

# **CHAPITRE K**

## **NOUVEAUX OUVRAGES D'ART**

## TABLE DES MATIERES

	Pages
<b>K. 1. TRAVAUX PREPARATOIRES</b> .....	<b>1</b>
K. 1.1. ESSAIS GÉOTECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES.....	1
K. 1.2. RABATTEMENT DE LA NAPPE AQUIFÈRE.....	1
K. 1.3. BATARDEAUX .....	1
K. 1.4. CONSOLIDATION DU TERRAIN EN PLACE .....	1
K. 1.5. DÉMOLITION .....	1
K. 1.6. TERRASSEMENTS (DÉBLAIS ET REMBLAIS) .....	1
K. 1.7. REMBLAIS SPÉCIAUX .....	1
<b>K. 2. FONDATIONS PROFONDES</b> .....	<b>1</b>
K. 2.1. GÉNÉRALITÉS.....	1
K. 2.2. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR REFOULEMENT DE SOL .....	8
K. 2.3. PIEUX MIS EN OEUVRE PAR EXTRACTION DE SOL .....	13
K. 2.4. PAROIS MOULÉES.....	16
K. 2.5. ESSAIS DE CONTRÔLE.....	17
K. 2.6. PAIEMENT .....	19
<b>K. 3. OUVRAGES ENTERRES</b> .....	<b>20</b>
K. 3.1. PERTUIS EN BUSES METALLIQUES.....	20
K. 3.2. OUVRAGES EN MACONNERIE .....	22
K. 3.3. OUVRAGES EN TERRE ARMEE .....	23
K. 3.4. MURS EN PALPLANCHES .....	23
<b>K. 4. OUVRAGES EN BETON ET MORTIER</b> .....	<b>23</b>
K. 4.1. OUVRAGES EN BETON.....	23
K. 4.2. OUVRAGES EN MAÇONNERIE .....	24
<b>K. 5. ACIERS POUR BETON</b> .....	<b>24</b>
K. 5.1. ACIERS POUR BÉTON ARMÉ .....	24
K. 5.2. ACIERS DE PRÉCONTRAINTÉ .....	25
<b>K. 6. ACIERS POUR OUVRAGES METALLIQUES</b> .....	<b>26</b>
K. 6.1. ACIERS POUR OUVRAGES METALLIQUES .....	26
K. 6.2. PROTECTION DES ACIERS .....	28
<b>K. 7. ELEMENTS POUR OUVRAGES D'ART</b> .....	<b>33</b>
K. 7.1. POUTRES PREFABRIQUEES EN BETON PRECONTRAIT .....	33
K. 7.2. PREDALLES EN BETON .....	35
K. 7.3. AUTRES ELEMENTS PREFABRIQUES EN BETON PRECONTRAIT .....	35

K. 7.4. POUTRES PREFLECHIES ENROBEES .....	35
K. 7.5. HAUBANS .....	41
K. 7.6. OUVRAGES EN BOIS.....	41
K. 7.7. ELEMENTS DE PONT MOBILE.....	41
<b>K. 8. DISPOSITIFS D'APPUI, JOINTS DE DILATATION ET D'ETANCHEITE .....</b>	<b>42</b>
K. 8.1. APPUI EN NEOPRENE FRETTE .....	42
K. 8.2. APPUI SPECIAUX .....	42
K. 8.3. JOINT DE DILATATION POUR PONT .....	42
K. 8.4. JOINTS D'ETANCHEITE.....	47
<b>K. 9. PROTECTION DES OUVRAGES .....</b>	<b>47</b>
K. 9.1. ETANCHEITE.....	47
K. 9.2. REVÊTEMENT .....	54
K. 9.3. EVACUATION DES EAUX .....	54
K. 9.4. PROTECTION DES BETONS (FONDATION, PAREMENTS).....	54
<b>K. 10. DISPOSITIFS DE SECURITE ET DISPOSITIFS DE RIVE .....</b>	<b>54</b>
K. 10.1. GARDE-CORPS.....	54
K. 10.2. GARDE-CORPS - BARRIERE DE SECURITE .....	55
K. 10.3. TABLETTES SOUS GARDE-CORPS.....	55
K. 10.4. CORNICHES ET VOILES DE PAREMENT .....	55
K. 10.5. PLANCHERS A CLAIRE-VOIE.....	55
<b>K. 11. ESSAIS ET ÉPREUVES DES OUVRAGES D'ART .....</b>	<b>55</b>
K. 11.1. EPREUVES DE PONTS.....	55
K. 11.2. ESSAIS SUR MODELE .....	55
<b>K. 12. DIVERS .....</b>	<b>56</b>
K. 12.1. REPERES TOPOGRAPHIQUES .....	56
K. 12.2. GAINÉ ET ANCRAGE POUR CANALISATIONS DIVERSES.....	56
K. 12.3. DISPOSITIFS DE DESTRUCTION .....	56
K. 12.4. TAQUES AMOVIBLES .....	56
K. 12.5. DISPOSITIFS D'ANCRAGE POUR POTEAU D'ECLAIRAGE, ECRAN ANTI-BRUIT, PORTIQUES DE SIGNALISATION.....	56
K. 12.6. GUIDAGE ET PROTECTION POUR LA NAVIGATION.....	57
K. 12.7. DECORATION.....	57
K. 12.8. ETABLISSEMENT DE NOTES DE CALCUL .....	57

## **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 sont fixées aux documents d'adjudication.  
A défaut, 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**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

### **K. 1.6. TERRASSEMENTS (DEBLAIS ET REMBLAIS)**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication. A défaut, les prescriptions du [E. 4.6.](#) sont d'application.

### **K. 1.7. REMBLAIS SPECIAUX**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

## **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 oeuvre 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 oeuvre 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 doit satisfaire 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, doit rester 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 oeuvre.
- 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<sub>B</sub> = 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 doivent être 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 doivent prendre 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 oeuvre 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 surlargeur 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 oeuvre 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 oeuvre 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 doivent obligatoirement être exécutées avec un matériel identique que celui mis en oeuvre 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 la publication du Prof. ir E. DE BEER "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration" Annales des Travaux Publics de Belgique n<sup>os</sup> 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 (MPa).

$\alpha$  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)

$\alpha_s$  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,  $\alpha_s$  varie de 1,15 à 0,45 en fonction du type de pieu. Les valeurs de  $\alpha_s$  sont définies au [K. 2.2](#) pour chaque type de pieux.

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  $Q_s$  doit toutefois rester 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. 
$$Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{2} + \frac{Q_s}{3}$$

2. 
$$Q_a + \frac{F_n}{2} = \frac{Q_p}{1,1}$$
 (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 la méthode de Zeevaert, exposée dans les publications "Berekening van de negatieve vrijving op palen", "Enige problemen bij de paalfunderingen in havengebieden" en "Berekening van de mantelvrijving op ingeheide palen" du Prof. ir E. DE BEER.

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 la méthode exposée dans les articles du Prof. ir E. DE BEER : "Draagvermogen van stalen liggepalen" Annales des Travaux Publics de Belgique n<sup>os</sup> 3, 4 et 5 de 1982 et "Amélioration de la capacité portante de pieux métalliques HP" Annales des Travaux Publics de Belgique, n<sup>o</sup> 6 de 1989.



### 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 la publication du Prof. ir E. DE BEER "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration" Annales des Travaux Publics n<sup>os</sup> 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.

$\alpha$  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 la méthode de Zeevaert exposé dans les publications "Berekening van de negatieve vrijving op palen", "Enige problemen bij de paalfunderingen in havengebieden" en "Berekening van de mantelvrijving op ingeheide palen" du Prof. ir E. DE BEER.

### 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 la publication du Prof. ir E. DE BEER "Méthodes de déduction de la capacité portante d'un pieu à partir des résultats des essais de pénétration". Annales des Travaux Publics n<sup>os</sup> 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 la méthode de Zeevaert exposé dans les publications "Berekening van de negatieve vrijving op palen", "Enige problemen bij de paalfunderingen in havengebieden" en "Berekening van de mantelvrijving op ingeheide palen" du Prof. ir E. DE BEER.

#### **K. 2.1.7. PRESCRIPTIONS PARTICULIERES**

Des pieux mis en oeuvre 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 doit être 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 présente une résistance de classe C 30/37. Le béton utilisé pour les pieux préfabriqués en béton précontraint présente une résistance de classe C 40/50.

Les armatures longitudinales et les tirants de précontrainte satisfont aux prescriptions du C. 16 relatif aux aciers pour béton armé et béton précontraint. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

##### **K. 2.2.1.2.2. EXECUTION**

Lors du levage et de la manutention des pieux, l'entrepreneur doit veiller 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 sera appliqué sur les sollicitations lors du transport et de la manutention. Un facteur de choc égal à 1,4 sera 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 décapée 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 oeuvre et vibré avec soin avec l'aide d'un appareillage qui aura 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 doit présenter une résistance caractéristique d'au moins 20 MPa.

#### **K. 2.2.1.3. SPECIFICATIONS**

L'élancement 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  $\alpha_s$  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 doivent être 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 présente une résistance de classe C25/30.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [C. 16.4](#) relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

#### K. 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'adjudicataire.

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 doit présenter une résistance caractéristique 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 doit répondre 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  $\alpha_s$  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 oeuvre 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 présente une résistance de classe C 25/30.

Les armatures d'attente placées en tête du pieu satisfont aux prescriptions du [K. 5](#) relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

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 doit présenter une résistance caractéristique 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 doit répondre 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  $\alpha_s$  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 oeuvre 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 présente une résistance de classe C 25/30.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [K. 5](#) relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

###### **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 doit présenter une résistance caractéristique 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 doit répondre 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  $\alpha_s$  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 oeuvre conformément aux prescriptions du [K. 4](#).

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

### **K. 2.3.1. PIEUX FORÉS 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 présente une résistance de classe C 25/30.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [K. 5](#) relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

##### **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, doit être 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 doit veiller 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 doit s'assurer 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 sera particulièrement soigné, cette opération commandant la qualité du béton au contact du sol en pointe.

Le béton peut être vibré.

Le tubage doit être retiré lentement et régulièrement. Lors de l'enlèvement du tube, la colonne de béton dans le puits foré sera 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 doit jamais se trouver 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 doit présenter une résistance caractéristique 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 doit répondre 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 oeuvre 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/m<sup>3</sup>).

Le béton utilisé pour les pieux forés à l'aide de boue bentonique présente une résistance de classe C 25/30.

Les armatures longitudinales satisfont aux prescriptions du [K. 5](#) relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

###### **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 doit être mis en oeuvre 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 doit rester 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 doit toujours être 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 doit présenter une résistance caractéristique 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 doit répondre 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 oeuvre 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 oeuvre 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 présente une résistance de classe C 40/50. Les armatures du dé satisfont aux prescriptions du K. 5 relatif aux aciers pour béton armé. Elles présentent une qualité équivalente ou supérieure à BE 400 S.

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 doit être réalisée de manière à éviter tout risque de déversement. La surcharge doit présenter 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 doit rester 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 doit être 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 clé. 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 doit être 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  $\varepsilon$ , s'élèvent à :

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

Le raccourcissement élastique  $\varepsilon$  est défini par rapport au raccourcissement élastique  $\varepsilon_p$  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  $\varepsilon$  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  $\varepsilon_p$ , il y a lieu de tenir compte du module d'élasticité du béton mis en oeuvre 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 oeuvre du béton des pieux et des parois font l'objet d'un poste distinct payé au m<sup>3</sup> (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'amenée, 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 est de nuance S 235, et de qualité JO ou JR selon qu'il y ait ou non des assemblages soudés.

L'acier est conforme aux prescriptions de la norme NBN-EN 10025 + A1 complétée et modifiée par le document de référence RW 99-C-4.

La commande au fournisseur doit mentionner que l'acier doit être apte au formage et à la galvanisation à chaud, en application des prescriptions de la norme NBN-EN 10025 + A1 (paragraphe 7.5.4).

###### **K. 3.1.2.1.2. BOULONS ET ECROUS**

Les prescriptions du C. 16.7 sont d'application.

Les boulons sont en acier de classe de qualité 8.8. ou 10.9 suivant la norme NBN-EN 20898.1. 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 boulons.

Toutes les pièces sont galvanisées à chaud par centrifugation, conformément à la série de normes NBN I 07 et recouvertes ensuite de la même façon que la tôle d'acier.

La mise en oeuvre 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 est galvanisée à chaud, comme prévu par la série de normes NBN I 07, mais en tenant compte de la modification suivante : le poids minimal de la couche de zinc est de 600 gr/m<sup>2</sup> pour la somme des deux faces.

Ceci correspond à une épaisseur de 40 microns sur chaque face.

N.B. Si la tôle d'acier est galvanisée à chaud avant le forage des trous et la mise à dimensions, les côtés de ces trous et de ces plaques doivent être protégés par une peinture riche en zinc (formule 2-91-90-63 du Fascicule X du Cahier Général des Charges du Département) 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 a chaud sont recouvertes soit par un enduit bitumineux, soit par une peinture à base de brai-époxy.

Nombre de couches et épaisseurs :

- l'enduit bitumineux présente une épaisseur de 200 microns minimum a l'état sec. Cette épaisseur peut être atteinte en une seule couche.
- la protection à base de brai-époxy présente aussi une épaisseur de 200 microns minimum à l'état sec. Elle doit cependant être appliquée au moins en 2 couches.

#### **K. 3.1.3. VERIFICATIONS**

En ce qui concerne les tôles, en principe, celles-ci sont présentées en réception avant leur mise en forme. Si exceptionnellement le fonctionnaire dirigeant accepte que cette réception soit effectuée sur tôles ondulées, les caractéristiques de l'acier sont déterminées sur des éprouvettes prélevées dans les flancs d'ondes uniquement conformément à la figure [K. 3.1.3](#).

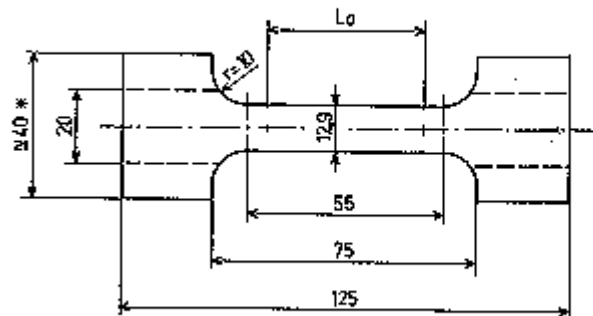
En ce qui concerne les boulons, les essais à prévoir sont les suivants :

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



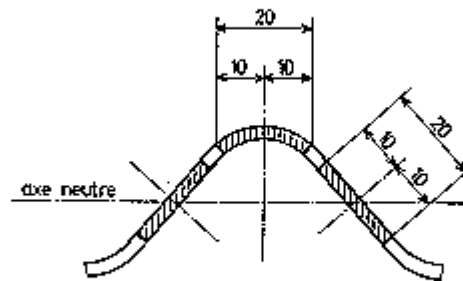
Dimensions de l'éprouvette

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

Figure K. 3.1.3. : éprouvettes de traction

#### 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 réalisés suivant la technique mise au point et brevetée par Henri VIDAL. Ils 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) 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.

#### **K. 3.3.2. CLAUSES TECHNIQUES**

Les prescriptions relatives aux matériaux et à la mise en oeuvre sont conformes au document de référence RW 99-K-1 intitulé "Ouvrages en terre armée".

#### **K. 3.3.3. SPECIFICATIONS ET VERIFICATIONS**

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

#### **K. 3.3.4. PAIEMENT**

Le paiement s'effectue sur base des postes suivants :

- écaillés : m<sup>2</sup>
- remblais : m<sup>3</sup>
- armatures du massif : m
- éléments d'angle : m
- dallettes pour joints de construction : m
- éclisses : p.

### **K. 3.4. MURS EN PALPLANCHES**

Les prescriptions du document de référence RW 99-K-2 intitulé "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. CLAUSES TECHNIQUES - SPECIFICATIONS - VERIFICATIONS**

Sont d'application les prescriptions de la NBN B 15-001 de 1992, modifiées et complétées par le document de référence RW 99-C-2 (Béton - Performances, production, mise en oeuvre et critère de conformité - Application de la NBN B 15-001 de 1992).

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

#### **K. 4.1.2. PAIEMENT**

Les ouvrages en béton sont payés au m<sup>3</sup>.  
Les surfaces structurées font l'objet d'un supplément au m<sup>2</sup>.

#### **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 oeuvre 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 oeuvre 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 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. APTITUDE AU SOUDAGE**

L'aptitude au soudage est définie par l'analyse chimique (C et Carbone équivalent) telle que définie par les normes et PTV du [C. 16.4](#).

Cette aptitude au soudage est garantie pour les assemblages et les procédés mentionnés par ces normes. Ces procédés de soudage sont mis en oeuvre de telle sorte que les armatures soudées, conservent, au droit des assemblages par soudure leurs propriétés de résistance et d'allongement.

Les paramètres de soudage sont adaptés au mode de fabrication (laminage à chaud ou écrouissage à froid) et aux diamètres des armatures concernées.

#### K. 5.1.2.2.2. 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 A24-304 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'adjudicataire 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  $2 \sigma_A = 100 \text{ N/mm}^2 = \Delta \sigma_{Rsk}$  (selon ENV 1992 - 1 - 1).

En cas d'utilisation du soudage par point en lieu et place des ligatures, le contrôle des armatures soudées est réalisé [par le MET - D.423] conformément aux directives du § 7.2.3. du document de référence RW 99-K-3 "Poutres préfabriquées pour ouvrages d'art" [du document FeBe - 3ème édition de 1985 - Poutres préfabriquées pour ouvrages d'art - (FeBe - Bd Reyers 207 - 209 à 1030 Bruxelles - Tel. : 02/735.80.15 - Fax : 02/734.77.95)].

#### K. 5.1.2.2.3. 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 B15-002.

#### K. 5.1.3. CONTROLE

L'entrepreneur prévient en temps utile le fonctionnaire dirigeant de son intention d'approvisionner sur chantier ou dans ses ateliers des aciers autorisés à faire usage de la marque BENOR. Il précise la date de livraison.

Les références figurant sur les bordereaux de livraison sont recopiées au journal des travaux de l'entreprise ou aux documents en tenant lieu et conservés comme pièces justificatives de réception.

Les bordereaux et étiquettes sont conservés de façon à pouvoir être produits lors d'une éventuelle contestation.

#### K. 5.1.4. PAIEMENT

Les aciers sont mesurés et payés au kg.

#### K. 5.2. ACIERS DE PRECONTRAINTE

##### K. 5.2.1. MATERIAUX

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

## **K. 5.2.2. CLAUSES TECHNIQUES - SPECIFICATIONS - VERIFICATIONS**

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

## **K. 5.2.3. PAIEMENT**

Les aciers sont mesurés et payés au kg.

## **K. 6. ACIERS POUR 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**

Le fascicule VII "Constructions métalliques" est d'application moyennant les adaptations reprises ci-dessous.

#### FASCICULE VII. CONSTRUCTIONS METALLIQUES

#### CHAPITRE 1 - ACIERS LAMINES

1/ PREAMBULE : Spécification des aciers d'usage courant pour la construction métallique à utiliser dans le présent marché.

Le chapitre 1 est complété et modifié par le document de référence RW 99-C-4 "Marchés publics de travaux, fournitures et services - Fascicule VII - Constructions métalliques - Révision 1" ainsi que par la NBN EN 100113, parties 1, 2 et 3

Les documents d'adjudication renseignent les nuances des aciers à considérer pour les différents éléments structurels. Les indications portées aux plans sont de stricte application; les nuances indiquées ne pourront être changées par l'Adjudicataire contre d'autres équivalentes.

En cas de contradiction entre les plans d'adjudication et les métrés, en ce qui concerne les qualités et nuances d'acier, les plans font foi.

#### CHAPITRE 7 - BOULONS

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

#### CHAPITRE 9 - SOUDAGE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUE

L'article 3 du chapitre 9 du Fascicule VII à l'exception des paragraphes 3.3.3 - 3.4.7. - 3.4.8. et 3.5.6 est remplacé par le document de référence RW 99-C-4 "Marchés publics de travaux, fournitures et services - fascicule VII - Constructions métalliques - Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques".

## CHAPITRE 10 - QUALIFICATION DES SOUDEURS POUR LE SOUDAGE A L'ARC

Ce chapitre est remplacé par le document de référence RW 99-C-4 "Marchés publics de travaux, fournitures et services - Fascicule VII - Constructions métalliques - Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques".

## CHAPITRE 12 - FABRICATION EN ATELIER

### Préambule :

L'article 4.4 du chapitre 12 est remplacé par le document de référence RW 99-C-4 " Marchés publics de travaux, fournitures et services - Fascicule VII - Constructions métalliques - Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques".

### Article 5 - Constructions boulonnées

Les dispositions du § 5.4.2. du chapitre 12 du Fascicule VII sont complétées comme suit :

#### 1) obtention du coefficient de frottement sur chantier :

Pour l'obtention d'un coefficient de frottement suffisant entre pièces assemblées, les surfaces en contact doivent être exemptes de calamine, humidité, rouille, poussière, graisse, huile, peinture ou autres impuretés.

Les surfaces sont décapées par projection de matière abrasive. Le décapage au chalumeau n'est pas admis (le calcul fait état d'un coefficient de frottement de 0,50).

Toutes les dispositions sont prises pour maintenir les surfaces dans l'état décrit ci-dessus décrit jusqu'au moment de l'assemblage et du serrage final.

Tout travail d'usinage effectué sur des éléments dont la surface est préparée est effectué à sec; les copeaux, bavures, poussières résultant du travail sont éliminés.

#### 2) Injection des assemblages

Les joints sont conditionnés pour permettre l'injection de résine époxy destinée à colmater les vides laissés entre les pièces à assembler par couvre-joints ou par platines.

Les caractéristiques des produits, les conditions de réception et de mise en oeuvre sont définies en accord avec le fonctionnaire dirigeant.

L'entrepreneur prend toutes les précautions nécessaires, en cours de montage, afin d'éviter la pénétration d'humidité dans les joints entre le moment de l'assemblage et celui de l'injection.

Dans un joint, les écrous sont serrés en finissant par les boulons qui pincent les extrémités libres des pièces assemblées.

#### 3) Lorsque les boulons HR sont utilisés dans un joint en combinaison avec la soudure, le soudage est réalisé avant fixation des boulons. Si les boulons servent à maintenir les pièces avant soudage, ils sont serrés légèrement, de manière à permettre le retrait des soudures; après refroidissement, les boulons sont libérés (le plus grand nombre possible est libéré simultanément) puis ils sont serrés à la valeur prévue en commençant par ceux qui sont voisins de la soudure.

#### 4) Lorsque la température est basse ou inférieure à 0° C, les boulons sont réchauffés avant serrage jusqu'à une température comprise entre +20 et +50° C pour en éviter la rupture fragile.

#### 5) Réglage du serrage des écrous.

Les prescriptions de l'article 5.3 de la norme NBN E 27-072 sont d'application.

- 6) L'entrepreneur soumet à l'avis du fonctionnaire dirigeant un programme définissant :
- l'ordre de fermeture de l'assemblage, y compris éventuellement les phases de soudage
  - le couple de préserrage à appliquer
  - le couple final ainsi qu'une note de calcul justifiant les valeurs proposées, selon le type de boulon et la nature de l'acier des pièces à assembler
  - la protection du joint, y compris les injections et toutes opérations annexes.

### **K. 6.1.3. 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 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**

Le fascicule X "Protection des métaux ferreux contre la corrosion" est d'application moyennant les adaptations reprises ci-dessous.

#### *FASCICULE X - PROTECTION DES METAUX FERREUX CONTRE LA CORROSION*

#### **K. 6.2.2.1. CHOIX DU SYSTEME DE PROTECTION**

Les systèmes de protection des métaux ferreux sont des systèmes de peintures à performances, suivant les modalités du fascicule X, 2ème partie. Ces systèmes incluent, pour certaines pièces et suivant la description qui en est faite dans les présents articles, un traitement de métallisation ou de galvanisation.

Les teintes des couches finales des peintures (suivant RAL) sont données par le fonctionnaire dirigeant.

Les systèmes sont appliqués comme suit aux éléments structurels :

- pièces métalliques immergées (même partiellement) : métallisation et peinture (désigné ici comme "traitement A")
- accessoires métalliques, suivant l'identification au métré détaillé : galvanisation et peinture (désigné ici comme "traitement B")
- pièces métalliques non immergées : peinture (désigné ici comme "traitement C").

Les joints de tôles et de profilés réalisés sur site reçoivent un traitement appliqué dans des conditions de mise en oeuvre comparables aux conditions d'atelier.

L'importance des zones réservées aux assemblages sur site est soumise à l'accord du fonctionnaire dirigeant.

#### **K. 6.2.2.2. DEFINITION DES PRESCRIPTIONS MINIMALES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES SYSTEMES DE PROTECTION**

Conformément aux dispositions du fascicule X, 2ème partie (1986), la composition détaillée des revêtements est laissée au choix de l'entrepreneur.

Les prescriptions minimales auxquelles les systèmes doivent satisfaire sont décrites dans le document de référence RW 99-J-2 "Marchés publics de travaux, fournitures et services - Fascicule X - Constructions métalliques - Utilisation des peintures à performances pour constructions métalliques", complétée et précisée comme suit :

##### **K. 6.2.2.2.1. CLASSE D'OUVRAGE**

On considère deux classes distinctes suivant les parties d'ouvrage concernées :

- Classe A1 : pour les parties non immergées
- Classe H1 : pour les parties d'ouvrage immergées (même partiellement).

##### **K. 6.2.2.2.2. GARANTIES DE DUREE**

- garantie anti-corrosion  
Durée : 10 ans pour la classe A1 et 15 ans pour la classe H1.  
Les délais commencent à la réception provisoire de l'ouvrage.  
Niveau limite imposé : Re2.
- garantie d'adhérence  
Les prescriptions du fascicule X, 2ème partie sont d'application. Les surfaces "So" sont à calculer indépendamment pour chaque type de traitement différent et non pour l'ensemble de l'ouvrage.
- garantie contre le farinage, anti-cryptogamique et de conservation de la teinte  
Les prescriptions du fascicule X, 2ème partie sont d'application.

##### **K. 6.2.2.2.3. AGREATION**

Les systèmes de peinture sont agréés par le fonctionnaire dirigeant préalablement à leur mise en oeuvre.

#### **K. 6.2.2.3. DESCRIPTION DES TRAITEMENTS**

##### **K. 6.2.2.3.1. EPAISSEURS DE REVETEMENT**

Les épaisseurs de revêtement prescrites dans les descriptions des différents traitements doivent être respectées, moyennant les précisions suivantes :

- une tolérance est acceptée sur l'épaisseur de chaque feuil :
  - toute mesure doit respecter la fourchette de tolérance : -20% /+50%.
  - la moyenne des mesures faites sur la pièce réceptionnée doit respecter la fourchette de tolérance : -0% /+30%.Les mêmes tolérances sont applicables à la protection complète (système complet).
- les valeurs nominales définies dans les présents articles doivent être considérées comme des minima; pour offrir les garanties de durée prescrites ci-dessus, l'adjudicataire a la faculté d'augmenter les épaisseurs nominales de revêtement indiquées ci-après dans les articles décrivant les traitements A, B et C (et d'augmenter aussi, si nécessaire le nombre de couches à appliquer).



## K. 6.2.2.3.2. TRAITEMENT "A" : (METALLISATION ET PEINTURES) EN ATELIER

### K. 6.2.2.3.2.1. Préparation du support

Toutes les surfaces sont grenillées de manière à atteindre :

- un degré de propreté Sa 3,0, suivant la norme SIS 055900
- un degré de rugosité de classe N10 suivant NBN 863.

### K. 6.2.2.3.2.2. Application de la protection primaire

Hormis les zones réservées aux assemblages sur site, l'application de la protection primaire est effectuée comme suit :

- métallisation, épaisseur sèche 120 µm, suivant NBN EN 22063.
- application en colmatage sur acier métallisé exempt d'impuretés, d'une couche de peinture diluée époxy-polyamide à 2 composants, pigmentée à l'oxyde de fer micacé
- application d'une couche de peinture époxy-polyamide à 2 composants, pigmentée à l'oxyde de fer micacé pour obtenir une épaisseur sèche de 50 µm.

## K. 6.2.2.3.3. TRAITEMENT "A" SUR SITE, APRES MONTAGE

### K. 6.2.2.3.3.1. Surfaces hors zones réservées aux assemblages sur site

- préparation du support :  
En cas de décapage sur chantier, celui-ci a lieu sous abri et suivi immédiatement de l'application d'une protection.  
Le degré à atteindre est Sa3.  
La récupération des abrasifs est obligatoire.  
L'élimination des parties non adhérentes est effectuée par lavage avec dégraissage éventuel.
- retouches  
Les zones de métal mises à nu ou blessées par les manutentions sont reconditionnées de manière à restituer le système de protection d'atelier.
- application de la couche intermédiaire  
Celle-ci a une épaisseur sèche de 200 µm et est réalisée au moyen d'une peinture epoxy-polyamide à 2 composants, pigmentée à l'oxyde de fer micacé et exempte de brai.  
La peinture est applicable et polymérise jusqu'à une température de 5° C avec température de support supérieure de 3° C au point de rosée  
Le délai de recouvrement est illimité.
- application de la couche de finition  
Sur surface exempte de farinage ou autre contamination, une seconde couche de peinture d'une épaisseur sèche de 150 µm est appliquée.  
La peinture est une peinture epoxy-polyamide à 2 composants et exempte de brai.  
Celle-ci est applicable et polymérise jusqu'à une température de 5° C avec température de support supérieure d'au moins 3° C au point de rosée.  
Elle est non farinante et à recouvrement illimité.  
La peinture a un aspect semi-brillant, d'une teinte à définir par le fonctionnaire dirigeant.

### K. 6.2.2.3.3.2. Zones réservées aux assemblages sur site

- zones d'assemblages par boulon HR  
Les prescriptions de l'article 5 du chapitre 12 du fascicule VII, complétées par les dispositions reprises au [K. 6.1.2](#) sont d'application.
- zones des assemblages soudés sur site  
Les surfaces sont dégraissées et décapées jusqu'aux degrés définis pour le traitement d'atelier.  
Le système complet de protection (atelier + chantier) est appliqué sur site, à l'abri.

#### K. 6.2.2.3.4. TRAITEMENT "B" : (PEINTURE ET GALVANISATION) EN ATELIER

- préparation du support  
Les prescriptions de la NBN I 07-001 sont d'application.
- galvanisation à chaud  
Celle-ci s'opère par trempage.  
L'aptitude des pièces à la galvanisation doit être garantie.

Les prescriptions de l'article 5.1.3 du fascicule X (2ème partie) sont d'application.

Toutefois, la NBN 657 y est remplacée par les normes I 07-001 à 002, NBN EN ISO 1460, NBN I 07-004 à 008.

- vieillissement chimique des surfaces à peindre  
Le processus de ce traitement est précisé aux documents d'adjudication.

#### K. 6.2.2.3.5. TRAITEMENT "B" SUR SITE, APRES MONTAGE

Les prescriptions du [K. 6.2.2.3.3.1](#) sont d'application.

Toutefois, pour les retouches de la galvanisation, le procédé est soumis à l'accord du fonctionnaire dirigeant.

#### K. 6.2.2.3.6. TRAITEMENT "C" : (PEINTURES) EN ATELIER

##### K. 6.2.2.3.6.1. Préparation du support

Toutes les surfaces sont grenillées de manière à atteindre :

- un degré de propreté Sa 2,5 suivant la norme SIS 055900
- un degré de rugosité de classe N10 suivant NBN 863.

##### K. 6.2.2.3.6.2. Application d'une protection provisoire (shop primer)

Le shop primer est soudable et son épaisseur est compatible avec le délai et les conditions ultérieures d'exposition avant l'application de la couche primaire (minimum 15 µm).

Si les conditions d'application de la couche primaire le permettent (voir fascicule X), le shop primer peut être supprimé.

Pour les restrictions d'utilisation, les prescriptions de l'article 5.3.9. du fascicule X (2ème partie) sont d'application.

##### K. 6.2.2.3.6.3. Application de la protection primaire

- surfaces hors zones réservées aux assemblages sur site  
Hormis les zones réservées aux assemblages sur site, l'application de la protection primaire est effectuée au moyen d'une peinture epoxy-polyamide à 2 composants pigmentée aux phosphates de zinc et exempte de pigments à base de plomb ou de chromates.  
Celle-ci est applicable et polymérise jusqu'à une température de 5° C avec température de support supérieure de 3° C au point de rosée.  
Le délai de recouvrement est illimité.  
L'épaisseur minimale du feuillet sec sera de 80 µm.

#### K. 6.2.2.3.7. TRAITEMENT "C" SUR SITE, APRES MONTAGE

##### K. 6.2.2.3.7.1. Surfaces hors zones réservées aux assemblages sur site

- préparation du support  
En cas de décapage sur chantier, celui-ci a lieu sous abri  
Le degré à atteindre est Sa 2,5.  
La récupération des abrasifs est obligatoire.  
L'élimination des parties non adhérentes est effectuée par lavage avec dégraissage éventuel.
- retouches  
Les zones de métal mises à nu ou blessées par les manutentions sont reconditionnées de manière à restituer le système de protection d'atelier.
- application de la couche intermédiaire  
Celle-ci a une épaisseur sèche de 70 µm et est réalisée au moyen d'une peinture epoxy-polyamide à 2 composants et à pouvoir garnissant élevé.  
Elle est applicable et polymérise jusqu'à une température de 5° C avec température de support supérieure de 3° C au point de rosée.  
La peinture a un aspect semi-brillant.
- application de la couche finale  
Sur surface propre, une couche de peinture polyuréthane à 2 composants est appliquée pour obtenir une épaisseur sèche de 50 µm.  
La peinture est non farinante et non jaunissante.  
Elle est applicable et polymérise jusqu'à une température de 5° C avec température de support 3° C minimum au-dessus du point de rosée.  
La teinte de la peinture est définie par le fonctionnaire dirigeant.

##### K. 6.2.2.3.7.2. Zones réservées aux assemblages sur site

Les prescriptions du [K. 6.2.2.3.3.2](#) sont d'application.

## Tableau K. 6. Synthèse

Le tableau renvoie aux numéros des clauses des présentes prescriptions et donne les épaisseurs minima de film sec.

			TRAITEMENT A	TRAITEMENT B	TRAITEMENT C
	Lieu	Surfaces à traiter	Peinture sur métallisation	Peinture sur galvanisation	Peinture
Clauses	Atelier	- Zones courantes	IV.1.1.1 IV.1.1.2a	IV.2.1	IV.3.1.1 IV.3.1.2 IV.3.1.3a
		- Zones d'assemblage sur site	IV.1.1.1 IV.1.1.2b	Néant	IV.3.1.1 IV.3.1.2 IV.3.1.3b
	Sur site	- Zones courantes	IV.1.2.1	IVC.2.2	IV.3.2.1
		- Zones d'assemblage sur site	IV.1.2.2	Néant	IV.3.2.2
Epaisseur	Atelier	- Zones courantes	120 + (?) + 50	Conforme à la norme I-07-002	(15) + 80
		- Zones d'assemblage sur site	-	-	(15)
	Sur site	- Zones courantes	200 + 150	200 + 150	70 + 50
		- Zones d'assemblage sur site	120 + (?) + 50 + 200 + 150	-	80 + 70 + 50

## K. 7. ELEMENTS POUR OUVRAGES D'ART

### K. 7.1. POUTRES PREFABRIQUEES EN BETON PRECONTRAINTE

Les poutres précontraintes sont préfabriquées en usine et respectent l'ensemble des prescriptions techniques prévues au document de référence RW 99-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 RW 99-C-2 "BETON - Performances, production, mise en oeuvre et critères de conformité - Spécifications techniques".

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

Les armatures passives répondent aux prescriptions du [K. 5.1](#).

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 oeuvre, ainsi que le coffrage utilisé, auront une température d'au moins 5° C et où les éléments bétonnés sont protégés du gel.

Pareille unité doit disposer 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 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 doivent impérativement mentionner les éléments suivants :

- classe de résistance
- classe d'exposition 3S (sans entraîneur d'air,  $E/C \leq 0,45$ )
- ciment LA
- enrobage nominal des armatures de précontrainte et des armatures passives selon le tableau ci-avant.

#### **K. 7.1.2. VERIFICATIONS**

Le contrôle des poutres précontraintes préfabriquées est effectué en usine par la D 423 qui doit être prévenue 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 m<sup>3</sup>.  
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 doivent mentionner :

- classe de résistance C 40/50
- classe d'exposition 3S (sans entraîneur d'air,  $E/C \leq 0,45$ )
- ciment LA
- enrobage nominal : 30 mm.

Ces plans indiquent également le repérage des prédalles.

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

### **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**

Les éléments préfabriqués en "L" de soutènement et d'angle sont conformes au [C. 44.3](#).

Les éléments de pertuis sont conformes au [C. 44.4](#).

Les autres éléments sont conformes aux prescriptions fixées par les documents d'adjudication. A défaut de prescriptions fixées aux documents d'adjudication, les prescriptions du [J. 4](#) sont d'application pour les éléments en L et les pertuis.

## **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 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 doit être 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 de l'Administration.

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

#### **K. 7.4.2.1.2. ARMATURES ORDINAIRE 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 PRECONTRAINTE**

Les armatures de précontrainte répondent aux prescriptions du [K. 5.2](#) ou à défaut au document de référence RW 99-C-3.

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.

Les torons sont choisis parmi les suivants :

- par adhérence : torons  $\varnothing$  12.5 (93 mm<sup>2</sup>) - 1860 - R2 ou  $\varnothing$  15.2 (140 mm<sup>2</sup>) - 1860 - R2 ou  $\varnothing$  15.7 (150 mm<sup>2</sup>) - 1860 - R2. Il s'agit de torons "clairs"
- par postcontrainte :  $\varnothing$  15.2 ou 15.7 - 1860 - R2 ("torons clairs" dans des gaines injectées avec coulis de ciment).

Le système de postcontrainte est soumis à l'accord du fonctionnaire dirigeant. Il doit être homologué par la D 423 selon les prescriptions du document de référence RW 99-C-3 et des spécifications techniques ST3 et ST4 du MET - D 423.

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

#### 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. 7.4.2.1.5. POSTCONTRAINTÉ : GAINES, ACCESSOIRES, MISE EN TENSION, COULIS ET INJECTION

Les prescriptions du document de référence RW 99-K-4 intitulé "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 doit justifier 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'usine de préfabrication 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 le fonctionnaire dirigeant.

Le contrôle du ferrailage de la première poutre avant bétonnage 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 doivent être 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 doit être 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.

• 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 l'Administration (D 423).

– 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 doit également protéger la trompette. Il doit avoir 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
- présentant les résistances moyennes minimales suivantes 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 oeuvre 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 RW 99-C-3 "Marchés publics de travaux - Aciers de précontrainte - Réception des aciers - Marque de conformité BENOR" sont d'application
- le document de référence RW 99-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 RW 99-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 doit avoir été préalablement contrôlée.

#### 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 doit être soumis à l'accord préalable de l'administration.

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, seront 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 seront agrippées pendant leur manutention doivent être indiqués sur les plans.

#### **K. 7.4.3. PAIEMENT**

Les documents d'adjudication précisent le mode de paiement.

#### **K. 7.5. HAUBANS**

Les prescriptions sont fixés par les documents d'adjudication.

#### **K. 7.6. OUVRAGES EN BOIS**

Les prescriptions sont fixés par les documents d'adjudication.

#### **K. 7.7. ELEMENTS DE PONT MOBILE**

Les prescriptions sont fixés par les documents d'adjudication.

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

### **K. 8.1. APPUIS EN NEOPRENE FRETTE**

Les prescriptions sont fixés par les documents d'adjudication.

### **K. 8.2. APPUIS SPECIAUX**

Les prescriptions sont fixés par les documents d'adjudication.

### **K. 8.3. JOINT DE DILATATION POUR PONT**

#### **K. 8.3.1. DESCRIPTION**

Dispositif permettant une continuité de la surface de roulement déformable pour s'adapter aux mouvements des deux bords de cette ouverture, 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.

#### **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 RW 99-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 doit rester plane sous les charges de service et les déformations du tablier.

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

##### **K. 8.3.2.2. GEOMETRIE DU JOINT**

L'ouverture entre les deux lèvres du joint est inférieure à 80 mm.

Le joint suit le profil en travers de la route, notamment à la liaison chaussée-trottoir.

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

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

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

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

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

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 (=  $\Delta t$ )

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 doivent être majorées, le cas échéant, des autres facteurs influençant la déformation du pont (retrait, fluage, etc...).

En ce qui concerne les ponts biais il faut mentionner qu'une réserve de capacité de déformation à basse température permet de se prémunir contre un arrachement du profil en néoprène. Ce risque existe en effet du fait de la combinaison des déformations longitudinale et transversale et du fait que le profil durcit à basse température.

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.

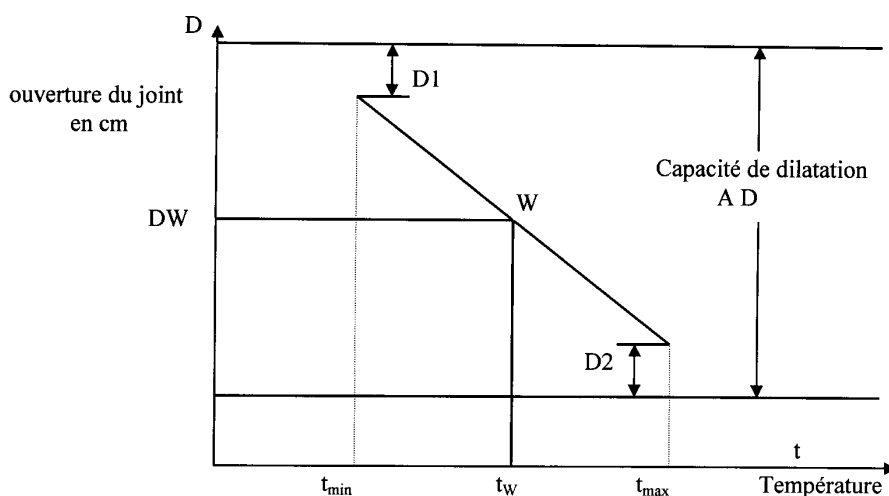


Figure 1

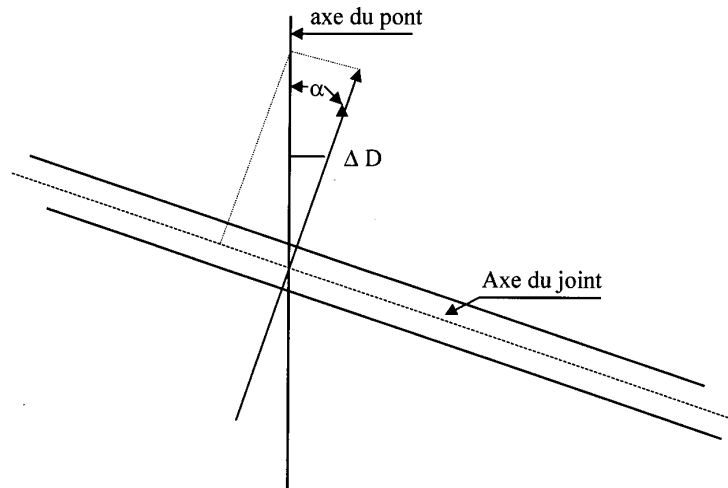


Figure 2

#### 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  $\Delta t$ .

#### 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 un peu plus bas (3 mm) que le profil de la route limitrophe.

Lorsque le joint se compose de plusieurs petits tronçons ( $\pm 3$  m), une tolérance de 3 mm maximum est admise entre les différents tronçons limitrophes.



#### K. 8.3.2.3.3. DISPOSITIFS D'ANCRAGES

Le placement des dispositifs d'ancrage doit tenir 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 (10 cm par exemple) du bord du béton. Les joints sont conçus et dimensionnés en conséquence.

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

Le béton doit avoir 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.

#### K. 8.3.2.5. ETUDE

L'étude d'exécution, à charge de l'adjudicataire, 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. VERIFICATIONS

En ce qui concerne le joint proprement dit, les contrôles sont décrits dans le document de référence RW 99-K-7 "Catalogue évolutif des joints contrôlés".

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

#### **K. 8.3.4. 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 prescriptions 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 doit assurer une protection globale de l'ouvrage (en principe, un tablier de pont); dans ce but, elle doit se raccorder aux joints de structure, aux avaloirs et à tout autre équipement solidaire du support de la zone protégée. Elle doit également être continue jusqu'aux rives de l'ouvrage.

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 faire 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.

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 doit se conformer 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 doit être 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 doit au moins être égal au minimum prévu à l'agrément technique.

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

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 oeuvre :  
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 oeuvre :
  - 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 doit impérativement être 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 oeuvre :  
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 oeuvre 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 OU EN RESINE

- matériau :  
les prescriptions du [C. 46.4](#) sont d'application.
- mise en oeuvre :  
la mise en oeuvre est conforme en tout point à ce qui est décrit dans le dossier 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.

#### 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.

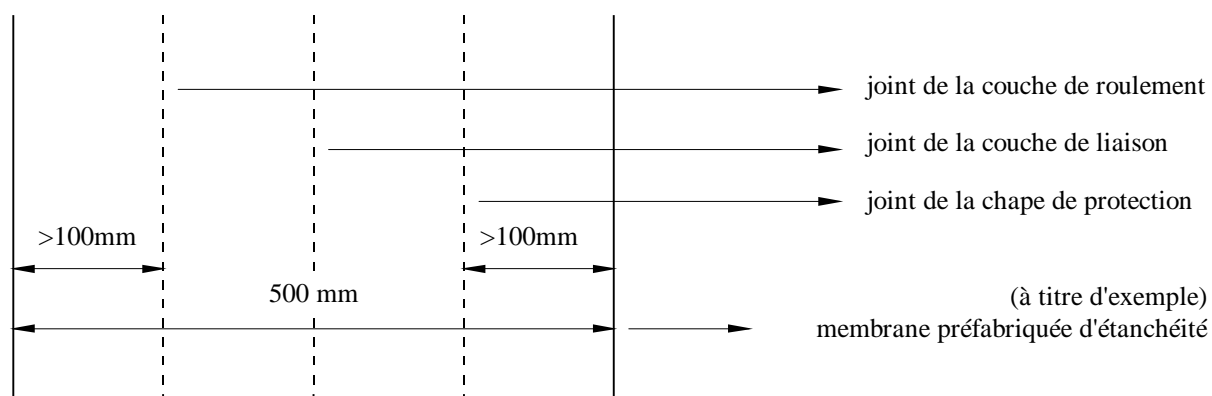
##### K. 9.1.2.4.1.2. Mise en oeuvre

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 oeuvre 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.

#### 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 m<sup>2</sup>, 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 l'Administration. Celle-ci peut cependant réaliser, à ses frais, tout essai de vérification qu'elle 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

Chaque lot est accompagné d'un bordereau précisant la quantité livrée et le ou les numéros de fabrication ainsi que le nom et la qualité du produit et, le cas échéant, le numéro d'agrément, la date et le logo aTg.

Les produits qui ne bénéficient pas de la certification aTg sont soumis aux essais prévus dans le cadre de l'agrément technique, conformément aux dispositions suivantes :

Pour le contrôle après mise en oeuvre, 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.

##### 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 manoeuvres 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 (3 échantillons au droit des jonctions et 3 en dehors). La valeur moyenne mesurée doit être supérieure à 0,4 MPa et aucune valeur individuelle ne peut être inférieure à 0,3 MPa pour une température comprise entre 15° C et 25° C mesurée à la surface de la feuille.

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 manoeuvres 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.

Il est prévu de prélever (avant la pose de la protection et au minimum 48 heures après l'application de la chape) 6 éprouvettes Ø 50 mm (dont au moins une au droit des jonctions éventuelles) qui permettront de mesurer l'adhérence en laboratoire. La valeur moyenne mesurée doit être supérieure à 1 MPa et aucune valeur individuelle ne peut être 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 doit être 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.

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 : m<sup>2</sup>
- chape de protection : m<sup>2</sup>
- busettes ou gargouilles : p.

#### **K. 9.2. REVETEMENT**

Les couches de liaison et la couche de roulement sont conformes aux prescription du [G. 2](#) les concernant.

#### **K. 9.3. EVACUATION DES EAUX**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

#### **K. 9.4. PROTECTION DES BETONS (FONDATION, PAREMENTS)**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.  
A défaut, les prescriptions du [J. 8](#) sont d'application.

### **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. TABLETTES SOUS GARDE-CORPS**

Les tablettes sous garde-corps répondent aux prescriptions du [J. 9](#).

## **K. 10.4. CORNICHES ET VOILES DE PAREMENT**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

## **K. 10.5. PLANCHERS A CLAIRE-VOIE**

Les prescriptions sont fixées aux documents d'adjudication.

## **K. 11. ESSAIS ET EPREUVES DES OUVRAGES D'ART**

### **K. 11.1. EPREUVES DE PONTS**

#### **K. 11.1.1. DESCRIPTION**

Les épreuves des ponts sont effectuées en vue de contrôler le comportement sous surcharges d'un ouvrage d'art après sa construction dans le cadre des contrôles préalables à la réception provisoire des travaux.

#### **K. 11.1.2. CLAUSES TECHNIQUES**

Les épreuves de ponts répondent aux prescriptions de l'annexe au document de référence RW 99-K-8.

#### **K. 11.1.3. VERIFICATIONS**

Les contrôles sont précisés dans le document de référence précité.

#### **K. 11.1.4. PAIEMENT**

Le paiement porte sur l'ensemble des épreuves.

### **K. 11.2. ESSAIS SUR MODELE**

Les prescriptions relatives aux essais statiques, essais dynamiques et essais aérodynamiques sont fixées aux documents d'adjudication.

## **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. GAIN 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 doit se conformer aux prescriptions des normes de la série NBN B 03 ou à défaut des normes européennes de la série 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.

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, 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

La note de calcul est accompagnée de schémas et d'un tableau récapitulatif 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 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.