARDE-CORPS	66
K. 10.2. GARDE-CORPS - BARRIERE DE SECURITE	66
K. 10.3. GLISSIERES DE SECURITE	66
K. 10.4. TABLETTES SOUS GARDE-CORPS	66
K. 10.5. CORNICHES ET VOILES DE PAREMENT.....	67
K. 10.6. PLANCHERS A CLAIRE-VOIE.....	67
K. 11. EPREUVE DE MISE EN CHARGE STATIQUE ET ESSAI DYNAMIQUE	67
K. 11.1. DESCRIPTION.....	67
K. 11.2. CLAUSES TECHNIQUES.....	67
K. 11.3. VERIFICATIONS.....	68
K. 11.4. PAIEMENT	68
K. 12. DIVERS.....	68
K. 12.1. REPERES TOPOGRAPHIQUES.....	68
K. 12.2. GAINES ET ANCRAGE POUR CANALISATIONS DIVERSES.....	69
K. 12.3. DISPOSITIFS DE DESTRUCTION.....	69
K. 12.4. TAQUES AMOVIBLES	69

K. 12.5. DISPOSITIFS D'ANCRAGE POUR POTEAU D'ECLAIRAGE, ECRAN ANTI-BRUIT,
PORTIQUES DE SIGNALISATION 69

K. 12.6. GUIDAGE ET PROTECTION POUR LA NAVIGATION 69

K. 12.7. DECORATION 69

K. 12.8. ETABLISSEMENT DE NOTES DE CALCUL 69

K. 1. TRAVAUX PREPARATOIRES

K. 1.1. ESSAIS GEOTECHNIQUES COMPLEMENTAIRES

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 1.2. RABATTEMENT DE LA NAPPE AQUIFERE

Les prescriptions du [E. 1.1](#) sont d'application.

K. 1.3. BATARDEAUX

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 1.4. CONSOLIDATION DU TERRAIN EN PLACE

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 1.5. DEMOLITION

K. 1.5.1. DESCRIPTION

Les prescriptions suivantes sont applicables lors de la démolition d'un ouvrage d'art.

K. 1.5.2. CLAUSES TECHNIQUES

Le programme de démolition d'ouvrage, les moyens d'exécution mis en œuvre et les mesures de sécurité sont à définir et à proposer par l'entrepreneur sous sa responsabilité, tenant compte des conditions prévues aux documents d'adjudication.

La méthode de démolition proposée au fonctionnaire dirigeant par l'entrepreneur est vérifiée par un ingénieur civil des constructions et respecte au minimum les critères suivants :

- bonne maîtrise temporelle du déroulement de la démolition (peu de risque de dépassement du délai d'interruption de la voie prévu initialement);
- parfaite maîtrise de la sécurité du personnel présent lors des travaux, des riverains et des ouvrages existants.

L'entrepreneur fait preuve de prévoyance, tant au niveau de l'étude que de l'exécution de la démolition vu qu'il s'agit généralement d'une structure vieillie présentant des dégradations connues mais pouvant également présenter des défauts cachés qui peuvent affaiblir certains éléments de la structure.

La démolition ne pourra commencer sans l'accord explicite du fonctionnaire dirigeant.

L'évacuation des déchets se fait conformément au [D. 2.1.1.1](#) et fait l'objet de postes de la série D9000.

K. 1.5.3. CONTROLE

Un état des lieux est réalisé avant et après la démolition de l'ouvrage.

K. 1.5.4. PAIEMENT

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, toutes les études nécessaires constituent une charge d'entreprise.

Le paiement pour l'évacuation des déchets s'effectue conformément au code de mesurage du C.P.N.

K. 1.6. TERRASSEMENTS (DEBLAIS ET REMBLAIS)

Les prescriptions du [E. 4.6](#) sont d'application.

K. 1.7. REMBLAIS SPECIAUX

Les remblais spéciaux sont en sable-ciment de type I et sont conformes aux prescriptions du [F. 4.3](#).

Le paiement s'effectue sur base du volume réalisé.

K. 2. FONDATIONS PROFONDES

K. 2.1. GENERALITES

K. 2.1.1. DESCRIPTION GENERALE

Par fondation profonde, on entend un système destiné à transmettre des sollicitations à une certaine profondeur dans le sol, dans des formations présentant des caractéristiques géomécaniques satisfaisantes pour reprendre ces sollicitations.

K. 2.1.2. TYPES DE FONDATIONS PROFONDES

Les différents types de fondations profondes sont classés comme suit :

- pieux mis en œuvre par refoulement de sol ([K. 2.2](#))
 - pieux battus préfabriqués ([K. 2.2.1](#))
 - pieux battus moulés dans le sol ([K. 2.2.2](#))
 - pieux battus tubés ([K. 2.2.3](#))
 - pieux battus métalliques ([K. 2.2.4](#))
 - pieux vissés moulés dans le sol ([K. 2.2.5](#))

- pieux mis en œuvre par extraction de sol (K. 2.3)
 - pieux forés avec tube de fonçage (K. 2.3.1)
 - pieux forés avec apport de boue bentonique (K. 2.3.2)
 - faux-puits (K. 2.3.3)
- parois moulées (K. 2.4).

K. 2.1.3. LONGUEUR UTILE D'UN PIEU OU D'UNE PAROI

La longueur utile d'un pieu ou d'une paroi est la distance mesurée suivant l'axe entre le niveau de recépage du pieu ou de la paroi et le niveau d'assise de la fondation profonde.

K. 2.1.4. DETERMINATION DU NIVEAU D'ASSISE DE LA FONDATION PROFONDE

Le niveau d'assise des pieux ou parois, mentionnés sur les plans d'adjudications, est présumé. Il est établi sur base d'une étude géotechnique préalable comprenant les résultats d'essais de pénétration CPT, et/ou d'essais pressiométriques, et/ou de forages de reconnaissance.

Ceux-ci sont consignés dans un procès-verbal qui fait partie intégrante des documents d'adjudication.

Le niveau d'assise des pieux ou parois satisfait aux conditions suivantes :

- la contrainte en base de la fondation ne peut être supérieure à la portance utile du sol, telle que définie au K. 2.1.6.
- la valeur de refus, dans le cas de pieux battus, reste inférieure à celle calculée sur base des indications fournies au fonctionnaire dirigeant par l'entrepreneur quant au type de pieu et au matériel de battage que ce dernier compte mettre en œuvre.
- le refus est calculé suivant les formules reprises ci-après, qui sont directement fonction des caractéristiques du matériel de battage.

Battage à l'aide d'un mouton en chute libre :

$$e \leq \frac{M^2 \cdot h}{Q \cdot (M + P)} \cdot \frac{1}{F_B} \quad (1)$$

- où
- e = l'enfoncement par coup (mm), c'est-à-dire 1/10e de l'enfoncement total mesuré après une volée de 10 coups
 - M = la masse du mouton (N)
 - h = la hauteur de chute du mouton (m)
 - Q = la force portante du pieu lors du battage (kN).

Généralement, Q équivaut à Q_a force portante utile du pieu. Toutefois, en cas de présence de frottement négatif F_n le long des pieux, Q est égal à :

$$Q_a + \frac{F_n}{2}$$

Les valeurs Q_a et F_n sont déterminées dans le paragraphe K. 2.1.6.

- P = la masse du tubage ou du pieu préfabriqué ainsi que des accessoires effectivement soumis à l'action du mouton (N)
- F_B = le coefficient de sécurité égal à 8 pour un tubage métallique et 6 pour des pieux préfabriqués, sauf si les documents d'adjudication imposent une autre valeur.

Battage à l'aide d'un moteur à explosion :

$$e \leq \frac{M.E}{3Q.(M+P)} - c.L \quad (2)$$

- où
- E = l'énergie de battage (Joule)
 - c = constante du matériel; pour des pieux en béton et des tubages métalliques, c vaut 0,3
 - L = longueur du pieu ou du tubage métallique lors du battage (m)

e, M, Q, P : définition des symboles (voir formule (1) ci-dessus).

Les pieux battus d'une même semelle de fondation sont enfoncés dans la couche d'assise jusqu'à un niveau présentant lors du battage un refus correspondant à la valeur calculée par les formules (1) ou (2).

- l'épaisseur de la couche résistante présente des épaisseurs d'au moins cinq fois et trois fois le diamètre de la base du pieu respectivement au-dessus et en dessous du niveau d'assise de celui-ci.
Il y a lieu de tenir compte de l'effet d'échelle.
- la fondation est homogène. Pour une même semelle de fondation, les charges individuelles des pieux prennent appui dans une couche de fondation présentant des caractéristiques géomécaniques homogènes.

Dans le cas où les quatre conditions ne peuvent être satisfaites simultanément, le fonctionnaire dirigeant décide celles qui restent d'application.

Au début des travaux comprenant l'exécution d'une fondation profonde par intermédiaire de pieux battus, l'entrepreneur procède, en présence du fonctionnaire dirigeant ou son représentant, à un ou plusieurs essai(s) de battage de pieu préalable(s). Cet ou ces essai(s) est ou sont exécuté(s) à proximité immédiate d'essais de pénétration CPT. Sur base comparative des diagrammes de battage et des diagrammes de pénétration CPT, le fonctionnaire dirigeant fixe le niveau théorique d'assise des pieux.

K. 2.1.5. SECTION AU NIVEAU D'ASSISE

La section au niveau d'assise d'un pieu ou d'une paroi est égale à la section nominale courante du pieu ou de la paroi.

Une base élargie est toutefois admise pour les pieux mis en œuvre par refoulement de sol (K. 2.2), à l'exception des pieux battus préfabriqués (K. 2.2.1) et des pieux battus tubés (K. 2.2.3). L'élargissement pris en compte en base du pieu reste limité à une section minimale équivalente soit au double de la section nominale du pieu, soit à celle dont le diamètre correspond au diamètre du pieu augmenté de 2 x 0,10 m.

Si le pieu est muni d'une plaque élargie en base du tubage, la section de la base du pieu est équivalente à la section de cette plaque. Toutefois, la sur largeur n'est pas considérée comme élargissement dans le cas où le diamètre de la plaque de fermeture ne dépasse pas de 10 % le diamètre du tube.

K. 2.1.6. DETERMINATION DE LA FORCE PORTANTE DE LA FONDATION

La force portante de pieux mis en œuvre par refoulement de sol (K. 2.2) est déterminée à partir des diagrammes d'essais de pénétration CPT.

La force portante de pieux mis en œuvre par extraction de sol (K. 2.3) et des parois moulées (K. 2.4) est déterminée à partir de diagrammes d'essais de pénétration CPT pour une assise prenant appui dans des terrains meubles ou à partir de résultats d'essais pressiométriques ou de forages de reconnaissance pour une structure fondée en terrain rocheux.

Les études géotechniques complémentaires réalisées en cours de chantier sont obligatoirement exécutées avec un matériel identique que celui mis en œuvre lors des reconnaissances antérieures.

K. 2.1.6.1. FORCE PORTANTE DE PIEUX MIS EN OEUVRE PAR REFOULEMENT (K. 2.2.1 à K. 2.2.3 et K. 2.2.5)

La force portante de pieux battus préfabriqués, moulés dans le sol, tubés et de pieux vissés moulés dans le sol Q_f est égale à :

$$Q_f = Q_p + Q_s$$

où Q_p est la force portante du pieu provenant de la résistance en pointe
 Q_s est la force portante du pieu provenant du frottement latéral.

– résistance à la pointe Q_p (kN)

$$Q_p = A_b \cdot \alpha \cdot q_p$$

où A_b est la section en base du pieu (m^2).
La section de la base élargie est prise en compte pour autant que le procédé d'exécution garantisse une réalisation symétrique par rapport à l'axe du pieu.

q_p est la résistance à la pointe réduite au niveau d'assise du pieu et déterminée suivant le document de référence RW99-K-9 "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration. Cet article tient e.a. compte du facteur d'effet d'échelle à appliquer sur la valeur brute de la résistance à la pointe q_c mesurée par l'essai de pénétration (MPa).

α est un facteur correctif dépendant du diamètre de la base du pieu par rapport au diamètre de l'essai de pénétration.

En règle générale : $\alpha = 1$.

Dans le cas de couche d'assise constituée d'argile tertiaire compacte :

$$\alpha = 1 - 0,01 \left(\frac{D_b}{d} - 1 \right) \text{ avec } \alpha \geq 0,476$$

où D_b : diamètre de la base du pieu
 d : diamètre du cône de l'essai de pénétration.

– résistance au frottement latéral Q_s (kN)

$$Q_s = \alpha_s \cdot Q_{st} \cdot \frac{D_s}{d}$$

où Q_{st} est la résistance au frottement latéral mesuré lors de l'essai de pénétration (kN)

D_s est le diamètre de la section transversale du pieu (m)

d est le diamètre du cône de l'essai de pénétration (m)

α_s est un facteur correctif dépendant du type de pieu utilisé.

En règle générale : $\alpha_s = 1$.

Dans le cas de couche d'assise constituée d'argile tertiaire compacte, α_s varie de 1,15 à 0,45 en fonction du type de pieu. Les valeurs de α_s sont définies au K. 2.2 pour chaque type de pieu.

Le frottement latéral n'est pas pris en compte dans les couches supérieures compressibles de faible consistance ainsi que dans les remblais.

Aucun frottement ne peut être pris en considération lors de l'application de techniques spéciales telles que le préforage ou le prélançage.

Le terme frottement latéral Q_s reste toutefois limité pour satisfaire à la condition limite pour pieux flottants, définie ci-après.

La force portante utile Q_a d'un pieu battu ou vissé satisfait aux conditions minimales suivantes :

$$1. \quad Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{2} + \frac{Q_s}{3}$$

$$2. \quad Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{1,1} \text{ (condition limite pour pieux flottants).}$$

F_n est la valeur du frottement négatif. Ce terme est à prendre en considération dans le cas de présence de couches supérieures compressibles de très faible consistance. Le frottement négatif est déterminé suivant le document de référence RW99-K-2 « Méthode de Zeevaert ».

Les coefficients de sécurité 2 et 3 imposés respectivement sur le terme de la résistance à la pointe et le terme résistance au frottement latéral s'appliquent globalement pour tous les types de pieux (sauf prescriptions particulières reprises aux paragraphes K. 2.2) et pour tous les types de terrains.

Dans le cas d'une couche d'assise constituée d'argile tertiaire compacte, la première condition s'écrit :

$$Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{1}{1,4} \left(\frac{Q_p}{1,5} + \frac{Q_s}{1,3} \right)$$

K. 2.1.6.2. FORCE PORTANTE DE PIEUX BATTUS METALLIQUES (K. 2.2.4)

La force portante de pieux battus métalliques est déterminée selon le document de référence RW99-K-10 "Draagvermogen van stalen liggerpalen" et le document de référence RW99-K-11 "Amélioration de la capacité portante de pieux métalliques HP".

K. 2.1.6.3. FORCE PORTANTE DE PIEUX MIS EN OEUVRE PAR EXTRACTION DE SOL (K. 2.3)

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, la force portante de pieux forés fondés dans des terrains meubles est égale à :

$$Q_f = Q_p$$

où Q_p est la force portante du pieu provenant de la résistance en pointe.

$$Q_p = A_b \cdot \alpha \cdot q_p \cdot k$$

où A_b est la section en base du pieu

q_p est la résistance à la pointe réduite au niveau d'assise du pieu et déterminée suivant le document de référence RW99-K-9 "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration".

Cet article tient e.a. compte du facteur d'effet d'échelle à appliquer sur la valeur brute de la résistance à la pointe q_c mesurée par l'essai de pénétration.

α est un facteur correctif dépendant du diamètre de la base du pieu par rapport au diamètre de l'essai de pénétration

En règle générale : $\alpha = 1$.

Dans le cas de couche d'assise constituée d'argile tertiaire compacte.

$$\alpha = 1 - 0,01 \left(\frac{D_b}{d} - 1 \right) \text{ avec } \alpha \geq 0,476$$

où D_b : diamètre de la base du pieu

d : diamètre du cône de l'essai de pénétration

k est un facteur de remaniement du terrain lors du forage dans la couche d'assise

$k = 0,333$ pour des couches sableuses.

$k = 0,8$ pour des couches argileuses.

La force portante utile Q_a d'un pieu foré satisfait à la condition suivante :

$$Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{2,1}$$

F_n est la valeur du frottement négatif. Ce terme est à prendre en considération dans le cas de présence de couches supérieures compressibles de très faible consistance. Le frottement négatif est déterminé suivant le document de référence RW99-K-12.

K. 2.1.6.4. FORCE PORTANTE DE PAROIS MOULEES (K. 2.4)

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, la force portante de parois moulées dans des terrains meubles est égale à :

$$Q_f = Q_p$$

où Q_p est la force portante du pieu provenant de la résistance en pointe.

$$Q_p = A_b \cdot q_p \cdot k \cdot \frac{1}{1,3}$$

où A_b est la section en base du pieu

q_p est la résistance à la pointe réduite au niveau d'assise du pieu et déterminée suivant le document de référence RW99-K-9 "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration". Annales des Travaux Publics n^{os} 4, 5 et 6 de 1971/1972. Cet article tient e.a. compte du facteur d'effet d'échelle à appliquer sur la valeur brute de la résistance à la pointe q_c mesurée par l'essai de pénétration.

k est un facteur de remaniement du terrain lors du forage dans la couche d'assise.

$k = 0,333$ pour des couches sableuses.

$k = 0,8$ pour des couches argileuses.

La force portante utile Q_a d'une paroi moulée satisfait à la condition suivante :

$$Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{2}$$

F_n est la valeur du frottement négatif. Ce terme est à prendre en considération dans le cas de présence de couches supérieures compressibles de très faible consistance. Le frottement négatif est déterminé suivant le document de référence RW99-K-12.

K. 2.1.7. PRESCRIPTIONS PARTICULIERES

Des pieux mis en œuvre à partir de massifs de remblai ne peuvent être exécutés qu'après un délai de trois mois à dater de la fin de la réalisation de ceux-ci. Le fonctionnaire dirigeant peut toutefois exiger de prolonger le délai dans le cas de remblais soumis à une consolidation accélérée des couches sous-jacentes très compressibles, engendrant temporairement des déformations non compatibles pour la structure.

L'entrepreneur fournit préalablement au fonctionnaire dirigeant le planning d'exécution des pieux. Aucun pieu ne peut être exécuté en l'absence du fonctionnaire dirigeant ou son représentant.

L'exécution d'un pieu ne peut en aucun moment être interrompu.

Les écarts admissibles pour l'implantation des pieux sont :

- sous des piles et culées basses :
 - valeur moyenne par rangée de pieux : 100 mm
 - par pieu : 300 mm
- sous des culées hautes :
 - valeur moyenne par rangée de pieux : 50 mm
 - par pieu : 150 mm
- l'empattement de la semelle de fondation est d'au moins 100 mm par rapport aux bords extérieurs des pieux périphériques.

Si le fonctionnaire dirigeant juge que les écarts d'implantation des pieux, observés au droit d'une semelle de fondation, sont trop importants, l'entrepreneur prend à sa charge toutes les mesures de confortement, comme par exemple la réalisation de pieux complémentaires ou l'exécution de tous travaux de confortement de la semelle de fondation résultant d'une étude jugée nécessaire par le fonctionnaire dirigeant et dont l'entrepreneur en assume les frais.

Le prélançage n'est autorisé que si le fonctionnaire dirigeant constate que l'utilisation de cette technique s'avère indispensable compte tenu des caractéristiques géomécaniques du sol. Dans ce cas, la technique suggérée par l'entrepreneur est approuvée par le fonctionnaire dirigeant. Dans tous les cas, le prélançage ne peut être utilisé pour les trois derniers mètres situés au-dessus du niveau d'assise des pieux.

K. 2.2. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR REFOULEMENT DE SOL

K. 2.2.1. PIEUX BATTUS PREFABRIQUES

K. 2.2.1.1. DESCRIPTION

Les pieux préfabriqués sont soit en béton armé, soit en béton précontraint. Ils sont généralement confectionnés en usine. Toutefois, l'entrepreneur peut introduire, à l'approbation du fonctionnaire dirigeant, une demande de préfabrication des pieux sur chantier.

K. 2.2.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.2.1.2.1. MATERIAUX

Le béton utilisé pour les pieux préfabriqués en béton armé est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Le béton utilisé pour les pieux préfabriqués en béton précontraint est de classe de résistance C 40/50 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures passives satisfont aux prescriptions du [C. 16.4](#).

Les armatures de précontrainte satisfont aux prescriptions du [C. 16.5](#).

La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

K. 2.2.1.2.2. EXECUTION

Lors du levage et de la manutention des pieux, l'entrepreneur veille à ne pas dépasser les contraintes admises pour le béton et les aciers et prévues dans la note de calcul.

Un facteur de choc égal à 2 est appliqué sur les sollicitations lors du transport et de la manutention. Un facteur de choc égal à 1,4 est appliqué sur les sollicitations lors du levage des pieux.

Les pieux sont réceptionnés provisoirement dans les zones de stockage proches de leur fabrication.

Tout pieu, réceptionné provisoirement conforme, mais détérioré, fissuré ou abîmé lors du transport, de la manutention et du levage est refusé.

Pendant le battage, la tête des pieux préfabriqués est protégée d'une coiffe métallique avec intercalation d'une pièce en bois dur.

L'entrepreneur peut introduire, à tout moment et sans augmentation de prix, un autre système de protection de la tête des pieux et ce, moyennant approbation du fonctionnaire dirigeant.

Si la tête du pieu se désagrège pendant le battage sous le niveau prévu pour le recépage, l'entrepreneur répare à ses frais la partie endommagée.

S'il s'avère qu'après le battage d'un pieu, celui-ci soit fondé à une profondeur supérieure à la longueur théorique initiale, le pieu est rallongé dans sa partie supérieure jusqu'au niveau d'assise de la semelle de fondation. La tête du pieu est découpée sur une hauteur équivalente à celle de chevauchement des armatures. Des éléments supplémentaires sont liaisonnés aux armatures existantes préalablement mises à nu. Le béton présentant une résistance caractéristique identique à celle du pieu est mis en œuvre et vibré avec soin avec l'aide d'un appareillage qui a préalablement été approuvé par le fonctionnaire dirigeant.

Pour chaque pieu, un diagramme de battage complet est établi. Les diagrammes de battage du groupe de pieux battus d'une même semelle de fondation font l'objet d'une étude comparative. Sur base de cette étude, le fonctionnaire dirigeant approuve la fondation réalisée avant toute poursuite des travaux. En cas de discontinuités apparentes sur les diagrammes de battage, des essais de contrôle sont réalisés sur certains pieux et ce, conformément aux prescriptions du [K. 2.5](#).

Les têtes des pieux sont recépées jusqu'à 5 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation. Les armatures sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.2.1.3. SPECIFICATIONS

L'élançement géométrique d'un pieu préfabriqué, c'est-à-dire le rapport entre la longueur totale du pieu et sa dimension transversale, ne peut être supérieur à 60.

Pour des pieux en béton armé, le pourcentage des armatures longitudinales par section transversale ne peut être inférieur à :

- 0,75 % pour un élancement du pieu inférieur à 30
- 1,00 % pour un élancement du pieu compris entre 30 et 45
- 1,20 % pour un élancement du pieu supérieur à 45.

Le facteur correctif α_s dans le cas de pieux fondés dans des couches argileuses tertiaires compactes et défini au paragraphe [K. 2.1.6.1](#), s'élève à 0,85 pour des pieux préfabriqués.

Les armatures longitudinales et les tirants de précontrainte sont calculés pour reprendre les sollicitations émanant du transport, de la manutention et du battage, ainsi que celles de service y compris les poussées horizontales éventuelles dans des terrains compressibles.

Les positions des ancrages de levage sont conformes aux hypothèses de calcul et être indiquées visiblement à l'aide de deux traits de couleur indélébile.

Les pieux sont munis à la tête et à la pointe d'armatures complémentaires de frettage sur une longueur de 60 cm.

K. 2.2.1.4. VERIFICATIONS

La résistance du béton des pieux préfabriqués en usine ou éventuellement sur chantier est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la fabrication et ce, conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

K. 2.2.2. PIEUX BATTUS MOULES DANS LE SOL

K. 2.2.2.1. DESCRIPTION

Un tube en acier, obturé à la base, est battu dans le sol. Lorsque la profondeur requise est atteinte, les armatures sont mises en place dans le tube. Celui-ci est rempli de béton.

Le tube est remonté progressivement au fur et à mesure du bétonnage.

K. 2.2.2.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.2.2.2.1. MATERIAUX

Le béton utilisé pour les pieux battus moulés dans le sol est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [C. 16.4](#) relatif aux aciers pour béton armé. La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

K. 2.2.2.2.2. EXECUTION

L'ordre dans lequel les pieux sont exécutés est soumis par l'entrepreneur à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant. Un pieu ne peut être exécuté à proximité immédiate d'un pieu récemment bétonné et qui n'a pas encore atteint un durcissement suffisant.

Le béton des pieux moulés dans le sol est soit damé, soit vibré. La base élargie peut être réalisée soit à l'aide d'une plaque préfabriquée placée en base du tube de battage, soit en façonnant directement un bulbe de béton par damage dans le terrain avoisinant.

Le mode d'exécution est laissé au choix de l'entrepreneur.

Les pieux sont bétonnés de telle sorte qu'à tout moment le niveau du béton dans le fût reste toujours supérieur à la base du tubage, pour éviter toute introduction d'eau ou de terres lors du bétonnage.

Pour des pieux constitués d'une base moulée dans le sol, la remontée du tubage ne peut dépasser 500 mm lors de la formation du bulbe de base.

Les pieux sont bétonnés jusqu'à une hauteur suffisante, de l'ordre de 60 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation.

Pour chaque pieu, un diagramme de battage complet est établi. Les diagrammes de battage du groupe de pieux d'une même semelle de fondation font l'objet d'une étude comparative. Sur base de cette étude, le fonctionnaire dirigeant approuve la fondation réalisée avant toute poursuite des travaux. En cas de discontinuité apparente sur les diagrammes de battage, des essais de contrôle sont réalisés sur certains pieux conformément au [K. 2.5](#).

Les têtes des pieux sont recépées jusqu'à 5 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation. Les armatures sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant le bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.2.2.3. SPECIFICATIONS

La section nominale du pieu est égale à la section extérieure du tube de battage.

Le pourcentage minimal des armatures longitudinales dans les pieux répond aux prescriptions de la NBN B 15-002.

Les armatures longitudinales sont réparties équitablement sur toute la section nominale du pieu. L'entredistance de ces armatures ne peut excéder 300 mm.

Le recouvrement théorique du béton au droit des armatures longitudinales est d'au moins 50 mm.

Le diamètre minimal des armatures transversales est de 8 mm. L'entredistance des armatures transversales ne peut être supérieure au rayon des pieux.

Le facteur correctif α_s dans le cas de pieux fondés dans des couches tertiaires argileuses compactes et défini au [K. 2.1.6.1](#), s'élève à 0,65 pour des pieux en béton vibré et 1,15 pour des pieux en béton damé.

Les contraintes exercées par les terrains sur le béton ne peuvent engendrer des strictions même locales de la section transversale des pieux en cours de bétonnage.

K. 2.2.2.4. VERIFICATIONS

La résistance du béton des pieux moulés dans le sol est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la mise en œuvre conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

K. 2.2.3. PIEUX BATTUS TUBES

K. 2.2.3.1. DESCRIPTION

Ces pieux sont constitués d'un fourreau en tôle mince d'acier abandonné dans le sol après fonçage. Le fourreau peut être d'une seule pièce ou composé d'éléments soudés bout à bout au cours du fonçage.

Le tube en acier est fermé à la partie inférieure, soit au moyen d'une plaque en acier, soit par l'intermédiaire d'un bouchon en béton.

Le béton est moulé dans le tube abandonné.

K. 2.2.3.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.2.3.2.1. MATERIAUX

Le béton utilisé pour des pieux battus tubés est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures d'attente placées en tête du pieu satisfont aux prescriptions du [C. 16.4](#).
La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

Les soudures assemblant les divers éléments du fourreau satisfont aux prescriptions du [K. 6](#).

K. 2.2.3.2.2. EXECUTION

Pour chaque pieu, un diagramme de battage complet est établi. Les diagrammes de battage du groupe de pieux d'une même semelle de fondation font l'objet d'une étude comparative. Sur base de cette étude, le fonctionnaire dirigeant approuve la fondation réalisée avant toute poursuite des travaux. En cas de discontinuités apparentes sur les diagrammes de battage, des essais de contrôle sont réalisés sur certains pieux et ce, conformément aux prescriptions reprises au [K. 2.5](#).

Le fourreau est découpé jusqu'au niveau inférieur de la semelle de fondation. Les armatures d'attente sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant le bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.2.3.3. SPECIFICATIONS

La section nominale du pieu est égale à la section extérieure du fourreau. L'épaisseur minimale du fourreau est de 4 mm.

Le pourcentage minimal des armatures d'attente des pieux battus tubés répond aux prescriptions de la NBN B 15-002.

Les armatures d'attente sont réparties équitablement sur toute la section nominale du pieu. L'entredistance de ces armatures ne peut excéder 300 mm.

Le facteur correctif α_s dans le cas de pieux tubés fondés dans des couches tertiaires argileuses compactes et défini au [K. 2.1.6.1](#), s'élève à 0,45.

K. 2.2.3.4. VERIFICATIONS

La résistance du béton dans les pieux battus tubés est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la mise en œuvre conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

K. 2.2.4. PIEUX BATTUS METALLIQUES

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 2.2.5. PIEUX VISSÉS MOULÉS DANS LE SOL

K. 2.2.5.1. DESCRIPTION

Un tube métallique, dont la base est pourvue d'une tarière hélicoïdale, est vissé dans le sol.

Lorsque la profondeur requise est atteinte, les armatures sont mises en place dans le tube. Celui-ci est rempli de béton.

Le tube est remonté progressivement au fur et à mesure du bétonnage.

K. 2.2.5.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.2.5.2.1. MATERIAUX

Le béton utilisé pour les pieux vissés moulés dans le sol est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [C. 16.4](#).
La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

K. 2.2.5.2.2. EXECUTION

L'ordre dans lequel les pieux sont exécutés est soumis par l'entrepreneur à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant. Un pieu ne peut être exécuté à proximité immédiate d'un pieu récemment bétonné et qui n'a pas encore atteint un durcissement suffisant.

Le béton des pieux vissés est soit damé, soit vibré.

Le mode d'exécution est laissé au libre choix de l'entrepreneur.

Les pieux sont bétonnés de telle sorte qu'à tout moment le niveau du béton dans le fût reste toujours supérieur à la base du tubage, pour éviter toute introduction d'eau ou de terres lors du bétonnage.

Les contraintes exercées par les terrains sur le béton ne peuvent engendrer des strictions même locales de la section transversale des pieux en cours de bétonnage.

Pour des pieux constitués d'une base moulée dans le sol, la remontée du tubage ne peut dépasser 500 mm lors de la formation du bulbe de base.

Les pieux sont bétonnés jusqu'à une hauteur suffisante, de l'ordre de 60 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation.

Les têtes des pieux sont recépées jusqu'à 5 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation. Les armatures sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant le bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.2.5.3. SPECIFICATIONS

La section nominale du pieu est égale à la section extérieure du tubage.

Le pourcentage minimal des armatures longitudinales dans les pieux répond aux prescriptions de la NBN B 15-002.

Les armatures longitudinales sont réparties équitablement sur toute la section du pieu. L'entredistance de ces armatures ne peut excéder 300 mm.

Le recouvrement théorique du béton au droit des armatures longitudinales est d'au moins 50 mm.

Le diamètre minimal des armatures transversales est de 8 mm. L'entredistance des armatures transversales ne peut être supérieure au rayon des pieux.

La base élargie réalisée est équivalente à la section de la vis hélicoïdale située en base du pieu.

Le facteur correctif α_s dans le cas de pieux fondés dans des couches tertiaires argileuses compactes et défini au paragraphe [K. 2.1.6.1](#), s'élève à 0,65 pour des pieux en béton vibré et 1,15 pour des pieux en béton damé.

K. 2.2.5.4. CONTROLE

La résistance du béton des pieux moulés dans le sol est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la mise en œuvre conformément aux prescriptions du [K. 4.](#)

K. 2.3. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR EXTRACTION DE SOL

K. 2.3.1. PIEUX FORES AVEC TUBE DE FONÇAGE

K. 2.3.1.1. DESCRIPTION

Un tube métallique est enfoncé mécaniquement dans le sol. Le volume de terre se trouvant à l'intérieur du tube est enlevé au fur et à mesure de son enfoncement.

Le tubage métallique est retiré progressivement en cours de bétonnage.

K. 2.3.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.3.1.2.1. MATERIAUX

Le béton utilisé pour les pieux forés avec tube de fonçage est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [C. 16.4.](#)
La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

K. 2.3.1.2.2. EXECUTION

L'ordre dans lequel les pieux sont exécutés est soumis par l'entrepreneur à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant. Un pieu ne peut être exécuté à proximité immédiate d'un pieu récemment bétonné et qui n'a pas encore atteint un durcissement suffisant.

Les différents éléments du tube métallique sont soudés ou vissés ensemble de telle façon que la liaison soit lisse et imperméable. Le diamètre extérieur de la couronne de liaison ne peut dépasser de plus de 200 mm le diamètre extérieur du tube.

Tout matériel de forage qui cause des perturbations nuisibles au sol est exclu et en particulier les machines dont le principe de marche est la succion.

Pour diminuer les risques d'ameublissement du sol autant que possible, il faut que le fonçage du tube précède le forage. La distance entre le dessous du tube de fonçage et le niveau du sol à l'intérieur est fonction de la compacité du terrain. Elle est au moins de l'ordre de 30 à 50 cm pour les sols non compacts et à granularité fine.

Pour chaque pieu, l'entrepreneur procède à l'établissement d'une coupe géologique des terrains rencontrés qui comporte la description des matériaux extraits avec indication des profondeurs d'échantillons prélevés.

Un échantillon de terrain, même très remanié, mais caractéristique de chaque couche traversée, est conservé, dans un emballage étanche numéroté, jusqu'à la fin des travaux. Par pieu foré, les échantillons sont stockés dans une caisse en bois portant les références du pieu.

Les travaux d'excavation ne peuvent ni décompresser, ni mettre en suspension le terrain.

Dans le but d'éviter, par suite de l'action d'un courant d'eau, le refoulement des terres à l'intérieur du fût, l'entrepreneur veille à ce que, pendant le forage et le bétonnage de la partie inférieure, le niveau d'eau dans le fût soit maintenu sur une hauteur suffisante.

Le recours au trépan est soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

A la fin du forage, les déblais sont enlevés jusqu'au niveau du tube de fonçage. Avant de procéder à la mise en place de la cage d'armatures, l'entrepreneur s'assure que le curage du fond du pieu ait été correctement réalisé.

Le béton est mis en place par un procédé assurant l'homogénéité des agrégats et évitant la ségrégation. Il est amené à l'aide d'un tube plongeur jusqu'au fond du puits. L'amorçage du bétonnage est particulièrement soigné, cette opération commandant la qualité du béton au contact du sol en pointe.

Le béton peut être vibré.

Le tubage est retiré lentement et régulièrement. Lors de l'enlèvement du tube, la colonne de béton dans le puits foré est toujours maintenue à un niveau suffisamment élevé, afin d'empêcher par surpression l'introduction de terre ou d'eau dans le béton frais. Le pied du tube plongeur ne se trouve jamais à moins de 2 m sous le niveau atteint par le béton frais dans le pieu.

Les pieux sont bétonnés jusqu'à une hauteur suffisante, de l'ordre de 60 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation.

Les têtes de pieux sont recépées jusqu'à 5 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation. Les armatures sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant le bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.3.1.3. SPECIFICATIONS

La section nominale du pieu est égale à la section extérieure du tube de fonçage.

Le pourcentage minimal des armatures longitudinales dans les pieux répond aux prescriptions de la NBN B 15-002.

Les armatures longitudinales sont réparties équitablement sur toute la section du pieu. L'entredistance de ces armatures ne peut excéder 300 mm.

Le recouvrement théorique du béton au droit des armatures longitudinales est d'au moins 50 mm.

Le diamètre minimal des armatures transversales est de 8 mm. L'entredistance des armatures transversales ne peut être supérieure au rayon des pieux.

K. 2.3.1.4. VERIFICATIONS

La résistance du béton des pieux forés est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la mise en œuvre conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

K. 2.3.2. PIEUX FORES AVEC APPORT DE BOUE BENTONIQUE

K. 2.3.2.1. DESCRIPTION

Ces pieux sont exécutés sans tube de fonçage. La stabilité du puits de forage est assurée par l'apport d'un fluide à propriétés thixotropiques, appelé boue bentonique.

Cette boue bentonique est chassée graduellement par le béton versé dans le puits de forage.

K. 2.3.2.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 2.3.2.2.1. MATERIAUX

L'entrepreneur précise dans une note, à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant, les caractéristiques de la boue bentonique.

Celle-ci mentionne notamment :

- la viscosité de la boue
- la teneur en eau libre de la boue
- la teneur en sable de la boue (max. 5 %)
- le pH de la boue
- la masse volumique de la boue (min. 1060 kg/m³).

Le béton utilisé pour les pieux forés à l'aide de boue bentonique est de classe de résistance C 30/37 et de classe d'exposition 2b.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du C. 16.4.

La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

K. 2.3.2.2.2. EXECUTION

L'ordre dans lequel les pieux sont exécutés est soumis par l'entrepreneur à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant. Un pieu ne peut être exécuté à proximité immédiate d'un pieu récemment bétonné et qui n'a pas encore atteint un durcissement suffisant.

Avant le forage proprement dit, un anneau métallique ou en béton est placé à l'emplacement précis du pieu. Cet anneau est enfoncé sur une profondeur de 2 à 3 m par rapport au plan de travail. Il sert de guide à l'outil de forage durant toute l'exécution du pieu.

Lors de l'excavation du puits, l'entrepreneur veille à s'assurer de la verticalité du pieu. La déviation maximale autorisée est de 10 mm par mètre.

Dès l'excavation réalisée au niveau d'assise, le béton est mis en œuvre immédiatement. Dans le cas contraire, l'entrepreneur veille à maintenir la masse bentonique en mouvement pour empêcher toute formation de résidus provenant de la décantation de la boue.

Le béton est amené à l'aide d'un tube plongeur jusqu'au fond du puits. L'amorçage du bétonnage est particulièrement soigné. Des précautions contre la liquéfaction du béton sont prises.

Le bétonnage du pieu est réalisé sans interruption. Le tube plongeur est retiré au fur et à mesure du bétonnage. La base de celui-ci reste à une profondeur suffisante (au moins 1 m) dans le béton frais pour éviter toute introduction de boue en cas de coupure d'alimentation de la pompe à béton.

La pression du béton en base du tube plongeur est toujours supérieure à celle exercée par le béton frais et la boue sus-jacente.

L'évacuation de la boue bentonique non utilisée ne peut se faire via des égouts publics, sauf autorisation écrite des autorités communales. Dans ce cas, la vase liquide ne peut contenir plus de 5 % de matériaux solides.

Les pieux sont bétonnés jusqu'à une hauteur suffisante, de l'ordre de 60 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation.

Les têtes de pieux sont recepées jusqu'à 5 cm au-dessus du niveau d'assise de la semelle de fondation. Les armatures sont mises à nu sur une longueur d'ancrage suffisante pour assurer une liaison efficace avec la semelle de fondation.

Avant le bétonnage de la semelle de fondation, le béton des pieux présente une résistance effective d'au moins 20 MPa.

K. 2.3.2.3. SPECIFICATIONS

La section nominale du pieu est égale à la section extérieure de l'outil de forage.

Le pourcentage minimal des armatures longitudinales dans les pieux répond aux prescriptions de la NBN B 15-002.

Les armatures longitudinales sont réparties équitablement sur toute la section du pieu. L'entredistance de ces armatures ne peut excéder 300 mm.

Le recouvrement théorique du béton au droit des armatures longitudinales est d'au moins 50 mm.

Le diamètre minimal des armatures transversales est de 8 mm. L'entredistance des armatures transversales ne peut être supérieure au rayon des pieux.

K. 2.3.2.4. VERIFICATIONS

La résistance de béton des pieux forés est contrôlée sur cubes 20 x 20 prélevés lors de la mise en œuvre conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

La boue bentonique est contrôlée en continu, afin de s'assurer que ses caractéristiques restent conformes à celles indiquées dans la note préalable.

K. 2.3.3. FAUX-PUITS

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 2.4. PAROIS MOULEES

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 2.5. ESSAIS DE CONTROLE

K. 2.5.1. ESSAIS D'INTEGRITE

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 2.5.2. ESSAIS DE MISE EN CHARGE STATIQUE

K. 2.5.2.1. DESCRIPTION

Ces essais consistent à vérifier la force portante utile d'un pieu en cas de litige. Ils sont essentiellement réalisés dans le cas de pieux mis en œuvre par refoulement de sol. ([K. 2.2](#)).

K. 2.5.2.2. PRESCRIPTIONS GENERALES

Le pieu soumis à un essai de mise en charge statique est désigné par le fonctionnaire dirigeant sur base des indications recueillies en cours d'exécution et des résultats des mesures d'auscultation par transparence ([K. 2.5.1](#)).

K. 2.5.2.3. EQUIPEMENT

Le pieu est surmonté d'un dé en béton armé dans lequel sont encastrées trois poutrelles de section égale ou supérieure à UPN 120 et d'une longueur utile (mesurée en dehors du dé) d'au moins 5 m. Elles sont disposées à 120° l'une de l'autre.

Le béton utilisé pour le dé est de classe de résistance C 40/50 et une classe d'exposition 2b si le dé est conservé dans la construction. Une classe d'exposition 1 est autorisée si le dé est démolé après essai.

Les armatures du dé satisfont aux prescriptions du C. 16.4.

La nuance des armatures est BE 500 S, BE 500 TS ou DE 500 BS.

L'entrepreneur veille à centrer aussi soigneusement que possible le dé par rapport au pieu à tester.

La charge est appliquée sur le pieu de façon statique au moyen d'un vérin hydraulique dont la réaction peut être obtenue soit par un lest, soit par des tirants d'ancrage précontraints, soit des pieux de traction spécialement exécutés à cet effet, soit par une combinaison des moyens précédents.

Dans le cas du lest, la mise en place du poids mort est réalisée de manière à éviter tout risque de déversement. La surcharge présente une sécurité de 1,2 par rapport à la charge maximale à appliquer sur le pieu.

Dans le cas des ancrages et des pieux de traction, la sollicitation exercée sur ceux-ci reste en dessous de leur charge de rupture. Les ancrages et pieux de traction sont implantés à une distance minimale de 4 m par rapport à l'axe du pieu testé.

La charge est transmise au pieu par un vérin indépendant du système de chargement par l'intermédiaire d'une plaque en acier de répartition posée sur le dé en béton. La surface de répartition de la charge est perpendiculaire à l'axe du pieu. L'entrepreneur veille à assurer une coaxialité du piston du vérin et du pieu.

Le vérin est muni d'un manomètre taré dont le certificat d'étalonnage établi par un laboratoire accrédité par l'O.B.E. et daté de maximum 15 jours avant la date de l'essai de mise en charge. L'entrepreneur fournit une copie du procès-verbal d'étalonnage du manomètre au fonctionnaire dirigeant. L'erreur de mesurage du manomètre ne peut excéder 2 % de la charge appliquée.

La pompe alimentant le vérin est d'un type tel que la variation de la charge soit réellement progressive.

Dès son arrivée au chantier, la pompe alimentant le vérin est remise au fonctionnaire dirigeant et mise par celui-ci dans une caisse scellée ou plombée, entreposée dans un local fermant à clef. La pompe n'est remise à l'entrepreneur que le jour de l'essai.

Les déformations en tête du pieu sont enregistrées au moyen de trois comparateurs fixés aux extrémités des poutrelles. Ceux-ci sont placés à égale distance de l'axe du pieu. La précision de lecture des comparateurs est suffisamment importante pour enregistrer les déformations maximales que peut subir le pieu en cours de l'essai de mise en charge.

Les poutrelles sont totalement indépendantes du système de chargement. Aux extrémités de celles-ci, des bases de repère en béton ou en un autre matériau sont mises en place. Elles sont implantées de telle sorte à leur garantir une parfaite stabilité en cours de l'essai. Les niveaux topographiques des bases de repère sont régulièrement relevés durant la mise en charge du pieu.

Les comparateurs et les poutrelles sont protégés contre l'action du vent, du soleil et des variations de température.

K. 2.5.2.4. MODE OPERATOIRE

Les délais entre la mise en place du pieu et l'essai de mise en charge dépendent du temps de durcissement du béton du pieu d'une part et de l'interaction sol-pieu d'autre part. Dans ce dernier cas, les délais suivants sont imposés :

- 1 semaine : pieux battus ou forés pour lesquels la force portante est déterminée uniquement sur base de la résistance en pointe
- 1 semaine : pieux battus dans des terrains sableux, pour lesquels la résistance au frottement latéral est prise en compte dans la détermination de la force portante

- 12 semaines : pieux battus dans des terrains argileux, pour lesquels la résistance au frottement latéral est prise en compte dans la détermination de la force portante.

Toute mise en charge de pieu préalable à l'essai est interdite.

La charge est appliquée par paliers définis en fonction de la force portante utile. Les paliers sont les suivants : 35 %, 60 %, 75 %, 85 %, 100 %, 110 %, 120 %, 130 %, 140 % et 150 % de la force portante utile.

Les paliers sont toutefois arrondis à une unité entière de kN, en se basant sur le degré de précision de l'appareillage de mesure.

Chaque palier intermédiaire de mise en charge est maintenu jusqu'à la stabilisation complète. La stabilisation est atteinte dès que l'accroissement des tassements entre deux mesures à $\frac{1}{2}$ h d'intervalle est moindre que 0,05 mm.

A chaque palier de mise en charge, les tassements sont mesurés après 5, 10 et 30 minutes. Les affaissements sont ensuite mesurés toutes les $\frac{1}{2}$ heures.

Après chargement à 1,5 fois la force portante utile, le pieu est déchargé en quatre paliers respectivement fixés à 125 %, 100 %, 50 % et 0 % de la force portante utile. La durée de stabilisation et la périodicité des mesures pour les paliers de déchargement sont identiques à celles définies ci-dessus pour les paliers de chargement.

Il y a lieu de tenir compte des éventuelles corrections de température durant les diverses mesures. Le déplacement de la tête de pieu est déduite de la moyenne des affaissements mesurés au droit des trois comparateurs. Si les comparateurs enregistrent deux valeurs extrêmes de tassement supérieures à 1 mm, correction faite des écarts de température éventuelle, la charge est considérée comme excentrée ou inclinée par rapport à l'axe du pieu. Dans ce cas, l'essai est interrompu et recommencé après avoir recentré la charge.

Le procès-verbal de l'essai mentionne notamment :

- les périodes de chargement et déchargement
- les paliers de chargement et déchargement
- les mesures de lecture au droit de chaque comparateur et leur moyenne
- les mesures de température
- les corrections de température éventuelles.

K. 2.5.2.5. SPECIFICATIONS

Les tassements maxima admissibles pour les pieux soumis à un essai de chargement statique, déduction faite du raccourcissement élastique ε , s'élèvent à :

- sous charge de service : 3 mm
- sous 1,5 fois la charge de service : 6 mm.

Le raccourcissement élastique ε est défini par rapport au raccourcissement élastique ε_p déterminé dans l'hypothèse d'une reprise totale de la charge portante du pieu en base de celui-ci. Les valeurs à prendre en compte pour ε sont les suivantes :

- sous charge de service : $\varepsilon = 1/3 \varepsilon_p$
- sous 1,5 fois la charge de service : $\varepsilon = 2/3 \varepsilon_p$.

Pour la détermination du raccourcissement élastique ε_p , il y a lieu de tenir compte du module d'élasticité du béton mis en œuvre ainsi que de la présence des armatures longitudinales.

K. 2.5.2.6. RECEPTION

Si l'essai de charge est concluant, le fonctionnaire dirigeant approuve la fondation réalisée.

Si l'essai de charge n'est pas concluant, un second pieu est soumis à un nouvel essai de charge. Si le contre-essai est satisfaisant, la fondation est acceptée moyennant toutefois un renforcement au droit des pieux reconnus déficients par le premier essai de charge. L'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant un projet de renforcement pour la fondation et/ou la semelle de fondation et ce, avant toute poursuite des travaux.

Le fonctionnaire dirigeant peut imposer à l'entrepreneur toutes dispositions nécessaires permettant de vérifier la raison des déficiences constatées. L'entrepreneur assume les frais du renforcement.

Si le contre-essai n'est pas satisfaisant, la fondation est refusée. L'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant une proposition de renforcement général de la fondation. Le renforcement général est une charge d'entreprise.

K. 2.5.3. ESSAIS DE MISE EN CHARGE DYNAMIQUE

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 2.6. PAIEMENT

La longueur d'un pieu ou d'une paroi à prendre en compte pour le paiement est la longueur utile, telle que décrite dans le paragraphe [K. 2.1.3](#), augmentée d'une longueur forfaitaire de 0,50 m ou 1,00 m pour tenir compte de la hauteur à recéper au niveau de la semelle de fondation d'une part et de la base élargie éventuelle d'autre part.

Dans le cas de pieux battus tubés ([K. 2.2.3](#)), il n'y a pas lieu de tenir compte d'une longueur forfaitaire supplémentaire.

Si, après battage, la hauteur bétonnée de pieux battus préfabriqués ([K. 2.2.1](#)) dépasse de plus de 2 m le niveau d'assise de la semelle de fondation, l'entrepreneur peut exiger le paiement de la moitié de cette hauteur.

Le prix unitaire par mètre courant de pieu ou de paroi comprend le battage ou le forage, la récupération du tube de battage ou de fonçage, le recépage ainsi que l'enlèvement et la mise en dépôt des produits extraits pour les fondations profondes reprises aux [K. 2.3](#) et [K. 2.4](#).

La fourniture et la mise en œuvre du béton des pieux et des parois font l'objet d'un poste distinct payé au m³ (produit de la section nominale par la longueur utile des pieux ou des parois).

La fourniture et la pose des armatures longitudinales et transversales, y compris le recouvrement nécessaire dans la semelle de fondation, font l'objet d'un poste distinct payé au kg.

L'aménée, l'installation, l'amortissement, l'entretien et le repli de tous les équipements de chantier nécessaires à la réalisation des pieux ou des parois font l'objet d'un poste forfaitaire du métré.

Dans le cas de pieux forés et de parois moulées, le trépanage éventuel fait l'objet d'un poste particulier au métré (plus value au prix unitaire par mètre courant).

Les essais de mise en charge statique font l'objet d'un poste forfaitaire du métré.

K. 3. OUVRAGES ENTERRES

K. 3.1. PERTUIS EN BUSES METALLIQUES

K. 3.1.1. DESCRIPTION

Les prescriptions suivantes décrivent les matériaux et la protection des buses métalliques en tôles d'acier ondulées.

K. 3.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 3.1.2.1. MATERIAUX

K. 3.1.2.1.1. TOLE D'ACIER

L'acier répond aux prescriptions de la norme EN 10147.

La classe Fe E 550 G est interdite.
La galvanisation est du type Z600.

La note de calcul produite par l'entrepreneur précise l'épaisseur de l'acier. Cette épaisseur inclura, après application d'un coefficient de sécurité, l'épaisseur mécanique et une réserve éventuelle à la corrosion en fonction de la destination de l'ouvrage.

La résistance des éventuels joints sertis est prise égale à celle déterminée à l'issue des résultats des éprouvettes testées par un laboratoire agréé. Les résultats de test antérieurs portant sur des produits similaires peuvent être pris en compte par le fonctionnaire dirigeant.

L'aire de stockage des tuyaux sur le chantier est propre, sèche, plane et résistante.

K. 3.1.2.1.2. BOULONS

Les prescriptions du [C. 16.7](#) sont d'application.

Les vis sont en acier de classe de qualité 8.8. ou 10.9 suivant la norme NBN EN ISO 898-1. Les écrous correspondants sont de classe de qualité 8 ou 10 suivant la norme NBN EN 20898-2.

L'acier des rondelles présente une dureté au moins égale à celle des écrous.

Toutes les pièces sont galvanisées à chaud par centrifugation, conformément à la norme NBN EN ISO 1461.

Si les documents d'adjudication le prévoient, la protection complémentaire est identique à celle des tôles.

La mise en œuvre des boulons se fait conformément à la NBN E 27-072.

K. 3.1.2.2. PROTECTION DES MATERIAUX

K. 3.1.2.2.1. GALVANISATION A CHAUD

La tôle d'acier étant galvanisée à chaud avant le forage des trous et la mise à dimensions, les côtés de ces trous et de ces plaques sont protégés par une peinture riche en zinc (à proposer à l'agrément du fonctionnaire dirigeant) avant assemblage et mise en place du recouvrement définitif.

K. 3.1.2.2.2. PROTECTION DE L'ACIER GALVANISE

Les buses en tôle d'acier ondulée galvanisée à chaud sont recouvertes par le système S9-12 du tableau A9 dont question dans la norme NBN EN ISO 12944-5.

K. 3.1.3. VERIFICATIONS

Les tôles sont présentées en réception avant leur mise en forme.

Les essais concernant les boulons sont les suivants :

- mesure de dureté Brinell sur les vis, écrous et rondelles
- essai de charge d'épreuve sur vis d'une part et écrous d'autre part
- essai de résistance à la traction avec interposition d'une cale biaisée ou essai de solidité de la tête de la vis.

K. 3.1.3.1. CONTROLE AVANT EXECUTION

Le contrôle porte sur les dimensions et la géométrie des éléments fabriqués en ateliers.

K. 3.1.3.2. CONTROLE EN COURS EXECUTION

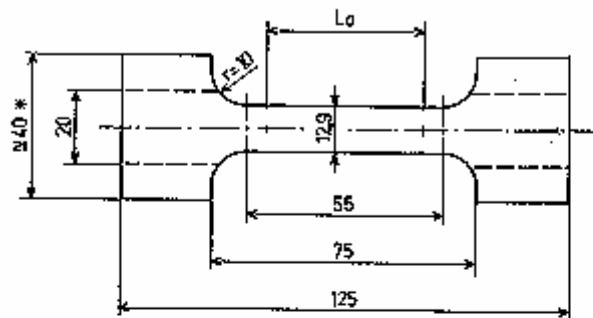
Toute livraison des matériaux sur chantier est accompagnée de bordereaux d'expédition visés par l'agent réceptionnaire.

Le contrôle porte sur la géométrie de l'ouvrage et sur le respect des modalités de mise en œuvre sur chantier.

Dimensions de l'éprouvette

$$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$$

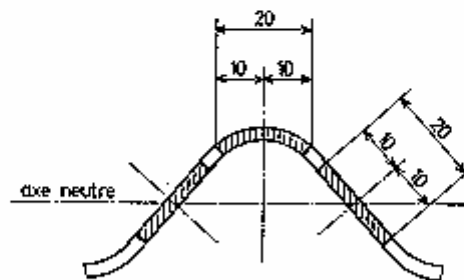
(NF A 35, 501)



* En flanc d'onde, lorsque la taille de l'ondulation le permet

Découpe des éprouvettes

dans sommet et flanc d'onde



3 éprouvettes de 125mm
de longueur sur sommets et 3 autres sur flancs

K. 3.1.4. PAIEMENT

L'ouvrage est mesuré et payé en mètre linéaire du pertuis.
Les dispositifs d'extrémité sont payés à la pièce.

K. 3.2. OUVRAGES EN MACONNERIE

Les prescriptions du J. 5 sont d'application.

K. 3.3. OUVRAGES EN TERRE ARMEE

K. 3.3.1. DESCRIPTION

Les ouvrages en terre armée sont constitués d'un remblai armé par des plats crantés en acier galvanisé à chaud. Des éléments de peau (constituée par des plaques de béton armé) reliés aux armatures retiennent le remblai entre les différents lits d'armatures. Les plaques préfabriquées comportent des amorces, également en acier galvanisé, permettant de fixer les armatures à l'aide de boulons \varnothing 12 en acier à haute résistance galvanisé à chaud.
Les documents d'adjudication précisent si certains éléments sont couverts par un brevet.

K. 3.3.2. CLAUSES TECHNIQUES

Les prescriptions relatives aux matériaux et à la mise en œuvre sont conformes au document de référence RW99-K-1 "Ouvrages en terre armée", à l'exception :

- des prescriptions relatives aux éléments préfabriqués pour lesquels le point C.44.1 est d'application sauf en ce qui concerne l'absorption d'eau du béton pour laquelle le cas 2 du document de référence RW99-C-2 (§ B.7.3.1.5) est d'application.
- des modifications suivantes à apporter au texte introductif du § 2.1.2 "Armatures, amorces, éclisses et goujons":
 - 7^{ème} alinéa : "acier AE 235 A selon la norme NBN A 21-101" remplacé par "acier S 235 JR selon la norme NBN EN 10025 + A1".
 - 8^{ème} alinéa remplacé par : "Pour la galvanisation, les prescriptions de la NBN EN ISO 1461 sont d'application".
- des modifications suivantes à apporter au § 2.1.3 "Boulons, ancrages de levage, ronds à béton" :
 - remplacer les deux premières phrases par : "Les boulons sont de classe 8.8. Ils répondent aux conditions de la norme NBN EN ISO 898-1.
 - supprimer le dernier alinéa (ronds à béton), le C.44.1. étant d'application.

K. 3.3.3. SPECIFICATIONS ET VERIFICATIONS

Celles-ci sont précisées dans le document de référence précité.

Le critère d'évaluation de la compacité des remblais en terre armée est déterminé par la résistance à la pénétration mesurée à l'aide du pénétromètre dynamique à énergie variable. Les valeurs à prendre en compte sont celles définies conformément à la norme française XP – P94-105, Objectif q3 selon NF P 98 – 331, basées sur la classification des matériaux mis en œuvre selon NF P 11-300.

K. 3.3.4. PAIEMENT

Le paiement s'effectue sur base des postes suivants :

- écaillés (épaisseur de 14 ou 18 cm) : m²
- remblais : m³
- armatures du massif : m
- éléments d'angle : m
- dalles pour joints de construction : m
- éclisses : p.

K. 3.4. MURS EN PALPLANCHES

Les prescriptions du document de référence RW99-K-2 "Marchés publics pour entreprises de travaux, fournitures et services. Exécution de rideaux de palplanches" sont d'application.

K. 4. BETON ET MORTIER POUR OUVRAGE D'ART

K. 4.1. BETON

K. 4.1.1. DESCRIPTION

La description des bétons est reprise à la NBN B 15-001.

K. 4.1.2. CLAUSES TECHNIQUES - SPECIFICATIONS - VERIFICATIONS

Sont d'application les prescriptions de la NBN B 15-001 et son addendum NBN B 15-001/A1 de 2000, modifiées et complétées par le document de référence RW99-C-2 (Béton : performances, production, mise en œuvre et critère de conformité - Application de la NBN B 15-001), lui-même complété et modifié par les prescriptions ci-après.

La numérotation complémentaire des titres des paragraphes correspond à celle de la norme NBN B 15-001.

Sauf prescriptions contraires, les ouvrages sont réalisés en conformité avec les prescriptions de la NBN B 15-002 (Eurocode 2 : calcul des structures en béton – Partie 1 – 1 : Règles générales et règles pour les bâtiments).

K. 4.1.2. – 5. EXIGENCES DE BASE CONCERNANT LA COMPOSITION DU BETON

K. 4.1.2. – 5.1. GENERALITES

Aucune opération de bétonnage n'est autorisée tant que la fiche technique ou le dossier technique tel que décrit au § B.5.1. et précisé à l'annexe 2 du document RW 99-C-2 n'ont pas été approuvés et que les demandes de réception prévues au § B.8.2.1. de ce même document n'ont pas été introduites.

Les propriétés du béton telles que, par exemple, la résistance aux réactions alcalis-granulats (voir § B.5.7. du RW 99-C-2), la résistance au gel, la résistance à la pénétration de l'eau, etc. non couvertes par la marque BENOR ou équivalent font l'objet d'un contrôle de réception (voir annexe 3 du RW 99-C-2).

K. 4.1.2. – 5.7. RESISTANCE AUX REACTIONS ALCALIS-GRANULATS

Pour les bétons de classe d'exposition supérieure à 1, la solution 1 du document RW 99-C-2 [choix d'un ciment à teneur limitée en alcalis (ciment LA) et bilan des alcalis] est imposée aux bétons mis en œuvre sur site. Les solutions 2, 3 ou 4 du document RW 99-C-2 sont uniquement autorisées pour les bétons de composition bien définie et constante, confectionnés par les usines d'éléments préfabriqués.

K. 4.1.2. – 5.8. ADJUVANTS

Outre les impositions du § B.5.1. du document RW 99-C-2, la fiche technique interne ou le dossier technique mentionne l'endroit d'incorporation des adjuvants au béton.

Les adjuvants sont choisis et leurs dosages déterminés en fonction des performances imposées aux bétons et ce selon les modalités du § B.4.4. du document RW 99-C-2.

K. 4.1.2. – 7. PROPRIETES DU BETON ET METHODES DE VERIFICATION

K. 4.1.2. – 7.3. BETON DURCI

K. 4.1.2. – 7.3.1. Résistance aux effets mecaniques

K. 4.1.2. – 7.3.1.3. Développement des résistances (cubes de chantier)

Les caractéristiques relatives au développement des résistances ne font pas l'objet d'une certification BENOR ou équivalent. Des essais complémentaires sont donc réalisés conformément au § B.7.3.1.3 du document RW 99-C-2.

K. 4.1.2. – 8. SPECIFICATIONS DU BETON

K. 4.1.2. – 8.1. GENERALITES

Le béton est considéré comme étant prescrit à performance spécifiée.

K. 4.1.2. – 9. PRODUCTION DES BETONS

K. 4.1.2. – 9.1. PERSONNEL, EQUIPEMENT ET INSTALLATIONS

K. 4.1.2. - 9.1.2. Equipements et installations

L'entrepreneur autorise l'accès de l'ensemble des installations du binc de production (stockage, tour de préparation, laboratoire, etc.) au fonctionnaire dirigeant.

La centrale dispose d'un laboratoire et du matériel permettant de procéder notamment aux essais suivants :

- détermination du degré d'humidité des matériaux inertes;
- détermination de la courbe granulométrique des agrégats;
- essai de propreté (au moins les matières organiques) des sables et graviers;
- détermination de la fluidité du béton à la table à secousses;
- confection des cubes d'essais dans les moules.

K.4.1.2. – 10. TRANSPORT, MISE EN ŒUVRE ET CURE DU BETON FRAIS

K.4.1.2. – 10.2. TRANSPORT

Que la centrale soit située sur ou en dehors du chantier, il est dans tous les cas fait usage obligatoirement et exclusivement de camions malaxeurs; la cuve du malaxeur tourne à vitesse réduite, différente de la vitesse de malaxage.

La vitesse de rotation et le temps de malaxage de la cuve sont déterminés selon le type d'engin adopté et sont indiqués par une plaque de façon apparente sur celui-ci.

K. 4.1.2. –10.5. MISE EN PLACE ET COMPACTAGE

Coffrages

Toutes les cotes des coffrages, dimensions et niveaux, etc. sont contrôlées avant et pendant l'exécution des travaux de bétonnage.

Les coffrages sont conçus de manière à éviter toute perte de laitance. Ils sont d'une rigidité absolue et établis de façon à permettre l'introduction et le serrage du béton.

Si le coffrage vient à se déformer, l'entrepreneur prend toute mesure pour faire disparaître le défaut (meulage, bouchardage), jusque et y compris la démolition et la reconstruction à ses frais.

Excepté pour les parois faisant l'objet de prescriptions d'aspect spécifiques, les coffrages permettent d'obtenir pour les parements apparents des surfaces régulières, lisses, ne présentant aucun défaut ou déformation qui nuise à l'aspect. Aucune bavure n'est tolérée pour les parements vus : les aspérités sont meulées.

Tous les vides aménagés dans les bétons et qui ne peuvent être décoffrés, ce dont le fonctionnaire dirigeant est seul juge, sont réalisés au moyen de coffrage en Fibrociment, ou produit similaire.

D'une manière générale, les coffrages font l'objet d'une étude détaillée à charge de l'entrepreneur.

Tous les types de coffrage, l'emploi éventuel de fils de brelage et l'utilisation de produits destinés à faciliter le décoffrage sont soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant. Une attention toute particulière est apportée au choix des produits de décoffrage, en raison des variations de teinte du béton qu'ils peuvent provoquer, après décoffrage.

Toutes les arêtes vives des surfaces en béton restant visibles sont cassées au moyen d'un chanfrein de 1,5 x 1,5 à 2,5 x 2,5 cm².

Les coffrages sont également parachevés d'une façon étanche partout où l'écoulement de l'eau du béton mis en œuvre pourrait atteindre des éléments définitivement apparents.

Le bétonnage ne peut être entamé que lorsque le fonctionnaire dirigeant a approuvé les coffrages ou les dispositifs proposés, notamment pour leur fixation.

Ferraillage

L'emploi de fils de brelage traversant les coffrages pour maintenir les armatures en place est interdit.

L'entrepreneur soumet à l'agrément du fonctionnaire dirigeant le type d'écarteurs qu'il se propose d'utiliser. Leurs dimensions et résistances à l'écrasement sont telles que les épaisseurs d'enrobage des armatures imposées par les normes précitées et le document RW 99-C-2 et renseignées aux plans soient respectées. Ils ne pourront pas nuire à l'aspect du béton ni à la durabilité des armatures. L'usage de cales en bois ou déchet de briquillons est interdit.

Il est interdit de soulever les armatures après le bétonnage.

Le ferraillage est présenté à la réception du fonctionnaire dirigeant avant bétonnage.

Déversement du béton

Avant de déverser le béton à l'endroit de sa mise en œuvre, le malaxeur tourne pendant au moins une minute à grande vitesse (de 15 à 18 tours/min) pour homogénéiser le béton.

Entre le déversement du béton sur chantier et la mise en œuvre, le délai est de 30 minutes maximum.

La hauteur de chute du béton ne peut dépasser un mètre. A cet effet, l'entrepreneur utilise des goulottes, une grue à grappin ou un cufa éventuellement muni d'un manchon en caoutchouc, pour limiter la hauteur de chute dans le coffrage.

De même, dans le cas de hauteur de déversement importante, il est fait usage de tuyaux verticaux à diamètre réduit, de manière à ce que le frottement du béton contre les parois en freine la vitesse de chute.

Le bétonnage de parois s'effectue par remplissage en couches successives, sur toute la longueur de celles-ci; le déplacement du béton à l'aide de l'aiguille vibrante d'un point central vers les côtés n'est pas admis.

Le bétonnage de colonnes s'effectue également par remplissage en couches successives qui sont vibrées une à une afin d'assurer un bon compactage du béton et une remontée de l'air occlus.

Aucun béton définitif ne peut être mis en place directement dans l'eau sauf dérogation accordée par le fonctionnaire dirigeant en fonction des nécessités dont il est seul juge et moyennant la mise en œuvre d'une procédure d'exécution et d'un béton adapté au cas rencontré.

Serrage du béton

Le serrage du béton se fait par vibration dans la masse par tout moyen adapté aux éléments à bétonner et de manière à obtenir partout la compacité optimale du béton (voir le § B.7.3.1.5 relatif à la résistance à la pénétration de l'eau du document de référence RW99-C-2).

Les appareils vibratoires sont maniés par des ouvriers qualifiés bien au courant du procédé de serrage par vibration.

Le nombre d'appareils vibratoires en bon état de fonctionnement et le nombre d'ouvriers qualifiés sont suffisants pour éviter toute interruption dans la vibration du béton (en principe pour un bétonnage en continu, 2 ouvriers se relayant par appareil).

La durée de vibration est réglée en fonction de la dimension maximum et de la forme des éléments de l'agrégat, de la constitution du béton, de l'effet de paroi, de la densité et de la position des armatures, de la distance des points de vibration. Elle est, dans tous les cas, suffisamment longue pour que la surface de béton vibré soit brillante et fermée. Un soin particulier est apporté à la vibration le long des coffrages de manière à obtenir le long de ceux-ci un film continu de mortier de ciment.

L'ouvrier doit pouvoir guider l'appareil vibratoire, il doit voir le béton qu'il vibre, de façon à pouvoir judicieusement observer l'aspect de la surface du béton vibré et régler la durée de vibration en conséquence.

Les coffrages sont constitués de manière à réaliser les conditions ci-dessus. En cas d'emploi de l'aiguille vibrante, celle-ci doit pouvoir passer entre les armatures et il y a lieu de prévoir en certains endroits des distances suffisantes entre les armatures pour livrer passage à l'appareil.

En cas d'éléments préfabriqués et de l'utilisation de vibreurs à haute fréquence, la durée de vibration est adaptée au béton mis en œuvre de manière à éviter la remontée de mortier et l'absence de granulats dans la partie supérieure (ségrégation); les fissures ou criques de retrait ne sont pas autorisées. Il est, par ailleurs, strictement interdit de vibrer les armatures.

La mise en œuvre du béton est réalisée de façon à obtenir dans l'ensemble de la construction, l'homogénéité et la compacité les plus parfaites.

L'ordre dans lequel s'exécutent les différentes parties des ouvrages fait l'objet d'un programme de bétonnage que l'entrepreneur soumet préalablement à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Ce programme est envoyé au fonctionnaire dirigeant, au plus tard un mois avant la mise en œuvre des bétons.

Le travail de bétonnage s'exerce sans désemperer et par couches horizontales successives. L'intervalle de temps qui s'écoule entre l'achèvement d'une couche et la suivante en n'importe quel point ne peut dépasser 4 heures.

Reprises

Les programmes de bétonnage mentionnent notamment l'emplacement des reprises qui ne sont pas imposées aux plans d'adjudication.

Lorsqu'un intervalle de temps de plus de 8 heures s'écoule entre l'achèvement d'un bétonnage et son recouvrement par une couche nouvelle, le fonctionnaire dirigeant peut, si il juge qu'il s'agit d'une partie très sollicitée de la construction, imposer un décapage au jet d'eau sous pression de la surface de reprise immédiatement avant bétonnage.

La soudure et l'étanchéité des bétons aux reprises sont parfaites. Dans ce but, pour un béton compact et à absorption d'eau convenable, des surfaces de reprises rugueuses, propres et légèrement humides suffisent.

D'une manière générale, les reprises sont régulièrement espacées. La hauteur entre deux reprises ne peut être inférieure à 0,75 m.

En parements apparents, les reprises sont parfaitement rectilignes. Aux endroits indiqués par le fonctionnaire dirigeant, elles sont masquées dans la gorge créée par une latte sur coffrage.

Les règles suivantes sont d'application pour les joints de reprise non soumis à compression ou situés dans des zones délicates :

1. éviter les joints de reprise dans les sections où les tensions principales de traction sont maximales
2. les plans des joints sont perpendiculaires à l'effort et se trouvent dans les zones où les moments fléchissants sont faibles et où il n'y a pas de traction
3. la surface d'attente des joints est aussi rugueuse que possible
4. les armatures d'attente ont une résistance globale équivalente à la résistance à la traction du béton coupé.

K. 4.1.2. – 10.6. CURE ET PROTECTION DU BETON FRAIS

K. 4.1.2. – 10.6.5. Protection contre le gel

Bétonnage en période hivernale

Le bétonnage en période hivernale (< 5° C) est soumis à l'autorisation du fonctionnaire dirigeant.

Les moyens suivants sont utilisés pour un bétonnage avec des températures comprises entre + 5 et - 5 °C :

- utilisation d'eau de gâchage chaude à 35 °C, température mesurée dans le mixer
- protection thermique du béton pendant 4 jours minimum
- pour des températures inférieures à 0 °C, il convient en outre de réchauffer les granulats.

L'entrepreneur dispose sur le chantier des thermomètres nécessaires pour mesurer tant la température extérieure que les températures aux points les plus exposés du béton et exécuter des éprouvettes de chantier conservées dans les conditions les plus défavorables auxquelles le béton est soumis.

K. 4.1.2. – 10.8. DECOFFRAGE

Les délais de décoffrage sont soigneusement étudiés en fonction de la température ambiante pour garantir également une homogénéité de la teinte du béton devant rester apparent.

- Aspect des surfaces du béton

Les surfaces du béton restant apparentes ne peuvent présenter aucune différence d'aspect (teinte, granulométrie, etc.).

L'attention de l'entrepreneur est attirée sur ce point étant donné que ces différences d'aspect dues, soit au dosage de l'eau de gâchage, soit au ciment ou aux agrégats d'origines différentes, se décèlent après décoffrage : il s'impose donc que les précautions requises (livraison par une seule centrale, etc.) soient prises.

L'entrepreneur prend toutes les précautions pour que les parties visibles du béton après décoffrage montrent une surface régulière sans défauts ou joints visibles. Les aspérités, bavures, reprises, etc., résiduelles sont meulées après décoffrage afin d'obtenir une surface de béton uniforme. Le cas échéant, les arêtes sont rectifiées par meulage.

Les nids de gravier éventuels sont vidés, nettoyés et bouchés avec un mortier de ciment dont la composition est étudiée pour ne pas provoquer de variation de teinte par rapport au béton. Ils peuvent également être injectés au moyen de ciments pour injection.

Les fils de brelage éventuellement autorisés sont recoupés jusqu'à 10 mm en retrait de la surface. Un logement de 30 mm de profondeur et de 30 mm de diamètre est réalisé autour du fil qui y est alors rabattu de manière à servir d'armature au mortier de cachetage.

Tous les défauts d'étanchéité sont soigneusement corrigés jusqu'à suppression de toute venue d'eau et de tout suintement.

Ces trois dernières prescriptions (nids de gravier, fils de brelage, étanchéité) sont également applicables aux surfaces contre lesquelles un remblai est mis en œuvre.

Si des tubes sont utilisés pour maintenir en place des coffrages, les deux extrémités de ces tubes sont colmatées par un mortier de cachetage, répondant aux mêmes conditions que celles relatives aux nids de gravier.

Tous ces travaux d'appropriation et de réparations sont à charge de l'entrepreneur.

- Délai avant décoffrage

L'entrepreneur procède au décoffrage à ses propres risques après la durée de cure prescrite au § 10.6. du document RW 99-C-2 et lorsque la résistance effective f_c atteint les valeurs prévues (voir § 7.3.1.3. du document RW 99-C-2); celle-ci est déterminée à l'aide d'essais de résistance à la compression effectués sur cubes de chantier de 15 cm d'arête. Ces essais servent uniquement à permettre le décoffrage et n'ont pas pour objet de déterminer la résistance caractéristique f_{ck} du béton.

En période hivernale, il est recommandé de réaliser plusieurs cubes pour vérifier la résistance effective f_c , qui sont tous conservés dans les conditions de température identiques à celles du béton faisant l'objet du contrôle, en raison du développement plus lent des résistances (voir document RW 99-C-2 § B.11.4.3.2.).

Au cas où tous les cubes auraient été écrasés avant que la résistance requise soit atteinte, les délais suivants sont respectés avant décoffrage :

température à 8 h du matin :

- > 5° C : 14 jours
- comprise entre 0° C et 5° C : 21 jours
- comprise entre - 3° C et 0° C : 28 jours

Ce délai minimum de décoffrage est déterminé sans prendre en compte les jours où la température relevée à 8 h du matin est inférieure à -3°C .

Les températures précitées sont relevées sur un thermomètre placé à 1,5 m du sol, exposé au Nord - Nord Ouest et abrité de la pluie et du soleil par un auvent.

L'entrepreneur soumet un programme accompagné de notes de calculs qui montrent qu'au moment du décoffrage le béton est suffisamment résistant pour pouvoir porter son propre poids et les surcharges éventuelles.

Après le temps de cure prescrit, l'entrepreneur procède au décoffrage à ses propres risques après accord du fonctionnaire dirigeant.

- Tolérances dimensionnelles

Excepté pour les surfaces faisant l'objet de prescriptions dimensionnelles spécifiques, pour toutes les surfaces de béton contre lesquelles aucun remblai n'est réalisé, la tolérance est de 1,5 cm, en plus ou en moins, par rapport aux profils théoriques et ceci pour autant que les prescriptions relatives à l'enrobage soient respectées.

Les faces des bétons en contact avec les terres ne peuvent en aucun point rentrer à l'intérieur des profils théoriques.

Pour les surfaces apparentes des bétons, il ne peut exister de dépressions ou de saillies, présentant une dénivellation de plus de 1,5 cm, mesurée à la règle de 3 m de longueur celle-ci pouvant être placée en tout sens.

L'enrobage des armatures est vérifié par coup de sonde :

- pour 10 armatures successives (ou moins s'il échet), des valeurs individuelles de l'enrobage égales à 90 % de la valeur prescrite (notamment tableau 0 du document RW 99-C-2) sont acceptables si l'enrobage moyen des 10 armatures est supérieur à l'enrobage prescrit; l'enrobage prescrit étant toujours la valeur minimale à obtenir dans l'ouvrage (voir note explicative du document RW 99-C-2 relative au tableau 0);
- toute insuffisance d'enrobage fait l'objet d'une évaluation tant au niveau stabilité (position des armatures dans la section) que durabilité (danger de corrosion dû à la carbonatation du béton). Dans ce but, l'entrepreneur établit un relevé complet des enrobages dans les zones litigieuses et ce sous le contrôle du fonctionnaire dirigeant. L'entrepreneur propose une méthode détaillée de réparation sauf s'il apparaît que les défauts relevés conduisent le fonctionnaire dirigeant au refus des éléments de béton concernés, ce dont il reste seule juge. La méthode de réparation est conforme aux prescriptions reprises ci-après.

Les déformations et/ou manques d'enrobage sont corrigés en accord avec le fonctionnaire dirigeant selon les directives suivantes :

- toute déformation dépassant les tolérances admises est corrigée par bouchardage puis meulage;
- si la déformation est trop importante, le béton est démoli suivant un contour régulier défini par le fonctionnaire dirigeant, jusqu'à une profondeur de 20 cm sous le parement théorique, et le vide est rebétonné;
- tout creux ou toute insuffisance d'enrobage peut être réparé par application de mortiers de réparation à base de liant hydraulique modifié (LHM) de manière à restaurer les épaisseurs manquantes. Pour les surfaces restant apparentes, la teinte finale de la réparation est semblable à celle du béton avoisinant. Les mortiers LHM utilisés sont de classe II (selon guide d'agrément technique UBAtc n° G0007 « Mortiers de ragréage à base de liants hydrauliques ») et mis en œuvre sans barbotine d'accrochage.

K. 4.1.2. – 11. PROCEDURE DE CONTROLE DE LA QUALITE

K. 4.1.2. - 11.3. CONTROLE DE CONFORMITE

K. 4.1.2. - 11.3.1. Partage en lots et prélèvements

Les prescriptions du § B.11.3.4. du document RW 99-C-2 sont précisées comme suit :

L'entrepreneur tient un attachement des lots, échantillons et éprouvettes sous le contrôle du fonctionnaire dirigeant et selon les directives suivantes :

Pour les lots

- chaque lot porte son propre repérage selon une numérotation coordonnée;
- sa position dans l'ouvrage est soit repérée sur plan, soit décrite;
- la date de début et de fin de bétonnage de chaque lot est indiquée;
- toutes les informations et/ou documents relatifs au béton fourni pour le lot sont soigneusement conservés et/ou répertoriés (bordereau de livraison, emploi d'adjuvant et dosage de celui-ci, etc.).

Pour les échantillons

- les échantillons sont repérés par un second numéro ou repère;
- les éprouvettes de chantier sont repérées "C";
- les éprouvettes de contrôle sont repérées "L";
- la date de fabrication est ajoutée;
- toutes les informations et/ou documents concernant chaque prélèvement sont soigneusement conservés et/ou répertoriés (résultat de la mesure de la consistance, etc.).

Numérotation

- chaque éprouvette porte le numéro du lot auquel elle appartient, le repère de l'échantillon, le repère "L" ou "C" selon le cas et la date de fabrication.

A titre d'exemple, on peut trouver

36 - 5 - C (12/12)

(lot) - (éch.) - (chantier) (date)

K. 4.1.3. PAIEMENT

La mise en œuvre du béton est payée au m³ (sont compris dans ce prix les coffrages et tous moyens d'exécution).

Les surfaces structurées font l'objet d'un supplément au m².

K. 4.2. MORTIER POUR MAÇONNERIE

Les prescriptions des [J. 5](#), [J. 6](#) et [J. 7](#) sont d'application.

K. 5. ACIERS POUR BETON

K. 5.1. ACIERS POUR BETON ARME

K. 5.1.1. DESCRIPTION

Les présentes prescriptions se limitent à celles relatives aux armatures pour béton armé. Des prescriptions complémentaires relatives au calcul de l'ouvrage ou de certains éléments de ceux-ci ou relatives à la mise en œuvre de certains matériaux, comme les armatures de précontraintes éventuelles, font l'objet d'autres articles.

K. 5.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 5.1.2.1. MATERIAUX

Les aciers répondent aux prescriptions du [C. 16.4](#).

Les nuances d'acier retenues sont précisées aux documents d'adjudication de chaque entreprise. Elles sont mentionnées sur les plans d'exécution.

Lorsque les plans d'exécution prévoient la nuance BE 400 S, l'entrepreneur est autorisé à mettre en œuvre l'acier BE 500 S compte tenu du fait que les propriétés de ductilité sont identiques pour les deux nuances d'acier. Toutefois, sans étude complète aux ELS (notamment en ce qui concerne la fatigue et la fissuration), il ne peut y avoir de réduction de section compte tenu des propriétés supérieures, ni majoration de prix pour l'extra de qualité.

Dans ces mêmes conditions, les aciers laminés étirés BE 500 TS et les aciers écrouis à froid DE 500 BS (en fils ou en treillis soudés) peuvent remplacer l'acier BE 400 S et l'acier BE 500S.

K. 5.1.2.2. MISE EN OEUVRE

K. 5.1.2.2.1. REDRESSAGE DES ACIERS

Les aciers livrés en bobines et redressés répondent aux prescriptions des normes et PTV (reprises au [C. 16.4](#)).

K. 5.1.2.2.2. COUPE, PLIAGE ET POSITIONNEMENT

Les prescriptions du PTV 306 sont d'application pour toutes les opérations de coupe, pliage et positionnement des aciers d'armature.

K. 5.1.2.2.3. UTILISATION DE TREILLIS SOUDES OU DES CAGES D'ARMATURES ASSEMBLEES PAR SOUDAGE

L'utilisation du soudage par point en remplacement de ligatures ou l'utilisation de treillis soudés préfabriqués (NBN A 24-304 et PTV 304) peut être autorisée par le fonctionnaire dirigeant pour les éléments de l'ouvrage qui ne sont pas soumis à fatigue. Cette utilisation est interdite dans les dalles des tabliers des ponts. Une dérogation peut être demandée par l'entrepreneur à ce fonctionnaire dirigeant pour les dalles de tablier coulées en une seule opération (pas d'utilisation de prédalles) et ce, moyennant une justification basée sur la tenue en fatigue des armatures soudées. La valeur caractéristique spécifiée de l'étendue de variation de contrainte est de $2 \sigma_A = 100 \text{ MPa}$.

En cas d'utilisation du soudage par point en lieu et place des ligatures, le contrôle des armatures soudées est réalisé [par le M.E.T. - D423] conformément au PTV 306 et aux directives du règlement 500 de l'OCAB.

K. 5.1.2.2.4. UTILISATION DES POUTRES TREILLIS SELON PTV 305

Les poutres treillis de type 1 peuvent être utilisées dans les prédalles dans les conditions suivantes :

- les barres inférieures (en acier DE 500 BS) interviennent dans le calcul de stabilité sauf s'il s'agit d'une dalle soumise à la fatigue (cas des dalles des tabliers de ponts - résistance limitée à la fatigue à cause des soudures)
- les barres supérieures (acier lisse - propriétés de ductilité non garanties) n'interviennent pas dans les calculs de stabilité dans la construction définitive.

Les poutres treillis de type 2 sont uniquement des treillis technologiques pouvant notamment servir d'écarteurs ou de supports de lits d'armatures.

Hormis les armatures inférieures des poutres treillis de type 1, les autres armatures de ces treillis ne présentent pas les propriétés de ductilité et/ou d'adhérence prévue par la NBN B 15-002.

K. 5.1.3. PAIEMENT

Les aciers sont mesurés et payés au kg. Les aciers de construction (chaises, ligatures, ...) et les chutes éventuelles ne sont pas pris en compte.

K. 5.2. ACIERS DE PRECONTRAINTE

K. 5.2.1. MATERIAUX

Les aciers répondent aux prescriptions du [C. 16.5](#).

Les torons sont choisis parmi les suivants :

- précontrainte par adhérence : torons \varnothing 12.5 (93 mm²) - 1860 - R2 ou \varnothing 15.2 (140 mm²) - 1860 - R2 ou \varnothing 15.7 (150 mm²) - 1860 - R2. Il s'agit de torons "clairs".
- postcontrainte : torons \varnothing 15.2 ou 15.7 - 1860 - R2 ("torons clairs" dans des gaines injectées avec coulis de ciment).
- postcontrainte réglable ou remplaçable : torons \varnothing 15.2 ou 15.7 - 1860 - R2 ("torons gainés graissés" dans des gaines injectées avec coulis de ciment).
- postcontrainte extérieure éventuellement réglable ou remplaçable : torons \varnothing 15.2 ou 15.7 - 1860 - Z - R2 ("torons galvanisés gainés graissés" situés à l'intérieur des caissons ou protégés par une gaine en PEHD ou en acier inoxydable).

Par ailleurs, tous les torons utilisés dans la postcontrainte ainsi que ceux qui sont utilisés déviés dans la précontrainte par adhérence présentent une résistance aux contraintes multiaxiales caractérisée par une perte maximale de 20% (D=20) à l'essai de traction déviée.

Dans le cas où une déviation des torons de précontrainte adhérente est prévue, le système de relevage est homologué par la D423 selon les prescriptions du document RW 99-K-3 « Standardisation des poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art ».

Le système de postcontrainte est soumis à l'accord du fonctionnaire dirigeant. Il est homologué par la D423 selon les prescriptions des documents de référence RW99-C-3, RW99-K-13 « M.E.T.-ST3 Autorisation de présentation d'un système de précontrainte par câbles ancrés – Essai de traction sur banc horizontal d'un câble complet » et RW99-K-14 « M.E.T.-ST4 Autorisation de présentation d'un système de précontrainte par câbles ancrés – Béton immédiatement sous l'ancrage et frettage fourni avec l'ancrage ».

Les frais des essais d'homologation sont à charge de l'entrepreneur.

Les homologations précitées ne sont valables que pour un toron d'origine donnée. Leur validité est liée au système d'élaboration du produit. Pour les systèmes de postcontrainte, celle-ci est garantie par la délivrance d'un certificat de garantie des paramètres de production.

K. 5.2.2. MISE EN ŒUVRE DE LA POSTCONTRAINTE : GAINES, ACCESSOIRES, MISE EN TENSION, COULIS ET INJECTION

Les documents d'adjudication précisent les prescriptions particulières propres à chaque ouvrage.

Toutes les opérations relatives à la mise en œuvre de la postcontrainte sont réalisées par une entreprise spécialisée. Seul le placement des gaines peut être effectué par l'entrepreneur général.

Les prescriptions du document de référence RW99-K-4 "Injection des câbles de postcontrainte" sont d'application modifiées et complétées comme suit :

– choix techniques :

• Point 1.2. - Gaine.

Les gaines peuvent être en feuillard d'acier sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication.

L'entrepreneur soumet à l'accord du fonctionnaire dirigeant une proposition écrite pour le choix des gaines en fonction des conditions d'exécution :

- vides ou non lors du bétonnage
- injectées rapidement ou non après mise en place.

Si l'entrepreneur compte bétonner avec les gaines vides, il justifie les mesures qu'il prend pour éviter leur déplacement.

• Point 1.2.2.1. - Enrobage des gaines.

C'est le diamètre extérieur qui est pris en compte pour la détermination de l'enrobage.

• Point 1.2.3. - Protection des gaines.

Les gaines qui sont appelées à rester vides plus de 2 mois après bétonnage sont en acier galvanisé.

Les gaines sont stockées sur chantier à l'abri des intempéries si elles ne sont pas galvanisées.

• Point 1.3. - Placement des gaines et Point 1.6. - Contrôle après placement.

L'entrepreneur général peut prendre la responsabilité de la pose et de la fixation des gaines pour autant que les mesures suivantes soient respectées.

La pose est placée sous la surveillance d'un responsable du ferrailage agréé par l'entreprise de précontrainte spécialisée.

Le contrôle du ferrailage et de la fixation des gaines est effectué contradictoirement.

• Point 1.3. - Dernier alinéa : gaines pendant le bétonnage.

Le préenfilage des torons est également autorisé si le délai avant mise en tension n'est pas supérieur à 3 semaines pour des torons clairs ordinaires ou à 2 mois pour ces mêmes torons protégés par une huile soluble à proposer à l'approbation du fonctionnaire dirigeant (voir aussi dernier alinéa du point 1.6.).

• Point 4. - Injection.

Les opérations d'injection sont exécutées par une entreprise spécialisée dans l'exécution des opérations en relation avec la postcontrainte (systèmes de précontrainte, mise en tension, protection des armatures, injection).

L'entreprise de précontrainte est agréée (point 4.1.2.) par le fonctionnaire dirigeant ainsi que le programme d'injection (point 4.1.1.).

• Point 4.2.4. - Postinjection.

Cette opération est prévue et constitue une charge d'entreprise. Les trois premières opérations de postinjection sont réalisées sous le contrôle du fonctionnaire dirigeant à titre d'essais d'agrément de l'entreprise.

Seuls les coulis ayant démontré une absence de ressuage par un essai sur tube et torons et agréés comme tels par le M.E.T. - D423 peuvent être dispensés de l'opération de postinjection.

• Point 4.2.6. - Contrôles de qualité.

L'entreprise de précontrainte fournit l'ensemble du matériel nécessaire aux contrôles et l'entrepreneur met à disposition un local destiné à l'exécution des essais et à la conservation des échantillons dans les conditions requises.

Les mesures sont exécutées par l'entreprise de précontrainte sous le contrôle du fonctionnaire dirigeant.

– homologation du coulis d'injection

Le coulis est soumis à l'accord du fonctionnaire dirigeant en vue de son homologation par le M.E.T. – D423.

– capots de protection des têtes d'ancrage de câbles de postcontrainte

Chaque câble est muni à ses deux extrémités d'un capot de protection de la tête d'ancrage. Ce capot est placé à titre définitif et protège également la trompette. Il a une épaisseur minimale de 3 mm et est galvanisé selon les prescriptions de la norme NBN I 07-002. Il est muni d'un orifice d'injection au point bas et d'un évent au point haut. Il est injecté au coulis de ciment. Toutes les dispositions sont prises pour assurer son étanchéité.

Le cachetage ou remplissage de l'évidement autour des capots est réalisé au moyen d'un microbéton présentant les propriétés ou caractéristiques suivantes :

- granulométrie : 0 - 8 mm
- coulable
- à retrait plastique compensé de manière à présenter un léger gonflement
- teneur en ions chlore inférieure à 0,04 % de la masse totale
- résistances moyennes minimales mesurées sur barrettes de 40 x 40 x 160 mm :

Age	Flexion (moyenne de 3) (MPa)	Compression (moyenne de 6) (MPa)
7 jours	5	50
28 jours	6	60

– mise en œuvre des câbles de postcontrainte.

Les prescriptions du § 6.3.4. de la NBN B 15-002 sont d'application modifiées et complétées comme suit :

- les précautions mentionnées au point 4.2. "Exécution" de l'annexe 1 au document de référence RW99-C-3 "Marchés publics de travaux - Aciers de précontrainte - Réception des aciers - Marque de conformité BENOR" sont d'application

- le document de référence RW99-K-5 "Marchés publics de travaux, fournitures et services - Mise en tension des armatures de précontrainte après durcissement du béton" relatif à la mise en tension des armatures des câbles de postcontrainte est d'application moyennant les précisions reprises dans le document de référence RW99-K-6 "Mise en tension des câbles de précontrainte : étalonnage des vérins, essais de détermination des pertes par frottements, mise en tension des câbles"
- lors de la mise en tension, la résistance effective du béton f_c mesurée sur cubes de chantier de 150 mm de côté a été préalablement contrôlée

K. 5.2.3. CLAUSES TECHNIQUES - SPECIFICATIONS - VERIFICATIONS

Les documents d'adjudication précisent les prescriptions particulières propres à chaque ouvrage.

K. 5.2.4. PAIEMENT

Les aciers sont mesurés et payés au kg.

Les gaines, ancrages, injections, déviateurs, capots, cachetage, opérations de mise en précontrainte, essai de frottement sont inclus dans le prix du poste.

K. 6. OUVRAGES METALLIQUES

K. 6.1. ACIERS POUR OUVRAGES METALLIQUES

K. 6.1.1. DESCRIPTION

Les présentes prescriptions concernent les aciers de charpentes, les moyens d'assemblages, la fabrication en atelier et le montage sur place.

K. 6.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 6.1.2.1. MATERIAUX

- aciers : [C.16.6](#)
- boulons : [C.16.7](#).

K. 6.1.2.2. CALCUL

La conception des ouvrages métalliques se fait sur base des prescriptions de la NBN ENV 1993-1-1.

K. 6.1.2.3. EXECUTION

L'exécution est conforme aux prescriptions des normes de la série NBN ENV 1090-1 à 6.

K. 6.1.3. VERIFICATIONS

Les vérifications sont réalisées sur base des documents de référence cités au [K. 6.1.2](#).

K. 6.1.4. PAIEMENT

Les aciers sont mesurés et payés en kg.

La détermination de la masse des pièces métalliques à facturer est réalisée selon les prescriptions du document de référence RW99-C-4 (fascicule VII (chapitre 14, art 25 § 2)).

K. 6.2. PROTECTION DES ACIERS

K. 6.2.1. DESCRIPTION

Les présentes prescriptions sont relatives à la protection des métaux ferreux contre la corrosion

K. 6.2.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 6.2.2.1. DOCUMENTS DE BASE

Les prescriptions du document de référence RW99-J-2 sont d'application.

Les normes de la série NBN EN ISO 12944.

K. 6.2.2.2. DOCUMENTS DE REFERENCE ET CONDITIONS TECHNIQUES

Le type de document de base à utiliser est choisi en fonction de l'importance des travaux de mise en peinture envisagée (valeur des travaux, incidence d'une défektivité, impossibilité de bloquer le trafic (porte d'écluse)).

L'usage des fascicules X 1^{ère} et 2^{ème} parties, faisant partie du RW 99-J-2, est réservé à des applications particulières.

Sauf dispositions contraires des documents d'adjudication, les normes de la série NBN EN ISO 12944 sont d'application.

Elles sont d'application moyennant les précisions suivantes :

K. 6.2.2.2.1. CLASSE DE CORROSIVITE

Les documents d'adjudication prévoient la classe de corrosivité (selon la NBN EN ISO 12944-2) à laquelle répond le système de peinture.

A défaut, les règles suivantes sont d'application :

K. 6.2.2.2.1.1. Ouvrages aériens

- Ouvrages exposés aux intempéries en zones rurales, urbaines et industrielles à pollution modérée par le SO₂ : C3.
- Ouvrages dont l'entretien est particulièrement délicat de par la nécessité d'en conserver l'usage ou ouvrage particulièrement exposé ou dont l'infrastructure nécessaire à la remise en peinture est particulièrement importante : C4.
- Intérieur des caissons des ouvrages d'art : C2.
- Structures particulièrement exposées aux chlorures (silos à sel, hangars de nettoyage des véhicules d'épandage ...) : C5M.

K. 6.2.2.2.1.2. Ouvrages hydrauliques

Ces ouvrages appartiennent à la classe Im2.

N.B. : la catégorie Im2 ne peut en principe convenir pour les ouvrages aériens. Cette classe est satisfaisante pour les structures immergées en eau douce.
On peut considérer qu'un système Im2 appliqué dans la partie immergée d'une structure convient pour la partie émergée (porte d'écluse).

K. 6.2.2.2.1.3. Ouvrages enterrés

Ces ouvrages répondent à la classe Im3.

K. 6.2.2.2.2. TYPES DE SUPPORT

La NBN EN ISO 12944-5 fait la distinction entre les supports acier, galvanisé et métallisé.
Un système homologué pour un type de support ne peut être utilisé sur un support d'une autre nature.

Dans le cas de structures hydrauliques et contrairement à ce qui est prévu aux tableaux 9 et 10, une première protection par métallisation ou par galvanisation peut être retenue.

K. 6.2.2.2.3. DURABILITE DU SYSTEME

La classe haute durabilité (> 15 ans) est exigée sauf stipulation contraire aux documents d'adjudication ou sur accord écrit de l'ingénieur dirigeant.

K. 6.2.2.2.4. JUSTIFICATIF DU SYSTEME PROPOSE

La durabilité du système est démontrée par l'expérience ou par des essais de vieillissement artificiel réalisés conformément à NBN EN ISO 12944-6 ou selon accord (voir 5.7 de NBN EN ISO 12944-5).

K. 6.2.2.2.5. PREPARATION DES SURFACES

K. 6.2.2.2.5.1. Généralités

Les opérations de décapage ne peuvent être entreprises ou poursuivies lorsque le degré hygrométrique relatif et la température de l'atmosphère ambiante ne permettent pas de respecter les conditions limites prévues pour l'application des produits. Les travaux de mise en peinture sont entrepris dans les 6 heures si l'humidité relative est inférieure à 60 %, dans les 4 heures si celle-ci est au maximum de 75 % et dans les 2 heures si celle-ci est au maximum de 85 %. De toute manière, la mise en peinture est réalisée le même jour que les travaux de décapage.

A défaut d'indication particulière, il est nécessaire que la température du support soit supérieure d'au moins 3 degrés à la température de rosée au moment du début des travaux de mise en peinture. Les travaux ne peuvent être entrepris si des orages ou des intempéries sont à craindre avant que la peinture ne soit suffisamment sèche.

Lors de la préparation de surface par grenailage, le degré de préparation ne doit pas être inférieur à Sa 2 ½, à PSa 2 ½ dans le cas d'un grenailage partiel. Cette règle s'applique également au traitement postérieur des cordons de soudure. Dans des cas particuliers, il faut atteindre le degré de préparation Sa 3.

Dans le cas d'une préparation mécanique de la surface, le degré de préparation correspond à St 3.

Après décapage, il est procédé à un dépoussiérage systématique soigné de toutes les surfaces. Des tests au papier adhésif pourront être réalisés par le fonctionnaire dirigeant ou son représentant de manière à vérifier la qualité de cette opération.

Tout système de récupération ou d'évacuation est préalablement soumis à l'agrément du fonctionnaire dirigeant.

Tous les déchets provenant du décapage sont évacués du chantier.

L'évacuation des déchets se fait conformément au D. 2.1.1.1 et fait l'objet de postes de la série D9000.

K. 6.2.2.2.5.2. Cas particuliers

La galvanisation et la métallisation sont réalisées en atelier.

Galvanisation :

La galvanisation est conforme à la norme NBN EN ISO 1461. Les recommandations d'exécution de la norme NBN EN ISO 14713 sont respectées.

Si une peinture est prévue, il y a lieu :

- de nettoyer à la brosse non métallique du type « chiendent » ou autre;
- de dégraisser (brossage +lessive alcaline + rinçage);
- de réaliser un dérochage chimique + rinçage soigné; un dérochage par léger sablage peut se substituer au dérochage chimique. Dans ce cas la rugosité est du degré G selon NBN EN ISO 8503-2
- de ne pas enlever plus de 15 µm lors du grenailage par balayage des surfaces galvanisées à chaud ou de l'application de la couche d'apprêt de poudre de zinc. La rugosité est à déterminer en fonction de la nature du revêtement.

Les données techniques figurant à la fiche technique du fabricant de peinture ou de la fiche de certification sont également rencontrées.

Métallisation :

La métallisation est conforme à la norme NBN EN 22063. Les recommandations d'exécution de la norme NBN EN ISO 14713 sont respectées.

La couche de colmatage est appliquée dans les 4 heures (NBN EN ISO 12944-5 tableau A10).

K.6.2.2.2.6. EXECUTION DES TRAVAUX DE MISE EN PEINTURE

Les travaux de mise en peinture sont réalisés en atelier. Toutefois, avec l'accord du fonctionnaire dirigeant, la couche finale peut être appliquée sur chantier.

La norme NBN EN ISO 12944-7 est d'application.

L'épaisseur maximale ne peut excéder le triple de sa valeur nominale (NBN EN ISO 12944-7 § 5.1.). Cette valeur est à diminuer si la fiche technique du fabricant le stipule et certainement pour les primaires à base de zinc.

K. 6.2.3. VERIFICATION

Les vérifications portent sur :

- la préparation du support
- l'identification des peintures : la réception technique préalable des peintures s'opère selon les modalités définies dans le document de base choisi. Par exemple, dans le cas de peintures à formules imposées, le contrôle porte sur les matières premières utilisées, sur le respect des compositions et sur l'exécution de quelques essais technologiques. En ce qui concerne les produits certifiés ou du moins répondant aux prescriptions de la série NBN EN ISO 12944, il est procédé à l'identification des peintures par la réalisation des essais de détermination de la masse volumique, de l'extrait sec et de la teneur en cendres.
- les conditions de mise en application des peintures
- les épaisseurs des différentes couches.

K. 6.2.4. PAIEMENT

Le paiement s'effectue sur base des postes suivants :

- préparation de surface – nettoyage à l'eau - décapage : m²
- préparation de surface – décapage – en recherche : m²
- métallisation : m²
- peinture – couche de finition : m²
- peinture – système : m²

Les surfaces à prendre en compte sont les surfaces réelles des pièces moyennant les règles suivantes :

- toute ouverture intérieure située en pleine tôle (ou dans l'âme des profilés) et inférieure à une surface de 0,20 m² n'est pas soustraite;
- les petites découpes en quart ou en demi-cercles évitant la rencontre des soudures ne sont pas déduites.

La galvanisation est payée en kg d'acier. La détermination de la masse des pièces galvanisées à facturer est réalisée selon les prescriptions du document de référence RW99-C-4 (fascicule VII (chapitre 14, art 25 §2)).

Pour les éléments linéaires (garde-corps, ...), les postes précités sont payés au mètre courant.

Le paiement pour l'évacuation des déchets s'effectue conformément au code de mesurage du C.P.N.

K. 7. ELEMENTS POUR OUVRAGES D'ART

K. 7.1. POUTRES PREFABRIQUEES EN BETON PRECONTRAIT

K. 7.1.1. DESCRIPTION ET SPECIFICATIONS

Les poutres précontraintes sont préfabriquées en usine et respectent l'ensemble des prescriptions techniques prévues au document de référence RW99-K-3, FeBe "Standardisation des poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art" [Document FeBe -3ème édition de 1985] ainsi que dans le document de référence RW99-C-2 "Béton : performances, production, mise en œuvre et critères de conformité - Spécifications techniques".

Les armatures passives répondent aux prescriptions du [K. 5.1](#). La nuance de ces armatures est BE 500 S, BE 50 OTS ou DE 500 BS.

Les armatures de précontrainte répondent aux prescriptions du [K. 5.2](#).

Par usine de préfabrication, il faut entendre une unité technique, protégée de la pluie, du soleil et du vent, dans laquelle le béton mis en œuvre, ainsi que le coffrage utilisé, ont une température d'au moins 5° C et où les éléments bétonnés sont protégés du gel.

Pareille unité dispose des éléments suivants :

- une zone de stockage à sec des armatures passives et des armatures de précontrainte
- une zone de préparation des cages d'armatures
- une centrale à béton pourvue de dispositifs de dosage et des équipements de transport d'une capacité suffisante
- un équipement de laboratoire convenant au contrôle de la consistance et de la qualité du béton.

Le fabricant présente un nombre suffisant d'ouvrages exécutés. A défaut, il fournit la preuve de son expérience pratique et doit pouvoir présenter les références.

Les poutres précontraintes préfabriquées répondent entre autres aux prescriptions suivantes :

- classe de résistance : C 50/60 ou supérieure
- classe d'exposition 3S selon le document de référence précité. L'utilisation d'un entraîneur d'air n'est pas exigée. Le rapport E/C est inférieur ou égal à 0,45
- enrobage des armatures (en mm) :

	Armatures de précontrainte individuelles		Armatures passives	
	nominal (plan)	minimal (mesuré)	nominal (plan)	minimal (mesuré)
Face verticale	35	35 ($\Delta h = 0$)	30	25 ($\Delta h = 5$)
Face inférieure	45	40 ($\Delta h = 5$)	30	25 ($\Delta h = 5$)

Ces prescriptions d'enrobage sont d'application y compris à la face inférieure des blocs d'about aux endroits des encoches éventuellement prévues en fonction de l'inclinaison des poutres.

- l'utilisation de cendres volantes est interdite, tant seules qu'ajoutées à des sables
- l'utilisation de ciment CEM I-LA est obligatoire
- la valeur moyenne de l'absorption d'eau par immersion est inférieure à 5,5 % et chaque valeur individuelle est inférieure à 6,0 % (valeurs à obtenir sur carottes prélevées dans les éléments, contrairement aux prescriptions du § B.7.3.1.5 du document de référence précité).

Les plans d'exécution fournis à l'usine de préfabrication mentionnent impérativement les éléments suivants :

- classe de résistance
- classe d'exposition 3S
- ciment CEM I-LA
- enrobage nominal des armatures de précontrainte et des armatures passives selon le tableau ci-avant.

La face supérieure des poutres présente une bonne rugosité permettant l'accrochage du béton de la dalle. Cependant, en cas d'utilisation de prédalles, les bords de la face supérieure de la semelle sont lissés sur une largeur d'au moins 60 mm.

Lorsque les plans d'adjudication prévoient l'utilisation de poutres à large semelle supérieure (poutres-dalles) à poser jointives, les conditions suivantes sont d'application :

- le point 5.2.7 du document RW99-K-3 précité est corrigé comme suit "le déversement satisfait à $g \leq h/100$ ".
- la largeur de la semelle supérieure est égale à l'entredistance entre poutres diminuées de 30 mm.
- l'âme des poutres a une épaisseur minimale de 160 mm (relevage des torons).
- la semelle supérieure a une épaisseur minimale de 95 mm.
- le cas échéant, la semelle supérieure est inclinée de manière à épouser la pente de l'ouvrage et à réaliser une bonne jonction entre les bords des poutres.
- les poutres sont coulées en une seule opération.
- un congé de 50 mm de rayon minimum est prévu aux jonctions entre l'âme et les semelles.
- afin d'assurer le monolithisme de la dalle de tablier de part et d'autre du joint entre les poutres-dalles, il y a lieu de placer des treillis raidisseurs (4 diagonales \varnothing 5 mm minimum par 20 cm courant) le long des bords à une distance maximale de 125 mm; les treillis-raisseurs peuvent être remplacés par tout autre dispositif de section équivalente et d'efficacité égale moyennant accord du fonctionnaire dirigeant. Par ailleurs, des armatures de couture (étriers) sont réparties sur l'ensemble de la surface de la dalle de telle sorte que la section totale des armatures (calculées et technologiques) soit d'au moins de 1800 mm² et corresponde au moins à 24 brins par mètre carré.
- les bords supérieurs de la semelle supérieure sont pourvus de chanfreins de 30 x 30 mm; après pose, l'entrepreneur obture l'espace vertical entre les poutres en posant une cornière en PVC dans le V constitué par les chanfreins et il remplit cet espace d'un mortier riche en ciment et ce, sans dépasser le niveau de la dalle.

- afin de limiter fortement la fissuration de la semelle supérieure tant sous l'action du retrait que des sollicitations, il y a lieu de prévoir d'une part une quantité suffisante d'armatures passives et d'autre part d'optimiser les conditions de bétonnage, de conservation et de cure du béton, en particulier l'utilisation d'un produit de cure est imposée. Ce produit de cure est à base d'époxy à l'eau afin de ne pas empêcher l'adhérence du béton de 2^{ème} phase. En cas de sollicitation de traction, celle-ci est limitée à 1,5 MPa et est reprise par une armature passive sollicitée à 200 MPa maximum. Si des fissures sont néanmoins présentes, leur largeur ne peut excéder 0,1 mm.
- pour les poutres-dalles d'une hauteur inférieure ou égale à 1000 mm, l'âme et la semelle inférieure sont remplacées par une section rectangulaire.

Les poutres préfabriquées précontraintes peuvent présenter une contre-flèche importante de même que des écarts de contre-flèche entre poutres voisines. Dans ce cas, l'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant une solution permettant de pallier tant à cette contre-flèche qu'à ces écarts.

K. 7.1.2. VERIFICATIONS

Le contrôle des poutres précontraintes préfabriquées est effectué en usine par le M.E.T. - D423 qui est prévenu par le fabricant préalablement (15 jours) à la mise en fabrication.

L'autorisation d'expédition n'est délivrée que lorsqu'il a été satisfait au contrôle précité.

K. 7.1.3. PAIEMENT

Le béton est mesuré et payé au m³.
Les aciers sont mesurés et payés au kg.

K. 7.2. PREDALLES EN BETON

K. 7.2.1. DESCRIPTION ET SPECIFICATIONS

Les prédalles en béton répondent aux prescriptions du [C. 44.2](#).

Les prescriptions du [K. 7.1.1](#) relatives à l'usine de préfabrication et à l'expérience du fabricant sont d'application.

Les plans d'exécution et de pose mentionnent :

- classe de résistance C 40/50
- classe d'exposition 3S
- ciment CEM I LA ou CEM III A LA
- enrobage nominal : 30 mm.

Ces plans indiquent également le repérage des prédalles.

Lors de la fabrication, les éléments sont tous identifiés de manière indélébile par le numéro de repérage et la date de fabrication.

La pose des prédalles se fait sur un support régulier; la largeur d'appui nominale est de 50 mm minimum.

Sur poutre métallique, les prédalles sont posées sur une bande compressible collée sur la face supérieure des semelles, le long de leur bord.

K. 7.2.2. VERIFICATIONS

Les prescriptions du [K. 7.1.2](#) sont d'application.

K. 7.2.3. PAIEMENT

Les prescriptions du [K. 7.1.3](#) sont d'application.

K. 7.3. AUTRES ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON ARME OU PRECONTRAIT

K. 7.3.1. ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON ARME

Ils répondent aux prescriptions du chapitre C les concernant :

- éléments en béton armé : [C. 44.1](#)
- éléments préfabriqués en "L" de soutènement et d'angle : [C. 44.3](#)
- éléments de puits : [C. 44.4](#).

Les prescriptions du [K. 7.1.1](#) relatives à l'usine de préfabrication et à l'expérience du fabricant sont d'application.

En cas d'assemblage d'éléments, les dispositions sont prises pour assurer au droit des assemblages une durabilité équivalente à celle définie pour les éléments eux-mêmes. Les détails d'exécution définissent de manière précise les moyens d'assemblage, leurs matériaux constitutifs et les modalités de mise en œuvre. Les mortiers ou microbétons présentent une très bonne résistance à la carbonatation et une faible porosité ou valeur d'absorption d'eau (équivalente à un béton C 40/50).

K. 7.3.2. ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON PRECONTRAIT

Les éléments en béton précontraint autres que les poutres répondent aux prescriptions du [K. 7.1.1](#) éventuellement complétés ou amendés par les documents d'adjudication.

En cas d'assemblage d'éléments, les dispositions sont prises pour assurer au droit des assemblages une durabilité équivalente à celle définie pour les éléments eux-mêmes. Les détails d'exécution définissent de manière précise les moyens d'assemblage, leurs matériaux constitutifs et les modalités de mise en œuvre. Les mortiers ou microbétons présentent une très bonne résistance à la carbonatation et une faible porosité ou valeur d'absorption d'eau (équivalente à un béton C 50/60).

K. 7.3.3. VERIFICATIONS

Les prescriptions du [K. 7.1.2](#) sont d'application.

K. 7.3.4. PAIEMENT

Les prescriptions du [K. 7.1.3](#) sont d'application.

K. 7.4. POUTRES PREFLECHIES ENROBEES

K. 7.4.1. DESCRIPTION

Les poutres préfléchies enrobées sont des poutres mixtes acier béton entièrement enrobées et dont au moins l'enrobage de la semelle inférieure de la poutrelle métallique est réalisé en usine.

Pendant cet enrobage, la partie inférieure de la poutre métallique est soumise à traction par flexion (sous l'action de charges de préflexion) ou par flexion composée (sous l'action d'une précontrainte et de charges de préflexion). Après durcissement suffisant du béton d'enrobage, les efforts de préflexion sont enlevés.

Les parties restantes de la poutre métallique sont ensuite enrobées de béton, soit en usine, soit sur chantier, soit partiellement en usine et partiellement sur chantier.

Après enlèvement des efforts de préflexion, la précontrainte agissant dans la poutre est complétée le cas échéant par la mise en tension de fils, torons ou câbles en usine ou sur chantier ou partiellement en usine et partiellement sur chantier.

Les prescriptions du document de référence RW99-K3, FeBe "Standardisation des poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art" 3ème édition modifié et complété par les prescriptions du [K. 7.4.2](#) sont d'application pour les poutres préfléchies.

Le domaine d'application des présentes prescriptions est limité à celui des poutres isostatiques. En cas de poutres préfléchies enrobées qui sont liaisonnées par après sur chantier (au moyen de joints de montage avec, par exemple, des boulons à haute résistance à la traction) afin de réaliser des poutres continues, les prescriptions complémentaires nécessaires sont fixées dans les documents d'adjudication.

K. 7.4.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 7.4.2.1. MATERIAUX

K. 7.4.2.1.1. ACIER POUR POUTRES METALLIQUES

Les poutres métalliques sont en acier S 355 J2 (G3 ou G4) conforme au [K. 6](#).

Les poutres métalliques sont conçues de manière à permettre une exécution aisée de toutes les phases ultérieures (préflexion, guidages pour éviter le déversement, pose des armatures, respect des enrobages de béton, ...).

La contre-flèche de fabrication est déterminée en tenant compte :

- des écarts de fabrication (une valeur maximale et une valeur minimale de la contre-flèche est garantie par l'atelier de construction métallique)
- des écarts sur la valeur de la déformation permanente due à l'élastification (à définir par l'usine de préfabrication)
- des écarts sur la valeur de la flèche élastique (à définir par l'usine de préfabrication).

Il est tenu compte de l'influence de ces écarts sur la position de la poutre dans le béton, donc sur la position des étriers qui traversent la poutre (trous forés dans les âmes) ou qui enrobent les semelles ou sur la position des torons ou câbles de précontrainte.

L'usine de préfabrication des poutres doit avoir approuvé les plans des parties métalliques préalablement à leur introduction à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

La fabrication des poutres en atelier a lieu conformément aux prescriptions du [K. 6](#).

K. 7.4.2.1.2. ARMATURES ORDINAIRES POUR BETON ARME

Les armatures passives répondent aux prescriptions du [K. 5.1](#).
La nuance de l'acier est indiquée aux documents d'adjudication.

K. 7.4.2.1.3. ARMATURES DE PRECONTRAINT

Les armatures de précontrainte répondent aux prescriptions du [K. 5.2](#).

Les caractéristiques des éléments de précontrainte utilisées pour l'établissement du projet, sont indiquées aux documents d'adjudication.

Il est permis à l'entrepreneur de présenter des modifications relatives à la précontrainte prévue :

- précontrainte ou non de la poutre métallique; cette précontrainte pouvant être définitive ou provisoire
- précontrainte du béton par armatures ancrées par adhérence ou par câbles de postcontrainte.

K. 7.4.2.1.4. BETON

Les ouvrages en béton sont conformes au [K. 4](#).
La préfabrication des poutres est conforme au [K. 7.1](#).

K. 7.4.2.2. FABRICATION DES POUTRES

K. 7.4.2.2.1. POUTRES METALLIQUES

La fabrication des poutres métalliques est conforme au [K. 6](#).

K. 7.4.2.2.2. ELASTIFICATION, PREFLEXION, BETONNAGE ET MISE EN PRECONTRAINT

Avant de commencer la fabrication proprement dite des poutres, l'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant le programme explicitant les délais, la méthode et l'outillage qu'il compte utiliser.

La fabrication des poutres comprend les phases d'exécution suivantes :

- élastification :

Lors de celle-ci, les poutres métalliques sont soumises à des efforts tels que les contraintes sous charges maximales d'utilisation soient atteintes ou dépassées sur toute la longueur correspondant à la portée des poutres métalliques. Le procédé d'élastification est soumis à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant.

Il convient d'indiquer clairement les valeurs initiales et finales des efforts d'élastification lorsque les déformations de la poutre métallique peuvent modifier ceux-ci.

Les documents d'exécution mentionnent :

- la position et la valeur des efforts d'élastification
- la contre-flèche de la poutre avant élastification
- la flèche élastique de la poutre pendant les opérations d'élastification
- la contre-flèche de la poutre après élastification.

Si l'opération d'élastification comprend la mise en tension de fils et/ou torons ancrés à la poutre métallique, les documents d'exécution mentionnent également :

- l'effort dans les fils et/ou torons immédiatement après leur mise en tension, ainsi que la flèche élastique de la poutre résultant de cette opération
- l'effort résiduel (effort efficace) dans les fils et/ou torons sous l'action des efforts d'élastification compte tenu que les efforts dans les fils et/ou torons sont modifiés par la déformation de la poutre métallique.

- fixation éventuelle sur la poutre métallique (généralement sous la semelle inférieure de la poutre métallique) de fils et/ou de torons et mise en tension de ceux-ci
- préflexion des poutres métalliques

Les documents d'exécution mentionnent :

- l'ordre dans lequel sont réalisées les opérations de mise en tension des fils et/ou torons ancrés sur la poutre métallique et de préflexion
 - la position et les valeurs des efforts de préflexion à obtenir lorsque la poutre est dans sa position définitive de préflexion
 - les efforts dans les fils et/ou torons (efforts efficaces) lorsque la poutre est dans sa position définitive de préflexion
 - la flèche résultant de ces opérations.
- enrobage de béton de la semelle inférieure et éventuellement des autres parties de la poutre métallique

Lorsque ces actions, c'est-à-dire les efforts de préflexion et la précontrainte éventuelle par fils et/ou torons fixés à la poutre métallique, agissent sur la poutre métallique, cette dernière est enrobée en usine partiellement (soit seulement la semelle inférieure, soit jusqu'à la semelle supérieure) de béton. Dans ce béton sont incorporées les armatures passives et actives prévues par la note de calculs, ainsi que les gaines d'attente éventuelles des câbles de précontrainte (voir le document FeBe précité - points 6.2.1 et 6.2.2. - pour les indications à mentionner sur les documents d'exécution au sujet des fils et/ou torons adhérents et des câbles de post-contrainte).

- enlèvement des efforts de préflexion et mise en précontrainte éventuelle de la poutre

La poutre métallique reste sous l'action de ces charges, c'est-à-dire les efforts de préflexion et la précontrainte éventuelle par des fils et/ou des torons agissant directement sur elle, jusqu'au moment où la résistance effective du béton d'enrobage mesurée sur les cubes de chantier atteint une valeur f_c qui correspond d'une part aux indications de la note de calculs et d'autre part, n'est pas inférieure à 45 MPa pour du béton de gravier ou de concassés. Cette résistance étant atteinte, les efforts de préflexion sont enlevés de telle sorte que le béton soit comprimé sous l'effet de l'élasticité de la poutre.

Ensuite, après mise en place d'une anti-précontrainte éventuelle, s'effectue en usine la précontrainte éventuelle au moyen des fils et/ou des torons qui, après durcissement suffisant du béton coulé en usine, sont ancrés par adhérence.

Les documents d'exécution mentionnent :

- la résistance effective f_c mesurée sur cubes de chantier du béton d'enrobage, imposée pour cette opération
 - la résistance caractéristique f_{ck} prise en compte dans les calculs (cubes de contrôle à 28 jours)
 - la contre-flèche instantanée résultant du relâchement des efforts de préflexion et de l'application de la précontrainte.
- placement éventuel en usine d'une précontrainte provisoire

Le cas échéant, une précontrainte provisoire (désignée ci-avant "anti-précontrainte") est placée en usine à la hauteur de la semelle supérieure de la poutre métallique. Cette précontrainte provisoire est enlevée sur chantier après le placement p.ex. des prédalles utilisées pour le bétonnage du platelage du pont.

Cette anti-précontrainte est appliquée pour permettre la réalisation en usine d'une plus grande précontrainte de la partie inférieure de la poutre, de telle sorte qu'aucune post-tension ne soit plus nécessaire sur chantier. L'application de cette anti-précontrainte facilite, voire permet également le transport des poutres. Lorsqu'elle est uniquement prévue dans ce but, l'anti-précontrainte peut être mise en place dans une phase ultérieure. La quantité d'acier de précontrainte nécessaire pour réaliser l'anti-précontrainte et toutes les opérations connexes sont considérées comme un moyen d'exécution et constituent une charge de l'entreprise. Par conséquent, elles ne sont pas portées en compte.

L'anti-précontrainte ne peut être appliquée avant que la résistance effective f_c mesurée sur cubes de chantier du béton d'enrobage n'atteigne d'une part la valeur fixée par les calculs et d'autre part au minimum la valeur de 45 MPa indiquée ci-dessus.

Les documents d'exécution mentionnent :

- la valeur imposée de la résistance effective f_c , mesurée sur cubes de chantier du béton d'enrobage, au moment de l'application de l'anti-précontrainte
 - le moment de l'application de l'anti-précontrainte (soit avant l'application de la précontrainte, soit sur stock avant transport)
 - les efforts dans les fils et/ou torons après clavetage
 - la flèche résultant de l'application de cette anti-précontrainte.
- réalisation d'un complément de béton d'enrobage en usine et/ou sur chantier
- réalisation d'une post-tension éventuelle

Finalement, une post-tension éventuelle au moyen de câbles de précontrainte, ainsi que l'injection de leur gaine sont opérées en usine et/ou sur chantier, soit immédiatement après la mise en place des poutres soit après l'exécution partielle ou totale du béton sur chantier et son durcissement conformément aux indications des plans ou de la note de calcul.

Les distances minimales entre points d'appui des poutres et les endroits où elles sont agrippées pendant leur manutention sont indiqués sur les plans.

K. 7.4.3. VERIFICATION

Le contrôle des poutres préfléchies enrobées est effectué en usine par le M.E.T. – D423 qui est prévenu par le fabricant préalablement (15 jours) à la mise en fabrication.

L'autorisation d'expédition n'est délivrée que lorsqu'il a été satisfait au contrôle précité.

K. 7.4.4. PAIEMENT

Les documents d'adjudication précisent le mode de paiement.

K. 7.5. HAUBANS

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 7.6. OUVRAGES EN BOIS

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 7.7. ELEMENTS DE PONT MOBILE

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 8. DISPOSITIFS D'APPUI, JOINTS DE DILATATION ET D'ETANCHEITE

K. 8.1. APPUIS EN NEOPRENE

K. 8.1.1. DESCRIPTION

Les appuis sont conformes aux prescriptions du document de référence RW99-K-15 « circulaire n°576/D1 : Marchés publics de travaux et de fournitures. Rédaction des cahiers des charges. Prescriptions relatives aux dispositifs d'appui en polychloroprène frettés à l'aide de tôle d'acier » mettant d'application la norme NBN T 32-001.

K. 8.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 8.1.2.1. CALCUL

Les dimensions externes des appuis ainsi que l'épaisseur des couches de caoutchouc et des frettes sont à calculer par l'entrepreneur et à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant en fonction des efforts transmis de la superstructure vers l'infrastructure.

K. 8.1.2.2. MATERIAUX

K. 8.1.2.2.1. ACIER

La qualité S 235 JR est exigée (selon la NBN EN 10025 + A1).

K. 8.1.2.2.2. CAOUTCHOUC

L'utilisation de caoutchouc naturel est autorisée pour autant qu'il soit recouvert extérieurement par une couche de polychloroprène de 3 mm d'épaisseur.

Les spécifications de la NBN T 32-001 sont d'application.

K. 8.1.3. VERIFICATIONS

Les vérifications sont effectuées selon les prescriptions du document de référence RW99-K-15 cité ci-dessus.

K. 8.1.4. PAIEMENT

Les appuis sont payés à la pièce.

K. 8.2. APPUIS SPECIAUX

Les prescriptions sont fixées par les documents d'adjudication.

K. 8.3. JOINT DE DILATATION POUR PONT

K. 8.3.1. DESCRIPTION

Dispositif déformable s'adaptant aux déplacements de l'ouvrage, permettant une continuité de la surface de roulement et une protection efficace des lèvres de l'ouverture vis-à-vis des chocs des véhicules ainsi qu'une étanchéité à l'eau et aux autres matières.

Il existe divers types de joints qui peuvent être regroupés en deux grandes familles :

- a. les joints composites qui comportent une structure simple ou complexe entre des éléments de rive en métal;
- b. les joints bitumineux qui sont coulés dans l'épaisseur du revêtement mis en place.

Le système de joint est préalablement soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant. A cette fin, l'entrepreneur fournit un dossier complet comprenant notamment une description détaillée du joint proposé avec toutes ses caractéristiques techniques, une copie de l'agrément éventuel ainsi que des résultats d'essais réalisés dans un laboratoire agréé.

L'applicateur dispose d'une licence délivrée par le fabricant du joint.

K. 8.3.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 8.3.2.1. CHOIX DU JOINT

Le joint de dilatation est un "joint contrôlé" dans le sens explicité dans le document de référence RW99-K-7 "Catalogue évolutif des joints contrôlés".

Pour un pont routier, le joint est au moins de trafic fort et au moins moyennement étanche suivant les prescriptions dudit document de référence.

Pour une passerelle pour piétons, le joint est au moins de trafic moyen et au moins moyennement étanche.

Dans les cas spéciaux, les documents d'adjudication précisent le trafic admis sur l'ouvrage.

Dans le cas où le joint présenté n'est pas décrit dans le document de référence, il appartient à l'entrepreneur de fournir, dès la remise d'offre, tous les documents permettant de contrôler si celui-ci répond aux prescriptions.

Les profils de rive sont en métal (acier ou aluminium).

Le joint de dilatation est tel que la surface reste plane sous les charges de service et les déformations du tablier.

L'entrepreneur précise dans l'offre le type de joint proposé avec description détaillée.

K. 8.3.2.2. GEOMETRIE DU JOINT

L'hiatus entre les deux lèvres du joint est inférieur à 80 mm.

Le joint suit le profil en travers de la route, notamment à la liaison chaussée-trottoir tout en assurant l'étanchéité à cet endroit.

Le point bas du joint se situe au droit du filet d'eau. Le joint est exécuté de façon à ce que l'eau puisse s'écouler normalement à cet endroit.

En bord de pont, pour éviter les écoulements d'eau, est prévu un élément d'extrémité (remontée par exemple) de manière à assurer l'étanchéité à cet endroit. Le dispositif peut nécessiter une adaptation des pierres de taille.

K. 8.2.2.3. PLACEMENT DU JOINT

K. 8.3.2.3.1. TEMPERATURE DE PLACEMENT

L'ouverture du joint est réglée en fonction de la température du pont lors du placement.

K. 8.3.2.3.1.1. Ponts en béton

L'évaluation de la température peut être obtenue par l'une des deux méthodes suivantes. La température est arrondie au degré supérieur.

– 1ère méthode

La température est mesurée au moyen d'un thermomètre placé à une distance entre 0,50 m et 2 m sous le tablier.

Soit "2" la date de placement du joint.

Soit $t_{2\min}$ la température minimum au cours de la journée du placement.

Soit $t_{1\max}$ la température maximum au cours de la journée précédant le placement.

Soit $t_{1\min}$ la température minimum au cours de la journée précédant le placement.

Soit $t_{0\max}$ la température maximum 2 jours avant le placement.

$$\text{Soit } t_{48} = \frac{t_{2\min} + t_{1\max} + t_{1\min} + t_{0\max}}{4}$$

La température minimum effective du pont, le jour du placement, est évaluée par la formule suivante :

$$t_{\min}^{eff. \text{ pont}} = 1,14 \times t_{48} - 1,1$$

On admet que cette température intervient à 8 heures (G.M.T.), soit (9 heures, heure d'hiver et 10 heures, heure d'été).

La variation de la température effective du pont au cours de la journée peut être estimée à 7°C (= Δt)

La température à la pose (t_w) est évaluée à :

$$t_w = t_{\min}^{eff. \text{ pont}} + \frac{\Delta t}{2}$$

– 2ème méthode

Au lieu d'effectuer des mesures de température, on utilise les données du centre météorologique le plus proche et l'on calcule, suivant la méthode décrite ci-avant, la température effective minimum du pont.

L'ouverture du joint, lors du placement, est déterminée suivant la figure 1; dans laquelle D1 et D2 sont les réserves d'ouverture respectivement pour des basses (joint ouvert), et hautes températures (joint fermé). Cette figure est également valable pour les ponts biais pour lesquels D est la composante de la capacité de dilatation, perpendiculaire à l'axe du joint.

La déformation selon l'axe du joint est déterminée suivant la figure 2.

Les réserves D1 et D2 sont majorées, le cas échéant, des autres facteurs influençant la déformation du pont (retrait, fluage, etc...).

En ce qui concerne les ponts biais, il appartient à l'entrepreneur de démontrer le bon fonctionnement du joint sous les mouvements de l'ouvrage.

Une réserve de capacité de dilatation n'est toutefois pas suffisante pour assurer un bon fonctionnement, si l'on néglige de régler l'ouverture à la pose compte tenu de la température du pont.

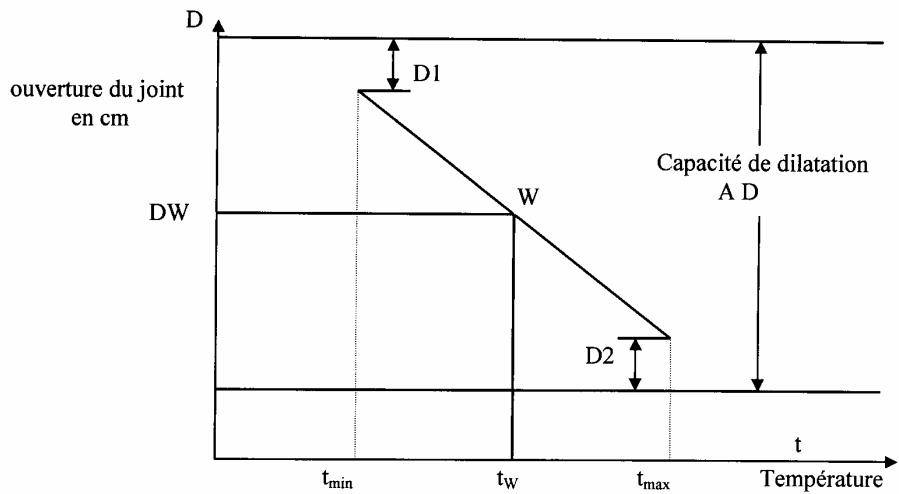


Figure 1

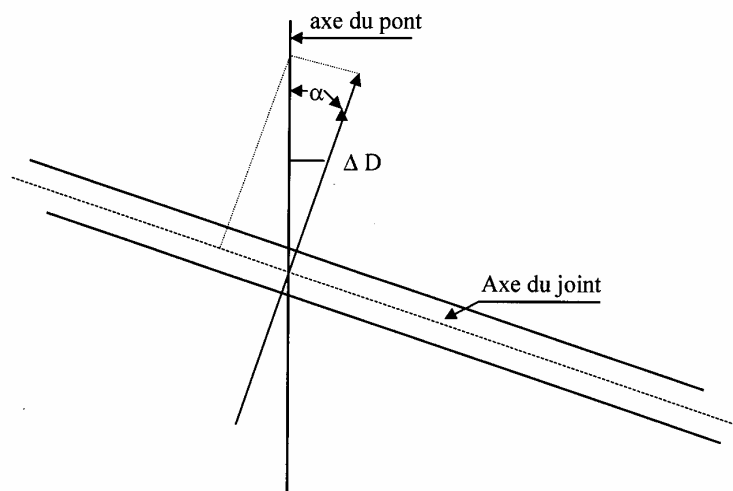


Figure 2

K. 8.3.2.3.1.2. Ponts composites

La température effective minimum du pont, le jour du placement, est évaluée par la formule suivante :

$$t_{\min}^{eff. \text{ pont}} = 1,14 \times t_{24} - 2,6$$

$$\text{avec } t_{24} = \frac{t_{2\min} + t_{1\max}}{2} \quad (\text{mesures ou observations de l'I.R.M.})$$

$$\Delta t \approx 14^{\circ}\text{C}$$

K. 8.3.2.3.1.3. Ponts métalliques

Un raisonnement analogue est valable pour les ponts métalliques.

$$t_{\min}^{eff. \text{ pont}} = 1,10 \times t_{2\min} - 1,3$$

Dans ce cas particulier, une étude préalable de la liaison entre la température ambiante et la déformation longitudinale de l'ouvrage est indiquée pour fixer la valeur de Δt .

K. 8.3.2.3.2. REGLAGE DE LA HAUTEUR

Le réglage de la hauteur du joint est tel qu'il n'y a pas de dénivellation entre le bord du joint et le revêtement. Il est recommandé, si possible, de placer le joint légèrement plus bas (max < 3 mm) que le profil de la route limitrophe de manière à tenir compte d'une certaine usure ou déformation du revêtement aux abords.

Lorsque le joint se compose de plusieurs petits tronçons (± 3 m), la tolérance maximale admise entre les différents tronçons limitrophes répond aux prescriptions du constructeur sans être supérieure à 3 mm.

K. 8.3.2.3.3. DISPOSITIFS D'ANCRAGES

Le placement des dispositifs d'ancrage tient compte des obstacles éventuels dans le tablier du pont et dans la culée (ancrages des câbles de précontrainte, membrure supérieure de poutres préfléchies, armatures...) qui sont indiqués aux documents d'adjudication.

Pour les joints (dont les ancrages sont solidaires du corps de joint), ces ancrages chevauchent les armatures existantes ou supplémentaires et y sont fixés, avant le bétonnage. L'exécution a lieu suivant les plans d'exécution et les directives du fonctionnaire dirigeant.

Avant le bétonnage des zones d'ancrage, les joints de reprise entre le béton existant et le nouveau béton sont traités conformément au [K. 4](#).

Pour les joints dont l'ancrage est constitué de boulons précontraints noyés dans le béton, les gaines d'ancrage sont fixées avant le bétonnage aux armatures existantes ou supplémentaires.

Les tiges de fixation sont placées à une distance suffisante du bord du béton pour éviter toute dégradation lors de l'exécution et du fonctionnement du joint. Des armatures dimensionnées en conséquence sont prévues à cet endroit.

La classe de résistance du béton est C 35/45.

Le béton a une valeur moyenne minimale pour la résistance à la compression sur cylindre de $f_{cm} = 35$ MPa avant la mise en service du joint.

Aucun effort parasite ne peut être induit dans la structure lors du placement et du bétonnage du nouveau joint.

Les dispositifs provisoires éventuels utilisés pour régler le joint sont à défaire dès que possible en fonction de la prise du béton.

K. 8.3.2.4. AMENAGEMENT DES BORDS DU JOINT DE DILATATION

L'aménagement des abords est conforme au [K. 9](#).

Une attention particulière est apportée à l'évacuation des eaux d'infiltration dans le revêtement aux abords du joint. La pose de barbacanes avant le joint peut être requise.

Toutes les dispositions pour assurer une bonne étanchéité sont indiquées au plan dont question au [K. 8.3.2.6](#).

K. 8.3.2.5. POSE DU JOINT

La pose du joint se fait par un installateur agréé par le constructeur.

La pose et l'exécution du bétonnage et de l'étanchéité des abords du joint ne sont faites qu'après contrôle et accord du fonctionnaire dirigeant.

K. 8.3.2.6. ETUDE

L'étude d'exécution, à charge de l'entrepreneur, comprend notamment l'établissement des documents suivants :

- un plan d'exécution englobant le joint, ses ancrages et dispositifs particuliers, la qualité des matériaux ainsi que le détail de la structure du pont à proximité (coffrage, armatures, câbles et ancrages de précontrainte, profilés métalliques, etc...). Ce plan comprend également le diagramme de pose
- un programme des travaux de placement du joint
- une note de calcul justifiant le dimensionnement du joint et de ses ancrages si celui-ci n'est pas décrit dans le catalogue de joints contrôlés, le réglage de l'ouverture en fonction de la température de l'ouvrage lors du placement ainsi que du retrait et du fluage déjà effectués, l'effort de précontrainte éventuel à appliquer aux tiges d'ancrage.

K. 8.3.3. CLAUSES TECHNIQUES POUR JOINTS BITUMINEUX

K. 8.3.3.1. COMPOSITION DU JOINT

Le joint est composé :

- a) d'un bitume à liant modifié par adjonction de caoutchouc et de polymère. Il présente les caractéristiques suivantes :
- température d'inflammation..... 250°C
 - poids spécifique..... $1 \leq x \leq 1,2 \text{ cm}^3$
 - température d'application 160 à 195 °C
 - température de fusion 65 à 115 °C
 - température maximale pendant 6 heures 195°C
 - températures extérieures admissibles -20°C à +50°C
 - fluage à 60°C – 5 heures – 75° suivant BS 24 99..... 0,5 mm
 - pénétration selon BS 2499 25°C – IP 50 Cône 40 à 90
 - reprise de forme à -25°C 5 cycles
 - facteur d'accommodation visco-élastique
 - dilatation 25 %
 - allongement à basse température suivant BS 5212 – 5°C et 3,2 mm/h. 120%

- b) d'un granulats de concassé de calibre 16/20 de roches métamorphiques cristallisées résistant au traitement thermopneumatique à 1600°C, séchées et conditionnées dans un sac.
Pour des épaisseurs de joint comprises entre 5 et 7,5 cm, le calibre 10/14 est autorisé.
La couche de finition est faite d'un mélange de liant et de granulats conformes au C. 4.4.5.
- c) d'un fond de joint : lacet (corde de lin) ou ruban en mousse synthétique.
- d) d'un couvre-joint en alliage d'aluminium en acier galvanisé ou autre matériau à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Le joint garde sa stabilité visco-élastique aux températures comprises entre – 30°C et + 70°C.
Le joint est parfaitement étanche et la capacité de dilatation est de 30 mm (+ et – 15 mm).
Ce joint ne peut être utilisé dans le cas où cette variation de longueur est rapide et notamment quand elle provient du passage des véhicules.

K. 8.3.3.2. EXECUTION DU JOINT

Le joint est exécuté comme suit :

1. sciage et décapage de l'asphalte jusqu'au béton sur une largeur de 500 mm
2. nettoyage du logement avec une lance thermique à haute pression afin de brûler et d'évacuer toutes les impuretés et de garantir ainsi une bonne adhérence : température minimum 1000° C
3. pose du fond de joint
4. enduisage du logement au moyen d'une couche d'adhérence en bitume chauffé à environ 170° C
5. placement du couvre-joint (tôle métallique de forme convexe)
6. pose alternée de couches de granulats séchés et chauffés à environ 150° C et de bitume modifié chauffé à environ 170° C jusqu'à l'obtention de l'épaisseur requise.
7. pose de la dernière couche composée d'un mélange de bitume modifié et de granulats préalablement chauffé à environ 170° C
8. compactage de l'ensemble à l'aide d'une tôle de vibration
9. scellement au moyen du bitume modifié afin d'éviter toute porosité.

Une attention toute particulière est portée aux points suivants:

- composition et température du bitume modifié
- uniformité et température des granulats
- nettoyage du logement
- niveau des raccordements à la chaussée existante.

La pose et l'exécution du bétonnage et de l'étanchéité des abords du joint ne sont faites qu'après contrôle et accord du fonctionnaire dirigeant.

K. 8.3.3.3. ETUDE

L'étude d'exécution, à charge de l'entrepreneur, comprend notamment l'établissement des documents suivants :

- un plan d'exécution englobant le joint, ses ancrages et dispositifs particuliers, la qualité des matériaux ainsi que le détail de la structure du pont à proximité (coffrage, armatures, câbles et ancrages de précontrainte, profilés métalliques, etc.)
- un programme des travaux de placement du joint
- un manuel de pose :
 - est fourni au fonctionnaire dirigeant
 - les adaptations éventuelles faites pour les travaux concernés sont soumises au fonctionnaire dirigeant 1 mois au plus tard avant la pose du joint
 - l'équipe de pose possède le manuel de pose dans sa version totale
 - l'équipe de pose est agréée par le fabricant ou l'applicateur dépositaire de la licence pour le joint en question
 - un exemplaire du manuel de pose est disponible en permanence sur le chantier.

K. 8.3.4. VERIFICATIONS

En ce qui concerne le joint proprement dit, les contrôles sont décrits dans le document de référence RW99-K-7 "Catalogue évolutif des joints contrôlés".

Pour les autres matériaux (béton, chape, revêtement ...), les contrôles sont décrits dans les chapitres correspondants.

K. 8.3.5. PAIEMENT

Le joint est mesuré et payé au m.

Les ancrages du joint proprement dits (par exemple ancrages soudés ou boulonnés) sont inclus dans le prix.

De même, tous les dispositifs accessoires tels que remontée d'extrémité, pièce spéciale de bord de trottoir, joint d'étanchéité entre joint et revêtement sont inclus dans le prix.

Les autres matériaux (béton, chape, revêtement...) sont mesurés et payés suivant les postes correspondants.

K. 8.4. JOINTS D'ETANCHEITE

Les joints d'étanchéité (joint longitudinal entre deux tabliers, joint entre éléments de pont-cadre, ...) résistent au cisaillement, sont étanches et compatibles avec la chape d'étanchéité.

Les prescriptions complémentaires sont fixés par les documents d'adjudication.

K. 9. PROTECTION DES OUVRAGES

K. 9.1. ETANCHEITE

K. 9.1.1. DESCRIPTION

La protection des tabliers de ponts et toitures-parkings en béton est assurée par un système de chapes d'étanchéité et de protection. Ce système peut également être utilisé pour la protection d'autres éléments des ouvrages de génie civil.

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, la chape d'étanchéité assure une protection globale de l'ouvrage (en principe, un tablier de pont); dans ce but, elle est continue jusqu'aux rives de l'ouvrage et être raccordée à tous les équipements (joints, avaloirs, barbacanes, etc.), ou dispositifs de fixation de ces équipements, conformément aux indications figurant dans l'agrément technique de la chape proposée. A cet effet :

- soit ces dispositifs sont placés avant l'application de la chape et celle-ci s'y raccorde par recouvrement et adhérence (tiges filetées, tubes en acier de réservation pour coulis de scellement, etc.
- soit des dispositifs de fixation particuliers sont prévus pour permettre une étanchéité par des moyens complémentaires (douilles d'ancrage avec collerette, rondelles en néoprène, etc.).

Un soin particulier est apporté à la finition de l'étanchéité autour de tous les éléments de la structure (suspentes de pont bowstring, ...) et de tous les dispositifs de fixation des équipements d'ancrages de garde-corps, ...).

Le choix du système d'étanchéité est opéré sur base de la classification des systèmes et procédés établie dans le cadre de l'agrément qui intègre les caractéristiques du support, la protection envisagée, les modalités d'exécution et les circonstances atmosphériques.

L'étanchéité est d'un des trois types suivants :

- asphalte coulé
- feuille armée à base de bitume-polymère
- résine liquide.

Les documents d'adjudication précisent le type de chape d'étanchéité et de chape de protection (contre-chape) à utiliser.

Les chapes d'étanchéité en feuilles et résines sont compatibles avec le type de ragréage éventuellement utilisé.

Les chapes de protection sont compatibles avec le type d'étanchéité utilisé.

K. 9.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

K. 9.1.2.1. PRESCRIPTIONS GENERALES

La chape est étudiée dans chacune de ses parties et fait l'objet d'un document soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant précisant, à l'échelle, tous les détails d'exécution tant en section courante et sous les trottoirs et garde-corps, qu'au droit des joints de l'ouvrage, des avaloirs, des busettes et des gargouilles de drainage.

Un plan est établi et soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Les prescriptions suivantes sont d'application :

- les accumulations d'eau au-dessus de l'étanchéité sont évitées (notamment devant les joints) en prévoyant le cas échéant la pose de gargouilles de drainage de la face supérieure de l'étanchéité
- le rejet des eaux vers les rives de l'ouvrage est interdit sauf si des dispositions particulières sont prises pour éviter le ruissellement des eaux de percolation sur les faces verticales de celui-ci, tant vues que cachées (blocs d'abouts, etc.)
- des avaloirs à double entrée sont prévus pour récolter les eaux au niveau de la chape
- les parties verticales d'étanchéité restant visibles après pose des revêtements sont protégées.

Dans le cas d'une chape de protection (contre-chape) en asphalte coulé le document précité est complété par le croquis mentionné au [K. 9.1.2.4.1.3.](#)

L'étude se conforme aux recommandations formulées dans le code de bonne pratique CRR-R 60/87, et dans tout autre document approuvé au préalable par le fonctionnaire dirigeant.

Au moins 30 jours avant le début des travaux, l'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant l'étude de la chape.

Au moins 15 jours avant la pose de chacun des types de chape, l'entrepreneur remet au fonctionnaire dirigeant les documents et/ou renseignements suivants :

- pour les asphaltes coulés et les enrobés type BB-3C :
 - la nature et les caractéristiques des composants définies au [C. 60](#) pour les asphaltes coulés et au [G. 2](#) pour les enrobés type IIIC ou un certificat de contrôle délivré par un organisme indépendant garantissant le contrôle de ces produits
 - les certificats d'origine de ces composants
 - la composition du mélange
 - la consigne d'affichage à la centrale d'enrobage et notamment le dosage en liant incorporé au mélange, exprimé en rapport à la masse du granulat sec
- pour les feuilles et les résines :
 - la nature et les caractéristiques des matériaux définies au [C. 46.4.](#)

K. 9.1.2.2. CARACTERISTIQUES DU SUPPORT

Le support de l'étanchéité présente en tout point les caractéristiques suivantes, basées sur le "Code de bonne pratique pour la conception et la construction des revêtements de ponts à tablier en béton" - Recommandations C.R.R. - R 60/87 :

- profondeur de stagnation d'eau : < 10 mm
- planéité (par rapport à une base de 100 mm) :
 - feuilles : < 3 mm
 - asphalte coulé et résines : sans objet
- texture :
 - creux et escaliers : < 3 mm
 - aspérités : < 2 mm
- résistance superficielle du béton (NBN B 14-210) pour pose de :
 - résines : > 1,5 MPa
 - feuilles : > 1 MPa
 - asphalte coulé : sans objet
- angles rentrants ou saillants : chanfreinés à 45° (côté du chanfrein > 5 cm) ou arrondis.

Au cas où le support ne répond pas à ces caractéristiques, les prescriptions du [N. 1.3](#) sont d'application..

Le type de ragréage est compatible avec le type d'étanchéité utilisé.

En ce qui concerne les éventuelles fissures du support, leur ouverture maximale admissible est précisée dans l'agrément technique de la chape d'étanchéité.

Le support, qu'il soit tablier ou trottoir, est qualifié de sensiblement horizontal si sa pente résultante est $\leq 6\%$; un raccord vertical est dit de faible hauteur s'il n'excède pas 3 cm.

Dans le cas d'une chape en asphalte coulé, des busettes de 20 à 30 mm de diamètre traversent verticalement toute l'épaisseur de la dalle-support; ces busettes sont implantées aux points bas des profils en long et en travers dans les zones de non-adhérence de l'asphalte coulé; leur entredistance maximale est de 8 m.

Des gargouilles de drainage de la face supérieure de l'étanchéité - ou de la protection dans le cas de l'asphalte coulé - sont disposées aux points bas, en vue d'évacuer les eaux de cheminement. Les busettes ou gargouilles dépassent la face inférieure du tablier d'au moins 20 mm pour éviter le cheminement éventuel de l'eau à la face inférieure.

K. 9.1.2.3. CHAPE D'ETANCHEITE

Au moment de la pose de l'étanchéité, l'âge du support et/ou de ses ragréages éventuels est au moins égal au minimum prévu à l'agrément technique sans être inférieur à :

- pour un support en béton : 14 jours de durcissement à 20° C ou 21 jours à 5° C
- pour un support ragréé : aux prescriptions du [N. 1.3](#).

A défaut d'indications précises dans l'agrément, le béton a au moins 28 jours de durcissement.

Ce support est propre. Il est exempt de toute trace de boue, poussières ou autres matières étrangères.

La surface est nettoyée de tout matériau non adhérent après avoir si nécessaire éliminé les aspérités ou irrégularités (au marteau, burin, meule, etc.) par brossage et/ou à l'eau sous pression et/ou soufflage et/ou sablage.

Les surfaces verticales éventuelles sont protégées immédiatement après décoffrage par le produit de cure.

Toutes les surfaces en acier éventuellement apparentes reçoivent leur propre traitement anticorrosion, lequel est compatible avec la couche d'accrochage et la couche d'étanchéité. Les éléments corrodés sont traités préalablement par un sablage au degré SA 2.5 pour les éléments pouvant être démontés ou par un décapage au degré ST 2 pour les éléments devant rester en place.

Les travaux d'étanchéité ne peuvent être entamés que si le béton est sec à l'aspect et au toucher. Les travaux sont interrompus pendant les chutes de pluie, sauf si des précautions spéciales sont prises et ce, moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant.

Les conditions hygrothermiques minimales de pose, ainsi que le taux d'humidité maximum du support sont précisés dans l'agrément technique de la chape d'étanchéité.

K. 9.1.2.3.1. CHAPE D'ETANCHEITE EN ASPHALTE COULE

Ce matériau ne peut être utilisé que dans le cas d'un support sensiblement horizontal, ainsi que pour les raccords verticaux de faible hauteur. Cette chape d'étanchéité est posée en "non-adhérence".

La mise en oeuvre comprend :

- la pose d'un vernis d'adhérence
- la pose d'un voile de verre
- la pose de l'asphalte coulé proprement dit.

K. 9.1.2.3.1.1. Vernis d'adhérence

- caractéristiques :
le vernis d'adhérence est celui prévu dans l'agrément technique de la feuille utilisée pour les remontées et autres points singuliers ou à défaut, répond aux prescriptions du [C. 20](#).
- mise en œuvre :
le vernis s'applique sur le tablier en bandes de 20 cm de largeur disposées le long des reliefs et des bords du tablier ainsi que du pourtour des lés du voile de verre dont question ci-après et en quantité suffisante pour obtenir après séchage un aspect brillant uniforme.

K. 9.1.2.3.1.2. Voile de verre

- caractéristiques :
les prescriptions du [C. 46.2](#) sont d'application.
- mise en œuvre :
 - recouvrement (longitudinal et transversal) : 25 cm
 - le voile de verre est arrêté à 20 cm des reliefs et des bords du tablier. (La bande de support laissée à découvert est revêtue de vernis d'adhérence)
 - le voile de verre ne peut avoir subi ni dégâts, ni déformations lors des opérations de manutention et de pose
 - le voile de verre est impérativement sec au moment de la pose de l'asphalte coulé.

K. 9.1.2.3.1.3. Asphalte coulé

- composition :
les prescriptions du [C. 60.1](#) sont d'application.
Lorsque la courbe granulométrique des constituants d'un échantillon ne s'inscrit pas intégralement dans les limites prescrites ci-dessus, on considère que celles-ci sont satisfaites pour autant que le passant par le tamis de 0,080 mm ne soit pas inférieur à 35 % pour l'échantillon considéré, ni inférieur à 45 % pour la moyenne des résultats.

- mise en œuvre :
l'asphalte coulé est transporté dans des malaxeurs fonctionnant mécaniquement et permettant le réglage du chauffage, de manière à obtenir un mélange homogène sans surchauffe.
L'asphalte coulé est mis en œuvre en deux couches d'épaisseurs sensiblement égales (l'épaisseur totale étant de 15 mm), par bandes de 1,50 m de largeur. La seconde couche est posée immédiatement après la première, les joints étant décalés de 50 cm par rapport à ceux de la première couche. La température lors de la pose est au maximum de 230° C. Les joints de la couche supérieure sont colmatés par réchauffement sur une largeur de 10 cm et lissés à la truelle.
La chape d'étanchéité en asphalte coulé est relevée sur les chanfreins, à pente maximum de 45°, dont la hauteur ne dépasse pas 3 cm. Lorsque les relevés dépassent cette hauteur, leur étanchéité est assurée par une membrane d'étanchéité préfabriquée conforme au [K. 9.1.2.3.2](#).

K. 9.1.2.3.2. CHAPES D'ETANCHEITE EN FEUILLES

- matériau :
les prescriptions du [C. 46.4](#) sont d'application.
- mise en œuvre :
la mise en œuvre est conforme en tout point à ce qui est décrit dans l'agrément technique du produit utilisé.
Dans le cas des supports sensiblement horizontaux étanchés par de l'asphalte coulé, seules les feuilles sont utilisées pour l'étanchéisation des parties verticales ou fortement inclinées.
Au cas où une feuille est utilisée en complément d'une étanchéité en asphalte coulé, la jonction entre les deux est réalisée de telle manière que la feuille recouvre la chape en asphalte coulé sur une largeur de 20 cm.
La feuille d'étanchéité est placée en adhérence totale, sans tension. La pose est effectuée au chalumeau de manière à chauffer le béton et obtenir un bain de bitume devant le rouleau. La pose est suivie d'un marouflage immédiat au rouleau souple et pesant de manière à obtenir cette adhérence totale.
La pose et la réalisation des jonctions de lés sont effectuées comme décrit dans l'agrément de la chape d'étanchéité utilisée.
Un soin particulier est apporté aux parties verticales éventuelles afin d'obtenir une adhérence totale de la membrane.

La pose mécanique est autorisée pour autant qu'elle réponde aux mêmes conditions et que la machine utilisée ait été préalablement soumise à l'approbation du M.E.T.-D423. Cette agrégation est fondée sur l'exécution d'une plage d'essai de manière à démontrer non seulement le respect des critères d'adhérence mais également l'existence d'un collage efficace sur la totalité de chaque pastille d'essai.

K. 9.1.2.3.3. CHAPES D'ETANCHEITE EN RESINE

- matériau :
les prescriptions du [C. 46.4](#) sont d'application.
- mise en œuvre :
la mise en œuvre est conforme en tout point à ce qui est décrit dans l'agrément technique du produit utilisé.
La chape d'étanchéité est appliquée en au moins 2 couches, soit par pulvérisation, soit au rouleau ou à la brosse sur les surfaces préparées par le primaire d'adhérence et dans les conditions et délais prévus par le fabricant.

La surface de la chape d'étanchéité est traitée comme prévu dans l'agrément technique de manière à assurer l'accrochage de la chape de protection (couche d'accrochage spéciale ou rugosité).

K. 9.1.2.4. CHAPE DE PROTECTION (CONTRE-CHAPE)

En tout point, l'étanchéité est protégée par un des matériaux décrits ci-après.

La chape de protection est posée dans les 10 jours ouvrables qui suivent l'achèvement ou l'exécution d'un lot de chape d'étanchéité mais après notification des résultats favorables des contrôles concernant celle-ci.

L'utilisation d'engins de chantier susceptibles de blesser l'étanchéité est interdite.

K. 9.1.2.4.1. ASPHALTE COULE

Ce matériau ne peut être utilisé que dans le cas d'un support sensiblement horizontal.

L'asphalte coulé répond aux prescriptions reprises ci-après.

K. 9.1.2.4.1.1. Composition

Les prescriptions du [C. 60.3](#) sont d'application.

K. 9.1.2.4.1.2. Mise en œuvre

L'asphalte coulé est transporté dans des malaxeurs fonctionnant mécaniquement et permettant le réglage du chauffage, de manière à obtenir un mélange homogène sans surchauffe.

La chape de protection est réalisée en une couche de 30 mm d'épaisseur moyenne avec un minimum de 25 mm. La température à la pose est au maximum de 240° C.

K. 9.1.2.4.1.3. Joints de reprise

– implantation :

préalablement à l'exécution de la chape de protection, l'entrepreneur fournit un plan d'implantation des joints de reprise longitudinaux prévus dans la chape de protection et dans toutes les couches supérieures du revêtement. Tous les joints de reprise sont inclus dans une zone de 300 mm de largeur conformément au schéma ci-après.

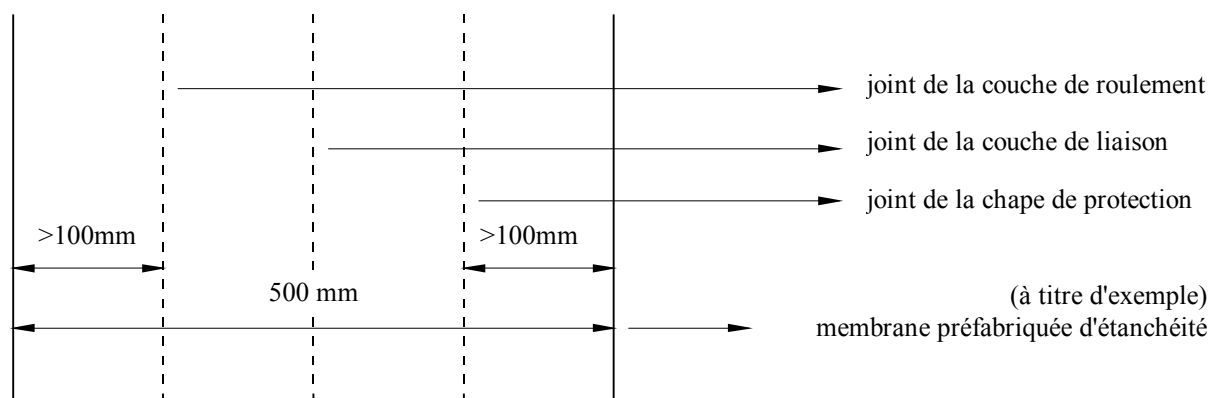
Les joints d'exécution simultanée des couches supérieures du revêtement tels que décrits au [G. 2.2.5.7.1](#) ne sont pas soumis à cette obligation.

– exécution :

la tranche et la face supérieure de l'asphalte coulé sont réchauffées de manière à assurer une fusion entre l'ancien et le nouvel asphalte coulé. Après réalisation du joint, la surface est réchauffée et talochée.

– disposition spéciale au droit des joints de reprise :

en cas de pose sur une chape elle-même en asphalte coulé telle que décrite au [K. 9.1.2.3.1](#), aux endroits où des joints de reprise longitudinaux sont exécutés ou prévus, une membrane d'étanchéité préfabriquée de 500 mm de largeur conforme au [K. 9.1.2.3.2](#) est soudée sur la chape de protection. Sa localisation est telle que tout joint longitudinal dans la couche de roulement, dans la couche de liaison ou dans la chape de protection soit situé dans la zone centrale de 300 mm conformément au schéma ci-après relatif au cas simultané des trois joints.



Les joints transversaux de la chape de protection sont traités de manière similaire.

K. 9.1.2.4.2. ENROBE TYPE BB-3C

Ce matériau ne peut être utilisé que dans le cas d'un support présentant une pente résultante inférieure ou égale à 15 % .

Sa composition et sa mise en œuvre sont en tout point conformes aux prescriptions du G. 2 le concernant.

K. 9.1.2.4.3. FEUILLES

Au cas où l'étanchéité des parois verticales et fortement inclinées est réalisée au moyen d'une membrane préfabriquée, sa protection est assurée par la pose d'une deuxième membrane préfabriquée d'étanchéité conforme aux prescriptions du K. 9.1.2.3.2.

La jonction entre la chape de protection en asphalte coulé ou en enrobé type BB-3C et la membrane, est réalisée conformément au code de bonne pratique CRR-R 60/87.

K. 9.1.2.4.4. AUTRES PRODUITS

En cas d'utilisation de feuilles ou de résines pour la chape d'étanchéité, il peut être fait usage d'un matériau à préciser aux documents d'adjudication pour autant qu'il fasse partie du complexe "étanchéité-protection" et qu'il soit certifié aTg ou équivalent.

K. 9.1.2.4.5. PROTECTIONS COMPLEMENTAIRES PROVISOIRE ET DEFINITIVE

Une protection provisoire est placée sur les parties verticales restant visibles pendant la pose, pour éviter toute dégradation lors du cylindrage des couches de roulement, de liaison ou de protection.

Les parties verticales recouvertes d'étanchéité et restant visibles après pose des revêtements, font l'objet d'une protection complémentaire (coiffes ou profilés conformes au § 8c du code de bonne pratique CRR-R 60/87).

K. 9.1.3. VERIFICATIONS

K. 9.1.3.1. VERIFICATIONS DU SUPPORT

Préalablement à la pose de l'étanchéité, les essais suivants sont réalisés sur le support.

- résistance superficielle en traction :
il est procédé à un essai de traction sur pastille de Ø 50 mm par 100 m², avec un minimum de 6 essais.
- planéité et texture :
examen visuel avec mesures éventuelles.

K. 9.1.3.2. VERIFICATIONS DES MATERIAUX

K. 9.1.3.2.1. ASPHALTE COULE ET ENROBE TYPE BB-3C

L'entrepreneur fournit pour chacun des camions, un bordereau de livraison daté et signé par le fournisseur, indiquant la quantité livrée et le type du produit fourni et, le cas échéant, le certificat délivré par un organisme indépendant.

Ces bordereaux sont vérifiés et conservés par le fonctionnaire dirigeant. Celui-ci peut cependant réaliser, à ses frais, tout essai de vérification qu'il juge utile.

Les matériaux ne bénéficiant pas d'une certification sont soumis aux essais de réception précisés ci-après :

- asphalte coulé :
pour la chape d'étanchéité et la chape de protection, il est prévu pour chaque produit un minimum de 6 échantillons de 1,5 kg chacun par lot de 50 tonnes, prélevés deux à deux, un pour l'essai et l'autre pour le contre-essai éventuel.
Les prélèvements sont réalisés à la sortie du malaxeur et répartis sur l'ensemble du lot.
- enrobé type BB-3C :
l'échantillonnage est réalisé conformément au [G. 2.4](#).

K. 9.1.3.2.2. FEUILLES PREFABRIQUEES OU RESINES

Les agréments de l'UBAto-Bâtiment ne peuvent être pris en considération, étant donné qu'ils sont octroyés sur base de spécifications techniques non adaptées aux ouvrages d'art.

Pour le contrôle après mise en œuvre, le fonctionnaire dirigeant définit le découpage en lots en fonction de l'importance de la surface concernée et/ou du programme de pose. Chaque lot est contrôlé comme décrit ci-après.

K. 9.1.3.2.2.1. Feuilles

L'ensemble de la surface traitée est examiné avec soin de façon à repérer les aires dégradées (poinçonnement, arrachages, perforations) consécutives aux manœuvres et stationnement de véhicules de chantier, et les défauts de collage éventuels (cloques).

L'adhérence de la feuille au support est vérifiée et une attention particulière est accordée aux jonctions des lés. Il est prévu de mesurer l'adhérence (avant la pose de la protection) par essais d'adhérence à l'arrachement sur 6 zones (y compris au droit des jonctions). Afin de permettre la réalisation de ces essais, la chape d'étanchéité est laissée à la disposition du fonctionnaire dirigeant trois jours ouvrables avant d'être recouverte par la chape de protection, et ce à chaque lot de chape d'étanchéité.

La valeur moyenne mesurée et toutes les valeurs individuelles sont supérieures aux valeurs suivantes :

T° mesurée à la surface de la feuille au moment de la réalisation de l'essai de traction	5	10	15	20	25	30
Valeur moyenne (MPa)	1.15	0.85	0.60	0.40	0.25	0.15
Valeur individuelle (MPa)	0.86	0.64	0.45	0.30	0.19	0.11

Un autre tableau donnant l'évolution de l'adhérence en fonction de la température peut être pris en compte à la demande de l'entrepreneur pour autant que :

- les valeurs à 20° C soient celles précisées dans le tableau ci-dessus (0.40 et 0.30 MPa)
- les valeurs aux autres températures soient mentionnées dans le certificat de conformité ou à défaut aient fait l'objet d'essais en laboratoire agréé sous la supervision du M.E.T. - D423

Les cloques et les aires dégradées sont réparées en découpant la partie non adhérente ou dégradée de la feuille, en ressoudant convenablement et en recouvrant la découpe par une feuille supplémentaire en respectant les largeurs minimales de recouvrement.

K. 9.1.3.2.2.2. Résines

L'ensemble de la surface traitée est examinée avec soin de façon à repérer les aires dégradées (poinçonnement, arrachages, perforations) consécutives aux manœuvres et stationnement de véhicules de chantier, et les coulées ou bulles d'air éventuelles.

L'adhérence de la résine au support est vérifiée et une attention particulière est accordée aux joints de reprise éventuels.

Afin de permettre la réalisation de ces essais, la chape d'étanchéité est laissée à la disposition du fonctionnaire dirigeant cinq jours ouvrables si les essais ont lieu in situ et 7 jours ouvrables si les essais ont lieu en laboratoire avant d'être recouverte par la chape de protection, et ce, à chaque lot de chape d'étanchéité.

Avant la pose de la protection et au minimum 48 heures après l'application de la chape, on procède au contrôle de l'adhérence de la manière suivante :

- soit en prélevant 6 carottes Ø 50 mm (dont au moins une au droit des jonctions éventuelles) en vue de la mesure en laboratoire
- soit en procédant au collage de pastilles circulaires Ø 50 mm ou carrées de 100x100 mm en vue de réaliser l'essai sur site. La membrane est entaillée jusqu'au support autour du périmètre des pastilles soit par carottage, soit par disquage.

La valeur moyenne mesurée est supérieure à 1 MPa et aucune valeur individuelle n'est inférieure à 0,8 MPa.

L'épaisseur de la couche d'étanchéité est vérifiée sur les échantillons ayant servi aux essais d'adhérence. La valeur moyenne mesurée est supérieure à 2,5 mm et à la valeur nominale figurant à l'agrément et aucune valeur individuelle ne peut être inférieure à 2,0 mm ni à la valeur minimale indiquée par l'agrément.

L'épaisseur peut également être mesurée de manière non destructive en tout autre point.

Eventuellement, La dureté shore est mesurée 2 h et 48 h après l'application et les valeurs sont comparées à celles relevées sur le certificat d'agrément, c'est-à-dire 0,8 fois la valeur nominale.

Pour la réparation des aires dégradées des étanchéités du type résineux, on procède par recouvrement de l'étanchéité existante après avoir arraché les parties non adhérentes. On procède selon les indications du fabricant (nettoyage de la surface avec un produit spécifique, application éventuelle d'un primaire d'accrochage, etc.). Tout autre procédé est soumis à l'accord du fonctionnaire dirigeant. La bonne adhérence de la réparation et la conformité de l'épaisseur sont vérifiées.

K. 9.1.4. PAIEMENT

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, le paiement s'effectue sur base des postes suivants :

- chape d'étanchéité y compris la préparation du support : m²
- chape de protection : m²
- busettes ou gargouilles : p.

K. 9.2. DRAINAGE ET EVACUATION DES EAUX DES TABLIERS DE PONTS ET TOITURES-PARKINGS

Les eaux percolant à travers les revêtements et retenues par la chape d'étanchéité sont récoltées par des drains de section 30 x 100 mm réalisés en microbéton drainant. Ces eaux sont évacuées par des barbacanes ou gargouilles de drainage de manière à reprendre les eaux arrêtées par la chape d'étanchéité.

Les tuyaux d'évacuation recueillant les eaux des barbacanes sont en PEHD.

Les avaloirs de pont sont du type "double effet" et recueillent les eaux au niveau de la chape d'étanchéité.

La capacité de l'avaloir et des tuyaux de descente est justifiée par une note de calcul sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication.

K. 9.2.1. COMPOSITION

Le micro béton est composé de granulats agglomérés entre eux par une résine dosée à minimum 3% en poids de granulats secs.

Les granulats sont des graviers roulés calibrés 4/8 propres et secs fournis en sacs préemballés.

La résine est une résine époxy bi-composante à basse viscosité (suffisamment fluide pour enrober le granulats et suffisamment visqueuse pour ne pas s'égoutter). Elle répond aux prescription du guide d'agrément technique UBAtc n° G0010 « Coulis d'injection ».

La résine est certifiée aTg ou équivalent. A défaut, les essais décrits au titre 6 'Description des essais' du guide d'agrément n° G0010, à l'exception de ceux relatifs à l'identification (§ 6.10).

Si il est prévu plusieurs lots de produit semblable à réceptionner dans le cadre d'un même chantier, le premier lot fait l'objet de tous les essais décrits au titre 6 du guide d'agrément n° G0010 y compris ceux relatifs à l'identification (§ 6.10). Les autres lots font l'objet uniquement des tests d'identification tels que définis au § 6.10 de ce guide.

K. 9.2.2. SPECIFICATIONS

La résistance en compression de ce micro béton mesurée sur barrettes 40 x 40 x 160 mm selon NBN B 12-208 après conservation de 2 jours sur chantier et 5 jours en laboratoire à 23 ± 2 °C est supérieure à 10 MPa.

Six barrettes 40 x 40 x 160 mm sont confectionnées dans des moules métalliques à fournir par l'entrepreneur. Les barrettes sont réalisées par la personne mettant effectivement en œuvre le drain sur le chantier et dans des conditions identiques au chantier. Trois barrettes sont destinées aux essais de flexion-compression et trois barrettes sont conservées pour un éventuel contre-essai.

K. 9.2.3. IMPLANTATION DES DRAINS ET DES BARBACANES

Le système de drainage est composé de :

- un drain longitudinal, situé au point bas, de chaque côté du pont
- un drain transversal à l'amont du joint de dilatation (ou de la dalle souple ou de tout autre point faible). Ce drain relie les deux drains longitudinaux et est positionné de manière à ce que les eaux rejetées par les barbacanes ne tombent pas sur la culée/la pile
- selon la disposition des lieux, des drains supplémentaires peuvent être prévus aux documents d'adjudication.

La fréquence de pose des barbacanes est de 10 mètres. Toutefois, lorsque les conditions d'évacuation des eaux sont mauvaises (pente transversale ou longitudinale < 1%), cette fréquence est réduite à 5 mètres. Leurs positions précises sont déterminées en veillant à :

- les placer aux points bas des profils transversaux et longitudinaux ainsi qu'à l'amont de tout obstacle ou point faible
- les situer à distance suffisante des éléments inférieurs de l'ossature de l'ouvrage, de manière à ce que l'eau ne s'écoule pas sur ces éléments (tenir compte de l'effet du vent) ou assurer une récolte des eaux
- équiper la partie inférieure des barbacanes d'un larmier afin d'éviter l'écoulement de l'eau à la surface inférieure du béton
- éviter de les placer au-dessus des voiries.

K. 9.3. ETANCHEITE D'OUVRAGE OU ELEMENTS D'OUVRAGES AUTRES QUE LES TABLIERS DE PONTS ET TOITURES-PARKING

La protection contre la pénétration de l'eau dans des ouvrages ou parties d'ouvrages tels que tunnels, ponts-cadres, murs de soutènement (face côté terres), etc., est définie dans les documents d'adjudication.

K. 9.4. PROTECTION DES BETONS EN CONTACT AVEC LES TERRES (EN PRESENCE OU NON D'EAU)

La protection générale de l'ouvrage (drainage, ...) est régie par les prescriptions du [J. 8](#).

La protection des bétons constitutifs des ouvrages est obtenue par :

- la spécification d'une classe d'exposition adéquate selon le tableau 3 de la NBN B 15-001 et de son addendum et ce, conformément aux prescriptions du document de référence RW99-C-2 (voir [C. 8](#) et [K. 4.1](#))
- la spécification d'une classe de résistance suffisamment élevée pour assurer la durabilité
- l'utilisation de ciments spéciaux (LA, HSR)
- en cas de besoin (forte agressivité des sols ou des eaux) par la pose d'un revêtement d'étanchéité.

Aucune protection particulière n'est appliquée sur les bétons qui répondent, au moins, aux spécifications suivantes selon les documents précités :

- Parties massives peu sollicitées en béton non armé :
 - C30/37
 - Classe 2b
 - $E/C \leq 0,50$
 - Ciment LA
- Parties massives peu sollicitées en béton armé :
 - C30/37
 - Classe 3S
 - Ciment LA
- Piles, culées et murs de soutènement :
 - C35/45
 - Classe 3S
 - Ciment CEM I ou CEM III/A : de classe supérieure à 42,5 et LA
- En cas de présence de sulfates dans l'eau ou le sol (tableau 3 de NBN B 15-001) : ciment HSR et classe d'exposition 5b ou 5c.

Pour les bétons ne répondant pas aux spécifications précitées ou en cas de présence d'éléments agressifs autres que les sulfates un revêtement d'étanchéité est appliqué.

Les exigences retenues pour le revêtement sont fixées aux documents d'adjudication.

A défaut de prescriptions dans les documents d'adjudication les options du [N. 1.12.3](#) - 1er cas sont d'application.

Pour les bétons en contact avec des agents extrêmement agressifs (eau carbo-gazeuse,...) la protection est assurée par une membrane elle-même recouverte par un dispositif de protection contre les agressions mécaniques. Les dispositifs retenus et leurs performances sont définies par les documents d'adjudication.

K. 9.5. PROTECTION DES BETONS SOUMIS AUX INFLUENCES EXTERIEURES ET NON SOUMIS AU TRAFIC

La protection des bétons est obtenue par :

- la spécification d'une classe d'exposition adéquate selon le tableau 3 de la NBN B 15-001 et de son addendum et ce, conformément aux prescriptions du document de référence RW99-C-2 (voir [C.8](#) et [K. 4.1](#))
- la spécification d'une classe de résistance suffisamment élevée pour assurer la durabilité
- l'utilisation de ciments spéciaux (LA)
- en cas de besoin, par la pose d'un revêtement d'étanchéité (p.ex. pour un élément très important pour la stabilité de l'ouvrage et soumis à des sollicitations extérieures sévères - p.ex. exposition à des sels de déverglaçage).

Aucune protection n'est nécessaire pour les bétons répondant au moins aux spécifications du § B.8.2.4. du document RW99-C-2 (voir [C. 8](#) et [K. 4.1](#)) sauf si les documents d'adjudication définissent une protection.

Pour certaines applications, les documents d'adjudication peuvent prescrire pour le béton des spécifications moins sévères que celles du § B.8.2.4. du document RW99-C-2 et ne pas prévoir de revêtement de protection.

En cas d'application d'un revêtement, les prescriptions du [N. 1.7](#) sont d'application. Les documents d'adjudication fixent les spécifications retenues pour chaque type de surface de béton. A défaut d'indication, les options définies au [N. 1.7.3](#) sont d'application.

Dans certains cas, les documents d'adjudication peuvent prévoir d'assurer la protection d'une surface de béton par un autre dispositif (p.ex. bardage).

K. 10. DISPOSITIFS DE SECURITE ET DISPOSITIFS DE RIVE

K. 10.1. GARDE-CORPS

Les garde-corps répondent aux prescriptions du [J. 12](#).

K. 10.2. GARDE-CORPS - BARRIERE DE SECURITE

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 10.3. GLISSIERES DE SECURITE

Les glissières de sécurité répondent aux prescriptions du [H. 2](#).

K. 10.4. TABLETTES SOUS GARDE-CORPS

Les tablettes sous garde-corps répondent aux prescriptions du [J. 9](#).

Les tablettes sous garde-corps préfabriquées en béton armé répondent aux prescriptions du [K. 7.3](#).

K. 10.5. CORNICHES ET VOILES DE PAREMENT

Les corniches et voiles de parement préfabriqués en béton armé répondent aux prescriptions du [K. 7.3](#).

Les autres éléments sont conformes aux prescriptions fixées par les documents d'adjudication.

K. 10.6. PLANCHERS A CLAIRE-VOIE

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 11. EPREUVE DE MISE EN CHARGE STATIQUE ET ESSAI DYNAMIQUE

K. 11.1. DESCRIPTION

L'épreuve de mise en charge statique, consiste à charger l'ouvrage avec des camions. Elle permet l'examen du comportement de l'ouvrage lorsqu'il est soumis à des sollicitations statiques proches de celles prévues par l'étude théorique.

L'essai dynamique, consiste à faire circuler un camion chargé à allure normale sur le pont. Il permet ainsi de mesurer les premières fréquences propres caractéristiques de l'ouvrage.

Dans certains cas particuliers où des camions ne peuvent être utilisés pour constituer la charge statique et/ou dynamique, d'autres moyens de sollicitation peuvent être retenus.

K. 11.2. CLAUSES TECHNIQUES

Le document de référence RW99-K-8 « Rédaction des cahier des charges - prescriptions relatives aux épreuves de mise en charge des ponts » est d'application. Les points principaux sont repris ci-dessous :

Il est à noter que la mission de la 2^{ème} division du bureau des ponts mentionnée dans ce document est désormais assurée par :

M.E.T. – D424 – Direction de l'Expertise des Structures.
253, rue côte d'Or
4000 LIEGE

Les essais ont lieu lorsque l'ouvrage est complètement terminé (superstructure et équipements, accès, couches de roulement, ...). Le béton a au moins 28 jours.

Durant les essais, l'ouvrage et ses abords sont libres de toutes activités. Il est accessible aux camions par ses deux extrémités.

Une réunion préparatoire se tient au minimum 15 jours avant la date à laquelle les essais peuvent avoir lieu.

Les instructions concernant les préparatifs et la réalisation des essais sont données à l'entrepreneur par le M.E.T – D424 - Direction de l'Expertise des Structures.

Les principales obligations de l'entreprise sont les suivantes (pour plus de détails voir le document de référence RW99-K-8) :

- mise à disposition de camions munis de leur bon de pesage
- implantation des traçages et des points de mesures
- divers traçages sur la face supérieure du tablier

- appropriation pour le placement des appareils de mesures (crochets, billes, trous, ...)
- moyens d'accès stables (échelles, échafaudages, nacelles, ...) aux différents appareils de mesures
- une note de calcul des déformations théoriques suivant la norme de calcul ou sur base d'un mode de chargement fourni par le M.E.T. – D424.

L'épreuve de mise en charge statique peut comporter plusieurs phases. En cas de mauvais comportement de l'ouvrage durant une phase, celle-ci est recommencée. Il en résulte que la durée prévue des essais peut être dépassée.

En complément à l'épreuve de mise en charge statique, un des camions mis à disposition pour celle-ci est utilisé pour l'essai dynamique.

A la demande du fonctionnaire dirigeant, le M.E.T. – D424 procède aux mesures à l'aide de son personnel et de ses appareils de contrôle. Celui-ci dirige également le déroulement des essais statique et dynamique.

K. 11.3. VERIFICATIONS

La vérification porte sur les impositions générales décrites au K.11.2 et précisées lors de la réunion préparatoire.

K. 11.4. PAIEMENT

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, le paiement se fait sur la base des postes suivants :

- épreuve de mise en charge statique et essai dynamique, y compris toutes les obligations de l'entreprise : forfait
- fourniture de matériel de mesures destiné à l'épreuve de mise en charge statique et à l'essai dynamique : somme réservée

K. 12. DIVERS

K. 12.1. REPERES TOPOGRAPHIQUES

K. 12.1.1. DESCRIPTION

Les prescriptions suivantes décrivent les repères topographiques à placer sur un pont.

K. 12.1.2. CLAUSES TECHNIQUES

Les repères topographiques répondent aux prescriptions du [C. 50](#).
L'entrepreneur indique sur un plan l'emplacement des repères.

K. 12.1.3. VERIFICATIONS

L'emplacement des repères et la pose de ceux-ci sont soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

K. 12.1.4. PAIEMENT

Le paiement s'effectue sur base du nombre de repères placés.

K. 12.2. GAINE ET ANCRAGE POUR CANALISATIONS DIVERSES

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.3. DISPOSITIFS DE DESTRUCTION

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.4. TAQUES AMOVIBLES

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.5. DISPOSITIFS D'ANCRAGE POUR POTEAU D'ECLAIRAGE, ECRAN ANTI-BRUIT, PORTIQUES DE SIGNALISATION ...

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.6. GUIDAGE ET PROTECTION POUR LA NAVIGATION

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.7. DECORATION

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

K. 12.8. ETABLISSEMENT DE NOTES DE CALCUL

K. 12.8.1. DESCRIPTION

Les prescriptions suivantes décrivent la manière d'établir la justification par calcul d'un projet de pont.

K. 12.8.2. CLAUSES TECHNIQUES

Les notes de calcul sont suffisamment détaillées et facilement lisibles. Si des méthodes de calcul nouvelles ou peu courantes sont utilisées, les notes de calcul donneront les références nécessaires. Elles renseignent clairement la méthode d'exécution employée et reprennent les schémas de sollicitations avec annotations et cotes, qui ont servi de base aux calculs.

Les hypothèses de calculs sont définies de façon précise.

Pour la détermination des dimensions et des caractéristiques des éléments de la construction, notamment des sections, des armatures, des câbles de précontrainte, l'entrepreneur se conforme aux prescriptions des normes de la série NBN B 03 ou à défaut des normes européennes de la série NBN ENV 1991.

Dans le cas particulier de l'étude de passerelles pour piétons, l'entrepreneur se conforme aux prescriptions du chapitre 5 de la norme ENV 1991-3 où, sauf indication contraire dans les documents d'adjudication, le véhicule de service du §5.3.2.3 est considéré comme une charge accidentelle.

De plus, sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, une réserve de profilage de 1 kPa est prévue.

Les résultats des calculs sont mis bien en évidence : encadrés, soulignés ou présentés sous forme de tableaux.

De même, les adaptations à la note de calcul sont mises en évidence.

La manière dont sont réalisées les sections est indiquée; notamment dans le cas de pont métallique les sections d'acier y compris moyen d'assemblage et la nuance des aciers, dans le cas de pont en béton, outre la section du béton, l'enrobage et les sections d'armatures calculées; le nombre de barres, la qualité de l'acier et le diamètre des barres correspondent exactement aux indications figurant sur les plans, ainsi que les caractéristiques de la précontrainte dans le cas de pont en béton précontraint

Les notes de calcul sont accompagnées de schémas et de tableaux récapitulatifs donnant les caractéristiques et les sollicitations principales de l'ouvrage notamment :

- la largeur et les portées de l'ouvrage
- la surface, la position de centre de gravité, le moment d'inertie et le module d'inertie des sections les plus caractéristiques de l'ouvrage, notamment sur les piles et au milieu des portées, ceci dans toutes les phases d'exécution
- les réactions extrêmes verticales et horizontales sur les piles et culées
- les efforts tranchants, moments de flexions et de torsions, les contraintes normales et tangentielles et les contraintes principales de traction ou de compressions dans ces mêmes sections à vide et en charges extrêmes en tenant compte des différentes phases d'exécution
- les efforts dans les aciers et dans les suspentes et pour les ouvrages précontraints, les efforts de précontrainte ainsi que, la valeur de celles-ci lors de la mise en tension et à la longue
- les assemblages.

Les éléments tels que garde-corps, corniches, ancrages, ... font aussi l'objet d'une note de calcul.

Les notes de calcul sont adaptées éventuellement sur base des essais servant à vérifier les hypothèses de calcul.

K. 12.8.3. VERIFICATIONS

Les notes de calcul sont soumises à l'examen du fonctionnaire dirigeant pour lui permettre d'approuver les plans.

K. 12.8.4. PAIEMENT

Sauf prescriptions contraires des documents d'adjudication, la fourniture de notes de calcul constitue une charge d'entreprise.