

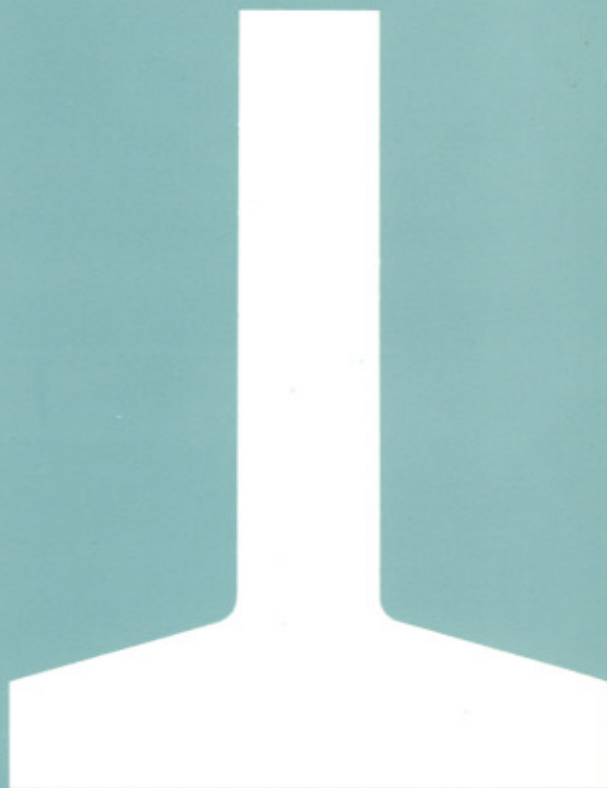
**STANDARDISATION  
DES POUTRES PREFABRIQUEES  
EN BETON PRECONTRAIT  
POUR OUVRAGES D'ART**

3e EDITION - 1985



**STANDAARDISATIE  
VAN GEPREFABRICEERDE  
VOORGESPANNEN BETONLIIGERS  
VOOR KUNSTWERKEN**

3e UITGAVE - 1985



**FeBe**

FEDERATIE VAN DE BETONINDUSTRIE  
FEDERATION DE L'INDUSTRIE DU BETON

**STANDARDISATION  
DES POUTRES PREFABRIQUEES  
EN BETON PRECONTRAIT  
POUR OUVRAGES D'ART**

3e EDITION - 1985

**STANDAARDISATIE  
VAN GEPREFABRICEERDE  
VOORGESPANNEN BETONLIIGERS  
VOOR KUNSTWERKEN**

3e UITGAVE - 1985

*Exemplaire réservé au Ministère des Travaux Publics*

*Exemplaar voorbehouden aan het Ministerie van Openbare Werken*

**Editeur :**

**FEDERATION  
DE L'INDUSTRIE DU BETON**

**Boulevard Aug. Reyers, 207-209  
1040 Bruxelles**

**Uitgever :**

**FEDERATIE VAN DE BETONINDUSTRIE**

**Aug. Reyerslaan, 207-209  
1040 Brussel**

Téléphone (02)735.80.15 Telefoon

## PREFACE A LA 3e EDITION

La 3e édition de la brochure "Standardisation de poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art" fait suite aux deux premières éditions parues en 1967 et 1972.

La Commission qui a établi le présent document, était composée comme suite :

- pour le Ministère des Travaux Publics :

M. MAHIEU, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Bureau des Ponts - 1e Division - Bruxelles

M. DE BUCK, Ingénieur en chef-Directeur, Bureau des Ponts - 1e Division - Bruxelles

M. DEGROS, Ingénieur en Chef-Directeur des Ponts et Chaussées - 1e Division - Bruxelles

M. THONNARD, Ingénieur en Chef-Directeur des Ponts et Chaussées - 2e Division - Section Liège

M. LEDENT, Ingénieur Principal des Ponts et Chaussées - Chef de Service, Bureau des Ponts - 2e Division - Section Liège

M. POLEN, Ingénieur Principal des Ponts et Chaussées, Bureau des Ponts - 2e Division - Section Gand

M. VAN ASSCHE, Ingénieur Principal des Ponts et Chaussées, Bureau des Ponts - 1e Division - Bruxelles

- pour la Société Nationale des Chemins de fer :

M. WINAND, Ingénieur Principal, Direction de la Voie - Bruxelles

M. POLLET, Inspecteur Technique, Direction de la Voie - Bruxelles

- pour la Fédération de l'Industrie du Béton (FeBe) :

Mme BELFROID, Ronveaux S.P.R.L. Ciney

M. DE CAUWER, C.B.R. BETON S.A. Bruxelles

M. DE CLERCQ, Structo N.V. Brugge

Le précité, M. De Clercq, assurait la présidence de la Commission.

M. Onderbeke, ingénieur conseil auprès de la FeBe, était le rapporteur.

## VOORWOORD BIJ DE 3de UITGAVE

Deze 3de uitgave van de brochure "Standaardisatie van geprefabriceerde voorgespannen betonliggers voor kunstwerken" volgt de uitgave van 1967 en 1972 op.

De Kommissie die het onderhavige dokument opgesteld heeft, was als volgt samengesteld :

- voor het Ministerie van Openbare Werken :

de heer MAHIEU, Inspekteur-Generaal van Bruggen en Wegen, Bruggenbureau - 1e Afdeling - Brussel

de heer DE BUCK, Hoofdingenieur-Directeur, Bruggenbureau - 1e Afdeling - Brussel

de heer DEGROS, Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen, Bruggenbureau - 1e Afdeling - Brussel

de heer THONNARD, Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen, 2e Afdeling - Sektie Luik

de heer LEDENT, Eerst aanwezig Ingenieur van Bruggen en Wegen - Hoofd van Dienst, Bruggenbureau - 2e Afdeling - Sektie Luik

de heer POLEN, Eerst aanwezig Ingenieur van Bruggen en Wegen, Bruggenbureau - 2e Afdeling - Sektie Gent

de heer VAN ASSCHE, Eerst aanwezig Ingenieur van Bruggen en Wegen, Bruggenbureau - 1e Afdeling - Brussel

- voor de Nationale Maatschappij van de Belgische Spoorwegen :

de heer WINAND, Eerste Ingenieur, Directie v.d. Baan - Brussel

de heer POLLET, Technisch Inspekteur, Directie v.d. Baan - Brussel

- voor de Federatie van de Betonindustrie (FeBe) :

Mevr. BELFROID, Ronveaux S.P.R.L. Ciney

de heer DE CAUWER, C.B.R. BETON N.V. Brussel

de heer DE CLERCQ, Structo N.V. Brugge

De heer De Clercq, voormeld, nam het voorzitterschap van de Kommissie waar.

De verslaggeving was in handen van de heer Onderbeke, raadgevend ingenieur bij de FeBe.

La présente brochure diffère des précédentes tant au niveau du contenu que de son importance. En effet, les chapitres consacrés au calcul et à la réception des matériaux, entre autres, ont été considérablement étendus.

Les prescriptions relatives aux matériaux, au calcul et à l'exécution sont essentiellement basées sur la série de normes NBN B 15-101 à 104, publiée entre 1976 et 1977; l'on a toutefois tenté de tenir compte dans la mesure du possible, d'évolutions ultérieures en matière de réglementation, tant au niveau national (normes récentes et projets de normes) qu'international (recommandations CEB-FIP 1978).

La sévérité des prescriptions relatives à la réception des matériaux et à la fabrication des poutres, ainsi que la précision des modalités d'exécution décrites en matière de réception garantissent la fourniture de produits de haute qualité.

La Commission souhaite attirer l'attention du lecteur sur le fait que la présente brochure n'exclut en rien les nouveaux développements au niveau des matériaux, de la conception, du calcul et de l'exécution, pour lesquels des réglementations bien précises ne sont pas encore établies. A cet égard, il y a lieu de s'informer auprès des fabricants. La Commission se fait un devoir de suivre ces nouvelles évolutions et de compléter la présente brochure, en temps voulu, à l'aide des prescriptions nécessaires en cette matière.

Zowel wat de inhoud als wat de omvang betreft, verschilt de onderhavige brochure grondig van de voorgaande. Vooral de hoofdstukken die handelen over de berekening en over de keuring van de materialen werden gevoelig uitgebreid.

Alhoewel de materiaal-, berekenings- en uitvoeringsvoorschriften in hoofdzaak gebaseerd zijn op de normenreeks NBN B 15-101 t/m 104, gepubliceerd in de periode 1976-1977, werd in de mate van het mogelijke ook rekening gehouden met latere ontwikkelingen inzake reglementering en dit zowel op nationaal vlak (recente normen en normontwerpen) als op internationaal vlak (CEB-FIP-Aanbevelingen 1978).

De strenge voorschriften inzake de keuring van de materialen en fabricage van de liggers, evenals de nauwkeurig omschreven uitvoeringsmodaliteiten van deze keuring waarborgen de levering van produkten van hoge kwaliteit.

De Kommissie wenst er de aandacht op te vestigen dat deze brochure op het vlak van de materialen, het ontwerp, de berekening en de vervaardiging van de geprefabriceerde spanbetonliggers, geenszins nieuwe ontwikkelingen uitsluit waarvoor nog geen welbepaalde voorschriften voorhanden zijn. In dergelijke gevallen is het evenwel aangewezen de fabrikanten te raadplegen. De Kommissie neemt zich trouwens voor deze nieuwe ontwikkelingen op de voet te volgen en te gepasten tijde de onderhavige brochure met de nodige voorschriften terzake aan te vullen.

## BETON

- NBN B 15-101 (1976) - Béton, béton armé et béton précontraint - Généralités.
- NBN B 15-102 (1976) - Béton, béton armé et béton précontraint - Matériaux.
- NBN B 15-103 (1977) - Béton, béton armé et béton précontraint - Calcul.
- NBN B 15-104 (1976) - Béton, béton armé et béton précontraint - Exécution.
- NBN B 15-209 (1968) + Addendum 1 (1978) - Essais des bétons - Prélèvement d'éprouvettes dans le béton durci.
- NBN B 15-237 (1983) - Essais des bétons - Confection et conservation des éprouvettes.

## ACIER

- NBN A 21-101 (1976) - Produits sidérurgiques - Aciers d'usage courant pour la construction métallique - Nuances et qualités.
- NBN A 24-301 (1978) - Aciers pour béton armé - Barres et fils - Généralités et prescriptions communes.
- NBN A 24-302 (1980) - Aciers pour béton armé - Barres lisses et barres à adhérence améliorée - Fils machine lisses et à nervures.
- NBN A 24-303 (☒) - Aciers pour béton armé - Fils lisses tréfilés et fils à nervures.
- NBN A 24-304 (☒) - Aciers pour béton armé - Treillis soudés.
- NBN I 10-001 (☒☒) - Aciers de précontrainte - Fils, torons et barres - Généralités et prescriptions communes.
- NBN I 10-002 (☒) - Aciers de précontrainte - Fils tréfilés.
- NBN I 10-003 (☒☒) - Aciers de précontrainte - Torons.
- NBN I 10-202 (1980) - Aciers de précontrainte - Essai de relaxation isotherme à température ambiante.

## BETON

- NBN B 15-101 (1976) - Beton, gewapend beton en voorgespannen beton - Algemeenheden.
- NBN B 15-102 (1976) - Beton, gewapend beton en voorgespannen beton - Materialen.
- NBN B 15-103 (1977) - Beton, gewapend beton en voorgespannen beton - Berekening.
- NBN B 15-104 (1976) - Beton, gewapend beton en voorgespannen beton - Uitvoering.
- NBN B 15-209 (1968) + Addendum 1 (1978) - Proeven op beton - Nemen van proefstukken uit verhard beton.
- NBN B 15-237 (1983) - Proeven op beton - Vervaardiging en bewaring van gegoten proefstukken.

## STAAL

- NBN A 21-101 (1976) - IJzer- en staalprodukten - Staal voor courant gebruik in de staalbouw - Soorten en kwaliteiten.
- NBN A 24-301 (1978) - Gewapend-betonstaal - Staven en draden - Algemeenheden en gemeenschappelijke voorschriften.
- NBN A 24-302 (1980) - Gewapend-betonstaal - Gladde staven en staven met verbeterde hechting - Gladde walsdraden en geribde walsdraden.
- NBN A 24-303 (☒) - Gewapend-betonstaal - Getrokken gladde draden en geribde draden.
- NBN A 24-304 (☒) - Gewapend-betonstaal - Gelaste netten.
- NBN I 10-001 (☒☒) - Voorspanstaal - Draden, strengen en staven - Algemeenheden en gemeenschappelijke voorschriften.
- NBN I 10-002 (☒) - Voorspanstaal - Koudgetrokken draad.
- NBN I 10-003 (☒☒) - Voorspanstaal - Strengen.
- NBN I 10-202 (1980) - Voorspanstaal - Isotherme relaxatieproef bij omgevingstemperatuur.

- (☒) Ces normes se trouvent encore au stade de projet. Elles ne peuvent être appliquées sans l'accord préalable du maître de l'ouvrage.
- (☒☒) Ces normes se trouvent encore au stade de projet. Jusqu'à leur publication, les prescriptions des normes NBN 648-1 (Fils) et 648-2 (Torons) sont de vigueur.

- (☒) Deze normen zijn nog in het ontwerpstadium. Zij mogen slechts toegepast worden mits voorafgaandelijk akkoord van de bouwheer.

- (☒☒) Deze normen bevinden zich nog in het ontwerpstadium. Tot aan hun publikatie zijn de voorschriften van de normen NBN 648-1 (Draden) en 648-2 (Strengen) van kracht.

## TABLE DES MATIERES

### 1. OBJET

### 2. PROFILS

#### 2.1. PROFILS STANDARDISES

- 2.1.1. Profils en I
- 2.1.2. Profils en T renversé ( $\perp$ )
- 2.1.3. Remarque

#### 2.2. POUTRES DE RIVE

- 2.2.1. Poutres courantes en I et en T renversé ( $\perp$ )
- 2.2.2. Poutres en I sans bloc d'about à la face extérieure
- 2.2.3. Poutres rectangulaires évidées ou non
- 2.2.4. Remarque

#### 2.3. DIMENSIONS LONGITUDINALES

### 3. PRESCRIPTIONS RELATIVES AU CALCUL

#### 3.1. ACTIONS

- 3.1.1. Valeurs théoriques de l'effort de précontrainte
- 3.1.2. Pertes
- 3.1.3. Evolution de l'effort de précontrainte

#### 3.2. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX A CONSIDERER POUR LE CALCUL

- 3.2.1. Béton
- 3.2.2. Acier

#### 3.3. CONTRAINTES ADMISSIBLES DE BASE DANS LES ARMATURES DE PRECONTRAITE

#### 3.4. PRESCRIPTIONS POUR LE CALCUL AUX ETATS LIMITES

- 3.4.1. Valeurs de calcul
- 3.4.2. Contrôle des sections en flexion
- 3.4.3. Contrôle des sections à l'effort tranchant

#### 3.5. PRESCRIPTIONS POUR LE CALCUL SUIVANT LES HYPOTHESES DE L'ELASTICITE

- 3.5.1. Compression admissible du béton à la flexion
- 3.5.2. Traction admissible du béton à la flexion
- 3.5.3. Contraintes principales de traction

## INHOUDSTAFEL

### 1. ONDERWERP

### 2. PROFIELEN

#### 2.1. STANDAARDPROFIELEN

- 2.1.1. I-profielen
- 2.1.2. Omgekeerde T-profielen ( $\perp$ )
- 2.1.3. Opmerking

#### 2.2. RANDLIGGERS

- 2.2.1. Gewone I- en omgekeerde T-liggers ( $\perp$ )
- 2.2.2. I-liggers zonder eindblok aan de buitenzijde
- 2.2.3. Liggers met rechthoekige al dan niet holle doorsnede
- 2.2.4. Opmerking

#### 2.3. LENGTEAFMETINGEN

### 3. BEREKENINGSVOORSCHRIFTEN

#### 3.1. ACTIES

- 3.1.1. Theoretische waarden van de voorspankracht
- 3.1.2. Verliezen
- 3.1.3. Verloop van de voorspankracht

#### 3.2. AAN TE NEMEN MATERIAALKARAKTERISTIEKEN VOOR DE BEREKENING

- 3.2.1. Beton
- 3.2.2. Staal

#### 3.3. TOELAATBARE BASISSPANNINGEN IN DE VOORSPANWAPENINGEN

#### 3.4. VOORSCHRIFTEN VOOR DE BEREKENING IN DE GRENSTOESTANDEN

- 3.4.1. Rekenwaarden
- 3.4.2. Controle van de doorsnede op buiging
- 3.4.3. Controle van de doorsneden op dwarskracht

#### 3.5. VOORSCHRIFTEN VOOR DE BEREKENING VOLGENS DE ONDERSTELLINGEN VAN DE ELASTICITEIT

- 3.5.1. Toelaatbare buigdrukspanning van het beton
- 3.5.2. Toelaatbare buigtrekspanning
- 3.5.3. Toelaatbare hoofdtrekspanningen

#### 4. DONNEES TECHNOLOGIQUES

- 4.1. POIDS MAXIMUM DES ELEMENTS
- 4.2. EFFORT MAXIMAL DE PRECONTRAINTE EXERCE SUR LES BANCS
- 4.3. RELEVAGE DES TORONS DE PRECONTRAINTE
- 4.4. SUPPRESSION LOCALE DE L'ADHERENCE
- 4.5. DISPOSITION DES TORONS 1/2" DANS LA SECTION COURANTE
- 4.6. NOTE CONCERNANT LES CABLES DE POSTCONTRAINTE
- 4.7. SPECIFICATIONS CONCERNANT LES ARMATURES PASSIVES
  - 4.7.1. Types d'aciers à utiliser
  - 4.7.2. Dispositions de principe des armatures transversales dans la section courante
  - 4.7.3. Armatures longitudinales supérieures
  - 4.7.4. Armatures longitudinales de l'âme
  - 4.7.5. Armatures d'effort tranchant
- 4.8. DISPOSITIONS CONCERNANT LA LIAISON DES POUTRES AUX ENTRETOISES
  - 4.8.1. Eléments de liaison
  - 4.8.2. Liaisons au droit des blocs d'about
  - 4.8.3. Liaisons en travée
  - 4.8.4. Caractéristiques dimensionnelles et de résistance
  - 4.8.5. Remarques générales
- 4.9. BLOCS D'ABOUTS AVEC DECOUPE INFERIEURE
- 4.10. BLOCS D'ABOUT BIAIS
- 4.11. PLACEMENT DES APPAREILS D'APPUI
  - 4.11.1. Appareils d'appui en polychloroprène ou en polytetrafluoréthylène (PTFE)
  - 4.11.2. Appareils d'appui utilisés par la SNCB

#### 5. TOLERANCES DE FABRICATION

- 5.1. REMARQUES GENERALES
- 5.2. TOLERANCES DIMENSIONNELLES
  - 5.2.1. Longueur
  - 5.2.2. Largeur
  - 5.2.3. Hauteur
  - 5.2.4. Epaisseur des semelles
  - 5.2.5. Inclinaison des faces terminales
  - 5.2.6. Surfaces d'appui
  - 5.2.7. Déversement de l'âme par rapport au plan de symétrie vertical

#### 4. TECHNOLOGISCHE GEGEVENS

- 4.1. MAXIMUMGEWICHT VAN DE ELEMENTEN
- 4.2. MAXIMUMSPANKRACHT UITGEOEFEND OP DE SPANBANK
- 4.3. OPBUIGEN VAN DE STRENGEN
- 4.4. PLAATSELIJKE ONDERBREKING VAN DE AANHECHTING
- 4.5. SCHIKKING VAN DE 1/2"-STRENGEN IN DE GEPROFILEERDE SEKTIE
- 4.6. NOTA BETREFFENDE DE NASPANKABELS
- 4.7. BEPALINGEN AANGAANDE DE PASSIEVE WAPENINGEN
  - 4.7.1. Toegelaten staaltypes
  - 4.7.2. Principeschikkingen van de dwarswapeningen in de geprofileerde sectie
  - 4.7.3. Langse bovenwapeningen
  - 4.7.4. Langse lijfwapeningen
  - 4.7.5. Dwarskrachtwapeningen
- 4.8. VERBINDINGSVOORZIENINGEN TUSSEN DE LIGGERS EN DE DWARSLIGGERS
  - 4.8.1. Verbindingselementen
  - 4.8.2. Verbindingen ter plaatse van de eindblokken
  - 4.8.3. Verbindingen in de overspanning
  - 4.8.4. Maat- en sterktekenmerken
  - 4.8.5. Algemene opmerkingen
- 4.9. EINDBLOKKEN MET INSNIJDING ONDERAAN
- 4.10. SCHUINE EINDBLOKKEN
- 4.11. PLAATSING VAN DE OPLEGTOESTELLEN
  - 4.11.1. Oplegtoestellen uit polychloropreen of polytetrafluorethyleen (PTFE)
  - 4.11.2. Oplegtoestellen toegepast bij de NMBS

#### 5. FABRIKAGETOLERANTIES

- 5.1. ALGEMENE OPMERKINGEN
- 5.2. MAATTOLERANTIES
  - 5.2.1. Lengte
  - 5.2.2. Breedte
  - 5.2.3. Hoogte
  - 5.2.4. Dikte van de flenzen
  - 5.2.5. Schuinte van de eindvlakken
  - 5.2.6. Oplegvlakken
  - 5.2.7. Scheluwte van het balklijf t.o.v. het vertikaal symmetrievlak

5.2.8. Emplacement des armatures de précontrainte

### 5.3. TOLERANCES DE FORME

5.3.1. Déformations verticales

5.3.2. Déformations transversales

## 6. PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES

### 6.1. TERMINOLOGIE

### 6.2. CIRCONSTANCES PRELIMINAIRES A L'EXECUTION

6.2.1. Documents d'adjudication et plans d'étude

6.2.2. Plans d'exécution

6.2.3. Prescriptions particulières

### 6.3. IDENTIFICATION DES POUTRES

### 6.4. ATTACHEMENT DES FABRICATIONS

## 7. RECEPTION DES MATERIAUX

### 7.1. ARMATURES DE PRECONTRAINTTE

7.1.1. Réception des torons et fils - Prescriptions générales

7.1.2. Prescriptions particulières aux torons agissant par adhérence et aux armatures de postcontrainte façonnés directement par le fabricant

7.1.3. Prescriptions particulières pour câbles de postcontrainte non façonnés par le fabricant

7.1.4. Conditions de conservation et de manipulation

7.1.5. Gaines - ancrages - ferrailage sous ancrages

### 7.2. ARMATURES PASSIVES

7.2.1. Prescriptions générales

7.2.2. Prescriptions particulières aux dispositifs accessoires du ferrailage

7.2.3. Prescriptions particulières au soudage des armatures

### 7.3. BETON

7.3.1. Composition du béton

7.3.2. Contrôle de qualité du béton

## 8. MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX

### 8.1. ARMATURES DE PRECONTRAINTTE AGISSANT PAR ADHERENCE

8.1.1. Mise en tension

8.1.2. Mise en précontrainte du béton

8.1.3. Protection des extrémités des torons aux abouts des poutres

5.2.8. Plaatsen van de voorspanwapening

### 5.3. VORMAFWIJKINGEN

5.3.1. Vertikale vervormingen

5.3.2. Dwarsvervormingen

## 6. ADMINISTRATIEVE VOORSCHRIFTEN

### 6.1. TERMINOLOGIE

### 6.2. OMSTANDIGHEDEN DIE AAN DE UITVOERING VOORAFGAAN

6.2.1. Aanbestedingsdocumenten en studieplans

6.2.2. Uitvoeringsplans

6.2.3. Bijzondere voorschriften

### 6.3. IDENTIFIKATIE VAN DE LIGGERS

### 6.4. BIJHOUDEN VAN DE FABRIKAGE

## 7. KEURING VAN DE MATERIALEN

### 7.1. VOORSPANWAPENINGEN

7.1.1. Keuring van de strengen en de draden - Algemene voorschriften

7.1.2. Bijzondere voorschriften voor op kleef verankerde strengen en voor naspanwapeningen die door de fabrikant zelf samengesteld worden

7.1.3. Speciale voorschriften voor naspankabels die niet door de fabrikant samengesteld worden

7.1.4. Voorschriften betreffende opslaan en behandelen

7.1.5. Kabelkokers - verankeringen - verankeringswapening

### 7.2. PASSIEVE WAPENINGEN

7.2.1. Algemene voorschriften

7.2.2. Bijzondere voorschriften betreffende de hulpstukken voor de wapeningen

7.2.3. Bijzondere voorschriften betreffende het lassen van de wapeningen

### 7.3. BETON

7.3.1. Betonsamenstelling

7.3.2. Kwaliteitscontrole van het beton

## 8. VERWERKING VAN DE MATERIALEN

### 8.1. VOORSPANWAPENINGEN VERANKERD OP KLEEF

8.1.1. Aanspannen

8.1.2. Voorspannen van het beton

8.1.3. Bescherming van de uiteinden van de strengen aan de eindvlakken van de liggers



## 8.2. ARMATURES DE POSTCONTRAÎNTE

- 8.2.1. Disposition des gaines
- 8.2.2. Mise en tension des câbles
- 8.2.3. Injection

## 8.3. ARMATURES PASSIVES

## 8.4. BETONNAGE ET DECOFFRAGE

## 8.5. DURCISSEMENT ACCELERÉ DU BETON PAR TRAITEMENT THERMIQUE - ETUVAGE

- 8.5.1. Période d'attente (étape 1)
- 8.5.2. Montée en température (étape 2)
- 8.5.3. Maintien à la température maximale (étape 3)
- 8.5.4. Refroidissement (étape 4)
- 8.5.5. Remarques

## 8.6. REPARATION DU BETON

- 8.6.1. Généralités
- 8.6.2. Manque de béton - Irrégularité de surface
- 8.6.3. Fissures
- 8.6.4. Aspect

## 9. MANUTENTION - ENTREPOSAGE - TRANSPORT

x  
x x

## ANNEXES

### Annexe A - Caractéristiques géométriques des profils standards.

- A.1. Profils en forme de I.
- A.2. Profils en forme de T renversé.

### Annexe B - Exemple de programme de contrôle du soudage en croix des armatures passives.

### Annexe C - Contrôle de qualité de béton.

- C.1. Procédure selon le Ministère des Travaux Publics.
- C.2. Procédure selon la Société Nationale des Chemins de Fer Belges.

### Annexe D - Formulaires-modèles pour le contrôle.

- D.1. Fiche de fabrication des poutres.
- D.2. Fiche générale de contrôle des poutres.
- D.3. Fiche de mise en tension d'un câble de postcontrainte.
- D.4. Carte de contrôle du béton.
- D.5. Fiche de mise en tension des torons.
- D.6. Fiche de contrôle des dimensions principales.
- D.7. Fiche de contrôle de la résistance du béton sur cubes.

## 8.2. NASPANWAPENINGEN

- 8.2.1. Schikking van de kabelkokers
- 8.2.2. Het aanspannen van de kabels
- 8.2.3. Injectie

## 8.3. PASSIEVE WAPENINGEN

## 8.4. BETONNEREN EN ONTKISTEN

## 8.5. VERSNELDE VERHARDING VAN HET BETON DOOR TERMISCHE BEHANDELING - STOMEN

- 8.5.1. Wachtijd (stap 1)
- 8.5.2. Temperatuurstijging (stap 2)
- 8.5.3. Behoud van de maximumtemperatuur (stap 3)
- 8.5.4. Afkoeling (stap 4)
- 8.5.5. Opmerkingen

## 8.6. HERSTELLEN VAN HET BETON

- 8.6.1. Algemeenheden
- 8.6.2. Tekort aan beton - Onregelmatigheid van het dagvlak
- 8.6.3. Scheuren
- 8.6.4. Uitzicht

## 9. VERHANDELING - OPSLAG - VERVOER

## BIJLAGEN

### Bijlage A - Geometrische kenmerken van de standaardprofielen.

- A.1. Profielen met I-vorm.
- A.2. Profielen met omgekeerde T-vorm.

### Bijlage B - Voorbeeld van controle-programma van het kruislassen van passieve wapeningen.

### Bijlage C - Kwaliteitscontrole van het beton.

- C.1. Procedure volgens het Ministerie van Openbare Werken.
- C.2. Procedure volgens de Nationale Maatschappij van de Belgische Spoorwegen.

### Bijlage D - Modelformulieren voor de controle.

- D.1. Fabrikagekaart van de liggers.
- D.2. Algemene controlekaart van de liggers.
- D.3. Controlekaart van het aanspannen van een naspankabel.
- D.4. Controlekaart van het beton.
- D.5. Controlekaart van het aanspannen van de strengen.
- D.6. Controlekaart van de hoofdafmetingen.
- D.7. Controlekaart van de betondruksterkte op kubussen.

# STANDARDISATION DES POUTRES PRÉFABRIQUÉES EN BETON PRÉCONTRAIT POUR OUVRAGES D'ART

# STANDAARDISATIE VAN GEPREFABRICEEERDE VOORGESPANNEN BETONLIGGERS VOOR KUNSTWERKEN

## 1. OBJET

Les poutres envisagées ci-après sont des éléments structurels en béton précontraint, préfabriqués en usine et destinés en principe à être mis en oeuvre avec une dalle superposée coopérante pour former le tablier de l'ouvrage.

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 jusqu'au moment de la mise en précontrainte. Cette unité dispose :

- d'installations fixes de mise en tension et de relâchement mécanique progressif des torons;
- de coffrages métalliques équipés de vibreurs latéraux;
- d'une centrale à béton pourvue de dispositifs de dosage et des équipements de transport d'une capacité suffisante;
- d'un équipement de laboratoire convenant au contrôle de la consistance et de la qualité du béton.

L'usine de préfabrication doit faire preuve de son expérience pratique et doit pouvoir présenter les références d'un nombre suffisant d'ouvrages exécutés.

La précontrainte est essentiellement réalisée au moyen de torons de  $\varnothing$  12,5 mm agissant par adhérence. Il est possible d'envisager également une postcontrainte complémentaire au moyen de câbles composés de torons  $\varnothing$  12,5 ou 15,2 mm ou de fils  $\varnothing$  7 mm.

Les dispositions qui suivent ne s'appliquent pas aux poutres en béton léger, ni aux poutres en béton armé partiellement précontraint, ni aux poutres caissons, à l'exception des poutres de rive spécifiées au § 2.2.3.

## 1. ONDERWERP

De hierna behandelde liggers betreffen structurele elementen in voorgespannen beton die in de fabriek worden geprefabriceerd en in principe bestemd zijn om samen met een in het werk opgestorte en meewerkende betonplaat het brugdek te vormen.

Onder een fabriek voor prefabrikage verstaat men een tegen regen, zon en wind beschermde technische eenheid, waarin het te werk gestelde beton en de gebruikte bekistingen een temperatuur hebben van minstens 5°C en het vervaardigd element tegen vorst beschermd wordt tot op het ogenblik van het voorspannen. Deze eenheid omvat :

- vaste installaties voor het aanspannen en het geleidelijk mechanisch lossen van de strengen;
- metalen bekistingen uitgerust met laterale trillers;
- een betoncentrale voorzien van doseerinrichtingen en van transportvoorzieningen met een voldoende capaciteit;
- een laboratoriumuitrusting geschikt voor de controle van de consistentie en de kwaliteit van het beton.

De fabriek voor prefabrikage moet het bewijs leveren van haar praktijkervaring en moet kunnen verwijzen naar een voldoende aantal uitgevoerde werken.

De voorspanning wordt hoofdzakelijk verwezenlijkt door op kleef verankerde strengen van  $\varnothing$  12,5 mm. Het is tevens mogelijk een aanvullende naspanning te voorzien, met kabels samengesteld uit strengen  $\varnothing$  12,5 of 15,2 mm of uit draden  $\varnothing$  7 mm.

De hiernavolgende voorschriften zijn noch van toepassing op liggers in lichtbeton, noch op partieel voorgespannen gewapend-betonliggers, noch op kokerliggers met uitzondering van de randliggers omschreven in § 2.2.3.

Les poutres de caractéristiques différentes de celles définies dans les tableaux de l'annexe A doivent être considérées dans l'état actuel, comme cas d'espèce pour lesquels une consultation des usines de préfabrication est souhaitable.

Les conditions générales de réalisation de la postcontrainte sortent du cadre de la présente standardisation. Certains points particuliers, relatifs à la postcontrainte, sont néanmoins précisés.

## 2. PROFILS

### 2.1. PROFILS STANDARDISES

Deux types de profils sont standardisés (fig. 1) :

#### 2.1.1. Profils en I

Ces profils comportent une semelle inférieure et une semelle supérieure.

Leurs dimensions et caractéristiques sont mentionnées à l'annexe A.

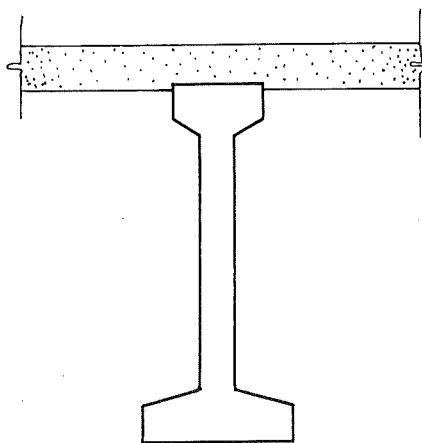
Exceptionnellement l'épaisseur de la semelle supérieure peut être augmentée sans toutefois dépasser 300 mm.

#### 2.1.2. Profils en T renversé ( $\perp$ )

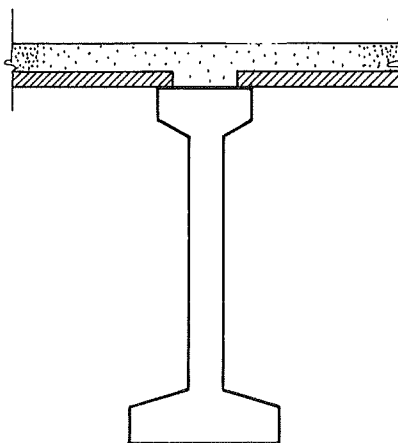
Il s'agit en fait de profils en I (cfr. § 2.1.1.) dont la semelle supérieure est supprimée.

Leurs dimensions et caractéristiques sont mentionnées à l'annexe A.

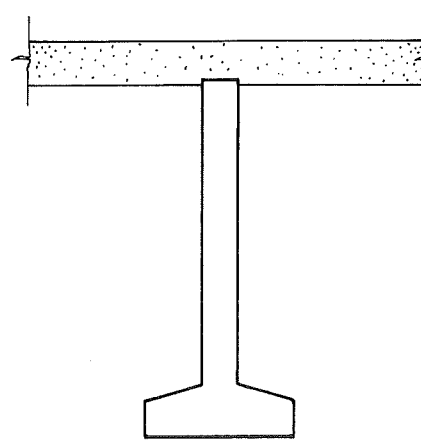
Exceptionnellement toutes les hauteurs intermédiaires peuvent être réalisées en modifiant la hauteur de l'âme.



I - Profil



Profil en I



Omgekeerd T-Profil  
Profil en T-renversé

Fig. 1. - Profils standardisés.

Liggers met andere kenmerken dan die vermeld in de tabellen van bijlage A, dienen momenteel als speciale gevallen beschouwd te worden, waarvoor het wenselijk is de fabrieken voor prefabrikage te raadplegen.

De algemene uitvoeringsvoorwaarden van de naspanning behoren niet tot het terrein van de onderhavige standaardisatie. Sommige bijzondere punten met betrekking tot de naspanning worden niettemin verduidelijkt.

## 2. PROFIELEN

### 2.1. STANDAARDPROFIELEN

Twee profieltypen zijn gestandaardiseerd (fig. 1) :

#### 2.1.1. I-profielen

Deze profielen omvatten een onderflens en een bovenflens.

Hun afmetingen en kenmerken worden aangegeven in bijlage A.

Uitzonderlijk kan de bovenflens verdikt worden zonder evenwel 300 mm te overschrijden.

#### 2.1.2. Omgekeerde T-profielen ( $\perp$ )

Dit zijn feitelijk I-profielen (zie § 2.1.1.) zonder bovenflens.

Hun afmetingen en kenmerken worden aangegeven in bijlage A.

Uitzonderlijk kunnen willekeurige tussenhoogten verwezenlijkt worden door wijziging van de hoogte van het balklijf.

Fig. 1. - Standaardprofielen.

### 2.1.3. Remarque

Les caractéristiques des profils mentionnés dans les tableaux de l'annexe A ne tiennent pas compte de la présence d'armatures passives et actives.

### 2.2. POUTRES DE RIVE

Pour les poutres de rive, plusieurs possibilités sont admises :

#### 2.2.1. Poutres courantes en I et en T renversé (1) (fig. 1)

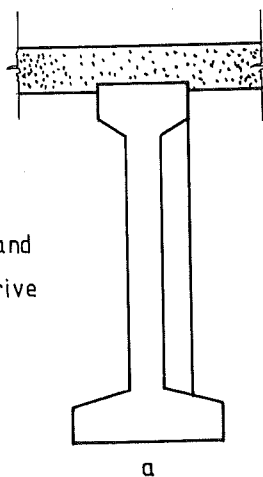
#### 2.2.2. Poutres en I sans bloc d'about à la face extérieure (fig. 2a)

#### 2.2.3. Poutres rectangulaires évidées ou non (fig. 2b et 2c)

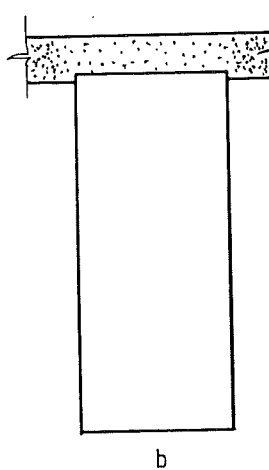
#### 2.2.4. Remarque

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que l'emploi en rive de poutres courantes en I ou en  $\perp$  (§ 2.2.1.) est nettement plus économique que celui des types de poutres de rive spéciaux (§ 2.2.2. et 2.2.3.).

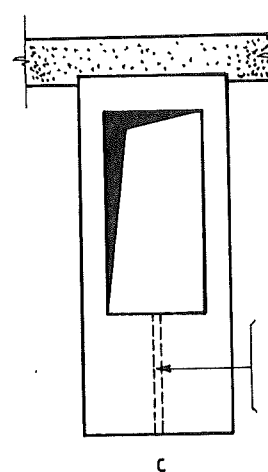
Brugrand  
Côté rive



a



b



verluchting-  
afvoer water  
ventilation -  
évacuation d'eau

Fig. 2. - Profil des poutres de rive spéciaux.

### 2.3. DIMENSIONS LONGITUDINALES

La longueur des poutres varie de 10 à 40 m en fabrication courante; la longueur de la partie de section courante est un multiple de 1 m; le profil en I ou en  $\perp$  y est constant.

La largeur des blocs d'about est en principe celle de la semelle inférieure pour les profils en I de 600 à 640 mm de largeur et pour les profils en  $\perp$ ; elle est égale à celle de la semelle supérieure pour les poutres en I plus larges.

### 2.1.3. Opmerking

De in de tabellen van bijlage A aangegeven kenmerken van de profielen houden geen rekening met de passieve en actieve wapeningen.

### 2.2. RANDLIGGERS

Voor de randliggers zijn verschillende mogelijkheden toegelaten :

#### 2.2.1. Gewone I- en omgekeerde T-liggers (1) (fig. 1)

#### 2.2.2. I-liggers zonder eindblok aan de buitenzijde (fig. 2a)

#### 2.2.3. Liggers met rechthoekige al dan niet holle doorsnede (fig. 2b en 2c)

#### 2.2.4. Opmerking

De gebruiker wordt erop gewezen dat het gebruik van randliggers met gewoon I-profiel of met  $\perp$ -profiel (§ 2.2.1.) veel economischer uitvalt dan dat van bijzondere randliggers (§ 2.2.2. en 2.2.3.).

Fig. 2. - Profiel van de bijzondere randliggers.

### 2.3. LENGTEAFMETINGEN

De lengte van de liggers varieert voor een normale fabricage van 10 tot 40 m; de lengte van de geprofileerde sectie is een veelvoud van 1 m; het I- of  $\perp$ -profiel is er constant.

De breedte van de eindblokken is in principe die van de onderflens voor de I-profielen van 600 tot 640 mm breed en voor de  $\perp$ -profielen; ze is gelijk aan die van de bovenflens voor de bredere I-profielen.

La zone de transition entre la partie de section courante et le bloc d'about a une longueur au moins égale à la différence entre la largeur du bloc d'about et l'épaisseur de l'âme.

En dehors de ces caractéristiques, une consultation des usines de préfabrication s'avère nécessaire au préalable.

### 3. PRESCRIPTIONS RELATIVES AU CALCUL

Les calculs sont effectués selon la norme NBN B 15-103, soit aux états limites soit suivant les hypothèses de l'élasticité selon le choix du maître de l'ouvrage. L'application de cette norme est précisée ci-après.

Dans le cas des ponts-rails les calculs sont toujours effectués suivant les hypothèses de l'élasticité.

#### 3.1. ACTIONS

##### 3.1.1. Valeurs théoriques de l'effort de précontrainte (cfr. aussi § 3.1.3. et fig. 3)

##### 3.1.1.1. Valeur théorique de l'effort de précontrainte appliquée à l'extrémité d'une armature de précontrainte lors de sa mise en tension

- Soit  $P_{ov}$  la valeur théorique de l'effort de précontrainte appliqué à l'extrémité d'une armature de précontrainte lors de sa mise en tension et avant que les pertes dues à l'enfoncement du cône ou le glissement des torons ou des câbles dans l'ancrage se soient produites.

Conformément à la NBN B 15-103, § 4.3.4.3., il faut :

$$P_{ov} \leq A_p \cdot \sigma_{po,max} = P_{o,max}$$

où  $A_p$  = section de l'armature de précontrainte;

$\sigma_{po,max}$  = contrainte admissible de base au cours de la mise en tension (voir § 3.3.).

- Soit  $P_o$  la valeur théorique de l'effort de précontrainte appliqué à l'extrémité d'une armature de précontrainte après blocage de l'armature.

On a :

$$P_o = A_p \cdot \sigma_{po}$$

##### 3.1.1.2. Valeur théorique de l'effort de précontrainte dans une section quelconque directement après la mise en précontrainte du béton

La valeur théorique  $P_o(x)$  de l'effort de précontrainte dans une section quelconque  $x$  immédiatement après le transfert de la précontrainte au béton est égal à :

$$P_o(x) = P_o - \Delta P_o(x)$$

De overgangszone tussen de geprofileerde sectie en het eindblok heeft een lengte die minstens gelijk is aan het verschil tussen de breedte van het eindblok en de dikte van het lijf.

Wanneer van deze kenmerken afgeweken wordt dienen de fabrieken voor prefabrikage vooraf geraadpleegd.

### 3. BEREKENINGSVOORSCHRIFTEN

De berekeningen geschieden volgens de norm NBN B 15-103, hetzij in de grenstoestanden, hetzij volgens de onderstellingen van de elasticiteit naargelang de keuze van de bouwheer. De toepassing van deze norm wordt hierna nader omschreven.

Voor spoorbruggen worden de berekeningen steeds gedaan volgens de onderstellingen van de elasticiteit.

#### 3.1. ACTIES

##### 3.1.1. Theoretische waarden van de voorspankracht (zie ook § 3.1.3. en fig. 3)

##### 3.1.1.1. Theoretische waarde van de voorspankracht uitgeoefend op het uiteinde van een voorspanwapening bij het aanspannen

- Zij  $P_{ov}$  de theoretische waarde van de voorspankracht door de vijzel uitgeoefend op het uiteinde van een voorspanwapening op het ogenblik van het aanspannen en vóór het optreden van de verliezen ten gevolge van de indringing van de conus of het glijden van de strengen of kabels in de verankering.

In overeenstemming met NBN B 15-103, § 4.3.4.3., moet :

waarin  $A_p$  = doorsnede van de voorspanwapening;

$\sigma_{po,max}$  = toelaatbare basisspanning bij het aanspannen (zie § 3.3.).

- Zij  $P_o$  de theoretische waarde van de voorspankracht door de vijzel uitgeoefend op het uiteinde van een voorspanwapening na het blokkeren van de wapening.

Men heeft :

##### 3.1.1.2. Theoretische waarde van de voorspankracht in een willekeurige doorsnede, onmiddellijk na overbrengen van de spankracht op het beton

De theoretische waarde  $P_o(x)$  van de voorspankracht in een willekeurige doorsnede  $x$  na het overbrengen van de voorspankracht op het beton is gelijk aan :

avec  $\Delta P_0(x)$  les pertes initiales définies au § 3.1.3. ci-après.

Conformément à la NBN B 15-103, § 4.3.4.3., il faut :

$$P_0(x) \leq A_p \cdot \sigma_p$$

où  $A_p$  = section de l'armature de précontrainte;

$\sigma_p$  = contrainte admissible de base après le transfert de la précontrainte au béton (voir § 3.3. ci-après).

### 3.1.2. Pertes

#### 3.1.2.1. Perte due à la déformation élastique instantanée du béton

Cette perte peut se calculer comme suit :

$$A_p \times \sigma'_b \times \frac{E_a}{E_b}$$

où  $A_p$  = section de l'armature de précontrainte;

$\sigma'_b$  = contrainte théorique de compression du béton à la hauteur de l'armature de précontrainte, calculée à l'aide de  $P_0(x)$  en combinaison avec le poids propre de la poutre.

$E_b = 5.600 \cdot \sqrt{R'_{w_j}}$  module d'élasticité tangent du béton selon la NBN B 15-102, § 4.1.2.1., où  $R'_{w_j}$  correspond à la résistance moyenne en N/mm<sup>2</sup>, déterminée sur des cubes de chantier de 200 mm de côté au moment de la mise en précontrainte.

Dans ce cas on considère l'effort de précontrainte comme une sollicitation instantanée.

#### 3.1.2.2. Perte due au retrait du béton

Le retrait est calculé selon la NBN B 15-102, § 4.6.1., en prenant  $\xi_c = 27,5 \cdot 10^{-5}$ .

#### 3.1.2.3. Perte due à la relaxation de l'acier de précontrainte

La valeur de la relaxation finale de l'acier de précontrainte est déterminée à partir de la valeur à 1000 heures mentionnée dans la norme NBN I 10-002 pour les fils et dans la NBN I 10-003 pour les torons.

#### 3.1.2.4. Perte due au fluage du béton

Le fluage est déterminé selon la norme NBN B 15-102, § 4.6.3., par laquelle  $\sigma'_b$  est calculée avec  $P_0(x)$ .

#### 3.1.2.5. Perte due à l'étuvage du béton

Etant donné les impositions du § 8.5., il n'y a pas lieu de tenir compte des pertes par étuvage.

met  $\Delta P_0(x)$  de aanvankelijke verliezen gedefinieerd in § 3.1.3. hierna.

In overeenstemming met § 4.3.4.3. van NBN B 15-103, moet :

waarin  $A_p$  = doorsnede van de voorspanwapening;

$\sigma_p$  = toelaatbare basisspanning na het overbrengen van de voorspankracht op het beton (zie § 3.3. hierna).

### 3.1.2. Verliezen

#### 3.1.2.1. Verlies door de ogenblikkelijke elastische vervorming van het beton

Dit verlies kan als volgt berekend worden :

$$\frac{E_a}{E_b}$$

met  $A_p$  = doorsnede van de voorspanwapening;

$\sigma'_b$  = theoretische betondrukspanning ter hoogte van de voorspanwapening, berekend met  $P_0(x)$  in combinatie met het eigengewicht van de ligger.

$E_b = 5600 \cdot \sqrt{R'_{w_j}}$ , tangenselasticiteitsmodulus van het beton volgens NBN B 15-102, § 4.1.2.1., waarin  $R'_{w_j}$  overeenstemt met de gemiddelde druksterkte in N/mm<sup>2</sup>, bepaald op bouwplaatskubussen met 200 mm zijde op het ogenblik van de voorspanning.

Men beschouwt in dit geval de voorspankracht als een ogenblikkelijke belasting.

#### 3.1.2.2. Verlies door krimp van het beton

De krimp wordt berekend volgens NBN B 15-102, § 4.6.1., met  $\xi_c = 27,5 \cdot 10^{-5}$ .

#### 3.1.2.3. Verlies door relaxatie van het voorspanstaal

De waarde van de uiteindelijke relaxatie van het voorspanstaal wordt bepaald uitgaande van de waarde bij 1000 uren vermeld in de norm NBN I 10-002 voor de draden en in de norm NBN I 10-003 voor de strengens.

#### 3.1.2.4. Verlies door kruip van het beton

De kruip wordt bepaald volgens NBN B 15-102, § 4.6.3., waarbij  $\sigma'_b$  berekend wordt met  $P_0(x)$ .

#### 3.1.2.5. Verlies door stomen van het beton

Gezien de voorschriften van § 8.5., dient er geen rekening gehouden te worden met de verliezen door stomen.

### 3.1.2.6. Pertes par frottement

#### 3.1.2.6.1. Pertes par frottement dans les torons déviés

Ces pertes par frottement sont déterminées par le fabricant en fonction de ses propres moyens d'exécution et sous le contrôle de l'organisme de contrôle.

#### 3.1.2.6.2. Pertes par frottement en cas d'utilisation de câbles

Suivant le § 2.6.3. de la NBN B 15-103 les pertes par frottement sont calculées suivant la formule :

$$F = F_0 \cdot e^{-f \cdot \alpha - \mu \cdot x}$$

avec :

$$f = 0,30 \text{ et } \mu = 0,003.$$

#### 3.1.2.7. Dépendance mutuelle des pertes

Si l'on veut tenir compte de la dépendance mutuelle des pertes, il y a lieu d'avoir recours à la formule donnée dans le Model Code CEB-FIP de 1978, § 4.3.4.. A long terme on a :

$$\Delta \sigma_{p,\infty} = \Delta \sigma_{p,r+f,\infty} + \Delta \sigma_{p,rel,\infty} \left(1 - 2 \frac{\Delta \sigma_{p,r+f,\infty}}{\sigma_{po}}\right)$$

$$\text{avec met } \Delta \sigma_{p,r+f,\infty} = E_a \cdot (\xi_{f,\infty} + \xi_{r,\infty})$$

$\xi_{f,\infty}$  = déformation de fluage du béton à partir du moment de mise en précontrainte, calculée selon le § 4.6.3. de la NBN B 15-102. La contrainte du béton est calculée à hauteur du centre de gravité des armatures de précontrainte sous l'influence de la valeur théorique de l'effort de précontrainte persistant et des actions permanentes;

$\xi_{r,\infty}$  = déformation de retrait du béton sous l'influence de retrait non empêché dès le moment de mise en précontrainte et calculée à l'endroit où l'on a calculé  $\xi_{f,\infty}$  ;

$\Delta \sigma_{p,rel,\infty}$  = relaxation pure de l'acier de précontrainte pour une contrainte  $\sigma_{po}$ , correspondant à la valeur théorique de l'effort de précontrainte initial dans la section considérée.

$\sigma_{po}$  : voir § 3.1.1.1.

La formule mentionnée ci-avant ne peut être appliquée aux différentes phases d'exécution. En plus, elle ne peut pas être utilisée pour comparer entre-elles les influences individuelles des pertes de fluage, de retrait et de relaxation.

Notons enfin que  $\Delta \sigma_{p,\infty} \cdot A_p = \Delta P_\infty$  (voir § 3.1.3.).

#### 3.1.2.8. Valeurs forfaitaires des pertes en cas d'utilisation de torons par adhérence

Si l'on ne dispose pas des données nécessaires pour le calcul, l'on peut avoir recours aux valeurs du tableau I.

### 3.1.2.6. Wrijvingsverliezen

#### 3.1.2.6.1. Wrijvingsverliezen in de opgebogen strengren

Deze wrijvingsverliezen worden bepaald door de fabrikant in functie van zijn eigen uitvoeringsmiddelen en onder controle van het keuringsorganisme.

#### 3.1.2.6.2. Wrijvingsverliezen bij het gebruik van kabels

Overeenkomstig § 2.6.3. van NBN B 15-103 volgen de wrijvingsverliezen uit de formule :

$$F = F_0 \cdot e^{-f \cdot \alpha - \mu \cdot x}$$

met :

$$f = 0,30 \text{ en } \mu = 0,003.$$

#### 3.1.2.7. Onderlinge afhankelijkheid van de verliezen

Indien men rekening wenst te houden met de onderlinge afhankelijkheid der verliezen, dient men gebruik te maken van de empirische formule gegeven in de Model Code CEB-FIP van 1978, § 4.3.4.. Uiteindelijk heeft men :

$\xi_{f,\infty}$  = krimpvervorming van het beton vanaf het ogenblik van het onder voorspanning brengen en berekend volgens § 4.6.3. van NBN B 15-102. De betonspanning wordt berekend ter hoogte van het zwaartepunt van de voorspanwapening o.i.v. de theoretische waarde van de blijvende voorspankracht en van de permanente acties;

$\xi_{r,\infty}$  = krimpvervorming van het beton o.i.v. niet verhinderde krimp vanaf het ogenblik van het onder voorspanning brengen, en berekend op de plaats waar men  $\xi_{f,\infty}$  berekent;

$\Delta \sigma_{p,rel,\infty}$  = zuivere relaxatie van het voorspanstaal bij een staalspanning  $\sigma_{po}$  overeenstemmend met de theoretische waarde van de aanvankelijke voorspankracht in de beschouwde sectie.

$\sigma_{po}$  : zie § 3.1.1.1.

Bovenstaande formule kan men niet toepassen op de verschillende uitvoeringsfazen. Daarenboven mag zij niet gebruikt worden om de afzonderlijke invloeden van het krimp-, krimp- en relaxatieverlies met elkaar te vergelijken.

Vermelden we nog dat  $\Delta \sigma_{p,\infty} \cdot A_p = \Delta P_\infty$  (zie § 3.1.3.).

#### 3.1.2.8. Forfaitaire waarden van de verliezen bij gebruik van strengren op kleef

Indien men niet beschikt over de nodige gegevens voor de berekening, kan men de waarden van tabel I gebruiken.

**TABLEAU I** - Pertes de précontrainte en cas d'utilisation de torons par adhérence

**TABEL I** - Voorspanverliezen bij gebruik van strengen op kleef

Aard van de verliezen Nature des pertes	Forfaitaire verliezen in N/mm <sup>2</sup> - Pertes forfaitaires en N/mm <sup>2</sup>			
	Vóór het lossen v.d. strengen Avant le relâchement des torons	Na het lossen v.d. strengen Après le relâchement des torons		Totaal - Total
		Aanvankelijk Initialement	Uiteindelijk A long terme	
Elastische vervorming v.h. beton Déformation élastique du béton	-	90	-	90
Krimp v.h. beton Retrait du béton	20	-	50	70
Kruip v.h. beton Fluage du béton	-	-	180	180
Relaxatie staal Relaxation de l'acier	40	-	40	80
Totaal Total	60	90	270	420

3.1.3. Evolution de l'effort de précontrainte

3.1.3. Verloop van de voorspankracht

3.1.3.1. Expression générale

3.1.3.1. Algemene uitdrukking

La valeur moyenne  $\bar{P}_{m,t}(x)$  de l'effort de précontrainte dans une section quelconque mais bien déterminée  $x$  au moment  $t$ , est donné par l'expression :

De gemiddelde  $\bar{P}_{m,t}(x)$  waarde van de voorspankracht in een willekeurige maar welbepaalde doorsnede  $x$  op een tijdstip  $t$ , wordt gegeven door de uitdrukking :

$$P_{m,t}(x) = P_0 - \left( \Delta P_0(x) + \Delta P_t(x) \right)$$

dans laquelle  $P_0$  = effort de précontrainte théorique selon § 3.1.1.1.;

waarin  $P_0$  = theoretische voorspankracht overeenkomstig § 3.1.1.1.;

$\Delta P_0(x)$  = l'ensemble des pertes jusqu'au moment de la mise en précontrainte du béton;

$\Delta P_0(x)$  = het geheel van de verliezen tot op het ogenblik van het overbrengen van de voorspankracht op het beton;

$\Delta P_t(x)$  = les pertes différées au moment  $t$ .

$\Delta P_t(x)$  = de uitgestelde verliezen op het tijdstip  $t$ .

$P_{m,\infty}(x)$  indique l'effort de précontrainte ultime moyen  $\bar{P}$  au moment  $t = \infty$ .

$P_{m,\infty}(x)$  wordt verder de uiteindelijke gemiddelde  $\bar{P}$  voorspankracht op het tijdstip  $t = \infty$  genoemd.

La formule susmentionnée ne peut être appliquée que dans les cas courants de préfabrication.

Hogervermelde formule is slechts van toepassing in de gangbare gevallen van prefabricage.

☒ Conformément au Model Code CEB-FIP de 1978, § 4.2.2., l'on parle de valeur "moyenne", étant donné qu'il s'agit ici de simples poutres isostatiques à faibles pertes par frottement dans les torons; l'on prend par conséquent la moyenne des valeurs caractéristiques  $P_{ktmax}$  et  $P_{ktmin}$ .

☒ Men spreekt, in overeenstemming met de Model Code CEB-FIP van 1978, § 4.2.2., van "gemiddelde" waarde omdat het hier eenvoudige isostatische liggers betreft met weinig wrijvingsverliezen in de strengen; men neemt bijgevolg het gemiddelde van de karakteristieke waarden  $P_{ktmax}$  en  $P_{ktmin}$ .



### 3.1.3.2. Torons de précontrainte ancrés par adhérence

L'évolution de l'effort de précontrainte dans une section quelconque  $x$ , comme il fut expliqué au § 3.1.3.1., est représentée au diagramme de la fig. 3.

Les pertes  $\Delta P_0(x)$  sont la somme :

- (1) des pertes initiales dues au glissement des torons dans les ancrages;
- (2) de la partie des pertes de retrait et de relaxation se manifestant avant le relâchement des torons;
- (3) de la perte par le raccourcissement élastique instantané du béton lors de la précontrainte.

Les pertes  $\Delta P_t(x)$  sont la somme de :

- la perte par fluage;
- le reste de la perte par retrait;
- le reste de la perte par relaxation.

Par toron droit de 12,5 mm, il faut que :

$$P_{0,max} = 147 \text{ kN}$$

$$P_0 - \Delta P_0(x) \leq 121,1 \text{ kN.}$$

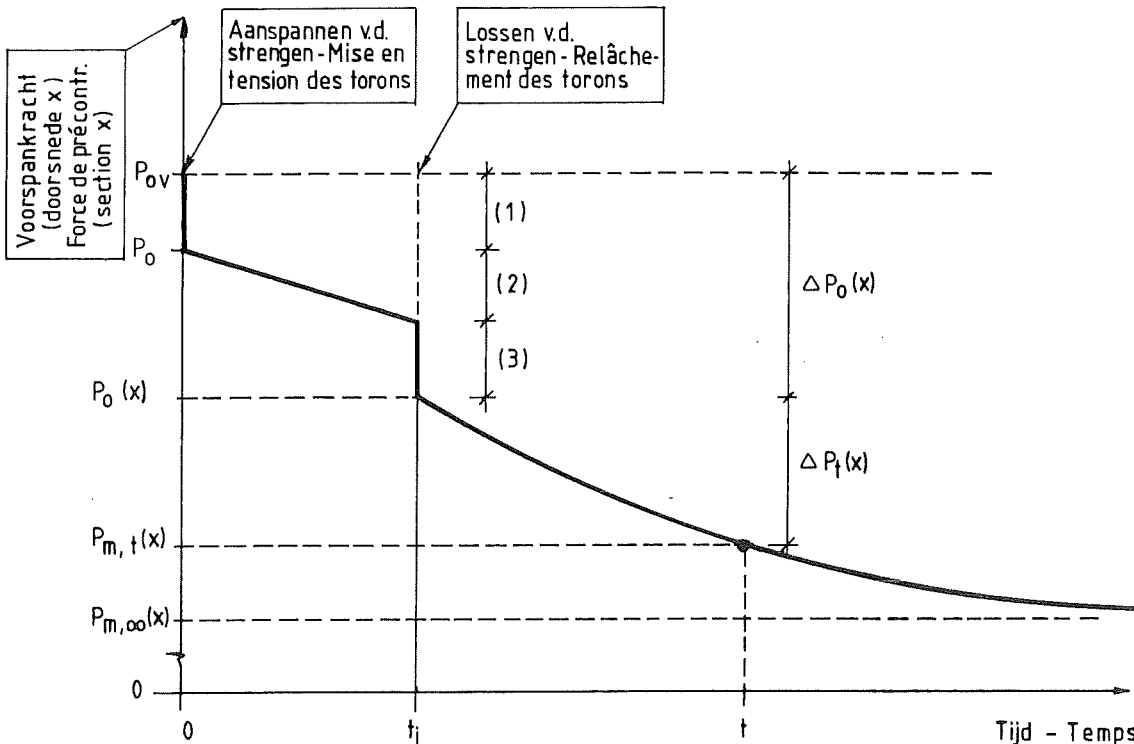


Fig. 3. - Evolution de l'effort de précontrainte dans une section quelconque  $x$ .

### 3.1.3.2. Voorspanstrengen verankerd op kleef

Het verloop van de voorspankracht in een willekeurige doorsnede  $x$ , zoals uiteengezet in § 3.1.3.1., is weergegeven op het diagram van fig. 3.

De verliezen  $\Delta P_0(x)$  zijn de som van :

- (1) de aanvankelijke verliezen te wijten aan het glijden van de strengen in de verankeringen;
- (2) het gedeelte van het krimp- en relaxatieverlies dat optreedt vóór het lossen van de strengen;
- (3) het verlies door de ogenblikkelijke elastische verkorting van het beton bij het voorspannen.

De verliezen  $\Delta P_t(x)$  zijn de som van :

- het kruipverlies;
- de rest van het krimpverlies;
- de rest van het relaxatieverlies.

Per rechte streng van 12,5 mm, geldt :

Fig. 3. - Verloop van de voorspankracht in een willekeurige doorsnede  $x$ .

Pour les torons relevés, l'évolution de l'effort de précontrainte est parallèle à celle indiquée à la fig. 3., mais la valeur de  $P_0 - \Delta P_0(x)$  par toron est limitée comme suit :

$$P_0 - \Delta P_0(x) \leq 112,5 \text{ kN.}$$

On ne tient pas compte des changements de l'effort de précontrainte dus à la déviation des torons. La valeur de l'effort de précontrainte initial dans les torons au vérin devra donc, si nécessaire, être adaptée compte tenu du procédé de mise en tension des torons relevés.

L'on accepte que la perte  $\Delta P_t(x)$  en % des torons relevés est égale à celle des torons droits.

### 3.1.3.3. Câbles de postcontrainte

Il y a lieu de tenir compte des pertes complémentaires dans les torons et/ou les câbles dues aux déformations du béton provoquées par la mise en tension successive des câbles de postcontrainte.

## 3.2. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX A CONSIDERER POUR LE CALCUL

### 3.2.1. Béton

La résistance à la compression  $R'_{wj}$  déterminée à l'aide de cubes de chantier de 200 mm de côté, doit atteindre au moins 40 N/mm<sup>2</sup> lors de la mise en précontrainte des poutres dans l'usine.

La résistance caractéristique  $R'_{wk}$  à 28 jours est de 48,6 N/mm<sup>2</sup>.

Dans le cas d'actions de longue durée (poids propre, actions permanentes, retrait, fluage, relaxation, ...) on utilise le module d'élasticité secant suivant la NBN B 15-102, § 4.1.2.2..

Dans le cas des actions de courte durée (actions mobiles) on utilise le module d'élasticité tangent suivant la NBN B 15-102, § 4.1.2.1..

### 3.2.2. Acier

Les caractéristiques des aciers pour armatures passives se conforment aux prescriptions des normes NBN A 24-301 et -302. Les aciers répondant aux normes A 24-303 et -304 en cours d'élaboration, peuvent être utilisés moyennant l'accord préalable du maître de l'ouvrage.

Les caractéristiques des armatures de précontrainte retenues sont mentionnées dans le tableau II. Ces armatures sont conformes aux normes NBN I 10-001, -002 et -003.

## 3.3. CONTRAINTES ADMISSIBLES DE BASE DANS LES ARMATURES DE PRECONTRAINTTE

Tant aux états limites d'utilisation qu'aux états limites ultimes, conformément à la norme NBN B 15-103, § 4.3.4.3. b), les contraintes admissibles de base sont les suivantes :

Voor opgebogen strengen is het verloop van de voorspankracht parallel aan dat weergegeven op fig. 3., met dien verstande dat de waarde  $P_0 - \Delta P_0(x)$  per streng als volgt begrensd wordt :

Er wordt geen rekening gehouden met de veranderingen van de voorspankracht te wijten aan het opbuigen van de strengen. De waarde van de aanvankelijke voorspankracht in de strengen aan de vijzel moet dus, indien noodzakelijk, aangepast worden om rekening te houden met het procédé van onder spanning brengen van de opgebogen strengen.

Men neemt aan dat het verlies  $\Delta P_t(x)$  in % gelijk is voor rechte en opgebogen strengen.

### 3.1.3.3. Naspankabels

Er dient rekening gehouden te worden met de aanvullende verliezen in de strengen en/of kabels te wijten aan de vervormingen van het beton, veroorzaakt door het opeenvolgend aanspannen van de naspankabels.

## 3.2. AAN TE NEMEN MATERIAALKARAKTERISTIEKEN VOOR DE BEREKENING

### 3.2.1. Beton

De betondruksterkte  $R'_{wj}$  bepaald d.m.v. bouwplaatskubussen met zijde 200 mm, bedraagt minstens 40 N/mm<sup>2</sup>, bij het aanbrengen van de voorspanning op liggers in de fabriek.

De karakteristieke druksterkte  $R'_{wk}$  na 28 dagen bedraagt 48,6 N/mm<sup>2</sup>.

Voor langdurige akties (eigengewicht, permanente akties, krimp, kruip, relaxaties, ...) maakt men gebruik van de secanselastisiteitsmodulus volgens NBN B 15-102, § 4.1.2.2..

Voor kortstondige akties (mobiele akties) maakt men gebruik van de tangenselastisiteitsmodulus volgens NBN B 15-102, § 4.1.2.1..

### 3.2.2. Staal

De kenmerken van het staal voor passieve wapeningen voldoen aan de voorschriften van de normen NBN A 24-301 en -302. Staal dat in overeenstemming is met de normen A 24-303 en -304 die in voorbereiding zijn, zullen mogen aangewend worden mits voorafgaandelijk akkoord van de bouwheer.

De kenmerken van de weerhouden voorspanwapeningen zijn aangegeven in tabel II. Deze wapeningen zijn in overeenstemming met de normen NBN I 10-001, -002 en -003.

## 3.3. TOELAATBARE BASISSPANNINGEN IN DE VOORSPANWAPENINGEN

Zowel in de gebruiksgrenstoestanden als in de bezwijkgrenstoestanden zijn overeenkomstig NBN B 15-103, § 4.3.4.3. b) de toelaatbare basisspanningen in de voorspanwapeningen de volgende :

a) lors de la mise en tension des torons  
( $\varnothing$  12,5 mm) :

$$\sigma_{po,max} = 0,85 R_{ak} = 1581 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{po} = 0,80 R_{ak} = 1488 \text{ N/mm}^2$$

b) lors de la mise en tension des câbles :

- si les câbles ne sont pas remplaçables :

$$\sigma_{po,max} = 0,8 R_{ak}$$

- si les câbles sont remplaçables :

$$\sigma_{po,max} = 0,85 R_{ak}$$

a) bij het aanspannen van de strenggen  
( $\varnothing$  12,5 mm) :

b) bij het aanspannen van de kabels :

- indien de kabels niet vervangbaar zijn :

- indien de kabels vervangbaar zijn :

**TABEAU II** - Caractéristiques des aciers de pré-contrainte

**TABEL II** - Kenmerken van het voorspanstaal

Caractéristiques - Kenmerken	Types d'acier - Staalttype		
	Torons - Strengen (7 fils - 7 draden)		Fils - Draden
- Diamètre nominal - Nominale diameter	12,5 mm (= 1/2")	15,2 mm (= 6/10")	7 mm
- Section nominale - Nominale doorsnede	93 mm <sup>2</sup>	140 mm <sup>2</sup> ( $\otimes$ )	38,5 mm <sup>2</sup> ( $\otimes$ )
- Charge de rupture caractéristique spécifiée - Voorgescreven karakteristieke breuklast	173 kN	260 kN	68,2 kN
- Résistance caractéristique spécifiée à la traction (R <sub>ak</sub> ) - Voorgescreven karakteristieke treksterkte (R <sub>ak</sub> )	1860 N/mm <sup>2</sup>	1860 N/mm <sup>2</sup>	1770 N/mm <sup>2</sup>
- Classe de relaxation - Relaxatieklasse	R 2	R 2	R 1

( $\otimes$ ) pour câbles seulement

( $\otimes$ ) enkel voor kabels

c) directement après la mise en précontrainte de la poutre (relâchement des torons, ancrage des câbles) :

- torons ou câbles droits :

$$\sigma_p = 0,7 R_{ak}$$

- torons ou câbles relevés :

$$\sigma_p = 0,65 R_{ak} \text{ lors du projet;}$$

$$\sigma_p = 0,70 R_{ak} \text{ lors de l'exécution.}$$

c) onmiddellijk na het voorspannen van de ligger (lossen van de strenggen - verankering van de kabels) :

- voor rechte strenggen of kabels :

- voor opgebogen strenggen of kabels :

$$\sigma_p = 0,65 R_{ak} \text{ bij het ontwerp;}$$

$$\sigma_p = 0,70 R_{ak} \text{ bij de uitvoering.}$$

### 3.4. PRESCRIPTIONS POUR LE CALCUL AUX ETATS LIMITES

#### 3.4.1. Valeurs de calcul

Les coefficients de pondération à considérer pour la détermination de la résistance de calcul des matériaux sont les suivants :

a) aux états limites ultime :

- pour l'acier :  $\gamma_a = 1,15$

- pour le béton :  $\gamma_b = 1,4$  (béton rigoureusement dosé et rigoureusement contrôlé).

### 3.4. VOORSCHRIFTEN VOOR DE BEREKENING IN DE GRENSTOESTANDEN

#### 3.4.1. Rekenwaarden

De ponderatiecoëfficiënten ter bepaling van de rekensterkte van de materialen zijn de volgende :

a) in de bezwijktoestanden :

- voor staal :  $\gamma_a = 1,15$

- voor beton :  $\gamma_b = 1,4$  (streng gedoseerd en streng gecontroleerd beton).

b) aux états limites d'utilisation (états limites de décompression, de fissuration, d'ouverture de fissure et de déformation) :

- pour l'acier :  $\gamma_a = 1$
- pour le béton :  $\gamma_b = 1$

### 3.4.2. Contrôle des sections en flexion

#### 3.4.2.1. Classes de contrôle

Lors de l'application du tableau 4 de la NBN B 15-103, traitant du contrôle des sections en flexion, il y a lieu de tenir compte de ce qui suit :

- a) les poutres précontraintes sont considérés comme des "éléments non-protégés"; toutefois, lorsqu'elles se trouvent dans un milieu agressif (à proximité de la mer ou d'une zone industrielle), elles sont à considérer comme des "éléments très exposés".
- b) lors de leur utilisation, les poutres sont étudiées en considérant les prescriptions de la classe de contrôle I (D). Ce n'est qu'au moment de leur mise en précontrainte et dans les phases d'exécution, qu'elles peuvent être étudiées en considérant les prescriptions des classes de contrôle I, II ou III, compte tenu toutefois que l'état limite théorique d'ouverture de fissures n'est pas admis.

#### 3.4.2.2. Diagrammes de calcul contrainte - déformation du béton et de l'acier

- a) Pour le béton on admet le diagramme parabole-rectangle et le diagramme rectangulaire comme il est indiqué dans la norme NBN B 15-103, § 3.4.4.1., point b. 1) et 2).
- b) Pour les aciers de précontrainte (fils  $\varnothing$  7 mm et torons  $\varnothing$  12,5 ou 15,2 mm) et les aciers pour armatures passives, les diagrammes de calcul sont respectivement donnés aux fig. 4 et 5 :

- les diagrammes de calcul de la fig. 4 sont déduits de l'enveloppe inférieure d'un grand nombre de courbes traction-déformation de torons de précontrainte  $\varnothing$  12,5 ou 15,2 mm et de fils  $\varnothing$  7 mm déterminées expérimentalement, par une affinité parallèle à la droite de Hooke dans le rapport  $1/\gamma_a$  (voir § 3.4.1.). L'expression analytique de ce diagramme de calcul est :

☒ dans le cas des fils  $\varnothing$  7 mm :

$$\xi_a^* = \frac{\sigma_a^*}{E_a} \cdot 10^2 + 15 \cdot 10^6 \left[ \left( \frac{1,15 \sigma_a^*}{R_{ak}} \right)^{0,5} - 0,775 \right]^{10} \quad \text{in } \%$$

☒ dans le cas des torons  $\varnothing$  12,5 ou 15,2 mm :

$$\xi_a^* = \frac{\sigma_a^*}{E_a} \cdot 10^2 + 15 \cdot 10^6 \left[ \left( \frac{1,15 \sigma_a^*}{R_{ak}} \right) - 0,77 \right]^{10} \quad \text{in } \%$$

compte tenu que le deuxième terme n'est à prendre en considération du moment qu'il est positif.

- les diagrammes de calcul de la fig. 5 émanent de la norme NBN B 15-102, § 5.1.2. - a) acier naturellement dur, et sont déduites conformément à la NBN B 15-103, § 3.4.4.1. - c).

b) in de gebruiksgrenstoestanden (grenstoestanden van ontspanning, van scheurvorming, van scheuropening en van vervorming) :

- voor staal :  $\gamma_a = 1$
- voor beton :  $\gamma_b = 1$

### 3.4.2. Kontrolle van de doorsnede op buiging

#### 3.4.2.1. Klasseklassen

Bij toepassing van tabel 4 van NBN B 15-103 ter controle van de doorsneden op buiging, dient rekening gehouden met wat volgt :

- a) spanbetonliggers worden beschouwd als "niet-beschermde elementen"; wanneer ze zich evenwel in een agressief milieu bevinden (nabijheid van de zee of van een industriezone) dienen ze aanzien te worden als "sterk blootgestelde elementen".
- b) bij het gebruik worden de liggers bestudeerd rekening houdend met de voorschriften van controleklasse I (D). Het is enkel op het ogenblik van de voorspanning en tijdens de uitvoeringsfazen dat zij mogen bestudeerd worden rekening houdend met de voorschriften van de controleklassen I, II of III, met dien verstande dat de theoretische grenstoestand van scheuropening nooit toegelaten is.

#### 3.4.2.2. Rekendiagrammen spanning - rek van beton en staal

- a) Voor het beton wordt het parabool-rechthoekig diagram en het rechthoekig diagram aanvaard zoals aangegeven in de norm NBN B 15-103, § 3.4.4.1., punten b. 1) en 2).
- b) Voor het voorspanstaal (draden  $\varnothing$  7 mm en strengen  $\varnothing$  12,5 of 15,2 mm) en het staal voor passieve wapeningen, zijn de rekendiagrammen respectievelijk aangegeven in de figuren 4 en 5 :

- de rekendiagrammen van fig. 4 zijn afgeleid van de onderste omhullende van een groot aantal experimenteel bepaalde trek-vervormingskrommen van draden  $\varnothing$  7 mm en strengen 12,5 of 15,2 mm, door een affiniteit, parallel verricht met de rechte van Hooke in de verhouding  $1/\gamma_a$  (zie § 3.4.1.). De analytische uitdrukking van de rekendiagrammen is :

☒ voor de draden  $\varnothing$  7 mm :

$$\xi_a^* = \frac{\sigma_a^*}{E_a} \cdot 10^2 + 15 \cdot 10^6 \left[ \left( \frac{1,15 \sigma_a^*}{R_{ak}} \right)^{0,5} - 0,775 \right]^{10} \quad \text{in } \%$$

☒ voor de strengen  $\varnothing$  12,5 of 15,2 mm :

$$\xi_a^* = \frac{\sigma_a^*}{E_a} \cdot 10^2 + 15 \cdot 10^6 \left[ \left( \frac{1,15 \sigma_a^*}{R_{ak}} \right) - 0,77 \right]^{10} \quad \text{in } \%$$

mits men de tweede term slechts in rekening brengt vanaf het moment dat hij positief is.

- de rekendiagrammen van fig. 5 steunen op de norm NBN B 15-102, § 5.1.2. - a) natuurlijk hard staal, en zijn afgeleid overeenkomstig NBN B 15-103, § 3.4.4.1. - c).

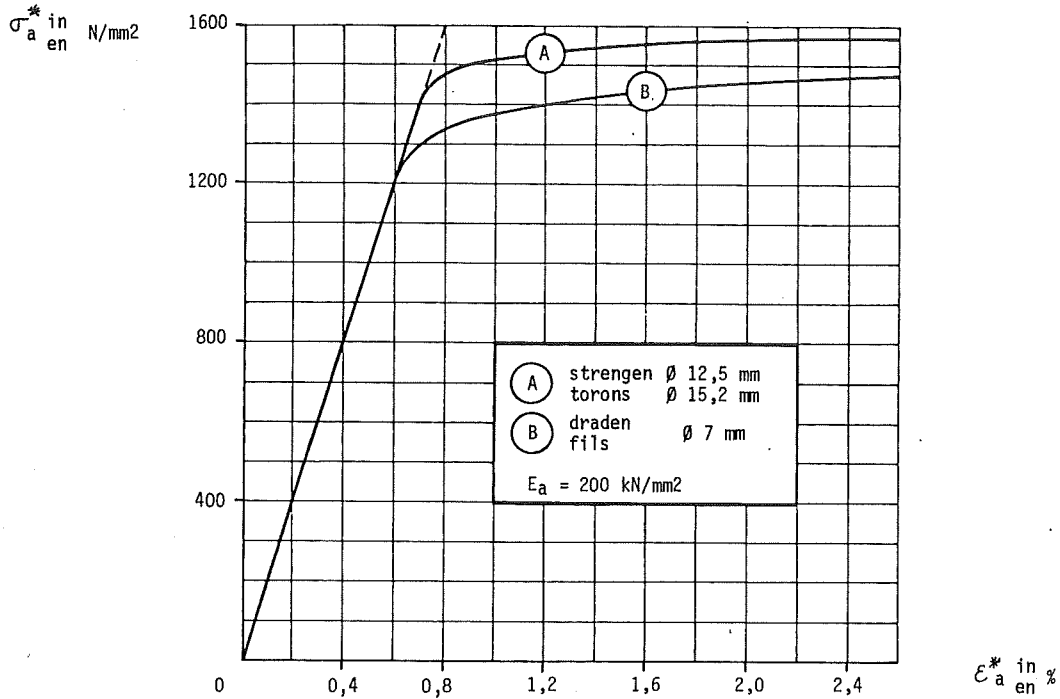


Fig. 4. - Diagramme de calcul des aciers de précontrainte.

Fig. 4. - Rekendiagram van het voorspanstaal.

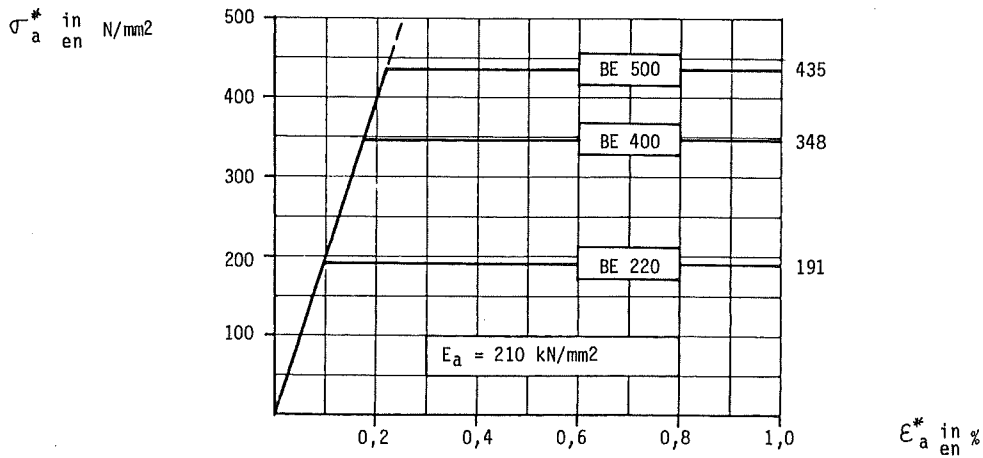


Fig. 5. - Diagramme de calcul des aciers pour armatures passives.

Fig. 5. - Rekendiagram van staal voor passieve wapeningen.

c) L'allongement initial de l'acier de précontrainte à la suite de la mise en tension s'élève à :

$$\epsilon_{po} = \frac{\gamma_p \cdot P_{m,t}(x)}{A_p \cdot E_a} \quad \text{met } \gamma_p = 0,9$$

avec  $P_{m,t}(x)$  défini selon le § 3.1.3.1.

c) De aanvankelijke rek van het voorspanstaal tengevolge van het aanspannen bedraagt :

met  $P_{m,t}(x)$  zoals gedefinieerd in § 3.1.3.1.

### 3.4.2.3. Etats-limites de formation de fissures et de déformation

Les contraintes de traction dans le béton lors de la mise en précontrainte, la manutention et le montage, doivent satisfaire aux spécifications de la NBN B 15-103, § 3.4.6.2. (cas des charges non répétées ou comportement d'un petit nombre de répétitions).

### 3.4.3. Contrôle des sections à l'effort tranchant

- L'acier pour les étriers est du BE 400 S ou BE 500 S à adhérence améliorée.
- Lors de la réduction de l'effort tranchant avec la composante verticale  $Y^*_a$  d'un effort de précontrainte oblique (voir NBN B 15-103, § 3.5.1.2.) l'on prend  $Y^*_a$  égal à la composante transversale de  $Y_{a.Pm,t}(x)$  avec  $\gamma_a = 0,9$  et  $P_{m,t}(x)$  la valeur de l'effort de précontrainte au moment envisagé et dans la section considérée (voir § 3.1.3.).
- Lors de la détermination de l'armature transversale minimale suivant la NBN B 15-103, § 3.5.1.4., l'on prend, à défaut de valeurs expérimentales de  $R_{bk}$ , la valeur suivante :  
 $R_{bk} = 0,64 + 0,05 R'_{wk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ .
- Lors du contrôle du béton selon la NBN B 15-103, § 3.5.1.5., l'on prend, en vue de la détermination de  $\sigma^*_{ch}$ ,  $\sigma^*_{I}$  et  $\sigma^*_{II}$ , pour  $\gamma_p$  dans  $\gamma_{p.P}$ , les valeurs 1 ou 0,9 de façon à obtenir le cas le plus défavorable.

Pour ces calculs l'on prend pour  $b_0$  l'épaisseur totale de l'âme des poutres, réduit de la moitié de la largeur des gaines éventuelles des câbles.

### 3.5. PRESCRIPTIONS POUR LE CALCUL SUIVANT LES HYPOTHESES DE L'ELASTICITE

#### 3.5.1. Compression admissible du béton à la flexion

- La compression admissible du béton à la flexion lors de la mise en service est limitée à :

$$0,37 R'_{wk} = 0,37 \times 48,6 \text{ N/mm}^2 = 18 \text{ N/mm}^2$$

- La compression admissible du béton à la flexion lors de la mise en précontrainte en usine est limitée à :

$$0,50 R'_{wj} = 0,50 \times 40 \text{ N/mm}^2 = 20 \text{ N/mm}^2$$

- La compression admissible du béton à la flexion lors de la postcontrainte sur chantier est limitée à  $0,40 R'_{wj}$  où  $R'_{wj}$  est la qualité du béton dans la zone concernée à l'âge considéré.

Dans des cas exceptionnels, une valeur plus élevée peut être admise de commun accord entre le fabricant et le maître de l'ouvrage et à condition de faire une vérification des déformations.

#### 3.5.2. Traction admissible du béton à la flexion

Pour les ponts routiers la traction du béton à la flexion n'est pas admise sous charge maximale de service. Dans le cas des ponts-rails l'on exige une compression minimale de  $0,5 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.4.2.3. Grenstoestanden van scheurvorming en vormverandering

De trekspanningen in het beton bij het voorspannen, de behandeling en de montage dienen te voldoen aan de bepalingen van NBN B 15-103, § 3.4.6.2. (geval van belastingen die niet of slechts een klein aantal malen herhaald worden).

### 3.4.3. Controle van de doorsneden op dwarskracht

- Het staal voor beugels is BE 400 S of BE 500 S met verbeterde hechting.
- Bij vermindering van de dwarskracht met de verticale component  $Y^*_a$  van een hellende voorspankracht (zie NBN B 15-103, § 3.5.1.2.) neemt men  $Y^*_a$  gelijk aan de dwarscomponent van  $Y_{a.Pm,t}(x)$  met  $\gamma_a = 0,9$  en  $P_{m,t}(x)$  de waarde van de voorspankracht op het vooropgestelde ogenblik en in de beschouwde doorsnede (zie § 3.1.3.).
- Bij het bepalen van de minimale dwarswapening volgens NBN B 15-103, § 3.5.1.4. wordt bij gebrek aan experimentele waarden van  $R_{bk}$ , de volgende waarde genomen :  
 $R_{bk} = 0,64 + 0,05 R'_{wk} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ .
- Bij de controle van het beton volgens NBN B 15-103, § 3.5.1.5., neemt men, ter bepaling van  $\sigma^*_{ch}$ ,  $\sigma^*_{I}$  en  $\sigma^*_{II}$ , voor  $\gamma_p$  in  $\gamma_{p.P}$  de waarden 1 of 0,9 dermate dat men de meest nadelige toestand verkrijgt.

Bij deze berekeningen neemt men voor  $b_0$  de totale lijfbreedte verminderd met de helft van de breedte van de eventuele kabelkanalen.

### 3.5. VOORSCHRIFTEN VOOR DE BEREKENING VOLGENS DE ONDERSTELLINGEN VAN DE ELASTICITEIT

#### 3.5.1. Toelaatbare buigdrukspanning van het beton

- De toelaatbare buigdrukspanning van het beton bij het in gebruik nemen is beperkt tot :

- De toelaatbare buigdrukspanning van het beton bij het voorspannen in de fabriek is beperkt tot :

- De toelaatbare buigdrukspanning van het beton bij naspanning op de bouwplaats is beperkt tot  $0,40 R'_{wj}$  waarbij  $R'_{wj}$  de kwaliteit is van het beton in de beschouwde zone op de betrokken ouderdom.

In uitzonderlijke gevallen mag een hogere waarde toegelaten worden in gemeenschappelijk akkoord tussen de fabrikant en de bouwheer en op voorwaarde dat een nazicht van de vervormingen geschiedt.

#### 3.5.2. Toelaatbare buigtrekspanning

Voor wegbruggen zijn geen buigtrekspanningen in het beton toegelaten onder de maximum gebruikslast. Voor spoorbruggen wordt een minimum drukspanning van  $0,5 \text{ N/mm}^2$  vereist.

Exceptions :

1) Dans les blocs d'about : à condition que toutes les contraintes de traction sont reprises par une armature supplémentaire calculée avec la contrainte admissible normale de  $0,6 R_e$ , on admet pour les fibres extrêmes :

- lors de la précontrainte en usine :

$$0,10 R'_{wj} = 0,10 \times 40 = 4 \text{ N/mm}^2$$

- lors de la postcontrainte sur chantier :

$$0,08 R'_{wj}$$

- lors de la mise en service :

$$0,085 R'_{wk} = 0,085 \times 48,6 = 4,13 \text{ N/mm}^2$$

2) Dans la section courante : dans les zones tendues, qui ne sont pas traversées par des armatures de précontrainte nécessaires à la résistance et à condition de reprendre toutes les contraintes de traction au moyen d'une armature supplémentaire calculée à la contrainte admissible normale  $0,6 R_e$ , on peut admettre comme contraintes de traction :

- à la fibre supérieure lors de la mise en précontrainte :

$$0,05 R'_{wj} = 0,05 \times 40 = 2 \text{ N/mm}^2$$

- à la fibre supérieure sous charge de service :

■ pour ponts routiers :

$$0,04 R'_{wk} = 0,04 \times 48,6 = 2 \text{ N/mm}^2$$

■ pour ponts-rails :

$$0,015 R'_{wk} = 0,015 \times 48,6 = 0,75 \text{ N/mm}^2$$

3.5.3. Contraintes principales de traction

3.5.3.1. Ponts routiers

Les contraintes principales de traction sont limitées aux valeurs mentionnées au § 4.9.4.3. de la NBN B 15-103.

3.5.3.2. Ponts-rails

Dans ce cas les spécifications suivantes sont d'application :

a) lors de la mise en précontrainte :

Les prescriptions de la NBN B 15-103, § 4.9.4.3. sont d'application.

b) sous actions de service :

- sans armature transversale calculée :

$$\sigma_I \leq 0,01 R'_{wk} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

- avec armature transversale calculée à  $0,9 R_e$  :

$$0,01 R'_{wk} < \sigma_I \leq 0,0175 R'_{wk} = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

Uitzonderingen :

1) In de eindblokken : op voorwaarde dat alle trekspanningen opgenomen worden door een aanvullende wapening, berekend met de normale toelaatbare spanning  $0,6 R_e$ , mag voor de uiterste vezels aangenomen worden :

- bij het voorspannen in de fabriek :

- bij het naspannen op de bouwplaats :

- bij het in gebruik stellen :

2) In het geprofileerde deel : in de getrokken zones waar geen voorspanwapening aanwezig is, nodig voor de weerstand, mogen de trekspanningen, indien ze volledig opgenomen worden d.m.v. een aanvullende wapening berekend op basis van de normale toelaatbare spanning  $0,6 R_e$ , volgende waarden aannemen :

- in de bovenste vezel bij het onder voorspanning brengen :

- in de bovenste vezel onder gebruikslast :

■ voor wegbruggen :

■ voor spoorbruggen :

3.5.3. Toelaatbare hoofdtrekspanningen

3.5.3.1. Wegbruggen

De hoofdtrekspanningen worden beperkt tot de waarden vermeld in § 4.9.4.3. van de norm NBN B 15-103.

3.5.3.2. Spoorbruggen

In dit geval gelden de volgende bepalingen :

a) bij voorspanning :

De voorschriften van de norm NBN B 15-103, § 4.9.4.3. zijn toepasselijk.

b) onder gebruiksakties :

- zonder berekende dwarswapening :

- avec armature transversale calculée à  $0,6 R_e$  :

- met dwarswapening berekend aan  $0,6 R_e$  :

$$0,0175 R'_{wk} < \sigma_I \leq 0,0250 R'_{wk} = 1,22 \text{ N/mm}^2$$

## 4. DONNEES TECHNOLOGIQUES

### 4.1. POIDS MAXIMUM DES ELEMENTS

Le poids est limité, pour la fabrication courante, à 60 t. Dans certains cas et après consultation du fabricant, le poids peut être augmenté jusqu'à 75 t.

### 4.2. EFFORT MAXIMAL DE PRECONTRAINTTE EXERCE SUR LES BANCs

Lors de la mise en tension des torons, l'effort maximal de précontrainte exercé sur les bancs (précontrainte par adhérence) est limité à 6500 kN dans les cas courants. Si l'effort envisagé est supérieur à cette valeur, une consultation du fabricant s'avère nécessaire. La possibilité maximale est de 8000 kN.

### 4.3. RELEVAGE DES TORONS DE PRECONTRAINTTE

- L'effort maximal de relevage est de 100 kN pour les cas courants. Exceptionnellement et après consultation du fabricant, cet effort peut être augmenté jusqu'à 140 kN.
- La pente de relevage maximale est de 5 %. Pour des pentes envisagées supérieures à cette valeur, une consultation du fabricant s'avère nécessaire.
- Le relevage n'est pas envisagé si la longueur des poutres est inférieure à 12 m.
- L'entre-distance courante des points de relevage est de :
  - 2 m pour des poutres de 16 à 18 m ;
  - 4 m pour des poutres de 18 à 24 m ;
  - 6 m pour des poutres de 24 à 30 m ;
  - 8 m pour des poutres de 30 à 36 m.

L'entre-distance des points de relevage utilisés par la SNCB est de :

- 4 m pour des poutres de 12 à 18 m ;
- 6 m pour des poutres de 18 à 24 m ;
- 8 m pour des poutres de 24 m et au-delà.

Ces entre-distances sont à respecter par le fabricant à 0,50 m près, à condition de vérifier si les contraintes maximales autorisées sont respectées.

- Les pièces de déviation incorporées dans les poutres ne peuvent causer des entailles dans les torons, ni créer des interruptions transversales importantes dans la section du béton.

Ces pièces de déviation sont conçues de telle sorte que leur effet sur les torons répond aux exigences suivantes :

- ☒ la charge de rupture du toron relevé est supérieure ou égale à 95 % de sa charge de rupture réelle ;
- ☒ l'allongement total du toron relevé sous la charge maximale est supérieur ou égal à 2 %.

## 4. TECHNOLOGISCHE GEGEVENS

### 4.1. MAXIMUMGEWICHT VAN DE ELEMENTEN

Bij de normale produktie wordt het gewicht beperkt tot 60 t. In bepaalde gevallen kan, na overleg met de fabrikant, het gewicht tot 75 t. verhoogd worden.

### 4.2. MAXIMUMSPANKRACHT UITGEOEFEND OP DE SPANBANK

Bij het aanspannen van de strengen is, bij normale fabricage, de spankracht uitgeoefend op de spanbank (voorspanning door aanhechting) beperkt tot 6500 kN. Indien een grotere spankracht gewenst is, dient dit vooraf met de fabrikant besproken te worden. Het mogelijke maximum is 8000 kN.

### 4.3. OPBUIGEN VAN DE STRENGEN

- De maximum opbuigkracht is 100 kN in gewone gevallen. Uitzonderlijk en na overleg met de fabrikant, kan deze kracht tot 140 kN verhoogd worden.
- De opbuighelling is beperkt tot 5 %. Indien hellingen groter dan deze waarde voorzien worden, dient de fabrikant geraadpleegd te worden.
- De opbuiging is niet voorzien wanneer de ligterlengte kleiner is dan 12 m.
- De gebruikelijke afstand tussen de opbuigpunten bedraagt :
  - 2 m voor liggers van 16 tot 18 m ;
  - 4 m voor liggers van 18 tot 24 m ;
  - 6 m voor liggers van 24 tot 30 m ;
  - 8 m voor liggers van 30 tot 36 m.

De afstand tussen de opbuigpunten toegepast bij de NMBS bedraagt :

- 4 m voor liggers van 12 tot 18 m ;
- 6 m voor liggers van 18 tot 24 m ;
- 8 m voor liggers van 24 m en langer.

Deze tussenafstanden dienen door de fabrikant op 0,50 m nauwkeurig gerespekteerd te worden, op voorwaarde de maximaal toelaatbare spanningen te controleren.

- De in de liggers ingebetonnerde opbuigtoestellen mogen geen kerven veroorzaken in de strengen noch belangrijke dwarse onderbrekingen van de betondoorsnede met zich meebrengen.

Deze opbuigtoestellen dienen dusdanig ontworpen te zijn dat hun effect op de strengen aan de volgende eisen voldoet :

- ☒ de breuklast van de opgebogen streng is tenminste gelijk aan 95 % van de werkelijke breuklast ;
- ☒ de totale verlenging onder maximumlast van de opgebogen streng is tenminste gelijk aan 2 %.



Ces exigences sont contrôlées par une série de trois essais de traction réalisés avec les torons et les pièces de déviation effectivement utilisées dans la poutre et avec la pente maximum de relevage réalisée.

Au cours de l'essai le diagramme contrainte-déformation est enregistré jusqu'à rupture. Chacun des trois essais doit donner satisfaction.

Toute modification dans les caractéristiques tant dimensionnelles (rayon de courbure, pente de relevage, ...) que de qualité d'acier des pièces de relevage nécessite un nouveau contrôle.

De nouveaux essais sont également nécessaires en cas de changement de fournisseur de torons. Il en est de même en cas de modification d'une des caractéristiques de qualité des torons provenant d'un même fournisseur, voire du mode de fabrication.

- Après libération des pièces de relevage, le vide à la face inférieure des poutres doit être bourré à l'aide d'un mortier sans retrait.

L'épaisseur minimale de l'enrobage de béton d'une pièce métallique quelconque, est de 15 mm.

Deze eisen worden nagegaan door een reeks van drie trekproeven uitgevoerd met de werkelijk in de ligger gebruikte strengen en opbuigtoestellen en met de grootste verwezenlijkste opbuighelling.

Tijdens de proef wordt het diagram spanning-vervorming opgenomen tot de breuk. Elk van de drie proeven moet voldoen.

Elke wijziging van de dimensionele kenmerken (krommingsdiameter, opbuighelling, ...) of van de staalkwaliteit van de opbuigtoestellen vereist een nieuwe controle.

Nieuwe proeven zijn eveneens noodzakelijk bij verandering van leverancier van de strengen. Dit is ook het geval bij wijziging van één van de kwaliteitskenmerken of van de wijze van fabricage van de strengen die van éénzelfde leverancier komen.

- Na het vrijmaken van de opbuigtoestellen moet de uitsparing van de onderzijde van de balken opgevuld worden met krimpvrije mortel.

De minimumdikte van de betondekking op om het even welk metalen stuk bedraagt 15 mm.

#### 4.4. SUPPRESSION LOCALE DE L'ADHERENCE

L'adhérence des torons droits peut être localement interrompue par un procédé préalablement agréé par le maître de l'ouvrage.

#### 4.5. DISPOSITION DES TORONS 1/2" DANS LA SECTION COURANTE (fig. 6)

L'entre-distance verticale et horizontale des axes des torons est de 40 mm ou un multiple entier de cette valeur.

Les distances minimales de l'axe des torons aux faces extérieures sont les suivantes (fig. 6) :

- 1) face inférieure de la semelle inférieure : 50 mm;
- 2) face supérieure de la semelle supérieure : 40 mm;
- 3) faces latérales des semelles : 50 mm;
- 4) faces de l'âme : 40 mm
- 5) faces inclinées de la semelle inférieure : 50 mm;
- 6) faces inclinées de la semelle supérieure : 40 mm;
- 7) au droit des évidements provisoires dans l'âme : 20 mm.

Les valeurs  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  et  $n_4$  indiquées sur la fig. 6 sont des nombres entiers.

#### 4.4. PLAATSELIJKE ONDERBREKING VAN DE AANHECHTING

De aanhechting van de rechte strengen mag plaatselijk onderbroken worden door een methode die vooraf door de bouwheer aanvaard wordt.

#### 4.5. SCHIKKING VAN DE 1/2"-STRENGEN IN DE GEPROFILEERDE SEKTIE (fig. 6)

De verticale en horizontale afstand tussen de strengen as op as gemeten bedraagt 40 mm of een geheel veelvoud van deze waarde.

De minimumafstanden tussen de as van een streng en een buitenoppervlak zijn de volgende (fig. 6):

- 1) ondervlak van de onderflens : 50 mm;
- 2) bovenvlak van de bovenflens : 40 mm;
- 3) zijvlakken van de flenzen : 50 mm;
- 4) zijvlakken van het lijf : 40 mm;
- 5) afschuiningen van de onderflens : 50 mm;
- 6) afschuiningen van de bovenflens : 40 mm;
- 7) ter plaatse van de voorlopige uitsparingen in het lijf : 20 mm.

De waarden  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  en  $n_4$  aangeduid in fig. 6 zijn gehele getallen.

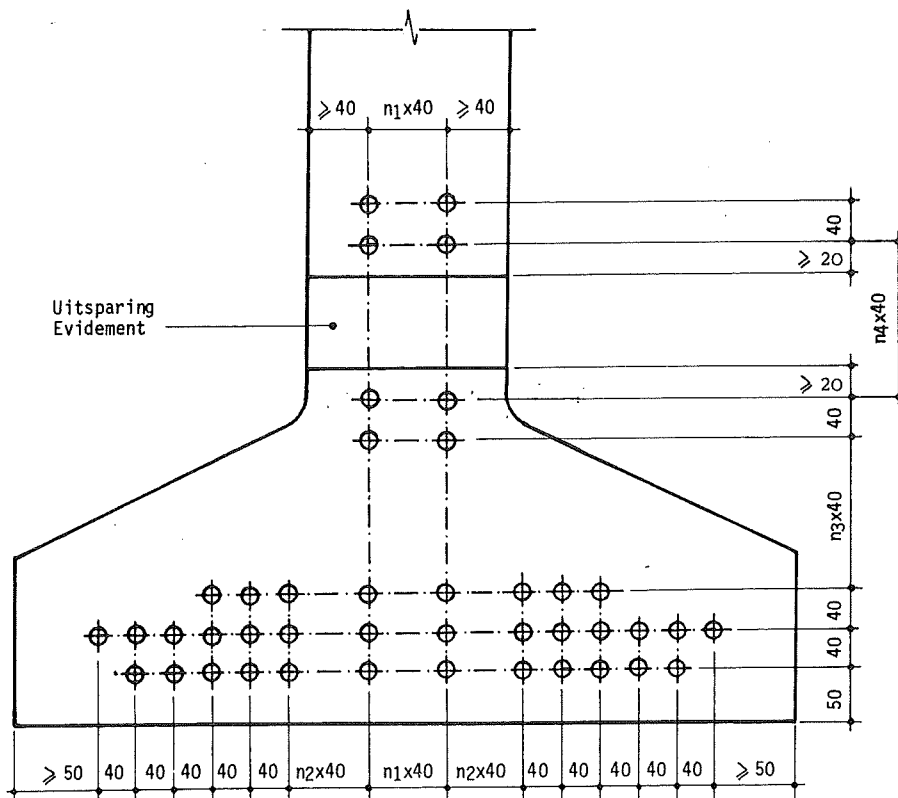


Fig. 6. - Disposition des torons dans une section profilée. (dimensions en mm)

Fig. 6. - Schikking van de strengen in een geprofileerde doorsnede. (afmetingen in mm)

#### 4.6. NOTE CONCERNANT LES CABLES DE POSTCONTRAINTE

Il s'avère économique de limiter dans la mesure du possible le nombre de câbles de postcontrainte, afin d'éviter les interventions ultérieures de mise en tension et d'injection, soit en usine, soit sur chantier.

Les câbles qui ne peuvent être tendus durant la même phase, ne peuvent se toucher. Une épaisseur de béton d'au moins 30 mm entre les gaines est recommandée.

L'épaisseur de l'âme doit assurer au moins un enrobage de 50 mm des gaines de postcontrainte.

#### 4.7. SPECIFICATIONS CONCERNANT LES ARMATURES PASSIVES

##### 4.7.1. Types d'aciers à utiliser

Les types d'aciers à utiliser sont :

- aciers lisses : classe BE 220 S avec diamètres 6, 8, 10, 12 et 14 mm;
- aciers à adhérence améliorée :
  - classe BE 400 S avec diamètres 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25 et 32 mm;
  - classe BE 500 S avec diamètres 6, 8, 10 et 12 mm;
- fils moyennant l'accord du maître de l'ouvrage et de l'organisme de contrôle.

#### 4.6. NOTA BETREFFENDE DE NASPANKABELS

Het is economischer het aantal naspankabels, indien mogelijk, te beperken om de latere bijkomende bewerkingen zoals naspennen en injecteren, hetzij in de fabriek, hetzij op de bouwplaats, zoveel mogelijk te vermijden.

Kabels die niet tijdens dezelfde fase kunnen aangespannen worden, mogen elkaar niet raken. Een betondekking van minstens 30 mm tussen de kabelkokers is aanbevolen.

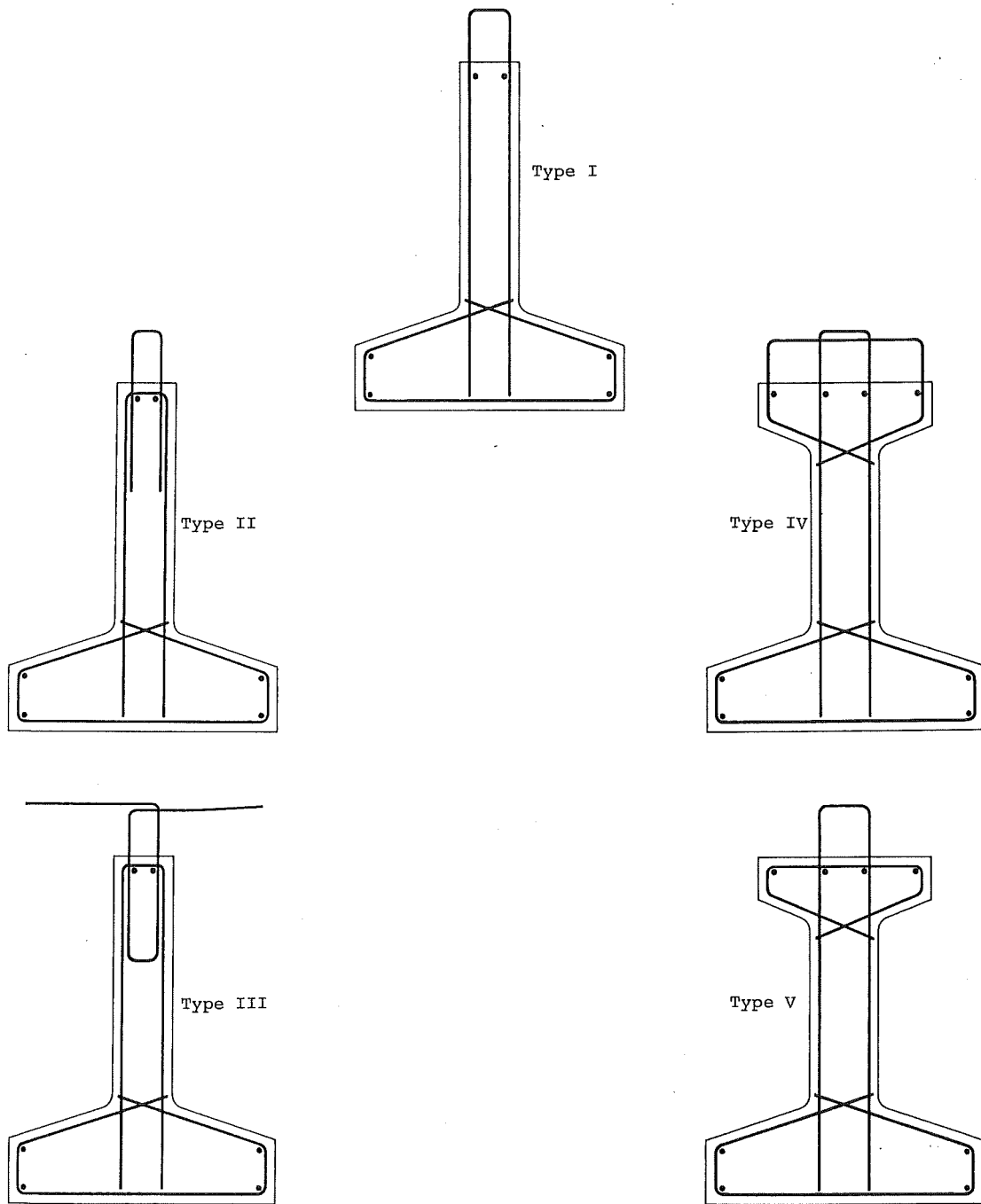
De lijfdikte moet tenminste een betondekking van 50 mm op de naspankokers verzekeren.

#### 4.7. BEPALINGEN AANGAANDE DE PASSIEVE WAPENINGEN

##### 4.7.1. Toegelaten staaltypes

De toegelaten staaltypes zijn :

- glad staal : klasse BE 220 S met diameters 6, 8, 10, 12 en 14 mm;
- staal met verbeterde hechting :
  - klasse BE 400 S met diameters 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25 en 32 mm;
  - klasse BE 500 S met diameters 6, 8, 10 en 12 mm;
- draden mits het akkoord van de bouwheer en van het controle-organisme.



Remarques :

1. Les étriers en acier lisse sont munis des crochets réglementaires.
2. Pour les étriers d'âme en acier à adhérence améliorée il y a lieu de vérifier si la longueur d'ancrage dans la semelle inférieure est suffisante.

Fig. 7. - Dispositions de principe des armatures transversales dans la section courante.

Opmerkingen :

1. De beugels van glad staal dienen voorzien te worden van de reglementaire haken.
2. Voor de beugels van het lijf in staal met verbeterde aanhechting dient nagezien te worden of de verankeringslengte in de onderflens voldoende groot is.

Fig. 7. - Principeschikkingen van de dwarswapeningen in de geprofileerde sèctie.

#### 4.7.2. Dispositions de principe des armatures transversales dans la section courante

Les dispositions de principe des armatures transversales sont les 5 types selon la fig. 7.

Le type III n'est d'application que dans le cas où l'entre-distance des poutres d'axe en axe est supérieure à 2.00 m.

#### 4.7.3. Armatures longitudinales supérieures

Les armatures longitudinales supérieures sont calculées en considérant les opérations de mise en tension et de manipulation des poutres.

En l'absence de données précises relatives à ces opérations et quand l'épaisseur de la semelle supérieure est au moins égale au double de l'âme (risque de fissures de retrait), il y a lieu de prévoir pour ces armatures une section minimale qui est la plus grande des valeurs suivantes :

- 0,2 % de la section transversale de la poutre;
- 0,5 % de la section tendue de la poutre.

Toutefois la section minimale absolue à appliquer ne peut être inférieure à 200 mm<sup>2</sup>.

#### 4.7.4. Armatures longitudinales de l'âme

La section minimale des armatures longitudinales de l'âme consiste en des barres technologiques d'un diamètre de 8 mm tous les 350 mm, complémentaires à celles mentionnées au § 4.7.3..

#### 4.7.5. Armatures d'effort tranchant

La section minimale des armatures à l'effort tranchant consiste en des étriers technologiques d'un diamètre de 8 mm tous les 250 mm.

### 4.8. DISPOSITIONS CONCERNANT LA LIAISON DES POUTRES AUX ENTRETOISES

#### 4.8.1. Eléments de liaison

Les différents éléments de liaison sont (fig. 8 et 9) :

- les douilles filetées;
- les barres filetées extérieures (2) aux poutres, à visser dans les douilles et destinées à reprendre l'effort des armatures des entretoises (1);
- les barres filetées (3), (4), (5) et (6) intérieures aux poutres et servant à la liaison entre les douilles situées sur deux faces opposées des poutres ou à leur ancrage dans le cas de douilles situées sur une face seulement.

**Remarque :** Dans le cas où les documents d'adjudication le précisent, les barres filetées extérieures aux poutres sont à livrer par le fabricant des poutres.

#### 4.8.2. Liaisons au droit des blocs d'about

La fig. 8 schématise les dispositions retenues.

#### 4.7.2. Principeschikkingen van de dwarswapeningen in de geprofileerde sekte

De principeschikkingen van de dwarswapeningen betreffen de 5 types weergegeven op fig. 7.

Het type III is enkel van toepassing indien de afstand tussen de liggers as op as groter is dan 2.00 m.

#### 4.7.3. Langse bovenwapeningen

Bij de berekening van de langse bovenwapeningen wordt rekening gehouden met het onder voorspanning brengen en het verhandelen van de liggers.

Bij gebrek aan nauwkeurige gegevens met betrekking tot deze werkzaamheden en indien de dikte van de bovenflens minstens gelijk is aan het dubbele van de lijfdikte (kans op krimpscheuren), dient er voor deze wapeningen een minimumdoorsnede voorzien te worden gelijk aan de grootste van de volgende waarden :

- 0,2 % van de dwarsdoorsnede van de ligger;
- 0,5 % van de getrokken doorsnede van de ligger.

In geen geval mag de absolute minimumdoorsnede kleiner zijn dan 200 mm<sup>2</sup>.

#### 4.7.4. Langse lijfwapeningen

De minimumdoorsnede van de langse lijfwapeningen bestaat uit konstruktie-staven met een diameter van 8 mm alle 350 mm, in aanvulling van die vermeld in § 4.7.3..

#### 4.7.5. Dwarskrachtwapeningen

De minimumdoorsnede van de dwarskrachtwapeningen bestaat uit konstruktie-beugels met een diameter van 8 mm alle 250 mm.

### 4.8. VERBINDINGSVOORZIENINGEN TUSSEN DE LIGGERS EN DE DWARSLIGGERS

#### 4.8.1. Verbindingselementen

De verschillende verbindingselementen zijn (fig. 8 en 9) :

- schroefhulzen;
- uitwendige staven met draad (2) die in de hulzen van de liggers geschroefd worden en bestemd zijn om de krachten in de wapeningen (1) van de dwarsdraggers over te nemen;
- inwendige staven (3), (4), (5) en (6) van de liggers en bestemd voor de verbinding van de hulzen die zich aan twee tegenoverstaande zijvlakken van de liggers bevinden of voor hun verankering wanneer de hulzen zich slechts aan één zijvlak bevinden.

**Opmerking :** Indien de aanbestedingsdocumenten zulks vermelden, dienen de uitwendige staven met schroefdraad door de fabrikant van de balken geleverd te worden.

#### 4.8.2. Verbindingen ter plaatse van de eindblokken

Fig. 8 schetst de toe te passen voorzieningen.

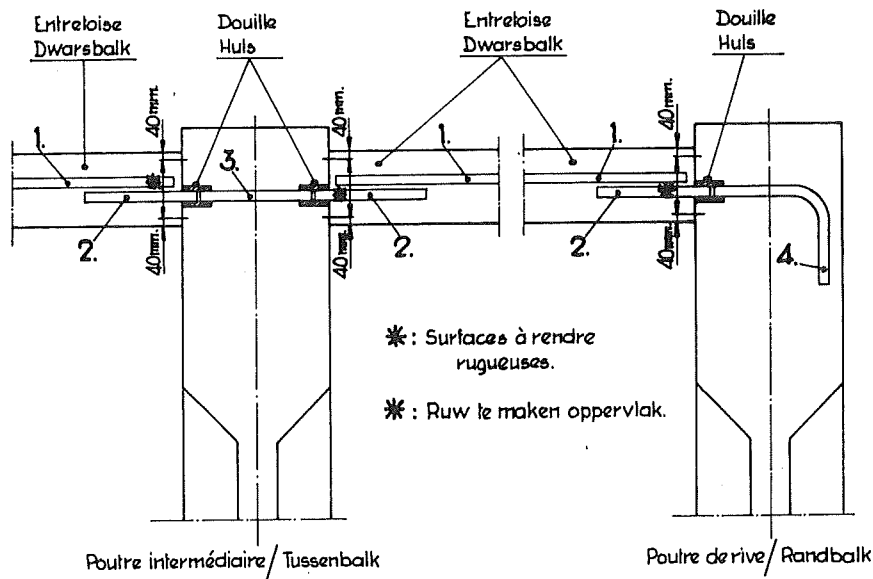


Fig. 8. - Liaison des poutres aux entretoises au droit des blocs d'about - Coupe horizontale.

Fig. 8. - Verbinding van de balken met de dwarsdragers ter plaatse van de eindblokken - Horizontale doorsnede.

#### 4.8.3. Liaisons en travée

Les croquis de la fig. 9 donnent schématiquement les dispositions retenues :

- Les poutres intermédiaires présentent des ouvertures situées au-dessus du congé entre la semelle inférieure et l'âme en respectant les données du § 4.5.
- Les poutres de rive sont pourvues de douilles filetées. Ces douilles sont ancrées au moyen de courtes barres filetées (5) soudées sur deux barres transversales (6) en acier BE 400 S de 20 mm de diamètre (détails X de la fig. 9). Si la charge de service à reprendre par douille ne dépasse pas 20 kN, il n'est pas nécessaire de procéder à des vérifications particulières (voir § 7.2.2.2. - B.).

Dans le cas des ponts SNCB les barres longitudinales (1) de l'entretoise qui recouvrent les barres filetées (2) s'imbriquent dans l'âme de la poutre de rive. A cette fin, cette dernière est pourvue d'une ouverture telle que mentionnée sous a) ci-avant. Les barres (1) et (2) sont liaisonnées par des étriers calculés.

Le renforcement éventuel des armatures de l'âme au voisinage des ouvertures et des dispositifs d'ancrage est déterminé par l'auteur de projet.

#### 4.8.3. Verbindingen in de overspanning

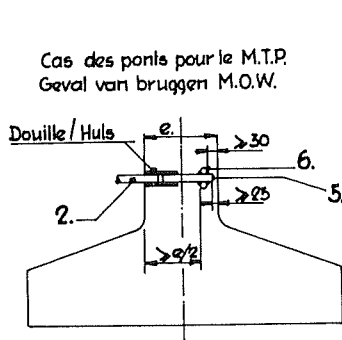
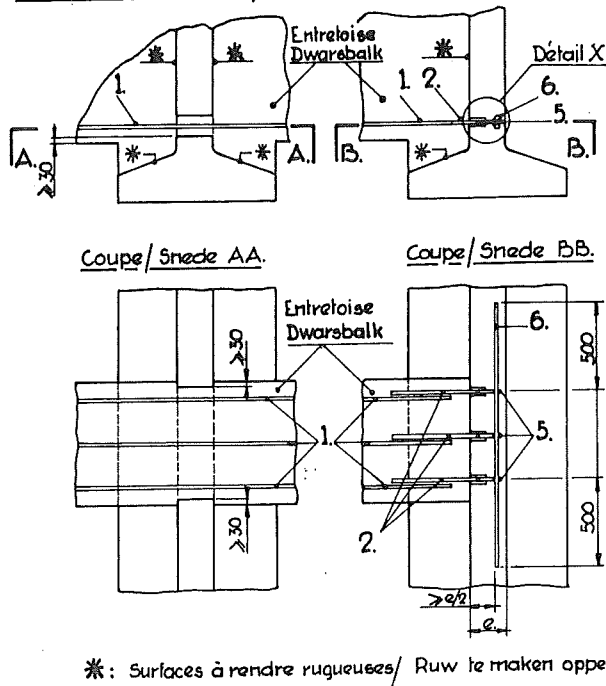
De schetsen van figuur 9 geven schematisch de toe te passen voorzieningen aan :

- De tussenliggers vertonen openingen die zich boven de afronding tussen de onderflens en het lijf bevinden en beantwoorden aan de bepalingen van § 4.5.
- De randliggers zijn voorzien van schroefhulzen. Deze hulzen worden verankerd door middel van korte staven met schroefdraad (5) die op twee dwarsstaven (6) in staal BE 400 S met een diameter van 20 mm worden gelast (détails X de la fig. 9). Indien de gebruikslast die door de huls moet opgenomen worden 20 kN niet overschrijdt, is het niet nodig tot een bijzonder nazicht over te gaan (zie § 7.2.2.2. - B.).

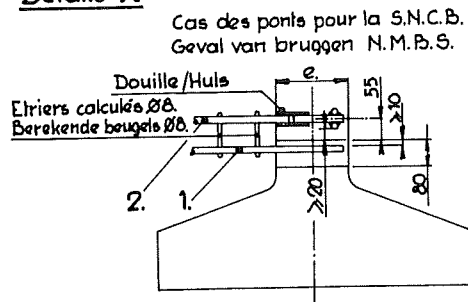
In het geval van NMBS-bruggen reiken de langsstaven (1) van de dwarsdrager, die de staven met schroefdraad (2) overlappen tot in het lijf van de randligger. Daartoe is in deze laatste een opening voorzien zoals vermeld in a) hiervoor. De staven (1) en (2) worden door berekende beugels verbonden.

De eventuele versterking van de wapeningen van het lijf in de nabijheid van de openingen en de verankeringsvoorzieningen, wordt bepaald door de ontwerper.

Poutre intermédiaire/Tussenbalk - Poutre de rive/Randbalk



Détails X



Les dimensions sont exprimées en mm

De afmetingen zijn in mm aangeduid.

Fig. 9. - Liaison des poutres aux entretoises en travée - Coupes et détails.

Fig. 9. - Verbinding van de balken met de dwarsdragers in de overspanning - Doorsneden en details.

4.8.4. Caractéristiques dimensionnelles et résistance

Les caractéristiques dimensionnelles et la résistance des éléments de liaison sont mentionnées au tableau III. En plus, il y a lieu de préciser que :

4.8.4. Maatkenmerken en sterkte

De maatkenmerken en de sterkte van de verbindingselementen zijn aangegeven in tabel III. Verder geldt het volgende :

- les barres (1), (2), (5) et (6) sont en acier BE 400 S; les barres (3) et (4) peuvent être en acier BE 400 S ou en acier lisse AE 355 selon la norme NBN A 21-101;

- le fond de filet des barres et des douilles est arrondi.

- de staven (1), (2), (5) en (6) zijn in staal BE 400 S; de staven (3) en (4) kunnen in staal BE 400 S of glad staal AE 355 voorzien worden volgens de norm NBN A 21-101;

- het draadeinde van de staven en hulzen is afgerond.

TABLEAU III - Caractéristiques des éléments de liaison

TABEL III - Karakteristieken van de verbindingselementen

Barres à fileter Staven met draad (2)-(3)-(4)-(5)☒		Filet - Draad			Douilles - Schroefhulzen				Efforts Krachten		
Diamètre $\phi_b$	Longueur minimale $l_i$ à visser dans la douille Minimumlengte $l_i$ in de huls te schroeven	Type	Tolérances Toleranties		Longueur minimale filetée Minimumlengte met draad	Diamètre Diameter $\phi_d$		Longueur Lengte $l_d$		Charge de service - Gebruikslast	Charge de rupture minimale Minimumbreuklast
			Barres - Staven	Douilles - Hulzen		Minimum	Maximum	Recommandé - Aanbevolen	Minimum		
-	(a)	-	-	-	(b)	(c)	(d)	-	-	(e)	-
mm	mm	-	-	-	mm	mm		mm	mm	kN	kN
25	24	M24X3	6g	6H	27	31	34	90	60	65	120
32	30	M30X3,5	6g	6H	32	39	43	100	70	104	190

☒ voir fig. 8, 9, 15 (§ 7.2.2.1.) et 16 (§ 7.2.2.2.).

☒ zie fig. 8, 9, 15 (§ 7.2.2.1.) en 16 (§ 7.2.2.2.).

(a) = longueur minimale de la partie filetée, non comprise la sortie d'outil.

(b) = longueur minimale des parties filetées à chaque extrémité, non comprise la sortie d'outil.

(c) = acier AE 355 (demi-dur) est imposé.

(d) = acier AE 235 (doux) est toléré.

(e) = limitée à 20 kN dans le cas décrit au § 4.8.3. - b).

(a) = minimumlengte van het gedeelte met draad, het loopeinde van de draad niet inbegrepen.

(b) = minimumlengte van de gedeelten met draad aan elk uiteinde, het loopeinde van de draad niet inbegrepen.

(c) = staalkwaliteit AE 355 (half-hard) is opgelegd.

(d) = staalkwaliteit AE 235 (zacht) is toegelaten.

(e) = beperkt tot 20 kN in het geval vermeld in § 4.8.3. - b).

#### 4.8.5. Remarques générales

- Pour les cas spéciaux ou exceptionnels des solutions autres que celles décrites ci-dessus, peuvent être adoptées de commun accord.

- L'assemblage par soudure entre barre et douille n'est pas autorisé en remplacement des dispositifs schématisés à la figure 8.

- Pour la vérification éventuelle de la fissuration de la liaison des entretoises aux poutres, il faut tenir compte qu'une déformation initiale de 0,1 mm doit être ajoutée à la déformation élastique (voir § 7.2.2.1.).

#### 4.8.5. Algemene opmerkingen

- In bijzondere en uitzonderlijke gevallen en mits onderling akkoord kunnen andere oplossingen dan de voormelde toegepast worden.

- De verbinding tussen staaf en huls door lassen is niet toegelaten ter vervanging van de voorzieningen geschetst in figuur 8.

- Voor het eventuele nazicht van de scheurvorming van de verbinding tussen de dwarsdragers en de balken dient ermee rekening gehouden dat aan de elastische vervorming een initiële vervorming van 0,1 mm moet toegevoegd worden (zie § 7.2.2.1.).

4.9. BLOCS D'ABOUTS AVEC DECOUPE INFÉRIEURE

Les poutres avec découpe inférieure aux extrémités sont plus onéreuses que les autres. Ces découpes sont réalisées de la manière suivante (voir fig. 11) :

- a) La hauteur est de préférence un multiple de 100 mm;
- b) La longueur est un multiple de 100 mm et au minimum de 500 mm.

4.10. BLOCS D'ABOUT BIATS

Les abouts en biat ne sont pas recommandés. S'ils ne peuvent être évités, l'inclinaison de leur face terminale dans le plan horizontal ne peut être supérieure à 45°.

Les impositions géométriques sont représentées sur les fig. 10 et 11, respectivement pour les cas suivants :

- a)  $\alpha \leq 30^\circ$  (angle aigu non tronqué) ;
- b)  $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$  (angle aigu tronqué).

Remarque

Les ouvrages dont le biat est supérieur à 45° doivent être conçus de telle sorte que l'angle du biat des faces terminales des poutres ne dépasse pas 45°.

4.11. PLACEMENT DES APPAREILS D'APPUI

4.11.1. Appareils d'appui en polychloroprène ou en polytétrafluoréthylène (PTFE)

Ces appareils d'appui doivent toujours être placés horizontalement. La pose des poutres s'effectue moyennant l'introduction d'un mortier de réglage entre la poutre et l'appareil d'appui. Si les poutres sont posées avec une pente supérieure à 3 %, il y a lieu de prévoir une encoche dans la face inférieure de la poutre au droit de l'appareil d'appui.

Les appareils d'appui sont placés conformément aux indications des fig. 10 et 11.

Dans le cas des appareils d'appui rectangulaires, il est recommandé de placer l'axe le plus long de l'appareil perpendiculairement à l'axe de la poutre.

Les dispositifs éventuels pour la fixation des appareils d'appui aux poutres doivent être appliqués avant le montage de ces derniers.

4.11.2. Appareils d'appui utilisés par la SNCF

Il y a lieu de se référer aux solutions types de cette société.

4.9. EINDBLOKKEN MET INSNIJDING ONDERAAN

De liggers met een insnijding aan de onderkant van de nitelenden zijn duurder dan de andere. Deze insnijdingen hebben de volgende afmetingen (zie fig. 11) :

- a) de hoogte is bij voorkeur een veelvoud van 100 mm;
- b) de lengte is een veelvoud van 100 mm met een minimum van 500 mm.

4.10. SCHIJNVE EINDBLOKKEN

Schijne eindblokken worden niet aanbevolen. Indien ze niet kunnen vermeden worden mag de hoek van het eindvlak in een horizontaal vlak niet groter zijn dan 45°.

De geometrische eisen zijn op de schema's van fig. 10 en 11, respectievelijk aangegeven voor de volgende gevallen :

- a)  $\alpha \leq 30^\circ$  (niet afgeknotte scherpe hoek) ;
- b)  $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$  (afgeknotte scherpe hoek).

Opmerking

De kunstwerken waarvan de schuinste groter is dan 45° dienen zodanig ontworpen dat de afschuifingshoek van de eindvlakken 45° niet overschrijft.

4.11. PLAATSING VAN DE OPLEGTOESTELLEN

4.11.1. Oplegtoestellen uit polychloropreen of polytétrafluoréthylène (PTFE)

Deze oplegtoestellen moeten steeds horizontaal liggen. De plaatsing van de liggers gebeurt mits toevoeging van een regelmortel tussen ligger en oplegtoestel. Ingeval de liggers met een heiling groter dan 3 % geplaatst worden, moet ter plaats van het oplegtoestel een uitsparing in het ondervlak van de ligger voorzien worden.

De oplegtoestellen worden geplaatst in overeenstemming met de aanduidingen van de fig. 10 en 11.

Bij rechthoekige oplegtoestellen is het aangeraden de lange as van het toestel loodrecht te plaatsen op de as van de ligger.

Eventuele voorzieningen voor het bevestigen van de oplegtoestellen aan de liggers moeten vóór de montage van deze lasten worden aangebracht.

4.11.2. Oplegtoestellen toegepast bij de NMBS

Hiervoor wordt verwezen naar de standaardoplossingen voorzien door deze maatschappij.



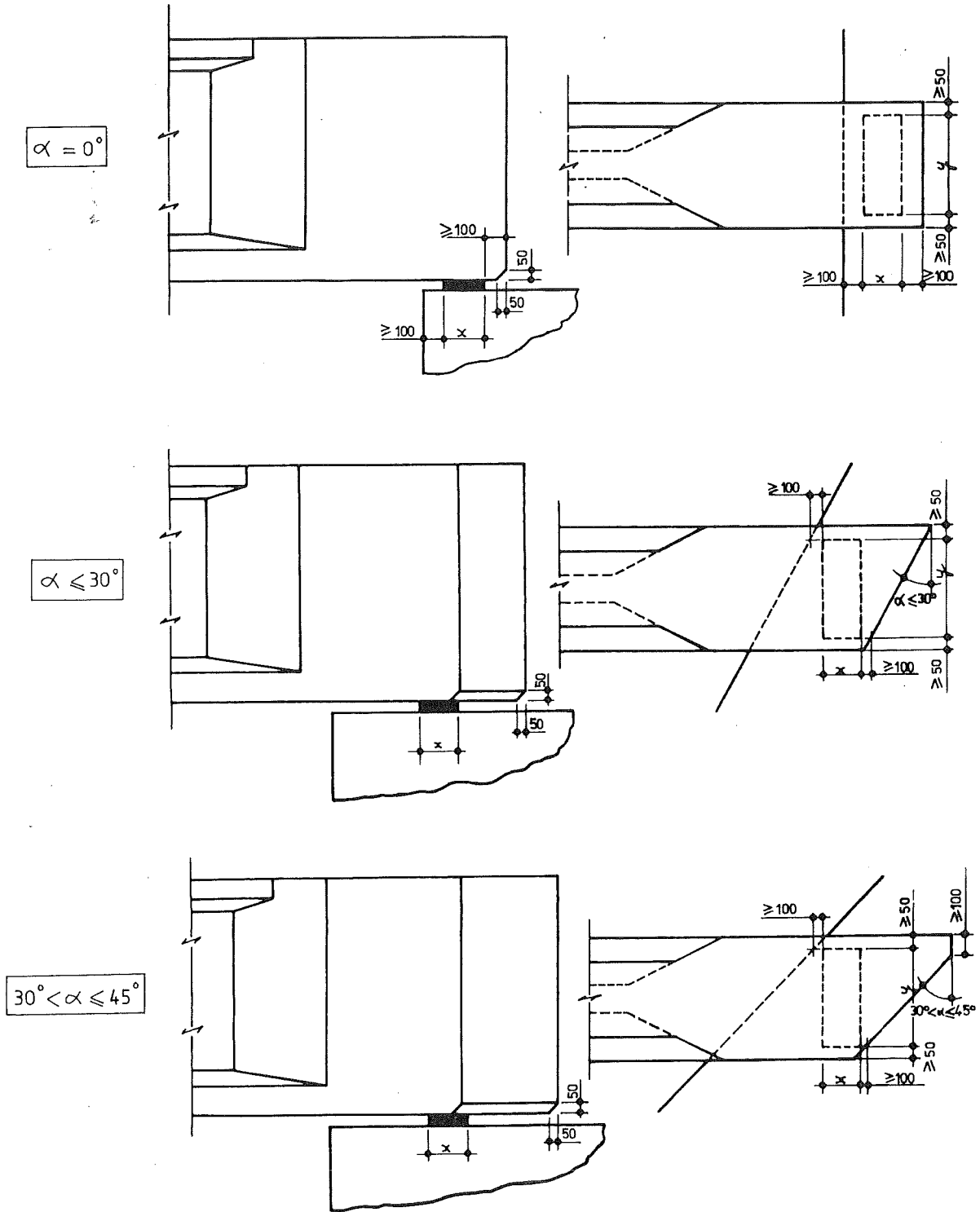


Fig. 10. - Dimensionnement de l'appui des blocs d'about sans découpe. (dimensions en mm)

Fig. 10. - Maatvoering van de oplegging van eindblokken zonder insnijding. (afmetingen in mm)

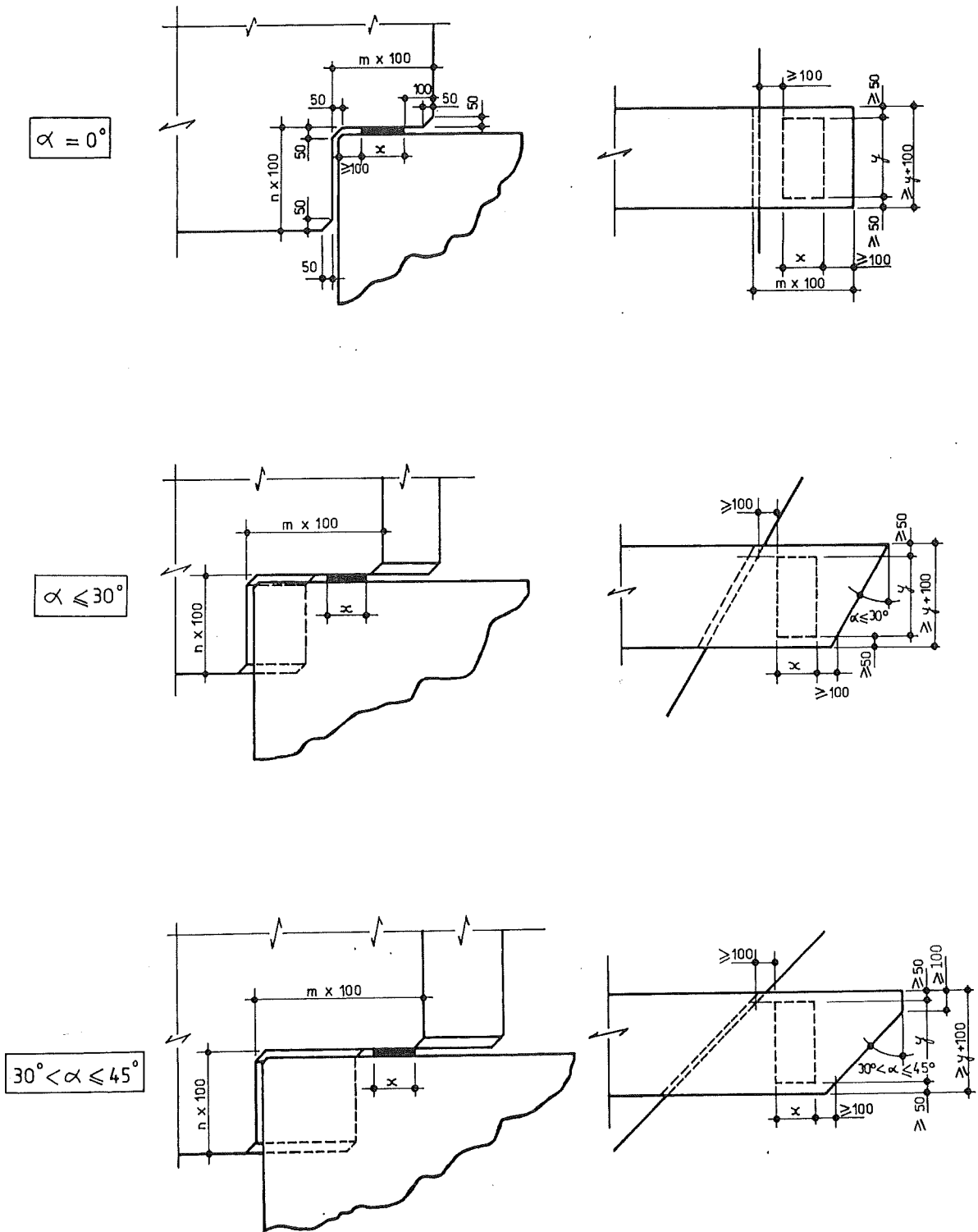


Fig. 11. - Dimensionnement de la découpe et de l'appui des blocs d'about avec découpe. (dimensions en mm)

Fig. 11. - Maatvoering van de insnijding en de oplegging van eindblokken met insnijding. (afmetingen in mm)

## 5. TOLERANCES DE FABRICATION

### 5.1. REMARQUES GENERALES

Les poutres en béton précontraint ont, du fait de la précontrainte une certaine contre-flèche. Il y a lieu d'en être conscient dans l'établissement des projets et la rédaction des documents d'adjudication, et de prévoir les appropriations nécessaires lors de l'exécution de l'ouvrage (p.ex. l'appropriation du profil en long des chaussées des ouvrages à travées multiples).

L'attention des utilisateurs en général et des bureaux d'études en particulier est attirée sur le fait qu'il peut exister certains écarts par rapport à l'alignement droit et certaines différences de contre-flèche entre les poutres faisant l'objet d'une même commande et en théorie identiques. Dans les cas particuliers où ces écarts sont de nature à compromettre l'exécution ou la bonne tenue ultérieure de l'ouvrage, il s'indique de prendre contact avec les usines de préfabrication afin de s'informer des valeurs probables de ces écarts dans le cas particulier considéré.

### 5.2. TOLERANCES DIMENSIONNELLES

Toutes les dimensions sont données en mm.

#### 5.2.1. Longueur

Soit - L : longueur théorique;

- L' : longueur mesurée à mi-hauteur de la poutre et de chaque côté de celle-ci, en mm. Les deux valeurs L' doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$L - 15 \text{ mm} - \frac{L}{2000} \leq L' \leq L + 5 \text{ mm} + \frac{L}{2000}$$

#### 5.2.2. Largeur

Soit - a, b, e : largeurs théoriques (voir annexe A).

- a', b', e' : largeurs mesurées.

Les valeurs pour l'âme (e') et pour la semelle (b') ou les semelles (a', b') doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$(a, b, e) - 5 \text{ mm} \leq (a', b', e') \leq (a, b, e) + 10 \text{ mm}$$

#### 5.2.3. Hauteur

Soit - h : hauteur théorique en mm en section courante;

- h' : hauteur mesurée en mm en un endroit quelconque de la section courante.

Les valeurs de h' doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$h - 5 \text{ mm} \leq h' \leq h + 5 \text{ mm} + \frac{h}{100}$$

## 5. FABRIKAGETOLERANTIES

### 5.1. ALGEMENE OPMERKINGEN

Spanbetonliggers vertonen, tengevolge van het voorspannen, een zekere zeeg. Hiermede dient rekening gehouden bij het opmaken van het ontwerp en de aanbestedingsdocumenten, zodat de nodige schikkingen kunnen getroffen worden vóór de uitvoering van het kunstwerk (b.v. aanpassing van het langspanprofiel van overbruggingen met meerdere overspanningen).

De aandacht van de gebruikers en in het bijzonder van de studiebureau's wordt er op gevestigd dat er tussen de verschillende, in theorie identieke elementen van eenzelfde bestelling, afwijkingen kunnen bestaan betreffende de rechtlijnigheid en de zeeg. Indien deze onderlinge verschillen de goede uitvoering van het werk of de latere gedragingen van het kunstwerk in het gedrang brengen, dient men zich op voorhand bij de fabrikant te informeren over de te verwachten waarden van deze afwijking in het beschouwde bijzonder geval.

### 5.2. MAATTOLERANTIES

Alle maten en afmetingen zijn in mm opgegeven.

#### 5.2.1. Lengte

Zij - L : theoretische lengte;

- L' : lengte gemeten op halve hoogte van de ligger en aan beide zijden van de ligger. De twee waarden van L' moeten voldoen aan de volgende ongelijkheid :

#### 5.2.2. Breedte

Zij - a, b, e : theoretische breedten (zie bijlage A)

- a', b', e' : gemeten breedten.

Zowel de waarden voor het balklijf (e') als die van de flens (b') of flenzen (a', b') moeten voldoen aan de volgende ongelijkheid :

#### 5.2.3. Hoogte

Zij - h : theoretische hoogte in mm van het geprofileerde deel;

- h' : gemeten hoogte in mm op een willekeurige plaats van het geprofileerde deel.

De waarden van h' moeten voldoen aan de volgende ongelijkheid :

#### 5.2.4. Epaisseur des semelles

Soit - m, s : épaisseurs théoriques en section courante (voir annexe A);

- m', s' : épaisseurs mesurées en un endroit quelconque de la section courante.

Les valeurs de m' et s' doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$(m, s) - 5 \text{ mm} \leq (m', s') \leq (m, s) + 5 \text{ mm} + \frac{h}{100}$$

#### 5.2.5. Inclinaison des faces terminales (fig. 12)

a) En élévation, le hors tracé envers la face terminale théorique est de :

$$v_1 \leq \frac{3}{100} h$$

avec un max. de 30 mm.

avec h = hauteur théorique de l'extrémité de la poutre.

b) Dans le plan horizontal, le hors tracé est de :

$$v_2 \leq \frac{5}{100} d$$

avec d = largeur maximale théorique de l'extrémité de la poutre.

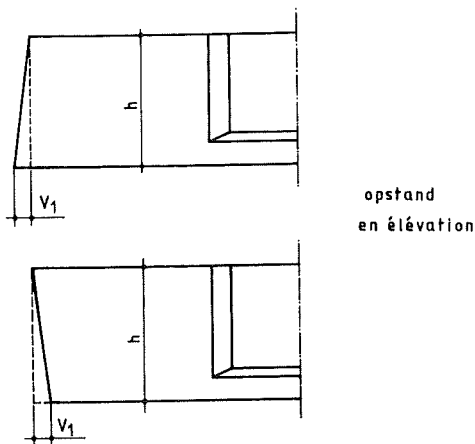


Fig. 12. - Hors tracé de l'inclinaison des faces terminales. (tracé théorique en trait interrompu)

#### 5.2.6. Surfaces d'appui

a) Planéité des faces d'appui : les dénivellations mesurées à la règle de 300 mm, posée sur la surface, ne peuvent dépasser les valeurs suivantes :

- 3 mm (appui type Cantilever);
- 2 mm (faces d'appui ordinaires).

b) Tolérance du niveau moyen des découpes (type Cantilever) par rapport à la face inférieure de la poutre (fig. 13) :  $\Delta h \leq 10 \text{ mm}$ .

#### 5.2.4. Dikte van de flenzen

Zij - m, s : theoretische dikten langsheen het geprofileerde deel (zie bijlage A);

- m', s' : gemeten dikten in een willekeurige doorsnede langsheen het geprofileerde deel.

De waarden van m' en s' moeten voldoen aan de volgende ongelijkheid :

$$(m, s) - 5 \text{ mm} \leq (m', s') \leq (m, s) + 5 \text{ mm} + \frac{h}{100}$$

#### 5.2.5. Schuinite van de eindvlakken (fig. 12)

a) In opstand is de afwijking t.o.v. het theoretisch eindvlak :

met een maximum van 30 mm.

met h = theoretische konstruktiehoogte van het uiteinde van de ligger.

b) In planzicht is de afwijking t.o.v. het theoretische eindvlak :

met d = theoretische maximum breedte van het uiteinde van de ligger.

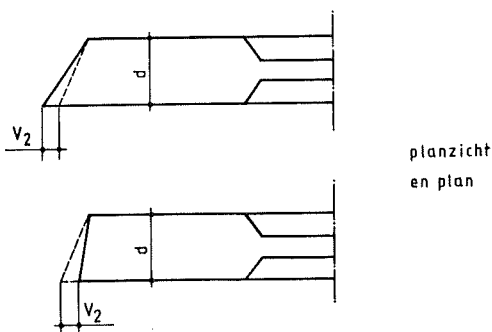


Fig. 12. - Afwijking van de schuinite van de eindvlakken. (theoretisch verloop in streeplijn)

#### 5.2.6. Oplegvlakken

a) Vlakheid van de oplegvlakken : de oneffenheden gemeten met een 300 mm lange op het oplegvlak geplaatste lat mogen nergens groter zijn dan :

- 3 mm (oplegging type Cantilever);
- 2 mm (gewone oplegging).

b) Maatafwijking van het gemiddeld peil van de insnijdingen (type Cantilever) ten opzichte van het ondervlak van de ligger (fig. 13) :  $\Delta h \leq 10 \text{ mm}$ .

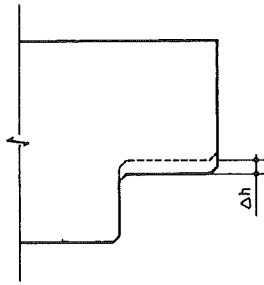


Fig. 13. - Tolérance du niveau moyen des découpes. (tracé théorique en trait interrompu)

5.2.7. Déversement de l'âme par rapport au plan de symétrie vertical (fig. 14)

Le déversement doit satisfaire à  $g \leq \frac{2h}{100}$ .

avec h = hauteur théorique de la poutre.

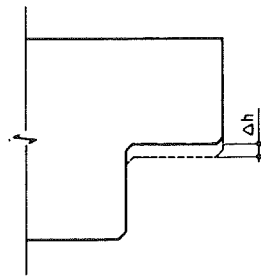


Fig. 13. - Afwijking van het gemiddeld peil van de insnijdingen. (teoretisch verloop in streeplijn)

5.2.7. Scheluwte van het balklijf t.o.v. het vertikaal symmetrievlak (fig. 14)

De scheluwte dient te voldoen aan  $g \leq \frac{2h}{100}$ .

met h = theoretische hoogte van de balk.

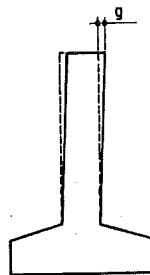


Fig. 14. - Déversement de l'âme. (tracé théorique en trait interrompu)

5.2.8. Emplacement des armatures de précontrainte

Un soin particulier sera apporté au positionnement des torons afin d'obtenir une localisation des efforts la plus proche possible de celle prévue dans les calculs.

Les impositions de la NBN B 15-104 sont d'application.

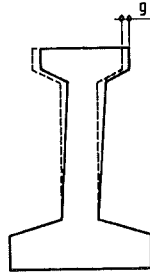


Fig. 14. - Scheluwte van het balklijf. (teoretisch verloop in streeplijn)

5.2.8. Plaatsen van de voorspanwapening

De strengen dienen met de uiterste zorg geplaatst te worden opdat het aangrijpingspunt van de optredende krachten zo goed mogelijk het berekende zou benaderen.

De voorschriften van NBN B 15-104 zijn van toepassing.

5.3. TOLERANCES DE FORME

5.3.1. Déformations verticales

La contre-flèche de poutres identiques peut, à âge égal, être différente d'une poutre à une autre : elle est entre autres fonction du temps et des conditions de conservation.

La contre-flèche initiale est celle mesurée dans les deux heures après le relâchement des torons et avant manutention des poutres.

Pour un lot de poutres identiques, réalisées par un même fabricant, au cours d'une même période,

5.3. VORMAFWIJINGEN

5.3.1. Vertikale vervormingen

De zeeg van identieke liggers kan voor dezelfde ouderdom verschillend zijn van ligger tot ligger; zij is onder andere functie van de tijd en van de bewaringsomstandigheden.

De aanvankelijke zeeg is die gemeten binnen de twee uren na het lossen van de strengen en vóór de verhandeling van de liggers.

Voor een partij identieke liggers door een bepaalde fabrikant in éénzelfde periode vervaar-

on peut admettre que les flèches verticales initiales se distribuent de telle sorte que, dans 95 % des cas, l'écart d'une flèche individuelle à la moyenne du lot ne dépasse pas 1/2000 de la portée, ce qui signifie que le risque est faible d'obtenir entre deux poutres quelconques un écart supérieur à 1/1000 de la portée.

Ces contre-flèches augmentent néanmoins dans le temps et cela d'autant plus que le délai avant bétonnage des entretoises et de la dalle est important.

### 5.3.2. Déformations transversales

Les poutres précontraintes peuvent présenter des déformations transversales et cela d'autant plus que l'inertie de la section autour d'un axe vertical est faible par rapport à la portée.

Lors de la pose, il peut être nécessaire de corriger la forme en plan des poutres pour satisfaire à des conditions d'aspect, de coffrage (p.ex. à l'aide de prédalles) ou de sollicitations (p.ex. torsion des poutres d'un pont-rail).

Le tableau IV fixe deux cas différents :

- cas A pour lequel la déformée transversale de la poutre est considérée comme admissible; elle peut éventuellement être redressée sans examen;
- cas B pour lequel la poutre est considérée comme fortement déformée et ne peut être laissée telle quelle; le redressement ne peut toutefois être entrepris qu'après vérification. à convenir avec le maître de l'ouvrage.

**TABLEAU IV** - Rapport de la flèche horizontale à la portée.

Type de profil	Geval - Cas		Profieltype
	A	B	
	Toelaatbaar Admissible	Toelaatbaar na onderzoek Admissible après examen	
Profil en I	$\leq 1/500$	$> 1/500$	I-profiel
Profil en T renversé (L)	$\leq 1/750$	$> 1/750$	Omgekeerd T-profiel (L)

## 6. PRESCRIPTIONS ADMINISTRATIVES

### 6.1. TERMINOLOGIE

Dans le présent document, on désigne par :

- maître de l'ouvrage : celui pour le compte de qui est réalisé l'ouvrage dans lequel des éléments préfabriqués doivent être introduits;
- organisme de contrôle : organisme désigné par le maître de l'ouvrage pour effectuer les contrôles de fabrication;

digd, mag men aannemen dat de aanvankelijke zegen zich zodanig verdelen dat in 95 % van de gevallen de afwijking van een individuele zegg t.o.v. het gemiddelde van het lot niet groter is dan 1/2000 van de spanwijdte. Er bestaat dus weinig risico dat voor twee willekeurig gekozen liggers het verschil in zegg groter is dan 1/1000 van de spanwijdte.

De zegg vergroot evenwel met de tijd en dit des te meer naargelang men langer wacht met het betoneren van de dwarsbalken en van de plaat.

### 5.3.2. Dwarsvervormingen

Voorgespannen liggers kunnen dwarsvervormingen vertonen die des te groter zijn naarmate het traagheidsmoment van de doorsnede t.o.v. een vertikale as kleiner is in verhouding tot de spanwijdte.

Bij het plaatsen van de liggers kan het nodig blijken de dwarsvervormingen ervan te beperken omwille van het uitzicht, van het bekisten (bv. met bekistingsbetonplaten) of van de belasting (bv. torsie van liggers van een spoorbrug).

Tabel IV bepaalt twee verschillende gevallen :

- geval A waarin de dwarsvervorming van de ligger als aanvaardbaar wordt beschouwd; hij kan eventueel zonder verder onderzoek gerecht worden;
- geval B waarin de ligger als sterk vervormd bestempeld wordt en waaraan dient verholpen te worden; het rechte van de ligger mag evenwel slechts gebeuren na een onderzoek in overleg met de bouwheer.

**TABEL IV** - Verhouding van de horizontale pijl tot de spanwijdte.

## 6. ADMINISTRATIEVE VOORSCHRIFTEN

### 6.1. TERMINOLOGIE

In de onderhavige tekst verstaat men onder :

- bouwheer : degene voor wiens rekening het bouwwerk verwezenlijkt wordt waarin de geprefabriceerde elementen gebruikt worden;
- controle-organisme : organisme aangeduid door de bouwheer om de fabriekcontroles te verrichten;

- fabricant : celui qui dans ses ateliers réalise les éléments en béton précontraint;
- entrepreneur : celui qui est désigné par le maître de l'ouvrage pour l'exécution de l'ouvrage auquel les poutres sont destinées;
- producteur ou fournisseur : celui qui livre au fabricant les matières, semi-produits ou produits qui seront mis en oeuvre pour la confection des pièces en béton précontraint;
- plans d'adjudication : les plans présentés par le maître de l'ouvrage dans les documents d'adjudication, dressés par lui ou sous sa responsabilité;
- plans d'étude : les plans dressés par des auteurs de projets indépendants du maître de l'ouvrage, et présentés à ce dernier dans la soumission ou après l'adjudication. Ces plans peuvent constituer un développement des plans d'adjudication ou présenter des dispositions très différentes;
- plans d'exécution : les plans dressés par le fabricant et fournissant éventuellement des précisions sur certains éléments imparfaitement définis dans les autres plans ou apportant éventuellement des modifications locales à ces plans, rendues nécessaires par les sujétions de l'exécution.
- fabricant : degene die in zijn fabriek de spanbetonelementen vervaardigt;
- aannemer : degene die aangeduid is door de bouwheer om het kunstwerk uit te voeren waarvoor de liggers bestemd zijn;
- producent of leverancier : degene die aan de fabrikant de grondstoffen, de volledig of gedeeltelijk afgewerkte produkten levert voor het vervaardigen van de spanbetonelementen;
- aanbestedingsplannen : plannen door de bouwheer bij de aanbestedingsdocumenten gevoegd en door hemzelf of onder zijn verantwoordelijkheid opgesteld;
- studieplannen : plannen die door onafhankelijke studiebureau's of ontwerpers gemaakt worden en die bij of na de aanbesteding aan de opdrachtgever voorgelegd worden. Deze plannen kunnen een verdere uitwerking zijn van de aanbestedingsplannen of sterk afwijkende oplossingen voorstellen;
- uitvoeringsplannen : plannen door de fabrikant opgesteld die eventueel meer precieze gegevens verstrekken aangaande op andere plannen onvoldoende gedefinieerde elementen, of eventueel ook plaatselijke wijzigingen aan die plannen aanbrengen om reden van uitvoering.

Les plans d'étude et les plans d'adjudication peuvent servir de plans d'exécution s'ils sont suffisamment clairs, précis et complets.

Studieplannen en aanbestedingsplannen kunnen als uitvoeringsplannen dienst doen indien ze voldoende duidelijk, nauwkeurig en volledig zijn.

## 6.2. CIRCONSTANCES PRELIMINAIRES A L'EXECUTION

## 6.2. OMSTANDIGHEDEN DIE AAN DE UITVOERING VOORAFGAAN

### 6.2.1. Documents d'adjudication et plans d'étude

### 6.2.1. Aanbestedingsdocumenten en studieplannen

L'auteur de projet fournit les renseignements suivants :

De ontwerper verstrekt de volgende gegevens :

#### 6.2.1.1. Effort théorique prévu par l'étude dans les sections caractéristiques des poutres

#### 6.2.1.1. Door de studie theoretisch voorziene kracht in de karakteristieke doorsneden van de liggers

- a) dans les armatures de précontrainte agissant par adhérence, immédiatement après la mise en précontrainte des poutres.
- b) dans les armatures de postcontrainte tendues en atelier, immédiatement après leur mise en tension et clavetage.
- c) dans les armatures de postcontrainte tendues sur chantier, immédiatement après leur mise en tension et clavetage.

- a) in de voorspanwapeningen verankerd op kleef, onmiddellijk na het voorspannen van de liggers.
- b) in de wapeningen nagespannen in de fabriek, onmiddellijk na het aanspannen en verankeren.
- c) in de wapeningen nagespannen op de bouwplaats, onmiddellijk na het aanspannen en verankeren.

#### Remarque

Pour les postes b) et c) l'auteur de projet doit fournir un programme de mise en tension des câbles, mentionnant les efforts, les allongements et les pertes par frottement dans les différents câbles.

#### Opmerking

In de gevallen b) en c) moet de ontwerper een programma voorleggen voor het aanspannen van de kabels, waarin de spankrachten, verlengingen en wrijvingsverliezen in de verschillende kabels zijn aangegeven.

### 6.2.1.2. Sollicitation maximale du béton

- a) au moment de la mise en précontrainte par les armatures agissant par adhérence.
- b) au moment de la mise en tension des armatures de postcontrainte en usine.
- c) au moment de la mise en tension des armatures de postcontrainte sur chantier.
- d) à la mise en service.

### 6.2.2. Plans d'exécution

Au même titre que les plans d'étude, les plans d'exécution des fabricants et les notes éventuelles, datés et signés par l'auteur et par l'adjudicataire, doivent avoir reçu l'approbation du maître de l'ouvrage avant que l'exécution soit entreprise.

Les plans d'exécution définissent clairement tous les éléments constitutifs des poutres.

Les systèmes de précontrainte sont précisés en distinguant :

- la précontrainte par torons agissant par adhérence;
- la postcontrainte par câbles en usine;
- la postcontrainte par câbles sur chantier.

Des modifications techniques mineures sans incidence sur les contraintes prévues ni sur le comportement, ni sur les possibilités de mise en oeuvre de la poutre, peuvent, par la suite, être apportées aux plans moyennant l'accord de l'organisme de contrôle qui jugera de la nécessité d'une nouvelle consultation de l'adjudicataire et du maître de l'ouvrage.

Sur les plans d'exécution, les différents types de poutre sont distingués par une lettre majuscule qui devra être reproduite sur la poutre à côté du numéro de fabrication dont il sera question par la suite.

En outre, il y a lieu de noter sur les plans d'exécution :

- la qualité des aciers;
- la résistance du béton au relâchement des torons et à 28 jours;
- l'effort dans les torons tel que mentionné au § 6.2.1.1., complété par les efforts à appliquer au vérin.

### 6.2.3. Prescriptions particulières

- 1) Lors de l'acceptation de la commande, le fabricant demande à l'entrepreneur de solliciter le maître de l'ouvrage, de lui faire connaître l'organisme de contrôle et de prévenir celui-ci.

### 6.2.1.2. Maximumbelasting van het beton

- a) op het ogenblik van het voorspannen met de wapeningen verankerd op kleef.
- b) op het ogenblik van het aanspannen van de naspankabels in de fabriek.
- c) op het ogenblik van het aanspannen van de naspankabels op de bouwplaats.
- d) bij de ingebruikneming.

### 6.2.2. Uitvoeringsplannen

Vooraleer de uitvoering aan te vatten moeten zowel de studieplannen als de uitvoeringsplannen van de fabrikant en de eventuele berekeningsnota's, gedagtekend en ondertekend door de ontwerper en de aannemer, goedgekeurd worden door de bouwheer.

De uitvoeringsplannen definiëren duidelijk alle onderdelen van de ligger.

De voorspansystemen worden nader omschreven als volgt :

- het voorspannen met strengen verankerd op kleef;
- het naspannen met kabels in de fabriek;
- het naspannen met kabels op de bouwplaats.

Kleinere wijzigingen van technische aard die geen invloed hebben op de voorziene spanningen noch op het gedrag of op de plaatsing van de ligger, mogen, als ze nodig blijken, nadien op de plannen aangebracht worden mits akkoord van het controle-organisme. Dit laatste oordeelt of een nieuw overleg met de aannemer en met de bouwheer gewenst is.

De verschillende liggertypes worden op de uitvoeringsplannen onderscheiden door een hoofdletter die op de ligger aangebracht wordt, naast het fabrieknummer waarvan verder sprake.

Bovendien moeten op de uitvoeringsplannen de volgende aanduidingen voorkomen :

- de staalkwaliteit;
- de betondruksterkte bij het lossen van de strengen en op 28 dagen ouderdom;
- de kracht in de strengen zoals vermeld in § 6.2.1.1., aangevuld door de krachten uit te oefenen op de vizel.

### 6.2.3. Bijzondere voorschriften

- 1) Bij het aanvaarden van een bestelling vraagt de fabrikant, via de aannemer, aan de bouwheer om het controle-organisme aan te duiden en te verwittigen.



2) Le fabricant doit introduire une demande de réception préalable pour les matériaux à incorporer dans les poutres, selon les modalités prévues au cahier général des charges du maître de l'ouvrage.

3) Dans un délai compris entre 30 et 15 jours ouvrables avant le début de la fabrication, le fabricant informe l'entrepreneur de la date du commencement et de la cadence envisagée de la production.

Ces informations sont transmises au maître de l'ouvrage par l'entrepreneur et directement en copie par le fabricant à l'organisme de contrôle.

Le fabricant transmet également pour information à l'organisme de contrôle copies des documents qu'il a déjà en sa possession.

2) De fabrikant moet, volgens de bepalingen van het algemeen bestek van de bouwheer, een aanvraag indienen voor het voorafgaand keuren van de materialen die in de liggers moeten verwerkt worden.

3) Binnen de 30 tot 15 werkdagen, die aan het begin van de vervaardiging voorafgaan, stelt de fabrikant de aannemer in kennis van de datum, waarop met de produktie wordt aangevangen, en van het nagestreefde produktieritme.

Deze inlichtingen worden door de aannemer overgemaakt aan de bouwheer; het controle-organisme wordt rechtstreeks door de fabrikant verwittigd door toezending van een gelijkkluidend afschrift.

De fabrikant bezorgt eveneens ter informatie aan het controle-organisme, afschriften van de documenten die hij reeds in zijn bezit heeft.

### 6.3. IDENTIFICATION DES POUTRES

Chaque poutre est dotée d'une marque d'identification indélébile. Cette marque est disposée sur la face verticale d'un des blocs d'abouts, en un endroit où elle restera visible et accessible dans l'ouvrage terminé; elle ne peut cependant être visible sur un parement extérieur de l'ouvrage.

La marque d'identification comporte un numéro d'ordre et une lettre repère correspondant au type de la poutre fixé par le plan d'exécution, le numéro est donné par le fabricant.

D'autre part, un marquage provisoire doit être apporté sur chaque poutre à un endroit qui reste visible pendant le stockage.

### 6.4. ATTACHEMENT DES FABRICATIONS

L'attachement est tenu sur un ensemble de formulaires conformes ou similaires aux modèles présentés à l'annexe D.

Ils comportent une fiche de fabrication des poutres (annexe D 1) et pour chaque ligne une fiche générale de contrôle (annexe D 2) complétée par une fiche de contrôle de la mise en tension des torons (annexe D 5), par une fiche de contrôle des dimensions (annexe D 6) et par une fiche de contrôle de la résistance du béton (annexe D 7). Le cas échéant, une ou plusieurs fiches de contrôle de la postcontrainte sont ajoutées (annexe D 3). Les données à y insérer font l'objet d'un accord préalable entre le fabricant et l'organisme de contrôle.

L'attachement est tenu et conservé par le fabricant; il est vérifié par l'organisme de contrôle qui peut y apporter ses informations propres. Ce dernier en reçoit copie selon les besoins.

### 6.3. IDENTIFIKATIE VAN DE LIGGERS

Elke ligger wordt voorzien van een onuitwisbaar identifikatiemerk. Dit merk wordt aangebracht op het vertikaal vlak van één van de eindblokken en wel zodanig dat het zichtbaar en toegankelijk blijft in het voltooide bouwwerk; het mag evenwel niet zichtbaar zijn op een dagvlak van het bouwwerk.

Het identifikatiemerk omvat een volgnummer en een referentieletter, overeenstemmend met het liggertype, afgebeeld op het uitvoeringsplan; het volgnummer wordt gegeven door de fabrikant.

Anderzijds moet op elke ligger een voorlopig merk aangebracht worden dat tijdens de opslag zichtbaar blijft.

### 6.4. BIJHOUDEN VAN DE FABRIKAGE

De fabrikage wordt bijgehouden aan de hand van een reeks formulieren in overeenstemming met of gelijkaardig aan de modellen voorgesteld in bijlage D.

Zij omvatten een fabrikagekaart van de liggers (bijlage D 1) en voor elke spanbank een algemene controlekaart (bijlage D 2) aangevuld door een controlekaart van het aanspannen van de strengen (bijlage D 5), door een controlekaart van de afmetingen (bijlage D 6) en door een controlekaart van de druksterkte van het beton (bijlage D 7). In het voorkomend geval worden hieraan één of meerdere controlekaarten van het aanspannen van naspankabels toegevoegd (bijlage D 3). De gegevens die er moeten op vermeld worden maken het voorwerp uit van een voorafgaandelijk akkoord tussen de fabrikant en het controle-organisme.

De formulieren worden bijgehouden en bewaard door de fabrikant, ze worden nagezien door het controle-organisme dat er zijn eigen bevindingen mag op vermelden en er, voor zover nodig, afschrift van krijgt.

## 7. RECEPTION DES MATERIAUX

### 7.1. ARMATURES DE PRECONTRAINTE

#### 7.1.1. Réception des torons et fils - Prescriptions générales

- 1) Les torons et fils utilisées dans les ouvrages destinés à un maître de l'ouvrage, sont réceptionnés préalablement par celui-ci. Une réception faite par un autre maître de l'ouvrage pourra être éventuellement reconnue valable par le maître de l'ouvrage responsable de l'ordre à condition que ce dernier puisse disposer de toutes les informations concernant la réception.
- 2) La réception est demandée en temps utile par le fabricant.
- 3) La réception d'un lot de torons ou fils ne peut être demandée à un maître de l'ouvrage que si au moins une partie de ce lot est destinée à une construction réalisée pour le compte de celui-ci. Une partie du lot réceptionné peut donc être utilisée dans des ouvrages réalisés pour d'autres maîtres d'ouvrages.
- 4) Les torons et fils sont conformes aux spécifications des normes NBN I 10-001, -002 et -003. La réception par le maître de l'ouvrage est faite chez le producteur.
- 5) Les couronnes ou bobines réceptionnées sont étiquetées selon les normes précitées et plombées par l'organisme de contrôle. Etiquettes et plombs sont conservés jusqu'au moment de l'utilisation de l'armature.
- 6) Des contrôles de conformité peuvent être effectués par le maître de l'ouvrage sur des échantillons de produits prélevés à l'occasion de leur mise en oeuvre. Les résultats des essais doivent correspondre à ceux obtenus lors de la réception des lots d'où sont tirés les échantillons. Les frais des essais sont à charge du maître de l'ouvrage.

#### 7.1.2. Prescriptions particulières aux torons agissant par adhérence et armatures de postcontrainte façonnés directement par le fabricant

- 1) Une copie du bordereau et une copie des procès-verbaux des essais de réception sont fournies au fabricant qui en tient conservation dans ses dossiers et les présente à la demande du maître de l'ouvrage.
- 2) Les armatures réceptionnées et approvisionnées, destinées à un ouvrage d'un maître de l'ouvrage, sont notées dans un livre d'attachement qui comporte notamment les informations ci-après concernant chaque unité d'armature, soit une couronne, soit une bobine :

- numéro de commande du fabricant;

## 7. KEURING VAN DE MATERIALEN

### 7.1. VOORSPANWAPENINGEN

#### 7.1.1. Keuring van de strengen en de draden - Algemene voorschriften

- 1) De strengen en de draden, die gebruikt worden voor bouwwerken in opdracht van een bouwheer, worden vooraf door deze bouwheer gekeurd. Een keuring uitgevoerd door een andere bouwheer kan eventueel door de opdrachtgevende bouwheer als geldig erkend worden op voorwaarde dat alle inlichtingen betreffende de keuring medegedeeld worden.
- 2) De keuring wordt tijdig door de fabrikant aangevraagd.
- 3) De keuring van een partij strengen of draden mag slechts aangevraagd worden bij de bouwheer wanneer tenminste een gedeelte ervan moet dienen voor een bouwwerk op te richten in opdracht van deze bouwheer. Een gedeelte van de gekeurde partij mag dus ook gebruikt worden voor bouwwerken van andere bouwheren.
- 4) Strengen en draden moeten beantwoorden aan de voorschriften van NBN I 10-001, -002 en -003. De keuring door de bouwheer geschiedt bij de producent.
- 5) De gekeurde rollen of haspels worden volgens de voorschriften van de voormelde normen door het controle-organisme voorzien van een etiket en gelood. Etiketten en loodjes mogen niet weggenomen worden zolang het voorspanstaal niet verwerkt wordt.
- 6) Bij het verwerken van de produkten mag de bouwheer hiervan monsters nemen om na te gaan of deze konform zijn. Deze proeven moeten resultaten geven die overeenstemmen met die van de keuringsproeven van de partij waaruit ze genomen werden. De kosten van deze proeven zijn ten laste van de bouwheer.

#### 7.1.2. Bijzondere voorschriften voor op kleef verankerde strengen en voor naspanwapeningen die door de fabrikant zelf samengesteld worden

- 1) De fabrikant ontvangt een afschrift van het bordereel en van de keuringsverslagen en houdt die in bewaring om ze aan de bouwheer te tonen op diens verzoek.
- 2) De gekeurde en in voorraad zijnde wapeningen bestemd voor een bouwwerk van een bouwheer, worden ingeschreven in een register. Voor elke wapeningseenheid, t.t.z. een rol of een haspel strengen, worden o.a. volgende gegevens genoteerd :

- bestelnummer van de fabrikant;

- date d'arrivée chez le fabricant;
- type de produit et diamètre;
- charge de rupture caractéristique spécifiée;
- classe de relaxation;
- numéros des différentes couronnes et bobines;
- nom et adresse du producteur;
- organisme de contrôle;
- approbation éventuelle du maître de l'ouvrage si la réception n'a pas été faite à son intervention;
- annotation éventuelle concernant le résultat de vérifications complémentaires (cfr. 7.1.1.6.).

- aankomstdatum bij de fabrikant;
- produkttype en diameter;
- voorgeschreven karakteristieke breuklast;
- relaxatieklasse;
- nummer van de verschillende rollen en haspels;
- naam en adres van de producent;
- controle-organisme;
- eventuele goedkeuring van de bouwheer indien hijzelf niet is tussenbeide gekomen bij de keuring;
- eventuele opmerkingen betreffende aanvullende nazichten (zie 7.1.1.6.).

- 3) Le livre d'attachement n'est pas nécessairement réservé pour les seuls travaux destinés à un seul maître de l'ouvrage.
- 4) Le livre d'attachement est tenu à jour. Il peut être consulté par le maître de l'ouvrage à tout moment.

- 3) Het register is niet noodzakelijk voorbehouden voor de werken van één enkel bouwheer.
- 4) Het register wordt dagelijks bijgehouden en mag op elk ogenblik door de bouwheer geraadpleegd worden.

#### 7.1.3. Prescriptions particulières pour câbles de postcontrainte non façonnés par le fabricant

#### 7.1.3. Speciale voorschriften voor naspankabels die niet door de fabrikant samengesteld worden

Ils sont dotés, avant expédition chez le fabricant, d'une marque d'identification permettant de les situer dans les poutres sans ambiguïté.

Deze worden, vóór de verzending naar de fabrikant, voorzien van een identifikatiemerk dat onduidelzinnig hun plaats in de liggers aangeeft.

#### 7.1.4. Conditions de conservation et de manipulation

#### 7.1.4. Voorschriften betreffende opslaan en behandelen

- 1) Les produits stockés sont utilisés approximativement dans l'ordre d'approvisionnement, de manière à réduire le délai de stockage qui ne peut, dans les meilleurs conditions de conservation, dépasser huit mois. Passé ce délai, les armatures sont soumises à de nouveaux essais pour s'assurer de la conservation de la qualité initiale du matériau.

- 1) De opgeslagen produkten worden zoveel mogelijk verwerkt in de volgorde van de levering, zodat de opslagperiode zo kort mogelijk is en in de beste bewaringsvoorwaarden nooit langer is dan acht maanden. Na deze termijn is een nieuwe keuring nodig om na te gaan of het materiaal zijn oorspronkelijke eigenschappen behouden heeft.

- 2) Les conditions de conservation satisfont à la NBN B 15-104 de 1976.

- 2) De bewaringsvoorwaarden zijn volgens de voorschriften van NBN B 15-104 van 1976.

Bien que réceptionnés antérieurement, les produits présentant des dégradations susceptibles de réduire leurs propriétés de manière appréciable sont refusés et déplombés; une annotation de refus est portée dans le livre d'attachement (cfr. 7.1.2.).

De produkten die zodanig beschadigd zijn dat hun oorspronkelijke eigenschappen merkbaar kunnen gewijzigd zijn, worden, niettegenstaande ze voordien goedgekeurd werden, geweigerd en ontdaan van hun loodjes; de weigering wordt opgetekend in het register (zie 7.1.2.).

Pour les armatures de postcontrainte, une marque de refus est apposée à l'extrémité des câbles.

Bij naspanwapeningen wordt een weigeringsmerk aangebracht op het uiteinde.

- 3) En ce qui concerne les câbles de postcontrainte, il y a encore lieu de prendre en considération que :

- 3) Voor naspankabels dient men bovendien het volgende in aanmerking te nemen :

- la gaine seule n'assure pas une protection efficace du câble avant son placement dans le coffrage;
- dans les poutres stockées à l'extérieur avec

- de kabelkoker alleen biedt geen doeltreffende beschutting voor de kabel, vooraleer deze in de bekisting geplaatst is;
- voor in open lucht opgeslagen balken met

des câbles de postcontrainte non tendus, toutes les précautions doivent être prises pour éviter la corrosion des armatures et le risque d'éclatement du béton, dû au gel. En particulier, les extrémités libres des câbles doivent recevoir une protection adéquate et les extrémités des gaines doivent être soigneusement cachetées pour éviter toute rentrée d'eau.

En cas de besoin et en tout cas en période hivernale, une possibilité complémentaire de protection consiste à remplir les gaines complètement d'une solution aqueuse de benzoate de soude (exempte de chlore), avec éventuellement addition d'alcool méthylique lorsqu'il y a risque de gel. La composition suivante valable pour une durée approximative de 3 mois est d'utilisation courante :

- 6,4 litres d'eau;
- 3,6 litres de méthanol;
- 100 grammes de benzoate de soude;
- 4 grammes de hydroxyde de soude.

#### 7.1.5. Gains - ancrages - ferrailage sous ancrages

- 1) La réception des gains, des ancrages et du ferrailage sous ancrages est demandée en temps utile par le fabricant.
- 2) Les gains sont conformes au modèle agréé par le maître de l'ouvrage.
- 3) Les ancrages sont contrôlés pour s'assurer de leur conformité au modèle agréé par le maître de l'ouvrage.
- 4) Les éléments de frettage sont ceux qui ont été agréés pour le type de câble retenu.

#### 7.2. ARMATURES PASSIVES

##### 7.2.1. Prescriptions générales

##### 7.2.1.1. Réception des aciers non-Benor

- 1) Les aciers pour armatures passives utilisés dans les ouvrages destinés à un maître de l'ouvrage sont réceptionnés préalablement par celui-ci. Une réception faite par un autre maître de l'ouvrage pourra être éventuellement reconnue valable par le maître de l'ouvrage responsable de l'ordre à condition que ce dernier puisse disposer de toutes les informations concernant la réception.
- 2) La réception est demandée en temps utile par le fabricant.
- 3) La réception d'un lot d'aciers ne peut être demandée à un maître de l'ouvrage que si au moins une partie de ce lot est destinée à une construction réalisée pour le compte de

niet aangespannen naspankabels, dienen alle nodige voorzorgen genomen te worden, ten einde corrosie van de wapening en het barsen van het beton tengevolge van vorst te voorkomen. In het bijzonder moeten de vrije uiteinden van de kabels van een geschikte bescherming voorzien worden en moeten de uiteinden van de kokers zorgvuldig afgeschermd worden om elke insijpeling van water te vermijden.

Indien nodig en in elk geval in de winterperiode bestaat een aanvullende bescherming erin de kokers volledig te vullen met een waterige en chloorvrije oplossing van natriumbenzoaat, waaraan eventueel methylalcohol werd toegevoegd wanneer vorstgevaar bestaat. De volgende samenstelling die bruikbaar is voor een periode van ongeveer 3 maanden, wordt doorgaans toegepast :

- 6,4 liter water;
- 3,6 liter metanol;
- 100 gram natriumbenzoaat;
- 4 gram natriumhydroxyde.

#### 7.1.5. Kabelkokers - verankeringen - verankeringswapening

- 1) De fabrikant vraagt tijdig de keuring aan van de kabelkokers, de verankeringen en de verankeringswapening.
- 2) De kabelkokers zijn conform met het type, aanvaard door de bouwheer.
- 3) Er wordt nagegaan of de verankeringen beantwoorden aan het door de bouwheer aangenomen type.
- 4) De frettagevoorzieningen zijn die welke aanvaard werden voor het te gebruiken kabeltype.

#### 7.2. PASSIEVE WAPENINGEN

##### 7.2.1. Algemene voorschriften

##### 7.2.1.1. Keuring van het niet-gebenoriseerde staal

- 1) Het staal voor passieve wapeningen, gebruikt voor bouwwerken in opdracht van een bouwheer, wordt vooraf door deze bouwheer gekeurd. Een keuring uitgevoerd door een andere bouwheer kan eventueel door de opdrachtgevende bouwheer als geldig erkend worden op voorwaarde dat alle inlichtingen betreffende de keuring medegedeeld worden.
- 2) De keuring wordt tijdig door de fabrikant aangevraagd.
- 3) De keuring van een partij staal mag slechts aangevraagd worden bij de bouwheer wanneer tenminste een gedeelte hiervan moet dienen voor een bouwwerk op te richten in opdracht van deze

celui-ci. Une partie du lot réceptionné peut être utilisée dans des ouvrages pour d'autres maîtres d'ouvrages.

- 4) Les aciers pour armatures passives sont réceptionnés par le maître de l'ouvrage, aux frais du fabricant. La réception peut être opérée aux usines du producteur, chez le marchand de fer-négociant ou chez le fabricant.
- 5) Les aciers réceptionnés sont étiquetés, ils sont marqués du poignon de l'organisme de réception.
- 6) Une copie du bordereau et une copie des procès-verbaux des essais de réception sont fournies au fabricant qui en tient conservation dans ses dossiers et les présente à la demande du maître de l'ouvrage.

#### 7.2.1.2. Aciers Benor

Le fabricant peut approvisionner des armatures bénéficiant de la marque Benor. Dans ce cas, les armatures sont entreposées sur une aire de stockage distincte repérée par une enseigne portant la mention "acier Benor".

Les contrôles et essais de réception sont remplacés par les contrôles particuliers réalisés selon les modalités suivantes :

- 1) Le fabricant envoie à l'organisme de contrôle, au moins 2 semaines avant la livraison, soit copie des bons de commande des aciers, soit pour chaque commande la nomenclature correspondante. Il attribue à ces documents une numérotation continue et indique la date présumée de la livraison.
- 2) Lors de chaque livraison, le fabricant est tenu :
  - d'identifier les fournitures au bordereau, en dimensions et quantités;
  - de s'assurer que le bordereau est daté et signé et qu'il porte un numéro d'ordre Benor ainsi que le sigle Benor d'un stockiste-distributeur ou d'un producteur repris à la dernière liste en vigueur; il doit en outre mentionner le nom du producteur;
  - de vérifier sur quelques barres prélevées au hasard, dans chaque poste, que le marquage d'identité qui y figure est repris à la dernière liste en vigueur et est conforme à l'origine des produits mentionnés au bordereau;
  - d'inscrire immédiatement dans un livre réservé à cet effet, les indications suivantes :
    - ° date de livraison;
    - ° quantités approvisionnées par nuance, diamètre et longueur;
    - ° les références des bordereaux de livraison, c'est-à-dire :

bouwheer. Een gedeelte van de gekeurde partij mag dus ook gebruikt worden voor bouwwerken van andere bouwheren.

- 4) Het staal voor passieve wapeningen wordt gekeurd door de bouwheer op kosten van de fabrikant. De keuring kan uitgevoerd worden in de fabriek van de producent, bij de handelaar in staalwaren of bij de fabrikant.
- 5) Het gekeurde staal wordt voorzien van een etiket en van de stempel van het controle-organisme belast met de keuring.
- 6) Een afschrift van het borderel en van de keuringsverslagen wordt overgemaakt aan de fabrikant, die ze bijhoudt en voorlegt aan de bouwheer op diens verzoek.

#### 7.2.1.2. Benorstaal

De fabrikant mag zich bevoorraden met wapeningen geleverd onder het Benor-merk. In dit geval worden de wapeningen op een afzonderlijke plaats opgeslagen aangeduid door de vermelding "Benorstaal".

De controles en keuringsproeven worden vervangen door bijzondere controles in overeenstemming met de volgende modaliteiten :

- 1) De fabrikant stuurt aan het controle-organisme minstens 2 weken voor de levering, hetzij een kopie van de bestelbon van het staal, hetzij voor elke levering de overeenstemmende nomenklatuur. Hij geeft aan deze documenten een doorlopende nummering en duidt de vermoedelijke datum van de levering aan.
- 2) Bij de levering dient de fabrikant :
  - de leveringen aan de hand van het borderel te identificeren inzake afmetingen en hoeveelheden;
  - er zich van te vergewissen dat het borderel gedateerd en ondertekend is en een volgnummer Benor draagt, evenals het Benorkenteken van een verdeler of -stockhouder of van een producent, opgenomen in de laatste van toepassing zijnde lijst; bovendien moet het de naam van de producent vermelden;
  - op enkele steekproefsgewijs ontnomen staven van elke post na te gaan of de identificatie-aanduiding die erop voorkomt overeenstemt met de laatste van toepassing zijnde lijst en overeenkomt met de herkomst van de produkten vermeld op het borderel;
  - onmiddellijk in een daartoe bestemd boek de volgende gegevens in te schrijven :
    - ° leveringsdatum;
    - ° ontvangen hoeveelheden per soort, diameter en lengte;
    - ° de referenties van de leveringsbonnen, d.w.z. :

1. le numéro d'immatriculation du stockiste-distributeur (marchand de fer ou du producteur : 78 - BENOR - .....
2. le numéro d'ordre du bordereau.

- ° le numéro de sa commande correspondante;
- ° le ou les marquage(s) relevé(s) sur les barres prises au hasard;
- ° la référence de la liste des marquages utilisée.
- ° la conclusion de ses contrôles avec toutes les remarques qu'il juge utiles.

- d'avertir dans les plus brefs délais l'organisme de contrôle s'il découvre une anomalie (bordereaux non conformes - marquage non conforme - caractéristiques géométriques des nervures douteuses, ...).

Dans ce cas, la fourniture concernée ne peut pas être versée au stock; elle doit être stockée séparément en attendant une décision du maître de l'ouvrage.

3) Pendant 12 mois, à partir de la date de la livraison, le fabricant conserve soigneusement les bordereaux de façon à pouvoir les produire lors d'une éventuelle contestation ou à la requête du maître de l'ouvrage.

4) A l'occasion des visites de contrôle de fabrications des poutres, l'organisme de contrôle procède aux opérations suivantes :

- il s'assure que les bordereaux sont conservés de manière ordonnée;
- il vérifie la tenue à jour du livre précité;
- il contrôle également par coups de sonde que les marquages d'identité des barres du stock correspondent aux marquages agréés;
- il effectue, si nécessaire, un ou plusieurs prélèvements dans le respect des prescriptions du cahier des charges de l'ouvrage (par exemple le point D de la circulaire 546-10 du Ministère des Travaux Publics);
- il paraphe le livre à la date de son contrôle si aucune anomalie n'est constatée;
- il s'assure que le stock Benor ne comporte aucun autre acier.

#### 7.2.1.3. Contrôle de conformité

Des contrôles de conformité peuvent être effectués par l'organisme de contrôle sur des échantillons d'aciers prélevés à l'occasion de leur mise en oeuvre.

Les résultats des essais doivent correspondre à ceux obtenus lors de la réception des lots d'où sont tirés les échantillons. Les frais des essais sont à charge du maître de l'ouvrage.

1. het herkenningsnummer van de verdeler (staalhandelaar) of van de producent : 78 - BENOR - .....
2. het volgnummer van het borderel.

- ° het nummer van de overeenstemmende bestelling;
- de markering(en) waargenomen op de steekproefsgewijs gekozen staven;
- ° de referentie van de lijst van de gebruikte merken;
- ° de besluiten van zijn controles met al de opmerkingen die nodig geacht worden.

- in de kortst mogelijke tijd de bouwheer te verwittigen indien hij een tekortkoming ontdekt (niet overeenkomstige borderellen - niet overeenstemmende markering - twijfelachtige geometrische kenmerken van de ribben, ...).

In dat geval mag de betreffende levering niet aan de voorraad toegevoegd worden; ze moet afzonderlijk gestapeld worden in afwachting van een beslissing van de bouwheer.

3) Gedurende 12 maanden, gerekend vanaf de leveringsdatum, houdt de fabrikant de borderellen zorgvuldig bij, teneinde ze te kunnen voorleggen in geval van een eventuele betwisting of op verzoek van de bouwheer.

4) Ter gelegenheid van de controlebezoeken aangaande de fabricage van de balken, gaat het controle-organisme tot de volgende werkzaamheden over :

- het vergewist zich ervan dat de borderellen werden bijgehouden zoals voorgeschreven;
- het gaat na of het voormelde boek regelmatig werd bijgehouden;
- het controleert tevens door steekproeven of de identifikatie-aanduidingen op de voorradige staven overeenstemmen met de goedgekeurde merken;
- het verricht, zonedig, één of meerdere monsternemingen in overeenstemming met de voorschriften van het lastenboek van het bouwwerk (bv. punt D van de Omzendbrief 546-10 van het Ministerie van Openbare Werken);
- het parafeert het boek op datum van het controlebezoek indien geen enkele tekortkoming werd vastgesteld;
- Het vergewist er zich van dat in de Benor-opslag geen andere staalsoort voorhanden is.

#### 7.2.1.3. Overeenkomstigheidskeuringen

Door het controle-organisme kunnen keuringen van overeenkomstigheid uitgevoerd worden op monsters die genomen worden bij het verwerken van het staal.

De proefuitslagen moeten beantwoorden aan die bekomen tijdens de keuring van de partijen waaruit de monsters genomen worden. De kosten van de tegenkeuringen zijn ten laste van de bouwheer.

7.2.2. Prescriptions particulières aux dispositifs accessoires du ferrailage

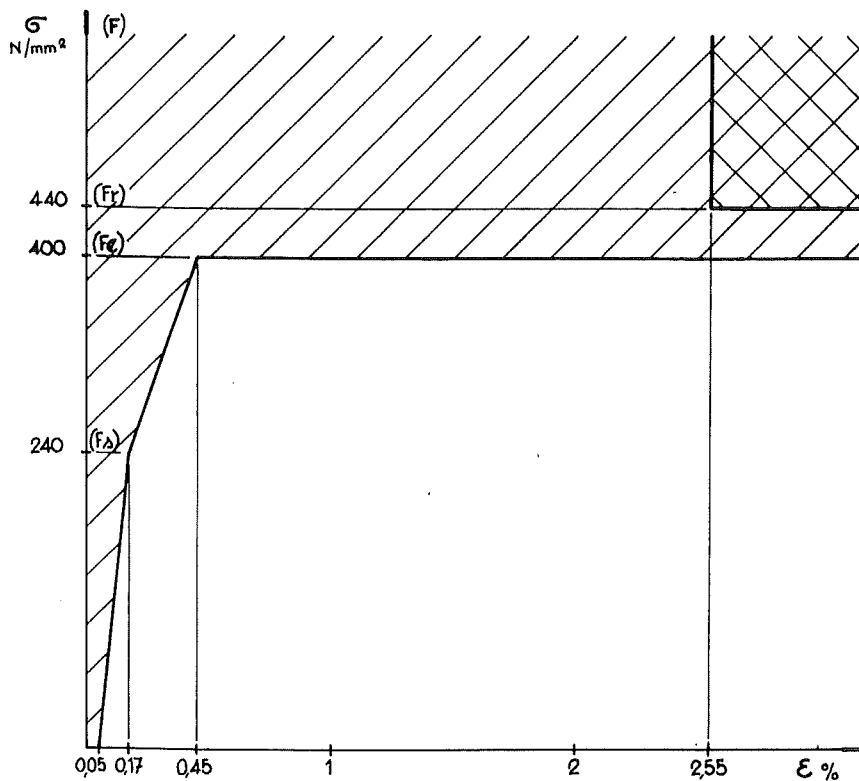
7.2.2.1. Généralités

- 1) Les dispositifs sont préalablement agréés par le maître de l'ouvrage, puis les différentes fournitures (douilles filetées notamment) sont réceptionnées. La réception peut être éventuellement remplacée par un contrôle de conformité aux conditions de l'agrément.
- 2) Les dispositifs prévus pour assurer l'ancrage ou pour rétablir la continuité de barres interrompues sont conformes aux dispositifs décrits au § 4.8.. Leur charge de rupture est supérieure ou égale à 1,83 fois la charge maximale de service (voir tableau III - § 4.8.4.).

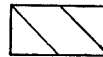
7.2.2. Bijzondere voorschriften betreffende de hulpstukken voor de wapeningen

7.2.2.1. Algemeenheden

- 1) Het type hulpstukken dient vooraf door de bouwheer aangenomen te worden; nadien worden de verschillende leveringen gekeurd (o.a. de schroefhulzen). De keuring kan eventueel vervangen worden door een controle van de overeenkomstigheid met de aanvaardingsvoorwaarden.
- 2) De voorzieningen bestemd om de verankering te verzekeren of om de continuïteit van de onderbroken staven te herstellen, zijn in overeenstemming met de voorzieningen beschreven in § 4.8.. Hun breuklast is groter of gelijk aan 1,83 maal de maximum gebruikslast (zie tabel III - § 4.8.4.).



Zone dans laquelle doit se situer la courbe contrainte - allongement.  
Zone waarin de spanning-rek-kromme zich moet bevinden.



Zone dans laquelle doit se situer le point du diagramme correspondant à la contrainte de rupture.  
Zone waarin het punt van het diagram zich moet bevinden dat met de breukspanning overeenstemt.

Fig. 15. - Assemblage de barres BE 400 S par douille filetée - Diagramme limite en traction.

Fig. 15. - Verbinding van staven BE 400 S met een schroefhuls - Grensdiagram op trek.

Leur déformabilité, mesurée avec un extensomètre de 200 mm de base, n'est pas supérieure à celle d'une armature en acier BE 400 dont la contrainte de traction sous la charge de service serait de 240 N/mm<sup>2</sup>, tout en tenant compte d'une déformation initiale de 0,1 mm ou 0,05 % sur une base de 200 mm.

L'allongement total sous la charge maximale est supérieur ou égal à 2,55 %. Ces prescriptions sont représentées à la fig. 15 et résumées au tableau V.

**TABLEAU V** - Assemblage de barres BE 400 S par douille filetée (M 24 ou M 30) - Caractéristiques en traction garanties.

Kracht (zie fig.15) Effort (voir fig.15)	Valeur minimale de l'effort (kN) Minimumwaarde v.d. kracht (kN)		Allongement total (%) Totale verlenging (%)	
	M 24	M 30	Min.	Max.
F <sub>s</sub>	65	104	-	0,17
F <sub>e</sub>	109	173	-	0,45
F <sub>r</sub>	120	190	2,55	-

#### 7.2.2.2. Essais de réception

##### A. Cas des dispositifs décrits au § 4.8.2.

###### 1) Barres filetées

Il est effectué une série d'essais par 1000 pièces avec un minimum de deux séries par lot. Toutefois pour un lot inférieur à 400 pièces une seule série d'essais est réalisée.

Un lot ne peut comporter que des barres filetées d'un même diamètre, faisant partie d'un même usinage (filetage) et réalisées à partir de barres de même nature (soit naturellement dur, soit écroui par torsion, soit traité thermiquement après laminage) et préalablement réceptionnées.

Une série d'essais comprend :

- un essai de traction tel que décrit au point 3) ci-dessous;
- un essai de pliage dans la partie filetée; le diamètre du mandrin est égal à 5 fois l'épaisseur de l'éprouvette. L'éprouvette ne peut présenter ni crique ni fissure sous un angle de 30°.

###### 2) Douilles filetées

Il est effectué une série d'essais par 1000 pièces avec un minimum de deux séries par lot. Toutefois pour un lot inférieur à 400 pièces une seule série d'essais est effectuée.

Un lot ne peut comporter que des douilles de mêmes dimensions, faisant partie d'une même fabrication et réalisées à partir d'un même lot de barres ou de tubes.

Hun vervormbaarheid, gemeten met een extensometer met een basis van 200 mm is niet groter dan een wapening van BE 400-staal waarvan de trekspanning onder gebruikslast 240 N/mm<sup>2</sup> bedraagt; men dient evenwel rekening te houden met een initiële vervorming van 0,1 mm of 0,05 % op een meetbasis van 200 mm.

De totale verlenging onder maximumlast is groter dan of gelijk aan 2,55 %. Deze voorschriften zijn weergegeven op fig. 15 en samengevat in tabel V.

**TABEL V** - Verbinding van staven BE 400 S met een schroefhuls (M 24 of M 30) - Gegarandeerde kenmerken op trek.

#### 7.2.2.2. Keuringsproeven

##### A. Geval van de voorzieningen beschreven in § 4.8.2.

###### 1) Staven met schroefdraad

Er wordt een reeks proeven uitgevoerd per 1000 stuks met een minimum van 2 reeksen per lot. Voor een lot met minder dan 400 stuks wordt er slechts één enkele reeks proeven uitgevoerd.

Een lot mag slechts staven met schroefdraad bevatten met dezelfde diameter en van dezelfde bewerking (draadsnijden), die bovendien afkomstig zijn van staven van éénzelfde soort (hetzij natuurlijk hard, hetzij koudvervormd door torsie, hetzij thermisch behandeld na walsen) en die vooraf gekeurd werden.

Een reeks proeven omvat :

- een trekproef zoals hierna in punt 3) beschreven;
- een buigproef in het gedeelte met schroefdraad; de diameter van de doorn bedraagt vijf maal de dikte van het proefstuk. Dit laatste mag scheuren noch barsten vertonen onder een buighoek van 30°.

###### 2) Schroefhulzen

Er wordt een reeks proeven per 1000 stuks uitgevoerd met een minimum van twee reeksen per lot. Voor een lot met minder dan 400 stuks wordt er slechts één enkele reeks proeven uitgevoerd.

Een lot mag slechts schroefhulzen met dezelfde afmetingen en van éénzelfde fabrikage omvatten, die bovendien van éénzelfde lot van staven of buizen afkomstig zijn.



Une série d'essais comprend :

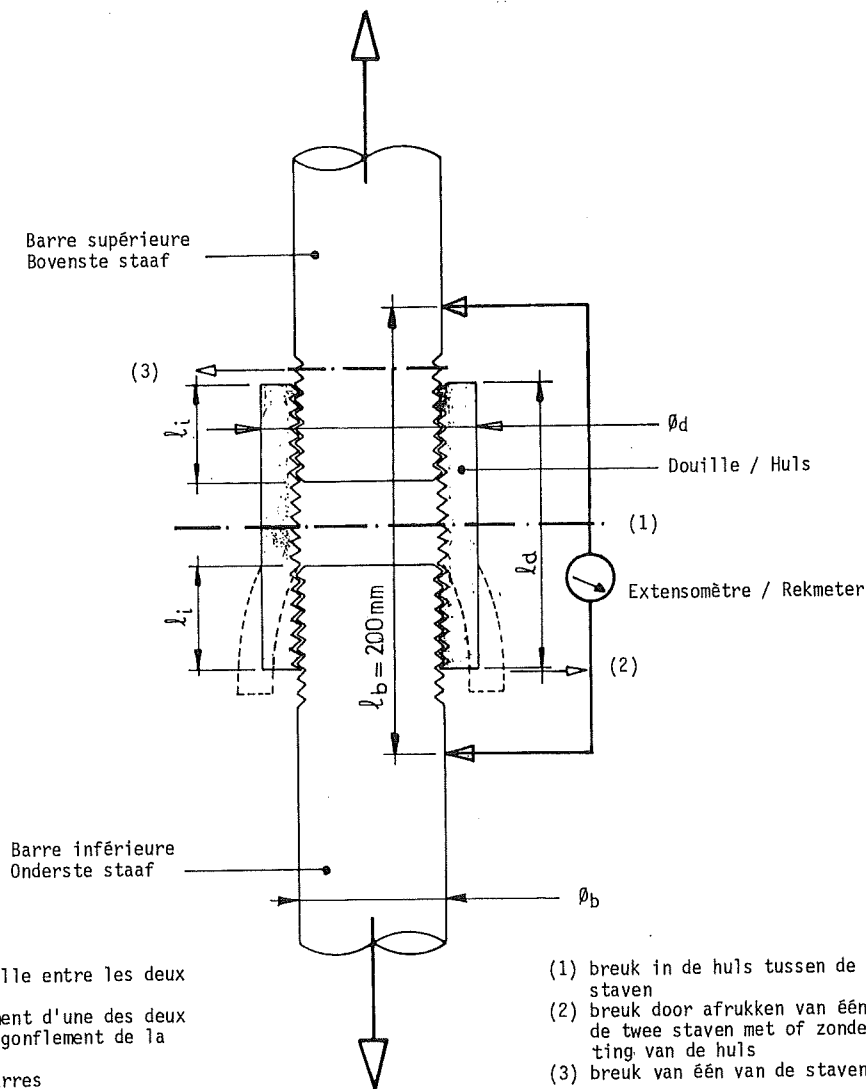
- un essai de traction tel que décrit au point 3) ci-dessous;
- un essai d'écrasement avec réduction du diamètre extérieur de 10 %.

Après écrasement la douille ne peut présenter ni crique ni fissure.

Een reeks proeven omvat :

- een trekproef zoals hierna in punt 3) beschreven;
- een samendrukkingsproef waarbij de buitendiameter met 10 % wordt verminderd.

Na samendrukking mag de huls barsten noch scheuren vertonen.



- (1) rupture dans la douille entre les deux barres
- (2) rupture par arrachement d'une des deux barres avec ou sans gonflement de la douille
- (3) rupture d'une des barres

- (1) breuk in de huls tussen de twee staven
- (2) breuk door afrukken van één van de twee staven met of zonder uitting van de huls
- (3) breuk van één van de staven

Fig. 16. - Essai de traction sur assemblage par douille fileté.

Fig. 16. - Trekproef op een verbinding met schroefhuls.

3) Essai de traction (fig. 16.)

Un ensemble est constitué d'une douille de longueur  $l_d$  et de diamètre  $\varnothing_d$  et de deux barres de diamètre  $\varnothing_b$  visées dans celle-ci sur une longueur  $l_i$  (voir tableau III - § 4.8.4.).

3) Trekproef (fig. 16.)

Een geheel omvat een huls met lengte  $l_d$  en diameter  $\varnothing_d$  en twee staven met diameter  $\varnothing_b$  die over een lengte  $l_i$  in de huls worden geschroefd (zie tabel III - § 4.8.4.).

Un extensomètre de 200 mm de base est fixé sur cette éprouvette, symétriquement par rapport à la douille.

L'essai est réalisé en appliquant de manière continue un effort croissant depuis zéro jusqu'à la charge de rupture.

L'extensomètre est placé avant la mise en charge, de manière à mesurer le déplacement relatif des barres. Il reste fixé sur l'éprouvette jusqu'au moment où l'allongement minimum exigé est atteint.

Le diagramme effort-déformation est enregistré.

Les résultats de l'essai de traction doivent satisfaire aux données du § 7.2.2.1.

#### 4) Remarques

Lors de l'exécution du contrôle de l'aspect et des dimensions des douilles et barres filetées qui est exécuté préalablement aux essais mécaniques précités il est vérifié que :

- le vissage des douilles sur les barres se fait sans difficultés;
- le jeu entre barre et douille est faible car il influence le comportement de l'assemblage dans l'essai de traction.

#### B. Cas du dispositif décrit au § 4.8.3.

Sur une première fourniture, deux essais de traction sont réalisés de manière à mesurer uniquement la charge de rupture du dispositif réalisé par le fabricant selon les indications de la fig. 9 (cfr. § 4.8.3.). Cette charge doit être supérieure ou égale à 100 kN.

Les pièces d'épreuves sont conservées par le fabricant.

Les fournitures suivantes, qui doivent être réalisées de la même manière et avec des pièces identiques, sont réceptionnées uniquement sur base d'un contrôle de l'aspect et des dimensions vu que la charge de service est limitée à 20 kN.

Les points suivants sont vérifiés :

- le vissage des barres dans les douilles soudées doit se faire sans difficultés sur une longueur minimale  $l_1$  (voir tableau III - § 4.8.4.);
- les barres d'ancrage doivent être positionnées de manière à être situées dans la seconde moitié de l'âme de la poutre (voir fig. 9 - cfr. § 4.8.3.).
- les soudures doivent être saines, sans morsures profondes, ni collages; elles doivent être de même dimensions que celles des pièces qui ont été soumises aux essais de traction précités.

Een rekometer met een basis van 200 mm wordt symmetrisch t.o.v. de huls op dit proefstuk bevestigd.

De proef wordt uitgevoerd met een van de nullast tot de breuklast kontinu oplopende kracht.

Teneinde de relatieve verplaatsing van de staven te kunnen meten, wordt de rekometer geplaatst vóór het aanbrengen van de belasting. Hij blijft op het proefstuk bevestigd tot op het ogenblik dat de vereiste minimumverlenging bereikt wordt.

Het diagram kracht-ervorming wordt geregistreerd.

De resultaten van de trekproef moeten aan de in § 7.2.2.1. vermelde eisen voldoen.

#### 4) Opmerkingen

Bij de controle op het uitzicht en de afmetingen van de hulzen en staven, hetgeen vóór de voormelde mechanische proeven geschiedt, wordt er nagegaan of :

- het vastschroeven van de hulzen op de staven zonder problemen verloopt;
- er slechts een lichte speling is tussen huls en staaf, daar dit het gedrag van de verbinding bij de trekproef beïnvloedt.

#### B. Geval van de in § 4.8.3. beschreven voorziening

Op een eerste levering worden twee trekproeven uitgevoerd waarbij enkel de breuklast van de voorziening die de fabrikant volgens de aanduidingen van fig. 9 (zie § 4.8.3.) heeft samengesteld, wordt gemeten. Deze last moet groter zijn dan of gelijk zijn aan 100 kN.

De proefstukken worden door de fabrikant bewaard.

De volgende leveringen die op dezelfde manier en met identieke stukken moeten worden gemaakt, worden enkel op basis van een controle van het uitzicht en van de afmetingen gekeurd, op voorwaarde dat de gebruikslast tot 20 kN beperkt is.

Volgende punten worden nagegaan :

- het vastschroeven van de staven in de gelaste huls mag over een minimumlengte  $l_1$  (zie tabel III - § 4.8.4.) geen problemen opleveren;
- de verankeringsstaven moeten dusdanig worden geplaatst dat zij zich in de tweede helft van het lijf van de liggers bevinden (zie fig. 9 - zie § 4.8.3.).
- de lassen moeten zuiver zijn, zonder diepe inkartelingen of bindingsfouten; zij moeten dezelfde afmetingen hebben als die van de stukken waarop de voormelde trekproeven werden uitgevoerd.

### 7.2.3. Prescriptions particulières au soudage des armatures

#### Remarque importante préliminaire

Le soudage bout à bout ou par recouvrement ne peut être envisagé qu'exceptionnellement; il doit faire l'objet de conventions particulières entre le fabricant et le maître de l'ouvrage.

Les prescriptions qui suivent se rapportent au soudage en croix.

#### 7.2.3.1. Généralités

Seules les liaisons par ligatures des armatures passives peuvent, moyennant l'accord du maître de l'ouvrage, être remplacées par des soudures en croix. En aucun cas il ne peut être tenu compte de la résistance des soudures en croix pour modifier une longueur d'ancrage. Pour les poutres de ponts-rails, ces soudures sont exclues sauf dans les blocs d'about.

Les assemblages sont réalisés par soudage manuel à l'arc ou par résistance ou par soudage semi-automatique sous gaz. Dans le cas de soudage manuel, l'électrode à enrobage basique est imposée pour les armatures des nuances BE 400 S et BE 500 S.

Les travaux de soudure sont exécutés sous abri et à une température ambiante supérieure à 5°C, sur aciers secs et propres aux endroits à assembler (élimination de la rouille). Les produits de soudage sont conservés et utilisés à l'état sec. Tout travail de soudure est interdit au voisinage des armatures de précontrainte.

#### 7.2.3.2. Qualités requises pour les armatures après soudage

- La conservation des valeurs garanties pour la limite d'élasticité (Re) et la charge de rupture (Rm) ainsi que le maintien du rapport Rm/Re et l'allongement uniformément réparti tel que défini pour les armatures non soudées par les normes.
- Un allongement de rupture au moins égal à 75% de la valeur garantie lorsque cette rupture a lieu au droit du noeud soudé; l'aspect de la cassure doit être ductile.
- Une ductilité suffisante.
- La conservation de la section au droit du noeud soudé.

#### 7.2.3.3. Qualités requises pour les noeuds soudés

En vue de conserver aux armatures les formes et positions relatives fixées, les noeuds soudés doivent garantir le maintien des liaisons lors de diverses manipulations et sollicitations que subissent les ferrailages jusqu'à la prise du béton.

### 7.2.3. Bijzondere voorschriften betreffende het lassen van de wapeningen

#### Belangrijke voorafgaandelijke opmerking

Het stomplassen of overlappingslassen mag slechts uitzonderlijk overwogen worden; ze dienen het voorwerp uit te maken van bijzondere overeenkomsten tussen de fabrikant en de bouwheer.

De hiernavolgende voorschriften hebben slechts betrekking op kruislassen.

#### 7.2.3.1. Algemeenheden

Enkel de verbindingen van de passieve wapeningen door middel van binddraden, mogen door kruislassen vervangen worden en mits toestemming van de bouwheer. Er mag in geen geval rekening gehouden worden met de weerstand van de kruislassen om een verankeringslengte te wijzigen. Voor de spoorbruggen zijn deze lassen verboden, behalve in de eindblokken.

De verbindingen worden verwezenlijkt door handlassen met de vlamboog of door weerstandslassen of door half-automatisch lassen onder beschermgas. In geval van handlassen, is het gebruik van basisch omhulde elektroden verplicht voor wapeningen van het type BE 400 S en BE 500 S.

De laswerken worden op een beschutte plaats uitgevoerd bij een omgevingstemperatuur van minstens 5°C en op droog en zuiver staal, ter plaatse van de verbindingen (roest vooraf verwijderen). De lasprodukten worden bewaard en gebruikt in droge staat. Alle laswerk in de nabijheid van de voorspanwapeningen is verboden.

#### 7.2.3.2. Vereiste kwaliteiten van de wapeningen na het lassen

- Het behoud van de gewaarborgde minimumwaarden voor de elasticiteitsgrens (Re) en de breuklast (Rm), evenals van de verhouding Rm/Re en van de gelijkmatig verdeelde rek, zoals bepaald door de normen voor de niet-gelaste wapeningen.
- Een breukrek ten minste gelijk aan 75% van de gewaarborgde waarde, wanneer de breuk zich ter plaatse van de gelaste knoop voordoet; de breuk moet een ductiel uitzicht hebben.
- Een voldoende ductiliteit.
- Het behoud van de doorsnede ter plaatse van de gelaste knoop.

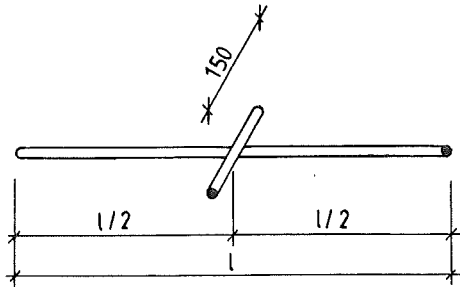
#### 7.2.3.3. Vereiste kwaliteiten voor de gelaste knopen

Opdat de wapeningen hun vooropgestelde onderlinge vorm en stand zouden bewaren, moeten de gelaste knopen tijdens de verscheidene behandelingen en krachtwerkingen die de wapeningen ondergaan, het behoud van de verbindingen waarborgen tot de verharding van het beton.

#### 7.2.3.4. Réalisation des éprouvettes d'essai

Selon le mode opératoire qu'il propose, l'aptitude du fabricant à réaliser des assemblages qui satisfont aux conditions des §§ 7.2.3.2. et 7.2.3.3. est contrôlée en réalisant les échantillons soudés selon le croquis de la fig. 17.

Proefstuk voor trek en buiging  
Eprouvette pour traction et pliage



Trek - Traction :  $l = 24d + 200 \text{ mm}$   
Buiging - Pliage :  $l = 12d + 200 \text{ mm}$

Fig. 17. - Armatures soudées - Caractéristiques dimensionnelles des éprouvettes.

La position du point de soudure est indiquée aux fig. 18 et 19.

- Les produits de soudage utilisés pour la réalisation des échantillons sont du même type et du même diamètre que ceux retenus pour les travaux. Dans le cas de soudage par résistance, la machine retenue pour les travaux est utilisée pour l'exécution des pièces d'essais et dans les mêmes conditions.

- Les échantillons d'acier sont choisis parmi les fournitures approvisionnées. Le maître de l'ouvrage se réserve le droit de faire doser, à titre d'information et à ses frais, les teneurs en carbone et manganèse des barres choisies pour exécuter les éprouvettes.

- Les frais des essais mécaniques sont à charge du fabricant.

#### 7.2.3.5. Descriptions des essais - Interprétation des résultats

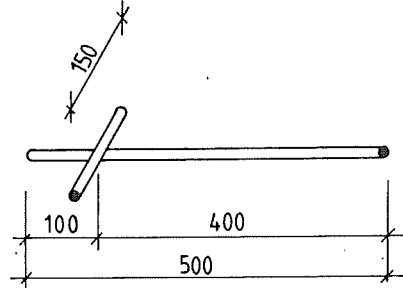
##### A. Essai de traction

L'éprouvette est constituée d'un tronçon de la barre à contrôler portant en son milieu un noeud soudé et un tronçon de l'autre élément symétriquement disposé par rapport au tronçon à essayer et qui selon les nécessités opératoires, pourra être raccorci après soudage.

#### 7.2.3.4. Vervaardiging van proefstukken

De bekwaamheid van de fabrikant om verbindingen te maken die aan de voorwaarden van de §§ 7.2.3.2. en 7.2.3.3. voldoen, wordt, naargelang de werkwijze die hij voorstelt, gecontroleerd op de proefstukken gelast overeenkomstig de schetsen van fig. 17.

Proefstuk voor afrukking  
Eprouvette pour arrachement



$d$  = nominale diameter van de langswapening  
 $d$  = diamètre nominal de l'armature longitudinale

Fig. 17. - Gelaste wapeningen - Maatkenmerken van de proefstukken.

De plaats van het laspunt is aangeduid op de fig. 18 en 19.

- De lasprodukten, gebruikt voor het vervaardigen van de monsters, zijn van hetzelfde type en van dezelfde diameter als degenen die weerhouden werden voor de werken. In geval van weerstandslas, wordt de machine, die weerhouden is voor de werken in dezelfde omstandigheden aangewend voor het vervaardigen van de proefstukken.

- De monsters staal worden uit de opgeslagen leveringen gekozen. De bouwheer behoudt zich het recht voor, om, ter inlichting en op zijn kosten, de koolstof- en mangaangehalten van de staaven te laten bepalen die voor het vervaardigen van de proefstukken gekozen werden.

- De kosten van de mechanische proeven zijn ten laste van de fabrikant.

#### 7.2.3.5. Beschrijving van de proeven - Interpretatie van de uitslagen

##### A. Trekproef

Het proefstuk bestaat uit een deel van de te controleren staaf, met in het midden een gelaste knoop en een mootje van het andere element dat symmetrisch ten opzichte van de te beproeven staaf aangebracht wordt en dat, naargelang van de proeftechnische noodwendigheden na het lassen ingekort mag worden.

L'opération de sectionnement ne peut modifier les caractéristiques du métal du joint soudés ni celles de la barre soumise à l'essai. L'allongement de rupture est mesuré sur une base de 5 ou 10 fois le diamètre nominal de la barre suivant NBN A 24-301 et -302; des repères sont placés de manière à définir une série de 4 bases de mesures et une série de 3 bases de mesures selon les croquis de la fig. 18.

La position (a) de la cassure est relevée par rapport au bord extérieur du point de soudure, situé du côté de la cassure.

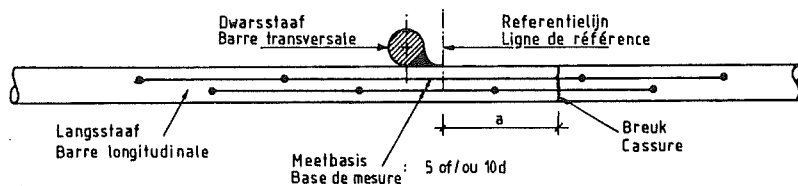
L'aspect de la cassure est notée (ductile ou fragile). Les résultats de l'essai respectent les prescriptions du § 7.2.3.2..

De wijze van verkorten mag evenwel de karakteristieken van het metaal van de las, noch die van de beproefde staaf wijzigen. De breukrek wordt gemeten op een basis die vijf- of tienmaal de nominale diameter van de staaf bedraagt, volgens NBN A 24-301 en -302. De meetpunten worden zodanig geplaatst dat een reeks van 4 meetbasissen en een reeks van 3 meetbasissen gevormd worden zoals weergegeven op fig. 18.

De plaats (a) van de breuk wordt gemeten ten opzichte van de buitenrand van het laspunt, welke zich aan de kant van de breuk bevindt.

Het uitzicht van de breuk wordt genoteerd (ductiel of bros). De proefresultaten voldoen aan de voorschriften van § 7.2.3.2..

Soudage avec métal d'apport  
Lassen met toevoegmetaal



Soudage par résistance  
Weerstandslassen

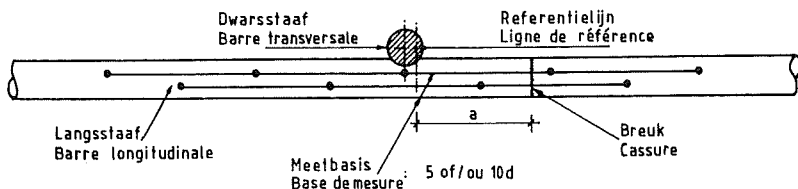


Fig. 18. - Essai de traction - Disposition des bases de mesures.

Fig. 18. - Trekproef - Schikking van de meetbasissen.

#### B. Essai de cintrage

- L'éprouvette est constituée de manière identique au point A. ci-avant. L'éprouvette est déformée, en veillant à obtenir un rayon de courbure uniforme; le noeud soudé est situé dans la face soumise à allongement maximum. Le rayon de courbure de la fibre moyenne de l'armature déformée est de 5,5 fois le diamètre nominal de la barre (le diamètre du mandrin est égal à 10 fois celui de l'armature).
- Une déchirure transversale ductile amorcée, dans la soudure au voisinage immédiat de celle-ci doit laisser intacte au moins une demi-section de la barre lorsque l'angle de cintrage atteint 60°.
- En cas de contestation lors de l'interprétation de l'essai, le résultat de l'essai de traction fait foi.

#### C. Essai d'arrachement tangentiel du noeud

- L'essai est réalisé en exerçant sur l'armature un effort de traction en vue de déterminer l'effort de cisaillement de l'assemblage. Durant l'exécution de l'essai, d'une part l'armature transversale doit être serrée dans les mâchoires

#### B. Opbuigproef

- Het proefstuk is identiek aan dat beschreven in punt A. hierboven. Bij het opbuigen van het proefstuk dient erover gewaakt dat een uniforme kromtestraal verkregen wordt; de gelaste knoop bevindt zich in de zone die de grootste verlenging ondergaat. De kromtestraal van de gemiddelde vezel van de vervormde wapening is gelijk aan 5,5 maal de nominale diameter (de diameter van de doorn bedraagt 10 maal die van de wapeningsstaaf).
- Het ontstaan van een ductiele dwarse afscheuring in de las of in de onmiddellijke nabijheid ervan, moet minstens een halve doorsnede van de wapening gaaf laten, wanneer de opbuighoek 60° bereikt.
- In geval van betwisting bij de interpretatie van de proef, is de uitslag van de trekproef doorslaggevend.

#### C. Tangentiële afrukkingsproef van de gelaste knoop

- De proef wordt uitgevoerd door op de wapeningsstaaf een trekkracht uit te oefenen teneinde de afschuifkracht van de verbinding te bepalen. Tijdens de beproeving moet enerzijds de dwarswapening zodanig in de klauwen van de machine

res de la machine de telle manière qu'elle ne puisse s'écarter de la barre longitudinale et d'autre part la barre longitudinale doit être guidée de telle manière qu'il ne se produise pas de cisaillement du noeud au début de la mise en charge par suite d'une modification de l'angle formé par les alignements des barres.

- Durant l'essai d'arrachement dans le cas de soudage manuel à l'arc et du soudage semi-automatique sous gaz, l'éprouvette est positionnée suivant la fig. 19.

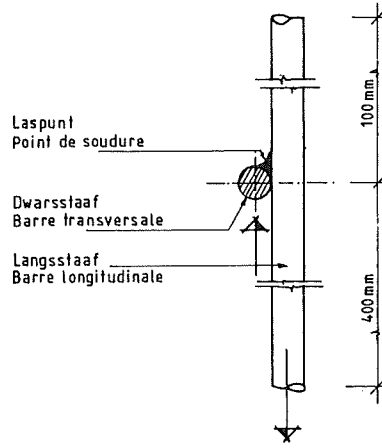


Fig. 19. - Essai d'arrachement - Positionnement de l'éprouvette.

- L'effort tangentiel d'arrachement est au moins de 2 kN.

#### D. Essais complémentaires

Si certains essais ne donnent pas satisfaction, il ne peut être procédé à de nouveaux essais identiques que moyennant l'accord du maître de l'ouvrage et selon ses directives.

#### 7.2.3.6. Agréation des modalités d'exécution des soudures

##### A. Variables à considérer

Les contrôles réalisés en vue de l'agrément des modalités d'exécution dépendent des conditions d'exécution propres à chaque atelier. Les différentes variables qui interviennent sont les suivantes :

##### 1) Procédés de soudage

- Le soudage automatique par résistance : la variable est la machine utilisée et non l'opérateur qui l'utilise.
- Le soudage semi-automatique sous gaz protecteur (CO<sub>2</sub>) : la variable est le soudeur pour autant que la tension, l'intensité, le débit de gaz et la vitesse de déroulement du fil puissent être contrôlés aisément sur chaque machine.

geklemd worden, dat zij zich tijdens de proef niet van de langsstaf kan verwijderen en moet anderzijds de langsstaf op zodanige wijze geleid worden, dat zich geen afschuiving van de knoop bij de aanvang van de belasting voordoet als gevolg van een wijziging van de hoek door de onderlinge stand van de staven.

- Tijdens de afrukkingsproef wordt, in het geval van handlassen met de vlamboog en half-automatisch lassen onder beschermgas, de proefstaaf geplaatst zoals weergegeven op fig. 19.

Fig. 19. - Afrukkingsproef - Opstelling van het proefstuk.

- De tangentiële afrukkingskracht bedraagt minstens 2 kN.

#### D. Aanvullende proeven

Indien sommige proeven geen voldoening schenken, mogen geen nieuwe identieke proeven aangevat worden zonder toestemming van de bouwheer en inachtname van zijn richtlijnen.

#### 7.2.3.6. Aanvaarding van de uitvoeringsmodaliteiten van de lassen

##### A. In acht te nemen veranderlijken

De controles die uitgevoerd worden met het oog op de aanvaarding van de uitvoeringsmodaliteiten zijn afhankelijk van de uitvoeringsvoorwaarden eigen aan elke werkplaats. De verschillende veranderlijken die een rol spelen zijn de volgende :

##### 1) Lasmethoden

- Het automatische weerstandslassen : de veranderlijke is de gebruikte machine en niet de operator die haar bedient.
- Het half-automatisch lassen onder beschermgas (CO<sub>2</sub>) : de veranderlijke is de lasser, voor zover de spanning, de stroomsterkte, het gasdebiet en de afwikkelingssnelheid van de draad op elke machine gemakkelijk controleerbaar zijn.

- Le soudage manuel avec électrodes basiques : la variable est le soudeur; les tension et intensité peuvent être mesurées séparément.

## 2) Les produits de soudage

En cas de soudage semi-automatique les essais sont réalisés avec le fil de la même marque, du même type et du même diamètre et avec le même gaz que celui qui est prévu. En cas de soudage manuel on utilise des électrodes basiques de la même marque, du même type et du même diamètre que celles qui sont prévues.

## 3) Les types d'acier

L'influence éventuelle de l'opération de soudage sur l'acier utilisé peut varier selon la nuance de celui-ci (BE 220 S - BE 400 S et BE 500 S) et son mode de fabrication (naturellement dur - écroui par torsion - traité thermiquement après laminage). Si le fabricant désire souder différents types d'acier, des essais doivent être réalisés avec chacun d'eux.

## 4) Types d'assemblage à réaliser et paramètres de soudage utilisés - Assemblages caractéristiques.

Pour un même procédé de soudage, l'influence d'un point de soudure sur un type d'acier donné dépend de la configuration géométrique de l'assemblage et des paramètres de soudage utilisés. Tous les types d'assemblage possibles ne doivent cependant pas être contrôlés mais seulement un certain nombre d'entre eux que le maître de l'ouvrage juge être les plus caractéristiques. Par procédé de soudage selon point 1) ci-avant, le choix des assemblages caractéristiques sera réalisé de manière à contrôler les cas extrêmes et éventuellement si ceux-ci sont très différents, un cas intermédiaire. Ce choix est fondé sur les diamètres des barres et sur les modalités de soudage proposées par le fabricant. Les variables sont les assemblages caractéristiques. Chaque assemblage caractéristique est défini par le diamètre et le type d'acier selon point 3) ci-avant, de la barre soumise à l'essai (désignée par le terme "barre longitudinale") et par le diamètre de la barre qui croise (désignée par le terme "barre transversale").

Ces désignations ne correspondent pas nécessairement à la position respective des barres dans l'ouvrage. Pour la barre transversale des éprouvettes un seul type d'acier est donc choisi parmi ceux à mettre en oeuvre.

## 5) Exemple

Un exemple d'application des prescriptions précitées est donné à l'Annexe B afin de mieux préciser dans quel esprit ces prescriptions sont établies; le tableau B.1. se rapporte au point 3) et le tableau B.2. au point 4) ci-avant.

## B. Demande d'agrément

Dans sa demande d'agrément, le fabricant fournit les informations suivantes :

- Het handlassen met basische elektroden : de veranderlijke grootheid is de lasser; de stroomspanning en de stroomsterkte kunnen afzonderlijk gemeten worden.

## 2) Lasprodukten

In het geval van half-automatisch lassen, worden de proeven uitgevoerd met draad van hetzelfde merk, van hetzelfde type, met dezelfde diameter en met hetzelfde gas als deze welke voorzien zijn. In het geval van handlassen gebruikt men basische elektroden van hetzelfde merk, van hetzelfde type en met dezelfde diameter als deze welke voorzien zijn.

## 3) De staalsoorten

De eventuele invloed van de lasbewerking op het gebruikte staal kan verschillen naargelang van de staalsoort (BE 220 S - BE 400 S en BE 500 S) en zijn fabricagemethode (natuurlijk hard - koud gevormd door torsie - thermisch behandeld na walsen). Indien de fabrikant verscheidene staalsoorten wenst te lassen, moeten met elk van hen proeven uitgevoerd worden.

## 4) Te verwezenlijken verbindingstypen en gebruikte lasparameters - Karakteristieke verbindingen.

Voor éénzelfde lasmethode hangt de invloed van een las op een bepaalde staalsoort af van de geometrische vormgeving van de verbinding en van de gebruikte lasparameters. Alle mogelijke verbindingstypen hoeven evenwel niet gecontroleerd te worden, maar slechts een bepaald aantal onder hen, die de bouwheer als de meest kenmerkende beschouwt. Voor elke lasmethode volgens punt 1) hiervoor zal de keuze van de karakteristieke verbindingen zodanig geschieden dat de uiterste gevallen en eventueel, indien deze sterk verschillen, een tussengeval gecontroleerd kunnen worden. Deze keuze wordt gemaakt op basis van de diameters van de staven en de lasmodaliteiten voorgesteld door de fabrikant. De veranderlijken zijn de karakteristieke verbindingen. Elke karakteristieke verbinding wordt bepaald door de diameter en de staalsoort volgens punt 3) hiervoor, van de staaf die beproefd wordt (aangeduid met de term "langsstaaft") en door de diameter van de staaf die haar kruist (aangeduid met de term "dwarsstaaft").

Deze aanduidingen stemmen niet noodzakelijkerwijze overeen met de respectievelijke plaats van de staven in het bouwwerk. Er wordt dus voor de dwarsstaaft van de proefstukken, één enkele staalsoort gekozen uit deze welke verwerkt zullen worden.

## 5) Voorbeeld

In Bijlage B wordt een voorbeeld van toepassing van de voornoemde voorschriften gegeven, teneinde de geest waarin deze voorschriften zijn opgesteld nader te omschrijven; tabel B.1. verwijst naar punt 3) en tabel B.2. naar punt 4) hiervoor.

## B. Goedkeuringsaanvraag

De fabrikant verstrekt in zijn goedkeuringsaanvraag de volgende inlichtingen :

1) Procédé et produits de soudage

a) soudage automatique par résistance :

- marque, type, numéros des machines;
- réglages utilisés pour chaque cas selon point 2) ci-après;
- noms des différents opérateurs (à titre indicatif).

b) soudage semi-automatique :

- marque, diamètre, type du fil, gaz;
- intensité, tension, vitesse du fil, débit de gaz et durée de soudage pour chaque cas selon point 2) ci-après;
- noms des différents soudeurs.

c) soudage manuel :

- marque, type, diamètre des électrodes, tension et intensité pour chaque cas selon point 2) ci-après;
- noms des différents soudeurs.

2) Types d'acier et types d'assemblages

Pour chaque assemblage les types d'acier concernés.

C. Echantillonnage et nombre des essais d'agrément

Par machine de soudage par résistance ou par soudeur (sur machine semi-automatique ou avec électrodes manuelles), par type d'acier et par assemblage caractéristique, il est procédé aux essais suivants sur éprouvettes selon les croquis de la fig. 17. (cfr. aussi l'exemple pratique de l'Annexe B) :

- 2 essais de traction sur armature longitudinale;
- 2 essais de pliage sur armature longitudinale;
- 2 essais d'arrachement.

Les essais mécaniques ne sont entrepris que si l'examen visuel des assemblages soudés donne satisfaction (absence de morsures, absence de coups d'arc, et en cas de soudage par résistance : limitation de l'interpénétration des barres).

7.2.3.7. Contrôle de l'exécution des assemblages soudés

- 1) L'examen visuel des noeuds soudés est opéré de manière systématique. Il en est de même du contrôle de la résistance des noeuds par coups de marteau (poids du marteau 500 gr) appliqués au croisement des barres.
- 2) Au cours de l'exécution des assemblages soudés le fabricant procède journalièrement à un ou plusieurs essais de cintrage comme décrit au point 7.2.3.5. - B). Le nombre et la répartition des essais sont fixés comme suit :
  - chaque mois il y a lieu de soumettre à essais des armatures de tous les diamètres et de tous les types d'acier qui sont soudées au cours du mois;

1) Lasprocédé en lasprodukten

a) weerstandslassen :

- merk, type, nummers van de machines;
- de voor elk geval toegepaste afregelingen in functie van punt 2) hierna;
- naam van de verschillende operatoren (bij wijze van inlichting).

b) half-automatisch lassen :

- merk, diameter, draadsoort, gas;
- stroomsterkte, spanning, snelheid van de draad, gasdebiet en duur van het lassen voor elk geval in functie van punt 2) hierna;
- naam van de verschillende lassers.

c) handlassen :

- merk, type, diameter van de elektroden, stroomsterkte en spanning voor elk geval in functie van punt 2) hierna;
- naam van de verschillende lassers.

2) Staalsoorten en verbindingstypen

Voor elke verbinding de betrokken staalsoorten.

C. Monsterneming en aantal aanvaardingsproeven

Per weerstandslasmachine of per lasser (op half-automatische machine of met handelektroden), per staalsoort en per kenmerkende verbinding, worden de volgende proeven op proefstukken uitgevoerd, volgens de schetsen van fig. 17. (zie ook het praktische voorbeeld in Bijlage B) :

- twee trekproeven op een langswaapening;
- twee buigproeven op een langswaapening;
- twee afrukkingsproeven.

De mechanische proeven worden slechts verricht indien het visuele onderzoek van de gelaste verbindingen voldoening schenkt (afwezigheid van inkervingen en van vlamboogtoetsen en beperking van de onderlinge indringing van de staven in geval van weerstandslassen).

7.2.3.7. Nazicht van de uitvoering van de gelaste verbindingen

- 1) Het visuele onderzoek van de gelaste knopen wordt systematisch uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor de controle van de weerstand van de knopen door hamerslagen (gewicht van de hamer 500 g.) toegebracht op de kruising van de waapeningen.
- 2) Tijdens het uitvoeren van de gelaste verbindingen verricht de fabrikant dagelijks één of meer opbuigproeven, zoals beschreven in punt 7.2.3.5. - B). Het aantal en de verdeling van de proeven zijn als volgt vastgesteld :
  - elke maand dienen waapeningen van alle diameters en van elke staalsoort die in de loop van de maand gelast worden, aan proeven onderworpen te worden;



- pour chaque diamètre de chaque type d'acier il est réalisé une éprouvette de chacun des deux assemblages extrêmes qui sont prévus et éventuellement d'un assemblage intermédiaire, si les deux cas extrêmes sont très différents.

Les éprouvettes précitées sont exécutées par les différents soudeurs et/ou par les différentes machines de soudage de manière que chaque mois tous les soudeurs et/ou toutes machines de soudage aient réalisé chacun au moins une éprouvette. Ce programme de contrôle est établi par le fabricant et proposé à l'approbation du maître de l'ouvrage.

- 3) Le fabricant note journalièrement les résultats dans un livre d'attachement. Ils y sont inscrits successivement dans l'ordre de leur exécution. Les éprouvettes sont répertoriées par un numéro d'ordre et par une marque propre à chaque soudeur et/ou à chaque machine et sont tenues à la disposition du maître de l'ouvrage. Ce réperage est également mentionné dans le livre d'attachement. Si un ou plusieurs essais ne donnent pas satisfaction, le fabricant avertit immédiatement le maître de l'ouvrage et suspend le bétonnage des cages d'armatures déjà fabriquées. Il cherche la cause de ces résultats et informe le maître de l'ouvrage du résultat de ses recherches. Il prélève des échantillons dans les cages d'armatures fabriquées et réalise les essais de traction et de pliage prévus au points A) et B) du § 7.2.3.5., afin de vérifier si ces cages d'armatures répondent effectivement aux impositions du § 7.2.3.2.. Ces prélèvements et ces essais sont obligatoirement réalisés en accord et sous le contrôle du maître de l'ouvrage.
- 4) Les modalités d'exécution des assemblages selon les points B) et C) du § 7.2.3.6., sont affichées dans l'atelier de soudage.
- 5) La valeur des contrôles opérés par le fabricant peut être vérifiée par le maître de l'ouvrage aux frais de ce dernier. Celui-ci prélève les échantillons permettant de réaliser sur l'un ou l'autre assemblage la série d'essais mentionnée au point C) du § 7.2.3.6.. Les prélèvements des échantillons sont réalisés de telle sorte que les cages d'armatures puissent être réparées sans difficulté à l'aide d'armatures ligaturées réalisant le recouvrement des armatures sectionnées. Ce recouvrement doit satisfaire aux prescriptions du § 2.3.3. de la norme NBN B 15-102.

Les emplacements des prélèvements sont choisis de manière à endommager le moins possible les armatures principales. La réparation des cages d'armature est effectuée à charge de l'entrepreneur.

#### 7.2.3.8. Conditions particulières relatives aux produits de soudage et aux machines

- 1) Le matériel de soudage doit être en parfait état de fonctionnement. L'apparition, en cours de soudage, de défauts imputables à l'irrégularité de fonctionnement de l'appareillage peut entraîner le refus de son utilisation jusqu'après remise en état et démonstration probatoire, sur d'autres pièces que celles de la fourniture, de la valeur de l'appareillage.

- voor elke diameter van elke staalsoort wordt een proefstuk vervaardigd van elk van de beide uiterste gevallen die voorzien zijn en eventueel van een tussengeval, indien de beide uiterste gevallen sterk verschillend zijn.

De voormelde proefstukken worden door de verschillende lassers en/of door de verschillende lasmachines vervaardigd zodat elke maand alle lassers en/of alle lasmachines elk ten minste één proefstuk maken. Dit controleprogramma wordt door de fabrikant opgemaakt en aan de bouwheer ter goedkeuring voorgelegd.

- 3) De fabrikant noteert dagelijks de uitslagen in een werkboek. Zij worden er in volgorde van uitvoering in neergeschreven. De proefstukken worden met een volgnummer en met het eigen merkteken van elke lasser of met het merkteken van elke machine aangeduid en worden ter beschikking gesteld van de bouwheer. Deze merktekens worden eveneens in het werkboek vermeld. Indien één of meer proeven geen voldoening schenken, dan verwittigt de fabrikant onmiddellijk de bouwheer en schorst hij het betonneren van de reeds vervaardigde wapeningskorven. Hij zoekt naar de oorzaak van deze uitslagen en deelt aan de bouwheer de uitslag van zijn onderzoek mee. Hij neemt monsters uit de vervaardigde wapeningskorven en voert de trek- en opbuigproeven uit, die voorzien zijn in de punten A) en B) van § 7.2.3.5., teneinde na te gaan of deze wapeningskorven inderdaad overeenstemmen met de voorschriften van § 7.2.3.2.. Deze monster-neming en proeven moeten noodzakelijkerwijze uitgevoerd worden met het akkoord en onder het toezicht van de bouwheer.
- 4) De uitvoeringsmodaliteiten van de gelaste verbindingen volgens de punten B) en C) van § 7.2.3.6. worden in de laswerkplaats aangeplakt.
- 5) De waarde van de controles die door de fabrikant uitgevoerd worden, mag door de bouwheer op eigen kosten nagezien worden. Deze laatste neemt uit de wapeningskorven de monsters, om op een of andere verbinding de reeks proeven vermeld in punt C) van § 7.2.3.6. uit te voeren. De monsternemingen geschieden zodanig dat de wapeningskorven zonder moeite hersteld kunnen worden met bijlegwapeningen die de uitgesneden wapeningen overlappen. Deze overlapping moet aan de voorschriften van § 2.3.3. van de norm NBN B 15-102 voldoen.

De plaatsen voor de monsterneming worden zodanig gekozen, dat de hoofdwapeningen zo weinig mogelijk beschadigd worden. De herstelling van de wapeningskorven gebeurt ten laste van de aannemer.

#### 7.2.3.8. Bijzondere voorwaarden voor de lasproducten en voor de machines

- 1) Het lasmaterieel moet zich in uitstekende staat van werking bevinden. Het ontstaan van gebreken tijdens het lassen, die te wijten zijn aan een onregelmatige werking van de uitrusting, kan leiden tot de weigering van het gebruik ervan en dit tot na haar herstelling en na een demonstratie getuigend van de geschiktheid van de apparatuur.

au cours de la réalisation d'assemblage, de formes et dimensions fixées, les caractéristiques de fonctionnement des machines ne peuvent varier, pour

- l'intensité : de plus de 10 %;
- la tension : de plus de 7 %;
- la vitesse du fil : de plus de 10 %;
- le débit du gaz : de plus de 10 %.

Ces écarts sont comptés en plus ou en moins par rapport aux valeurs agréées préalablement.

3) Le fabricant est tenu de contrôler au moins tous les deux mois le bon fonctionnement des machines de soudage. L'écart entre les paramètres de soudage réels (intensité, tension, vitesse, ...) et les paramètres lus sur les appareils de mesure des machines ou pour lesquels ces machines sont réglées ne peut dépasser 3 % en plus ou en moins en ce qui concerne l'intensité et 5 % en ce qui concerne la tension.

4) Les fils de soudage doivent être propres, exempts de rouille, calamine, matière grasse et humidité. Les électrodes basiques sont maintenues bien sèches.

### 7.3. BETON

#### 7.3.1. Composition du béton

La composition du béton n'est pas imposée, le fabricant la choisit librement avec cependant les restrictions suivantes :

- la teneur en ions Cl du béton mis en oeuvre n'est pas supérieure à 0,1 % du poids du ciment : sa détermination est faite suivant la norme NBN B 15-257.
- la présence de sulfures dans le béton mis en oeuvre n'est pas admise; seul l'utilisation du ciment portland est autorisée.
- les adjuvants utilisés doivent être agréés par le maître de l'ouvrage aussibien en ce qui concerne leur nature que leur dosage.
- le béton doit être suffisamment plastique et devenir assez compact après mise en oeuvre pour assurer un bon enrobage des armatures et particulièrement une adhérence suffisante des armatures de précontrainte et empêcher l'oxydation par pénétration ultérieure d'humidité. Le béton est fabriqué mécaniquement de manière aussi constante que possible.

Les caractéristiques du béton sont choisies telles qu'il atteigne les résistances imposées aux différentes phases d'exécution dans les délais normaux prévus par le planning de fabrication et de montage sur site.

#### 7.3.2. Contrôle de qualité du béton

Le contrôle de la qualité du béton porte sur deux préoccupations :

- le contrôle de la qualité intrinsèque du béton, par la mesure de la résistance du béton à l'âge de 28 jours sur cubes de contrôle selon le

2) Tijdens het uitvoeren van verbindingen met welbepaalde vormen en afmetingen, mogen de werkingskenmerken van de machines met niet meer schommelen dan

- 10 % voor de stroomsterkte;
- 7 % voor de spanning;
- 10 % voor de draadsnelheid;
- 10 % voor het gasdebiet.

Deze afwijkingen worden gerekend in min of in meer ten opzichte van de vooraf goedgekeurde waarden.

3) De fabrikant dient minstens om de twee maanden de goede werking van de lasmachines na te zien. De afwijking tussen de werkelijke lasparameters (stroomsterkte, spanning, snelheid, ...) en de parameters afgelezen op de meettoestellen van de machines, mag niet meer dan 3 % bedragen in min of in meer wat de stroomsterkte betreft en 5 % wat de spanning betreft.

4) De lasdraden moeten zuiver zijn en vrij van roest, oxydes, vetstoffen en vocht. De basische elektroden worden goed droog bewaard.

### 7.3. BETON

#### 7.3.1. Betonsamenstelling

De samenstelling van het beton is niet voorgeschreven; ze wordt vrij door de fabrikant gekozen onder volgende voorwaarden :

- het gehalte aan verwerkte chloorionen mag niet meer bedragen dan 0,1 % van het cementgewicht : de bepaling ervan geschiedt volgens de norm NBN B 15-257.
- de aanwezigheid van sulfiden in het in het te werk gesteld beton is niet toegelaten; enkel de aanwending van portlandcement is toegelaten.
- de gebruikte hulpstoffen moeten door de opdrachtgever aangenomen worden, zowel wat de aard als de dosering betreft.
- het beton moet de gewenste verwerkbaarheid hebben en voldoende verdicht worden om een goede omhulling van de wapeningen en vooral een goede aanhechting van het voorgerekt staal te bekomen. Aldus wordt oxydatie door later binnendringend water verhinderd. Het beton wordt mechanisch aangemaakt waarbij zo eenvoudig mogelijk tewerk gegaan wordt.

De kenmerken van het beton worden zodanig gekozen dat de druksterkte, opgelegd voor elke uitvoeringsfase, bereikt wordt binnen de normale tijdsgrenzen voorzien voor de fabriekplanning en de montage op de bouwplaats.

#### 7.3.2. Kwaliteitscontrole van het beton

De kwaliteitscontrole heeft betrekking op twee controle-activiteiten :

- de intrinsieke kwaliteitscontrole van het beton door de bepaling van de druksterkte van het beton op 28 dagen ouderdom op controlekubussen

point 4.1. de la norme NBN B 15-237. Ce contrôle fournit notamment une indication sur la constance de la qualité des différentes fabrications.

- le contrôle de la résistance du béton des poutres au moment prévu pour la mise en précontrainte. Cette résistance est mesurée sur cubes de chantier; c'est-à-dire conservés dans les mêmes conditions que les poutres, y compris le traitement thermique éventuel.

Pour chacune des deux préoccupations, il faut distinguer deux cas :

- le béton est sous contrôle statistique permanent à la bétonnière;
- le béton n'est pas sous contrôle statistique permanent à la bétonnière.

Les procédures pour le contrôle de qualité du béton appliquées par le Ministère des Travaux Publics et par la SNCB sont reprises respectivement aux annexes C1 et C2.

## 8. MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX

### 8.1. ARMATURES DE PRECONTRAINTE AGISSANT PAR ADHERENCE

#### 8.1.1. Mise en tension

##### 8.1.1.1. Dispositif de mise en tension

#### A. Définition

Par dispositif de mise en tension, on entend l'ensemble des éléments suivants : la pompe, le vérin, les manomètres et les équipements de raccordement et de sécurité entre ces éléments. Chaque dispositif doit comporter un manomètre de réserve qui doit pouvoir être placé aisément au même endroit du circuit hydraulique que le manomètre de base. Chaque élément de l'ensemble doit porter son propre numéro d'identification. Le dispositif de mise en tension forme un tout indivisible.

#### B. Précision

Le dispositif de mise en tension doit être tel que les efforts effectivement appliqués ne s'écartent pas de plus de 2 % des efforts théoriques.

#### C. Etalonnage

##### a. Fréquence

L'étalonnage a lieu tous les six mois si l'usine ne dispose pas de dynamomètre de contrôle (cfr. § 8.1.1.2.). Si l'usine dispose de ce dynamomètre, l'étalonnage a lieu tous les 12 mois.

##### b. Spécifications

- L'étalonnage est effectué par un laboratoire agréé par le maître de l'ouvrage.

volgens pt. 4.1. van de norm NBN B 15-237. Deze controle geeft namelijk een aanwijzing van de gelijkmatigheid van de kwaliteit van de verschillende fabrikages.

- de controle van de betondruksterkte van de liggers op het ogenblik waarop het onder voorspanning brengen voorzien is. Deze druksterkte wordt op bouwplaatskubussen gemeten, d.w.z. bewaard in dezelfde omstandigheden als de liggers, inclusief de eventuele termische behandeling.

Voor beide punten moet men twee gevallen onderscheiden :

- het beton is onder permanente statistische controle in de betonmenger;
- het beton is niet onder permanente statistische controle in de betonmenger.

De regels voor de kwaliteitscontrole van het beton zoals die door het Ministerie van Openbare Werken en de NMBS worden toegepast, worden in de bijlagen C1 en C2 behandeld.

## 8. VERWERKING VAN DE MATERIALEN

### 8.1. VOORSPANWAPENINGEN VERANKERD OP KLEEF

#### 8.1.1. Aanspannen

##### 8.1.1.1. Spanuitrusting

#### A. Definitie

Onder spanuitrusting verstaat men het geheel van de volgende onderdelen : de pomp, de vijzel, de manometers en de verbindings- en beveiligingsuitrustingen tussen deze onderdelen. Iedere uitrusting moet een reservemanometer omvatten die gemakkelijk op dezelfde plaats in het hydraulische circuit als de basismanometer moet kunnen worden geplaatst. Ieder onderdeel van het geheel moet een eigen identifikatienummer dragen. De spanuitrusting vormt een ondeelbaar geheel.

#### B. Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de uitrusting moet zodanig zijn dat de effectief toegepaste krachten niet meer dan 2 % van de theoretische krachten afwijken.

#### C. IJking

##### a. Frekwentie

De ijking moet om de zes maanden worden uitgevoerd indien de fabriek over geen controlespanningsmeter beschikt (cfr. § 8.1.1.2.). Indien de fabriek wel een dergelijke spanningsmeter bezit, wordt de ijking om de 12 maanden uitgevoerd.

##### b. Bijzonderheden

- De ijking wordt door een door de bouwheer erkend laboratorium uitgevoerd.

- Il est réalisé dans des conditions correspondant aux conditions réelles d'utilisation. Le vérin doit notamment être actif (effort appliqué par le vérin) et agir sur une armature identique à celle effectivement utilisée en usine; de plus, la longueur de l'armature doit être suffisante pour permettre un déplacement de plus de 10 mm du piston du vérin mesuré entre 10 et 100 % de l'effort maximum.
- Le manomètre de réserve est étalonné en même temps que le manomètre de base.
- Si des diminutions d'effort sont prévues au cours des opérations de mise en tension, un étalonnage séparé avec vérin actif et effort décroissant est prévu.
- Le diagramme d'étalonnage est établi par régression linéaire à partir de trois mises en charge successives et pour des efforts compris entre 15 et 100 % de l'effort maximum (la précision des dispositifs de mise en tension pour des efforts inférieurs à 15 % de l'effort maximum est, en effet, insuffisante).
- Le dispositif de mise en tension peut être utilisé avec le diagramme d'étalonnage ainsi établi si dans la gamme des efforts compris entre 15 et 100 % de l'effort maximum, les différences entre les valeurs mesurées au cours des 3 mises en charge et les valeurs correspondantes déduites du diagramme (droite de régression) ne s'écartent pas de plus de 2 % en plus ou en moins de la valeur déduite du diagramme.
- Les procès-verbaux d'étalonnage mentionnent toutes les valeurs mesurées et décrivent les conditions de l'étalonnage. Ils mentionnent le numéro d'identification, des différents éléments du dispositif de mise en tension. Les procès-verbaux sont conservés par le fabricant et produits à toute demande.
- De ijking moet verder worden uitgevoerd in gelijkaardige omstandigheden als de werkelijke gebruiksomstandigheden. De vijzel moet zich namelijk in actieve toestand bevinden en de spankracht moet uitgeoefend worden op een wapening die identiek is aan de effectief in de fabriek gebruikte wapening; bovendien moet de wapening voldoende lang zijn om een verplaatsing van 10 mm van de kop van de vijzel toe te laten, gemeten tussen 10 en 100 % van de maximumkracht.
- De reservemanometer wordt tegelijk met de basismanometer geijkt.
- Indien tijdens de spanverrichtingen krachtverminderingen voorzien zijn, wordt er een afzonderlijke ijking met actieve vijzel en afnemende kracht uitgevoerd.
- De ijkstaat wordt opgesteld door lineaire regressie vertrekkende van drie opeenvolgende belastingen en voor krachten tussen 15 en 100 % van de maximumkracht (de nauwkeurigheid van spanuitrustingen bij krachten die minder dan 15 % van de maximumkracht bedragen is inderdaad onvoldoende).
- De spanuitrusting mag met het aldus opgestelde diagram worden gebruikt, indien in de gamma van krachten tussen 15 en 100 % van de maximumkracht de verschillen tussen de waarden die tijdens de drie belastingen worden gemeten en de overeenkomstige uit het ijkdiagram (regressierechte) afgeleide waarde niet meer dan 2 % in meer of in min van de uit dit diagram afgeleide waarde afwijken.
- In de ijkingsverslagen worden alle gemeten waarden vermeld en de ijkingsomstandigheden beschreven. Tevens worden het identifikatienummer en de verschillende onderdelen van de spanuitrusting vermeld. De fabrikant bewaart deze ijkingsverslagen en legt ze op ieder verzoek voor.

#### 8.1.1.2. Dynamomètre de contrôle

Cet appareil permet de mesurer, en toute section accessible d'une armature, l'effort réel auquel elle est soumise.

L'étalonnage de cet appareil est effectué tous les six mois s'il est utilisé régulièrement pour le contrôle de la mise en tension des armatures conformément aux prescriptions du § 8.1.1.5. - cas A.b. et B.b.. Dans les autres cas, il est étalonné tous les 12 mois.

Comme pour les dispositifs de mise en tension, l'étalonnage doit être effectué dans des conditions représentatives des conditions d'utilisation.

Les spécifications des 2 derniers alinéas du § 8.1.1.1. - pt. C.b. ci-dessus sont d'application.

#### 8.1.1.3. Opération de mise en tension

La mise en tension des armatures est obligatoirement réalisée en deux phases :

- a. Mise en tension individuelle de chaque armature sous un effort unique au moins égal à 20 % mais ne dépassant pas 30 % de l'effort prévu. A ce stade, chaque armature doit être

#### 8.1.1.2. Kontrolespanningsmeter

Met dit toestel kan men in ieder bereikbaar deel van de wapening de werkelijke kracht waaraan ze is onderworpen, meten.

De ijking van dit toestel gebeurt om de zes maanden indien het regelmatig voor de controle van het aanspannen van de wapening en overeenkomstig de voorschriften van § 8.1.1.5. - gevallen A.b. en B.b. wordt gebruikt. In de andere gevallen wordt het toestel om de 12 maanden geijkt.

Zoals voor de spanuitrusting geschiedt de ijking in omstandigheden die representatief zijn voor de gebruiksomstandigheden.

De bijzonderheden van de 2 laatste alinea's van § 8.1.1.1. - punt C.b. hiervoor zijn van toepassing.

#### 8.1.1.3. Spanoperatie

Het aanspannen van de wapeningen geschiedt verplicht in 2 fasen :

- a. Individueel aanspannen van iedere wapening tot een enige kracht van tenminste 20 %, maar van niet meer dan 30 % van de voorziene kracht. In dit stadium moet iedere wapening zich op

située à son emplacement définitif; elle ne peut subir de déviation parasitaire de la part des autres armatures non tendues ou des armatures passives.

- b. Mise en tension des armatures à l'effort prévu soit individuellement soit par groupes de quelques armatures (voir § 8.1.1.5.).

A chaque phase, il est tenu compte de la perte d'effort due au blocage du dispositif d'ancrage (rentrée des clavettes). Une légère surtension doit donc être prévue de manière à compenser ces pertes et à obtenir après blocage l'effort prévu.

#### 8.1.1.4. Mesure de l'allongement d'une armature

La mesure de l'allongement  $A_1$  d'une armature constitue un des moyens de contrôle de la mise en tension.

Cette mesure est effectuée comme suit :

- Après application de l'effort prévu pour la première phase, un repère est placé sur l'armature et sa position est relevée par rapport au banc de préfabrication.
- Après application de l'effort total, la position du repère est à nouveau relevée.
- La différence fournit la valeur de l'allongement correspondant à l'augmentation de l'effort entre les deux phases.

Cette valeur mesurée est comparée à la valeur théorique de l'allongement  $A_t$  calculée à partir du module d'élasticité moyen des armatures, de leur section et de la longueur exacte dont l'allongement est mesuré.

Lorsque la mise en tension, au cours de la seconde phase, a lieu par groupes de quelques armatures, toutes les armatures d'un même groupe ont un même allongement repéré  $A_{gi}$ .

#### 8.1.1.5. Contrôle de la mise en tension

Le contrôle de la mise en tension permet de détecter soit un fonctionnement anormal du dispositif de mise en tension soit un non-respect par l'opérateur des consignes de travail ou encore un frottement anormal d'une ou de plusieurs armatures sur le banc de préfabrication.

Ce contrôle est effectué par le fabricant avant de poursuivre les opérations de fabrication. Si les conditions imposées ne sont pas respectées, le fabricant avertit l'organisme de contrôle et en collaboration avec celui-ci recherche les causes des anomalies et les corrige.

Le contrôle se présente comme suit :

##### A. Mise en tension individuelle des armatures

###### a. Cas des usines ne disposant pas de dynamomètre de contrôle :

L'allongement  $A_1$  de chaque armature est mesuré. Pour chaque ensemble d'armatures (torons droits

haar definitieve plaats bevinden; zij mag geen parasitaire afwijking door de andere niet-aangespannen of passieve wapeningen ondergaan.

- b. Aanspannen van de wapeningen met de voorziene kracht, hetzij individueel of in groepen van enkele wapeningen (zie § 8.1.1.5.).

In iedere fase wordt er rekening gehouden met het krachtverlies ingevolge de blokkering van de verankeringsvoorziening (indringing van de spieën). Er moet bijgevolg voor een lichte overspanning worden gezorgd, zodat deze verliezen worden gecompenseerd en na blokkeren de voorziene kracht wordt bekomen.

#### 8.1.1.4. Meten van de verlenging van een wapening

Het meten van de verlenging  $A_1$  van een wapening is een middel tot controle van het aanspannen.

Deze meting wordt als volgt uitgevoerd :

- Na toepassing van de voorziene kracht voor de eerste fase wordt er een merkpunt op de wapening aangebracht en wordt de positie ervan t.o.v. de prefabrikagebank gemerkt.
- Na toepassing van de totale kracht wordt de positie van het merkpunt opnieuw opgenomen.
- Het verschil geeft de waarde van de verlenging aan die overeenstemt met de krachttoename tussen beide fasen.

Deze gemeten waarde wordt met de theoretische waarde van de verlenging  $A_t$  vergeleken, die wordt berekend uitgaande van de gemiddelde elasticiteitsmodulus van de wapeningen, hun doorsnede en de nauwkeurige lengte waarvan de verlenging wordt gemeten.

Indien het aanspannen in de tweede fase op groepen van enkele wapeningen wordt toegepast, dan moeten de wapeningen van eenzelfde groep eenzelfde gemeten verlenging  $A_{gi}$  vertonen.

#### 8.1.1.5. Controle van het aanspannen

De controle van het aanspannen laat toe de abnormale werking van de spanuitrusting, het niet-naleven van de werkvoorschriften door de operator of een abnormale wrijving van één of meer wapeningen op de prefabrikagebank vast te stellen.

Deze controle wordt door de fabrikant verricht vooraleer de fabrikage-operaties worden verdergezet. Indien aan de opgelegde voorwaarden niet voldaan is, waarschuwt de fabrikant het controle-organisme waarmee hij samen naar de oorzaken van de tekortkomingen zoekt en ze verbetert.

De controle verloopt als volgt :

##### A. Individueel aanspannen van de wapeningen

###### a. Geval van fabrieken die niet over een controlespanningsmeter beschikken :

De verlenging  $A_1$  van iedere wapening wordt gemeten. Voor ieder geheel van wapeningen (rechte

soumis à un même effort, torons déviés soumis à un même effort, etc. ...), la moyenne  $A_m$  des allongements  $A_i$  est calculée de même que la valeur  $A_t$  de l'allongement théorique correspondant.

La mise en tension est satisfaisante si, pour chaque ensemble, les allongements respectent les conditions suivantes :

$$0,975 A_t \leq A_m \leq 1,025 A_t$$

$$0,950 A_t \leq A_i \leq 1,050 A_t$$

Cette méthode est également applicable aux usines disposant d'un dynamomètre de contrôle mais préférant effectuer le contrôle uniquement au moyen des allongements.

b. Cas des usines disposant d'un dynamomètre de contrôle :

Pour chaque ensemble d'armatures identiques (selon point a.), on procède comme suit :

- les allongements  $A_i$  peuvent n'être mesurés que sur 3 armatures. Ces armatures sont choisies respectivement au début, au milieu et en fin d'opération de mise en tension.
- immédiatement après la mise en tension, l'effort  $P_i$  est mesuré au moyen du dynamomètre de contrôle sur au moins 2 armatures.

La mise en tension est satisfaisante si, pour chaque ensemble, les conditions suivantes sont respectées :

1. Allongements :

$$0,950 A_t \leq A_i \leq 1,050 A_t$$

2. Efforts :

$$0,98 P \leq P_i \leq 1,02 P$$

$P$  est l'effort prévu pour chaque armature.

B. Mise en tension simultanée de plusieurs armatures

Dans ce cas, deux vérins sont obligatoirement utilisés :

- le premier pour la mise en tension individuelle des torons (première phase);
- le second pour la mise en tension des torons par groupes (deuxième phase).

a. Cas des usines ne disposant pas de dynamomètre de contrôle :

L'allongement  $A_{gi}$  de chaque groupe d'armature est mesuré. Pour chaque ensemble d'armatures (torons droits soumis à un même effort, torons déviés soumis à un même effort, etc...), la moyenne  $A_{gm}$  des allongements  $A_{gi}$  est calculée de même que la valeur  $A_t$  de l'allongement théorique correspondant.

strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, opgebogen strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, enz...) wordt het gemiddelde  $A_m$  van de verlengingen  $A_i$  berekend evenals de waarde  $A_t$  van de overeenkomstige theoretische verlenging.

Het aanspannen voldoet indien voor ieder geheel de verlengingen aan volgende voorwaarden voldoen :

Deze methode kan eveneens in fabrieken worden toegepast die weliswaar een controlespanningsmeter bezitten, maar de controle enkel door meten van de verlengingen wensen uit te voeren.

b. Geval van fabrieken die over een controlespanningsmeter beschikken :

Voor ieder geheel van identieke wapeningen (volgens punt a.), wordt als volgt tewerkgegaan :

- de verlengingen  $A_i$  mogen op slechts 3 wapeningen worden gemeten. De wapeningen worden respectievelijk bij het begin, halfweg en op het einde van de spanverrichting gekozen.
- onmiddellijk na het aanspannen wordt de kracht  $P_i$ , d.m.v. de controlespanningsmeter op minstens 2 wapeningen, gemeten.

Het aanspannen voldoet indien voor ieder geheel aan de volgende voorwaarden wordt voldaan :

1. Verlengingen :

$$0,950 A_t \leq A_i \leq 1,050 A_t$$

2. Krachten :

$$0,98 P \leq P_i \leq 1,02 P$$

$P$  is de voorziene kracht in iedere wapening.

B. Gelijktijdig aanspannen van meerdere wapeningen

In dit geval is het gebruik van twee vjzels verplichtend :

- een eerste voor het individuele aanspannen van de strengen (eerste fase);
- een tweede voor het aanspannen van de strengen in groepen (tweede fase).

a. Geval van fabrieken die niet over een controlespanningsmeter beschikken :

De verlenging  $A_{gi}$  van iedere groep van wapeningen wordt gemeten. Voor ieder geheel van wapeningen (rechte strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, opgebogen strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, enz...) wordt het gemiddelde  $A_{gm}$  van de verlengingen  $A_{gi}$  berekend, evenals de waarde  $A_t$  van de overeenkomstige theoretische verlenging.

La mise en tension est satisfaisante si, pour chaque ensemble d'armatures, les allongements respectent les conditions suivantes :

$$0,975 A_t \leq A_{gm} \leq 1,025 A_t$$

$$0,960 A_t \leq A_{gi} \leq 1,040 A_t$$

Cette méthode est également applicable aux usines disposant d'un dynamomètre de contrôle mais préférant effectuer le contrôle uniquement au moyen des allongements.

b. Cas des usines disposant d'un dynamomètre de contrôle :

Pour chaque ensemble d'armatures (torons droits soumis à un même effort, torons déviés soumis à un même effort, etc...), on procède comme suit :

- Les mesures des allongements  $A_{gi}$  peuvent être limitées à 3 groupes. Ces mesures sont effectuées au début, en cours et à la fin des opérations de mise en tension.
- Immédiatement après la mise en tension, l'effort  $P_i$  est mesuré au moyen du dynamomètre de contrôle sur au moins 2 armatures appartenant respectivement à deux groupes différents.

La mise en tension est satisfaisante si, pour chaque ensemble d'armatures, les conditions suivantes sont respectées :

1. Allongements :

$$0,960 A_t \leq A_{gi} \leq 1,040 A_t$$

2. Efforts :

$$0,975 P \leq P_i \leq 1,025 P$$

P est l'effort prévu pour chaque armature.

8.1.1.6. Vérification périodique du dispositif de mise en tension

Entre deux étalonnages successifs (cfr. § 8.1.1.1., pt. C.), le fabricant vérifie le bon fonctionnement du dispositif de mise en tension.

Deux cas sont à considérer :

A. Cas de l'usine ne disposant pas de dynamomètre de contrôle (étalonnage tous les six mois)

Trois mois après la date de l'étalonnage (cfr. § 8.1.1.1., pt. C.a.), le comportement du manomètre de base est vérifié au moyen du manomètre de réserve et pour différents efforts égaux successivement à 20, 40, 60, 80 et 100 % de l'effort maximum.

Chaque effort est appliqué à partir des indications du manomètre de base. La pression lue sur le manomètre de réserve doit être identique à la lecture obtenue sur ce même manomètre lors de l'étalonnage.

Le contrôle est réalisé à l'occasion de la mise en tension d'armatures d'une ligne de poutres (conditions réelles d'utilisation). Le manomètre

Het aanspannen voldoet indien voor ieder geheel van wapeningen de verlenging aan volgende voorwaarden voldoet :

Deze methode kan ook worden toegepast in fabrieken die weliswaar over een controlespanningsmeter beschikken, doch de controle enkel d.m.v. de verlengingen wensen uit te voeren.

b. Geval van fabrieken die over een controlespanningsmeter beschikken :

Voor ieder geheel van wapeningen (rechte strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, opgebogen strengen aan eenzelfde kracht onderworpen, enz...) wordt er als volgt tewerk gegaan :

- Het meten van de verlengingen  $A_{gi}$  mag tot 3 groepen beperkt worden. Deze metingen worden bij het begin, tijdens en bij het einde van de spanverrichtingen uitgevoerd.
- Onmiddellijk na het aanspannen wordt de kracht  $P_i$  d.m.v. de controlespanningsmeter op minstens 2 wapeningen die respectievelijk tot twee verschillende groepen behoren, gemeten.

Het aanspannen voldoet indien voor ieder geheel van wapeningen aan volgende voorwaarden wordt voldaan :

1. Verlengingen :

$$0,960 A_t \leq A_{gi} \leq 1,040 A_t$$

2. Krachten :

$$0,975 P \leq P_i \leq 1,025 P$$

P is de voorziene kracht voor iedere wapening.

8.1.1.6. Periodiek nazicht van de spanuitrusting

Tussen twee opeenvolgende ijkings (zie § 8.1.1.1., pt. C.) controleert de fabrikant de goede werking van de spanuitrusting.

Er kunnen zich volgende twee gevallen voordoen :

A. Geval van de fabriek die niet over een controlespanningsmeter beschikt (ijking om de zes maanden)

Drie maanden na de ijking (zie § 8.1.1.1., punt C.a.), wordt de werking van de basismanometer met de reservemanometer gecontroleerd en dit voor verschillende krachten achtereenvolgens gelijk aan 20, 40, 60, 80 en 100 % van de maximumkracht.

Iedere kracht wordt toegepast vertrekkende van de aanwijzingen van de basismanometer. De druk die op de reservemanometer wordt afgelezen, moet identiek zijn aan de lezing op dezelfde manometer tijdens de ijking.

De controle wordt verricht tijdens het aanspannen van de wapening van een fabriekgebank (werkelijke gebruiksomstandigheden). De reserve-

de réserve est raccordé comme lors de l'étalonnage (voir § 8.1.1.1., pt. A.).

#### B. Cas de l'usine disposant d'un dynamomètre de contrôle (étalonnage tous les 12 mois)

Trois mois, six mois et neuf mois après la date de l'étalonnage, le dispositif de mise en tension est contrôlé au moyen du dynamomètre de contrôle de la manière suivante :

- Un effort est appliqué par le dispositif de mise en tension sur base des données de l'étalonnage en vigueur (effort  $F_V$ ).
- L'effort est maintenu constant par le dispositif de mise en tension et cet effort est mesuré sur le toron au moyen du dynamomètre de contrôle (effort  $F_d$ ).

Cette opération est exécutée pour 5 charges respectivement égales à 20, 40, 60, 80 et 100 % de l'effort maximum.

Pour chacune des charges, la mesure est effectuée sur 3 armatures différentes à l'occasion de la mise en tension des armatures d'une ligne de poutres (conditions réelles d'utilisation).

On obtient de cette manière 15 couples de valeurs  $F_V - F_d$ . L'écart maximum autorisé entre les valeurs  $F_V$  et  $F_d$  de chaque couple ne peut dépasser 2 % pour les charges égales à 60, 80 et 100 % ni 3 % pour les charges égales à 20 et 40 % de l'effort maximum.

Dans les deux cas, les mesures effectuées, font l'objet d'un rapport, daté et signé, établi par le fabricant et tenu à la disposition de l'organisme de contrôle.

#### 8.1.1.7. Remarques

1. Dans le but de réduire la dispersion des mesures des allongements et/ou des efforts appliqués, il n'est, en principe, pas autorisé de mettre en oeuvre sur une même ligne de fabrication des torons provenant de fournisseurs différents.
2. Lorsque l'effort peut varier entre les différents tronçons d'une armature par suite de déviations verticales, le programme de mise en tension doit être établi de manière à obtenir, au moins aux tolérances près, l'effort imposé dans les différents tronçons. La mise au point du programme est basé sur des mesures effectuées à l'aide d'un dynamomètre de contrôle ou de tout autre dispositif de mesure agréé par l'organisme de contrôle.
3. Toutes les mesures d'allongement ou d'effort sont notées dans un tableau récapitulatif qui mentionne la position des armatures contrôlées ainsi que les valeurs théoriques à obtenir et les écarts autorisés. Un tableau établi pour chaque ligne de fabrication est remis à l'organisme de contrôle.
4. Des mesures de contrôle de l'effort dans les armatures doivent être exécutées par le fabri-

manomètre wordt aangesloten zoals tijdens het ijken (zie § 8.1.1.1., pt. A.).

#### B. Geval van een fabriek die over een controle-spanningsmeter beschikt (ijking om de 12 maanden)

Alle drie, zes en negen maanden na de datum van ijking wordt de spanuitrusting met behulp van de controlespanningsmeter op de volgende manier gecontroleerd :

- Met de spanuitrusting wordt een kracht uitgeoefend op basis van de van toepassing zijnde ijkingsgegevens (kracht  $F_V$ ).
- De kracht wordt nu constant gehouden door de spanuitrusting en wordt met behulp van de controlespanningsmeter op de streng gemeten (kracht  $F_d$ ).

Deze operatie wordt voor 5 belastingen uitgevoerd, respectievelijk gelijk aan 20, 40, 60, 80 en 100 % van de maximumkracht.

Voor ieder van de belastingen wordt er tijdens het aanspannen van de wapening van één fabrieksbank (werkelijke gebruiksomstandigheden) op 3 verschillende wapeningen een meting uitgevoerd).

Aldus bekomt men 5 waarde koppels  $F_V - F_d$ . Het maximumverschil tussen de waarden  $F_V$  en  $F_d$  van ieder koppel mag voor belastingen van 60, 80 en 100 % niet meer dan 2 % en voor belastingen van 20 en 40 % van de maximumkracht niet meer dan 3 % bedragen.

In de beide gevallen stelt de fabrikant na de metingen een verslag op, dat gedateerd en getekend wordt en ter beschikking van het controle-organisme wordt gehouden.

#### 8.1.1.7. Opmerkingen

1. Om de spreiding van de metingen van de verleningen en/of van de toegepaste krachten te beperken, is het - in principe - niet toegelaten op een eenzelfde fabrieksbank strengen van verschillende leveranciers aan te brengen.
2. Indien de kracht tussen de verschillende vakken van een wapening ingevolge verticale opbuigingen kan schommelen, dan moet er een spanprogramma worden uitgewerkt, waarbij tenminste tot op de toleranties na de opgelegde kracht in de verschillende vakken wordt bereikt. Het uitwerken van dit programma gebeurt aan de hand van metingen die met een controlespanningsmeter of met een ander, door het controle-organisme erkende meetuitrusting werden uitgevoerd.
3. Alle metingen van verlenging of kracht worden in een overzichtstabel genoteerd waarin de plaats van de gecontroleerde wapeningen, als ook de theoretisch te verwezenlijken waarden en de toegelaten afwijkingen vermeld zijn. Per fabrieksbank wordt er zo'n tabel opgesteld en aan het controle-organisme overhandigd.
4. Op elk verzoek van het controle-organisme moet de fabrikant controlemetingen van de kracht in



cant à toute demande de l'organisme de contrôle. Dans le cas de mesures différées, il y a lieu d'interpréter les résultats en tenant compte de la courbe d'évolution de la relaxation de l'armature utilisée.

5. Toute réparation du dispositif de mise en tension relative au vérin et au circuit hydraulique rend nécessaire un nouvel étalonnage.

#### 8.1.2. Mise en précontrainte du béton

La mise en précontrainte n'est commencée que lorsque le béton a acquis la résistance requise. Elle est obligatoirement réalisée de manière progressive et sans choc, de manière à éviter la rupture d'adhérence dans les blocs d'about des poutres; pour cette raison, le relâchement brutal des armatures de précontrainte est interdit.

La méthode adoptée ne peut conduire à une augmentation exagérée de la tension dans les armatures de précontrainte non encore relâchées.

#### 8.1.3. Protection des extrémités des torons aux abouts des poutres

Afin d'éviter la corrosion des extrémités de torons et la formation de tâches de rouille sur le béton, il y a lieu de protéger les extrémités des torons contre l'action de l'humidité par exemple :

- par application d'une couche de bitume sur l'ensemble de la face terminale;
- par application, sur la zone où sont situés les torons, d'une résine époxy de teinte, voisine de celle du béton.

Le mode de protection est à convenir dans chaque cas particulier avec l'organisme de contrôle. De toute façon, lorsque la face terminale reste plus ou moins visible, la première méthode ne peut être appliquée.

### 8.2. ARMATURES DE POSTCONTRAINTE

#### 8.2.1. Disposition des gaines

La position des gaines doit correspondre en tous points à celle prévue aux plans approuvés, le réglage de leur position dans le coffrage et leur fixation doivent conduire à réduire le plus possible les déviations parasitaires. Les conditions d'entredistance et de distance aux parois sont fixées par la NBN B 15-104, § 2.4., tout en tenant compte du § 4.6. du présent document.

#### 8.2.2. Mise en tension des câbles

Les impositions de la NBN B 15-104, § 3.3. sont d'application.

Afin d'assurer que la postcontrainte du béton est réalisée dans les conditions prévues par la note de calcul, certains câbles, appelés câbles d'essai, sont contrôlés en appliquant un effort à une extrémité et en mesurant l'effort transmis à l'autre extrémité; au cours de l'opération, sont mesurés également les allongements des câbles.

de wapeningen uitvoeren. In geval van uitgestelde metingen moet men bij het interpreteren van de resultaten rekening houden met de evolutiecurve van de relaxatie van de gebruikte wapening.

5. Na iedere herstelling aan de vijzel en het hydraulisch circuit van de spanuitrusting moet er een nieuwe ijking worden uitgevoerd.

#### 8.1.2. Voorspannen van het beton

De voorspanning wordt slechts aangebracht wanneer het beton de vereiste sterkte bereikt heeft. Het voorspannen moet progressief en zonder schokken verlopen zodat de aanhechting tussen de strengen en het beton in de eindblokken van de liggers niet verbroken wordt; daarom is het plots lossen van de voorspanwapening verboden.

De toegepaste werkwijze mag geen overdreven toename van de spanning in de nog niet geloste voorspanwapening veroorzaken.

#### 8.1.3. Bescherming van de uiteinden van de strengen aan de eindvlakken van de liggers

Teneinde korrosie van de uiteinden van de strengen te vermijden, evenals de vorming van roestvlekken op het beton, verdient het aanbeveling de uiteinden van de strengen te beschermen door b.v. :

- een teerlaag op het volledig eindvlak aan te brengen;
- een epoxyhars aan te brengen in de zone waar de strengen zich bevinden, met een kleur welke die van beton benadert.

De beschermingswijze dient in elk bijzonder geval met het controle-organisme overeengekomen. De eerste methode mag evenwel niet toegepast worden wanneer het eindvlak zichtbaar blijft.

### 8.2. NASPANWAPENINGEN

#### 8.2.1. Schikking van de kabelkokers

De plaats van de kabelkokers moet overal beantwoorden aan deze die aangegeven is op de goedgekeurde plans; het stellen en bevestigen ervan in de bekisting moet zodanig zijn dat zo weinig mogelijk parasitaire afwijkingen ontstaan. De specificaties betreffende de onderlinge afstanden en de afstand tot de dagvlakken zijn vervat in de NBN B 15-104, § 2.4., rekening houdend met § 4.6. van het onderhavige document.

#### 8.2.2. Het aanspannen van de kabels

De geldende voorschriften zijn die van de NBN B 15-104, § 3.3..

Om zekerheid te verkrijgen dat het beton nage-spannen wordt zoals voorgeschreven door de berekeningsnota's, worden sommige kabels, proefkabels genaamd, onderworpen aan een controle die erin bestaat op het ene uiteinde een trekkracht uit te oefenen en op het andere uiteinde de overgebrachte kracht te meten; daarbij wordt eveneens

Ce contrôle est appliqué à des câbles de différents tracés; il est fait plus particulièrement sur les premières poutres des différents types réalisées pour la même entreprise. Les résultats obtenus permettent de fixer les consignes de mise en tension. Par la suite, lors de la mise en tension des câbles, les allongements mesurés doivent correspondre à ceux relevés sur les câbles d'essai, des discordances notables dans certains câbles imposeront de recommencer, pour ceux-ci, les contrôles de transmission d'effort. Les mesures relevées sont consignées de préférence sur un document analogue à celui représenté à l'annexe D.4.

### 8.2.3. Injection

Les impositions de la NBN B 15-104, § 3.4. sont d'application. Les câbles tendus doivent être injectés avant expédition et le coulis d'injection doit avoir atteint une résistance d'au moins 10 N/mm<sup>2</sup>. Des précautions appropriées sont à prendre s'il y a risque de gel.

### 8.3. ARMATURES PASSIVES

Les conditions de propreté, de façonnage et de mise en place des armatures sont fixées par la NBN B 15-104.

Pour les barres d'attente à grand encombrement, l'opération de dépliage, après pliage, est interdite, sauf pour les barres BE 220 S de diamètre non supérieur à 14 mm.

Dans ce cas, le diamètre du mandrin de cintrage doit être supérieur ou égal à 4 fois le diamètre de la barre et des précautions doivent être prises pour que, dans la zone cintrée, la barre ne soit pas empêchée par le béton de se déplier normalement et d'être rectiligne après dépliage.

Il s'indique de remplacer ces barres par des barres qui se vissent dans des douilles solidaires de la poutre (cfr. § 4.8.).

### 8.4. BETONNAGE ET DECOFFRAGE

Le bétonnage et le décoffrage sont effectués dans le respect des conditions fixées par la NBN B 15-104. Les reprises de bétonnage au sein d'un même poutre ne sont pas admises, sauf accord du maître de l'ouvrage pour des cas spéciaux.

Dans le cas d'utilisation de dalles préfabriquées pour la réalisation de la dalle du tablier, il y a lieu de lisser les bords de la face supérieure des poutres sur 60 mm de largeur.

### 8.5. DURCISSEMENT ACCELERE DU BETON PAR TRAITEMENT THERMIQUE - ETUVAGE

Le traitement thermique a pour but de conférer au béton, en quelques heures, une fraction notable de sa résistance finale. Il doit faire l'objet d'une convention préalable entre le fabricant et le maître de l'ouvrage.

Souvent, cette opération est réalisée à la vapeur perdue avant ou après décoffrage.

de rek van de kabels gemeten. Deze controle wordt uitgevoerd op kabels met verschillende verloop en dient meer bepaald toegepast te worden op het eerste van de diverse profieltypen die voor eenzelfde aanneming bestemd zijn. De resultaten laten toe de richtlijnen voor het aanspannen te bepalen. Bij het aanspannen van de kabels moeten de gemeten rekken overeenstemmen met die van de proefkabels; indien merkbare verschillen bestaan tussen bepaalde kabels is het nodig deze laatste te onderwerpen aan een nieuwe controle van de overdracht van de toegepaste spankracht. De metingen worden bij voorkeur ingeschreven op een formulier zoals dit van bijlage D.4.

### 8.2.3. Injektie

De voorschriften van de NBN B 15-104, § 3.4. zijn van toepassing. De gespannen kabels moeten geïnjecteerd worden vóór het transport van de liggers en de injectiespecie moet een druksterkte bereikt hebben van 10 N/mm<sup>2</sup>. Bij vorstgevaar zijn aangepaste voorzorgen te nemen.

### 8.3. PASSIEVE WAPENINGEN

De voorschriften betreffende de zuiverheid, het vlechten en plaatsen van de wapeningen zijn vervat in de NBN B 15-104.

Voor de ver uitstekende geplooiden wachtstaven is het terugplooiën verboden behoudens voor staven BE 220 S waarvan de diameter niet groter is dan 14 mm.

In dit geval moet de diameter van de buigdoorn groter of gelijk zijn aan 4 maal de diameter van de staaf en moeten bovendien de nodige voorzorgsmaatregelen worden getroffen opdat het beton de staaf in de geplooiden zone niet zou verhinderen zich normaal tot een rechte lijnige staaf te ontplooiën.

Het is aangewezen deze staven te vervangen door staven die in hulzen geschroefd worden die deel uitmaken van de ligger (zie § 4.8.).

### 8.4. BETONNEREN EN ONTKISTEN

Het betonneren en ontkisten worden uitgevoerd volgens de bepalingen van de NBN B 15-104. Behoudens toestemming van de bouwheer in uitzonderlijke gevallen, mogen in éénzelfde ligger geen stortvoegen aanwezig zijn.

Indien er voor de verwezenlijking van de brugdekplaat geprefabriceerde betonplaten worden gebruikt, moeten de randen van het bovendek van de ligger over een breedte van 60 mm effengestrekten worden.

### 8.5. VERSNELDE VERHARDING VAN HET BETON DOOR TERMISCHE BEHANDELING - STOMEN

De termische behandeling heeft tot doel het beton, in enkele uren tijds, een aanzienlijk deel van zijn eindsterkte te verlenen. Zij moet het voorwerp uitmaken van een voorafgaandelijke afspraak tussen de fabrikant en de bouwheer.

Vaak gebeurt deze bewerking met vrije stoom vóór of na het ontkisten.

Tout autre procédé peut être convenu entre le fabricant et le maître de l'ouvrage, à l'exception du traitement à l'air chaud.

Dans le cas du traitement à la vapeur perdue, le cycle complet comporte 4 étapes schématisées à la fig. 20. Chaque étape doit répondre aux critères suivants.

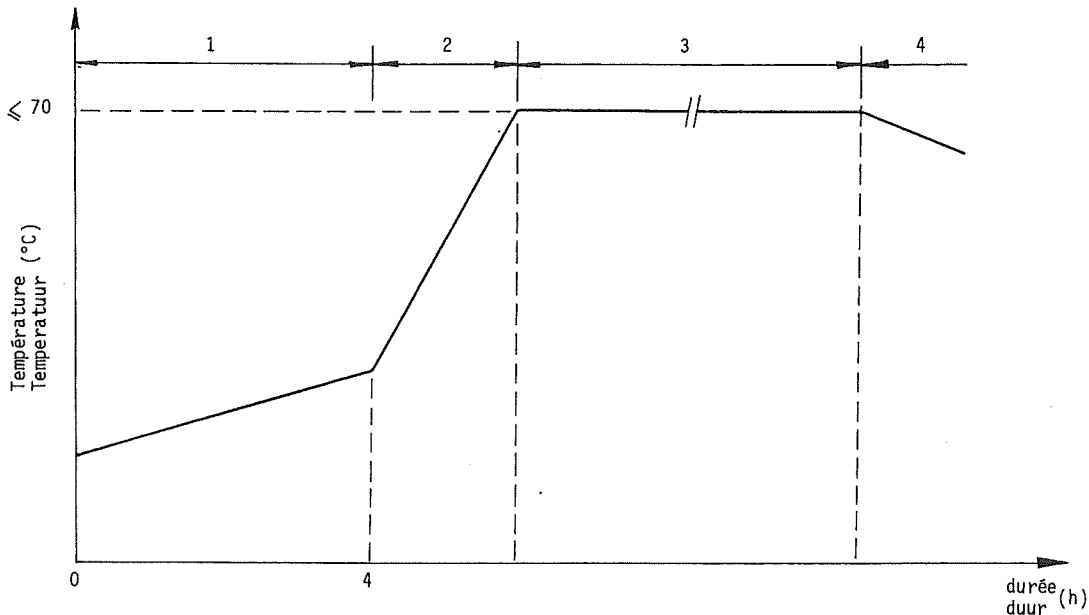


Fig. 20. - Cycle-type du durcissement accéléré à la vapeur perdue.

a. Période d'attente (étape 1)

Une période de durcissement naturel d'au moins 4 heures est exigée; pendant cette période la poutre est conservée à température ambiante.

b. Montée en température (étape 2)

La vitesse de montée en température du béton ne peut dépasser 20°C par heure. La température maximale doit être inférieure ou égale à 70°C.

c. Maintien à la température maximale (étape 3)

La durée du maintien à température maximale n'est pas limitée.

d. Refroidissement (étape 4)

La protection de la poutre doit être maintenue pendant au moins 1 heure; pendant la période de refroidissement une baisse maximale de 10°C par heure est autorisée.

Remarques

- Les températures indiquées sont à respecter en n'importe quel point intérieur de la poutre, situé à 20 mm de la surface du béton.

De fabrikant kan in overleg met de bouwheer om het even welk ander procédé kiezen, met uitzondering evenwel van de behandeling met warme lucht.

Indien voor een behandeling met vrije stoom wordt gekozen, omvat de volledige cyclus 4 stappen die in fig. 20. schematisch worden voorgesteld. Iedere stap moet aan de volgende criteria voldoen :

a. Wachtijd (stap 1)

Een periode van natuurlijke verharding met een minimumduur van 4 uren is vereist; tijdens deze periode wordt de balk, bij omgevingstemperatuur bewaard.

b. Temperatuurstijging (stap 2)

De toenamesnelheid van de temperatuur van het beton mag 20°C per uur niet overschrijden; de maximumtemperatuur mag hoogstens gelijk zijn aan 70°C.

c. Behoud van de maximumtemperatuur (stap 3)

De duur van het behoud van de maximumtemperatuur wordt niet begrensd.

d. Afkoeling (stap 4)

De afscherming van de balk moet minstens 1 uur behouden blijven; tijdens de afkoelingsperiode is een maximum temperatuurdaling van 10°C per uur toegelaten.

Opmerkingen

- De aangeduide temperaturen moeten gerespecteerd worden in om het even welk inwendig punt van de balk dat zich op 20 mm van het betonoppervlak bevindt.

- Au cours des étapes 2 et 3, l'atmosphère ambiante doit être saturée.

- Tijdens de stappen 2 en 3 moet de omgevingslucht verzadigd zijn.

## 8.6. REPARATION DU BETON

### 8.6.1. Généralités

Les défauts (manque de béton, irrégularités de surface, fissures) font l'objet d'un examen commun par l'organisme de contrôle et le fabricant. Au cas où il résulte de cet examen que les poutres ne sont pas en état de réception, les propositions de restauration éventuelles sont présentées par le fabricant au maître de l'ouvrage.

### 8.6.2. Manque de béton - Irrégularité de surface

Les défauts locaux du béton et certaines anomalies de forme aux abouts des poutres qui ne mettent pas en cause la résistance des poutres, ni leur utilisation dans l'ouvrage, ni leur aspect, peuvent être corrigées par ragréage durable après mise à nu des zones à réparer.

Seules les défauts de très faible importance, peuvent être l'objet d'une réparation après la mise en précontrainte du béton. Dans tous les autres cas, la réparation doit être faite avant la mise en précontrainte.

Toute réparation après la mise en précontrainte du béton doit se faire à l'aide d'un mortier ou béton sans retrait.

Les impositions relatives à la résistance du béton de correction, sont les mêmes que celles relatives au béton de la poutre.

### 8.6.3. Fissures

Avant mise en précontrainte du béton, les fissures verticales ou légèrement obliques par rapport à l'axe longitudinal de la poutre dans les zones de précompression ne sont pas prises en considération. La persistance de l'ouverture de ces fissures après la mise en précontrainte du béton est toutefois à considérer comme un défaut grave qui conduit à considérer que la poutre n'est pas en état de réception.

Tout autre fissure apparente avant ou après mise en précontrainte du béton, ainsi que la méthode à appliquer pour son obturation éventuelle, est soumise à l'avis de l'organisme de contrôle.

### 8.6.4. Aspect

L'aspect des poutres est toujours soumis à l'appréciation de l'organisme de contrôle qui juge de son acceptabilité compte tenu de la situation de l'ouvrage et des prescriptions éventuelles du cahier des charges.

Quoiqu'il en soit l'aspect des poutres doit répondre au moins aux critères suivants :

## 8.6. HERSTELLEN VAN HET BETON

### 8.6.1. Algemeenheden

Gebreken (tekort aan beton, onregelmatigheden van het dagvlak, scheuren) worden in overleg tussen het controle-organisme en de fabrikant onderzocht. Indien de liggers, als gevolg van dit onderzoek, niet aanvaard worden, doet de fabrikant aan de bouwheer een voorstel betreffende de eventueel uit te voeren herstellingen.

### 8.6.2. Tekort aan beton - Onregelmatigheid van het dagvlak

Plaatselijke gebreken en sommige vormafwijkingen aan het uiteinde van de liggers die een invloed hebben op de sterkte van de balken, noch op hun gebruik in het werk, noch op hun uitzicht, mogen na uitkappen van de betrokken zones op een duurzame manier bijgewerkt worden.

Alleen zeer kleine gebreken mogen hersteld worden na het onder voorspanning brengen van het beton; in alle andere gevallen moeten de herstellingen uitgevoerd worden vóór het voorspannen.

Herstellingen, uitgevoerd na voorspanning van het beton, moeten geschieden door middel van een krimpvrije mortel of beton.

De eisen met betrekking tot de sterkte van het herstelbeton zijn dezelfde als die aangaande het beton van de ligger zelf.

### 8.6.3. Scheuren

Vóór het voorspannen van het beton wordt er geen rekening gehouden met de verticale of lichtjes hellende scheuren t.o.v. de lengte-as van de ligger in de voordrukzones. Indien na het voorspannen van het beton deze scheuroeningen blijven bestaan, wordt zulks als een zwaar gebrek aanzien dat aanleiding geeft tot het niet aanvaarden van de ligger.

Alle andere zichtbare scheuren vóór of na het voorspannen van het beton, alsook de methode voor het eventueel dichten ervan, zijn onderworpen aan het advies van het controle-organisme.

### 8.6.4. Uitzicht

Het uitzicht van de liggers moet steeds aan de beoordeling van het controle-organisme worden onderworpen. Het controle-organisme oordeelt over de aanvaarding, rekening houdend met de situatie van het werk en de eventuele voorschriften van het bestek.

Het uitzicht van de liggers moet hoe dan ook tenminste aan volgende criteria voldoen :

- Les poutres ne présentent ni nids de gravier, ni arêtes ébréchées, ni un nombre trop élevé de bulles d'air.

- Les faces des poutres qui seront visibles dans l'ouvrage et, en tout cas, les faces extérieures des poutres de rive ne peuvent présenter d'irrégularités gênantes pour l'aspect.

- Les bulles superficielles dont la profondeur dépasse 8 mm sont bouchées à l'aide d'un mortier adéquat. Toutefois, pour les faces extérieures des poutres de rive et pour les faces supérieures des semelles inférieures, cette valeur est réduite à 5 mm.

- La présence de bulles d'une profondeur supérieure à 15 mm conduit à mettre en doute la compacité du béton. La réparation ne peut dès lors être entamée avant d'avoir procédé à un examen complémentaire avec l'organisme de contrôle.

Le parachèvement des poutres et les corrections à apporter éventuellement à leur aspect font l'objet d'un accord avec l'organisme de contrôle.

Les poutres sont livrées comme ne devant pas être peintes.

## 9. MANUTENTION - ENTREPOSAGE - TRANSPORT

Les précautions sont prises pour éviter que la poutre soit soumise à des déformations et à des sollicitations excessives lors des manutentions, du transport et pendant l'entreposage. L'aire de stockage présente une rigidité suffisante pour que la poutre y conserve sa forme de départ. Les supports sont conditionnés pour qu'elle ne subisse ni torsion ni déformation horizontale.

Il y a lieu de tenir compte des prescriptions reprises au § 7.1.4. concernant la protection des câbles de postcontrainte non-injectés.

- De liggers mogen noch grindnesten, noch afgebrokkelde randen, noch een te groot aantal luchtbellen vertonen.

- De zichtbare vlakken van de liggers en, in ieder geval, de buitenvlakken van de randliggers mogen geen onregelmatigheden vertonen die het uitzicht benadelen.

- De luchtbellen aan de oppervlakte van meer dan 8 mm diep worden met een aangepaste mortel opgevuld. Voor de buitenvlakken van de randliggers en de bovenvlakken van onderflenzen is deze waarde tot 5 mm beperkt.

- De aanwezigheid van luchtbellen van meer dan 15 mm diep geeft aanleiding tot twijfels i.v.m. verdichting van het beton. In dat geval mag de herstelling slechts gebeuren na een bijkomend onderzoek samen met het controle-organisme.

De afwerking van de liggers en de eventuele verbeteringen aan het uitzicht moeten met het controle-organisme worden overeengekomen.

De liggers worden geleverd alsof ze niet geschilderd moeten worden

## 9. VERHANDELING - OPSLAG - VERVOER

Bij het verhandelen, opslaan en vervoeren worden de nodige voorzorgen getroffen om te voorkomen dat de ligger aan overdreven vervormingen of belastingen zou blootstaan. De opslagplaats moet een voldoende stevige bodem hebben opdat de ligger de vorm zou behouden die hij aanvankelijk had. De steunbalken worden zo geplaatst dat de ligger geen wringing of horizontale vervorming ondergaat.

Er dient bovendien rekening gehouden met de voorschriften aangegeven in § 7.1.4. met betrekking tot de bescherming van de naspankabels die niet geïnjecteerd werden.

## ANNEXE A

### CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES PROFILS STANDARDS

Les caractéristiques mentionnées ne tiennent pas compte de la présence d'armatures passives et actives.

## BIJLAGE A

### GEOMETRISCHE KENMERKEN VAN DE STANDAARDPROFIELEN

De vermelde kenmerken houden geen rekening met de aanwezigheid van passieve en actieve wapeningen.

#### LEGENDE

p	poids de la poutre par mètre courant	P	gewicht van de ligger per strekkende meter
B	surface de la section de béton	B	oppervlakte van de betondoorsnede
I	moment d'inertie autour d'un axe horizontal passant par le centre de gravité	I	traagheidsmoment om een horizontale as gaande door het zwaartepunt
v	distance du centre de gravité à la fibre inférieure	v	afstand van het zwaartepunt tot de ondervezel
v'	distance du centre de gravité à la fibre supérieure	v'	afstand van het zwaartepunt tot de bovenvezel
I/v	module d'inertie (fibre inférieure)	I/v	traagheidsmodulus (ondervezel)
I/v'	module d'inertie (fibre supérieure)	I/v'	traagheidsmodulus (bovenvezel)
$i^2/v$	distance du centre de gravité au bord supérieur du noyau central	$i^2/v$	afstand van het zwaartepunt tot de bovenrand van de middenkern
$i^2/v'$	distance du centre de gravité au bord inférieur du noyau central	$i^2/v'$	afstand van het zwaartepunt tot de onderrand van de middenkern

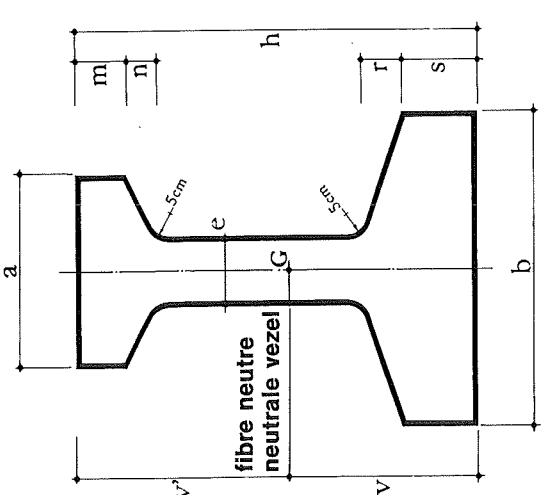
En accord avec les fabricants, on peut envisager des surlargeurs en écartant les deux coffrages latéraux.

In akkoord met de fabrikanten, kunnen overbreedten voorzien worden door het vergroten van de afstand tussen de langsbekistingen.

A.1. Profils en forme de I

A.1. Profielen met I-vorm

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	a cm	m cm	n cm	r cm	s cm	e cm	p kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	V dm	v dm	I/v dm <sup>3</sup>	I/v dm <sup>3</sup>	I/v dm	I/v dm			
I/110/60	110	60	36	20	6	8	15	12	698	27,93	420,3	4,87	6,13	86,24	68,60	3,087	2,456			
62	110	62	38	20	6	8	15	14	753	30,13	443,2	4,92	6,08	90,11	72,90	2,991	2,419			
64	110	64	40	20	6	8	15	16	808	32,33	466,2	4,96	6,04	94,01	77,16	2,907	2,386			
I/115/60	115	60	36	25	6	8	15	12	743	29,73	489,1	5,26	6,24	92,99	78,37	3,128	2,636			
62	115	62	38	25	6	8	15	14	801	32,03	515,0	5,29	6,21	97,26	82,98	3,036	2,591			
64	115	64	40	25	6	8	15	16	858	34,33	540,7	5,33	6,17	101,55	87,57	2,958	2,551			
I/120/60	120	60	36	10	6	8	15	12	688	26,73	465,6	4,90	7,10	95,00	85,59	3,584	2,454			
62	120	62	38	10	6	8	15	14	728	29,13	497,1	4,99	7,01	99,58	70,93	3,418	2,435			
64	120	64	40	10	6	8	15	16	788	31,53	528,1	5,07	6,93	104,20	76,20	3,304	2,416			
I/125/60	125	60	36	15	6	8	15	12	713	28,53	556,7	5,36	7,14	103,77	78,03	3,637	2,735			
62	125	62	38	15	6	8	15	14	776	31,03	591,1	5,44	7,06	108,73	83,68	3,504	2,696			
64	125	64	40	15	6	8	15	16	838	33,53	625,2	5,50	7,00	113,73	89,27	3,392	2,662			
I/130/60	130	60	36	20	6	8	15	12	758	30,33	649,1	5,80	7,20	111,86	90,20	3,688	2,973			
62	130	62	38	20	6	8	15	14	823	32,93	689,9	5,86	7,14	117,26	96,18	3,560	2,920			
64	130	64	40	20	6	8	15	16	888	35,53	724,5	5,91	7,09	122,69	102,12	3,453	2,874			
I/135/60	135	60	36	25	6	8	15	12	803	32,13	743,4	6,22	7,28	119,51	102,12	3,719	3,178			
62	135	62	38	25	6	8	15	14	871	34,83	785,1	6,25	7,24	125,39	108,46	3,600	3,114			
64	135	64	40	25	6	8	15	16	938	37,53	826,7	6,30	7,20	131,29	114,76	3,498	3,058			
I/140/60	140	60	36	10	6	8	15	12	728	29,13	694,7	5,78	8,22	120,09	84,56	4,122	2,903			
62	140	62	38	10	6	8	15	14	798	31,93	744,2	5,89	8,11	126,32	91,78	3,956	2,874			
64	140	64	40	10	6	8	15	16	868	34,73	793,1	5,98	8,02	132,61	98,90	3,818	2,847			
I/145/60	145	60	36	15	6	8	15	12	773	30,93	816,2	6,28	8,22	130,03	99,27	4,203	3,209			
62	145	62	38	15	6	8	15	14	846	33,83	869,5	6,36	8,14	136,70	106,83	4,041	3,158			
64	145	64	40	15	6	8	15	16	918	36,73	922,5	6,43	8,07	143,44	114,32	3,905	3,112			
I/150/60	150	60	36	20	6	8	15	12	818	32,73	938,4	6,74	8,26	139,16	113,65	4,251	3,472			
62	150	62	38	20	6	8	15	14	893	35,73	996,2	6,81	8,19	146,35	121,59	4,096	3,403			
64	150	64	40	20	6	8	15	16	968	38,73	1053,8	6,86	8,14	153,60	129,46	3,966	3,342			
I/155/60	155	60	36	25	6	8	15	12	863	34,53	1061,9	7,19	8,31	147,75	127,73	4,279	3,699			
62	155	62	38	25	6	8	15	14	941	37,63	1124,8	7,23	8,27	155,51	136,07	4,132	3,616			
64	155	64	40	25	6	8	15	16	1018	40,73	1187,7	7,27	8,23	163,31	144,35	4,009	3,544			
I/160/80	160	80	48	10	8	12	16	14	1044	41,76	1324,6	6,44	9,56	205,69	138,56	4,925	3,318			
82	160	82	50	10	8	12	16	16	1124	44,96	1400,1	6,55	9,45	213,73	148,18	4,753	3,296			
84	160	84	52	10	8	12	16	18	1204	48,16	1474,7	6,65	9,35	221,85	157,67	4,606	3,274			
86	160	86	54	10	8	12	16	20	1284	51,36	1548,4	6,73	9,27	230,03	167,06	4,478	3,253			
88	160	88	56	10	8	12	16	22	1364	54,56	1621,6	6,81	9,19	238,26	176,37	4,367	3,232			



PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	a cm	m cm	n cm	r cm	s cm	e cm	p kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	V dm	v dm	I/v dm <sup>3</sup>	I/v dm <sup>3</sup>	I/v dm	I/v dm			
I/ 80/60	80	60	36	10	6	8	15	12	548	21,93	160,2	3,21	4,79	49,89	39,45	2,275	1,825			
62	80	62	38	10	6	8	15	14	588	23,53	169,7	3,26	4,74	51,97	39,83	2,208	1,822			
64	80	64	40	10	6	8	15	16	628	25,13	179,0	3,31	4,69	54,05	38,18	2,151	1,819			
I/ 85/60	85	60	36	15	6	8	15	12	593	23,73	202,5	3,59	4,91	56,35	41,26	2,374	1,739			
62	85	62	38	15	6	8	15	14	636	25,43	213,4	3,64	4,86	58,67	43,88	2,307	1,725			
64	85	64	40	15	6	8	15	16	678	27,13	224,2	3,68	4,82	61,01	46,47	2,248	1,713			
I/ 90/60	90	60	36	20	6	8	15	12	638	25,53	247,0	3,96	5,04	62,43	48,97	2,445	1,818			
62	90	62	38	20	6	8	15	14	683	27,33	259,6	3,99	5,01	65,03	51,85	2,379	1,897			
64	90	64	40	20	6	8	15	16	728	29,13	272,2	4,02	4,98	67,65	54,71	2,322	1,878			
I/ 95/60	95	60	36	25	6	8	15	12	683	27,33	294,2	4,31	5,19	68,32	56,62	2,500	2,072			
62	95	62	38	25	6	8	15	14	731	29,23	308,8	4,33	5,17	71,25	59,78	2,437	2,045			
64	95	64	40	25	6	8	15	16	778	31,13	323,4	4,36	5,14	74,18	62,91	2,383	2,021			
I/100/60	100	60	36	10	6	8	15	12	608	24,33	289,2	4,04	5,96	71,56	48,52	2,941	1,994			
62	100	62	38	10	6	8	15	14	658	26,33	307,5	4,11	5,89	74,75	52,24	2,839	1,984			
64	100	64	40	10	6	8	15	16	708	28,33	325,7	4,18	5,82	77,98	55,92	2,752	1,974			
I/105/60	105	60	36	15	6	8	15	12	653	26,13	353,8	4,47	6,03	79,18	58,66	3,030	2,245			
62	105	62	38	15	6	8	15	14	706	28,23	374,3	4,53	5,97	82,89	62,86	2,929	2,219			
64	105	64	40	15	6	8	15	16	758	30,33	394,6	4,58	5,92	86,22	66,62	2,842	2,196			

A.1. Profils en forme de I (suite 1)

A.1. Profielen met I-vorm (vervolg 1)

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN											CARACTERISTIQUES - KENMERKEN										
	h	b	a	m	n	r	s	e	P	B	I	v	V	I/v	I/v <sup>3</sup>	I <sup>2</sup> /v	I <sup>3</sup> /v <sup>3</sup>					
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/m	dm <sup>2</sup>	dm <sup>4</sup>	dm	dm	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm	dm <sup>3</sup>						
I/200/80	200	80	48	30	8	12	16	14	1354	54,16	2869,3	9,39	10,61	305,57	270,43	4,993						
	82	200	82	50	30	8	12	16	1454	58,16	3004,1	9,43	10,57	318,49	284,26	4,888						
	84	200	84	52	30	8	12	16	1554	62,16	3138,6	9,47	10,53	331,49	298,00	4,794						
	86	200	86	54	30	8	12	16	1654	66,16	3272,9	9,50	10,50	344,52	311,71	4,712						
	88	200	88	56	30	8	12	16	1754	70,16	3407,2	9,53	10,57	357,56	325,40	4,638						

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN											CARACTERISTIQUES - KENMERKEN										
	h	b	a	m	n	r	s	e	P	B	I	v	V	I/v	I/v <sup>3</sup>	I <sup>2</sup> /v	I <sup>3</sup> /v <sup>3</sup>					
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/m	dm <sup>2</sup>	dm <sup>4</sup>	dm	dm	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm	dm <sup>3</sup>						
I/165/80	165	80	48	15	8	12	16	14	1104	44,16	1543,1	6,97	9,53	221,30	161,97	5,011	3,668					
	82	165	82	50	15	8	12	16	1187	47,46	1623,0	7,06	9,44	229,82	171,96	4,842	3,623					
	84	165	84	52	15	8	12	16	1269	50,76	1702,2	7,14	9,36	238,44	181,84	4,697	3,582					
	86	165	86	54	15	8	12	16	1352	54,06	1780,9	7,21	9,29	247,11	191,64	4,571	3,545					
	88	165	88	56	15	8	12	16	1434	57,36	1859,2	7,27	9,23	255,84	201,36	4,460	3,510					
I/170/80	170	80	48	20	8	12	16	14	1164	46,56	1760,7	7,48	9,52	235,49	184,89	5,057	3,971					
	82	170	82	50	20	8	12	16	1249	49,96	1846,0	7,55	9,45	244,61	195,27	4,896	3,908					
	84	170	84	52	20	8	12	16	1334	53,36	1930,7	7,61	9,39	253,80	205,56	4,756	3,852					
	86	170	86	54	20	8	12	16	1419	56,76	2015,2	7,66	9,34	263,05	215,77	4,634	3,801					
	88	170	88	56	20	8	12	16	1504	60,16	2099,3	7,71	9,29	272,34	225,93	4,527	3,755					
I/175/80	175	80	48	25	8	12	16	14	1224	48,96	1978,8	7,96	9,54	245,72	207,33	5,080	4,234					
	82	175	82	50	25	8	12	16	1312	52,46	2070,2	8,01	9,49	255,48	218,12	4,927	4,158					
	84	175	84	52	25	8	12	16	1399	55,96	2161,3	8,06	9,44	265,31	228,84	4,794	4,089					
	86	175	86	54	25	8	12	16	1487	59,46	2252,2	8,10	9,40	275,18	239,50	4,678	4,028					
	88	175	88	56	25	8	12	16	1574	62,96	2342,9	8,13	9,37	285,09	250,11	4,576	3,972					
I/180/80	180	80	48	10	8	12	16	14	1114	44,56	1792,0	7,32	10,68	244,86	167,77	5,495	3,765					
	82	180	82	50	10	8	12	16	1204	48,16	1898,7	7,44	10,56	255,05	179,87	5,295	3,735					
	84	180	84	52	10	8	12	16	1294	51,76	2004,0	7,55	10,45	265,34	191,81	5,126	3,706					
	86	180	86	54	10	8	12	16	1384	55,36	2108,2	7,65	10,35	275,70	203,63	4,980	3,678					
	88	180	88	56	10	8	12	16	1474	58,96	2211,6	7,73	10,27	286,13	215,33	4,853	3,652					
I/185/80	185	80	48	15	8	12	16	14	1174	46,96	2064,2	7,88	10,62	262,05	194,32	5,580	4,138					
	82	185	82	50	15	8	12	16	1261	50,66	2176,2	7,98	10,52	272,79	206,81	5,384	4,082					
	84	185	84	52	15	8	12	16	1359	54,36	2287,3	8,06	10,44	283,64	219,18	5,217	4,032					
	86	185	86	54	15	8	12	16	1452	58,06	2397,7	8,14	10,36	294,57	231,43	5,073	3,986					
	88	185	88	56	15	8	12	16	1544	61,76	2507,5	8,21	10,29	305,56	243,60	4,947	3,944					
I/190/80	190	80	48	20	8	12	16	14	1234	49,36	2334,2	8,41	10,59	277,68	220,33	5,625	4,463					
	82	190	82	50	20	8	12	16	1329	53,16	2452,7	8,48	10,52	289,10	233,24	5,438	4,387					
	84	190	84	52	20	8	12	16	1424	56,96	2570,7	8,55	10,45	300,60	246,04	5,277	4,319					
	86	190	86	54	20	8	12	16	1519	60,76	2688,2	8,61	10,39	312,18	258,76	5,138	4,259					
	88	190	88	56	20	8	12	16	1614	64,56	2805,4	8,66	10,34	323,81	271,40	5,015	4,204					
I/195/80	195	80	48	25	8	12	16	14	1294	51,76	2603,4	8,91	10,59	292,23	245,80	5,645	4,749					
	82	195	82	50	25	8	12	16	1392	55,66	2729,5	8,97	10,53	304,37	259,16	5,468	4,656					
	84	195	84	52	25	8	12	16	1489	59,56	2855,3	9,02	10,48	316,60	272,43	5,315	4,574					
	86	195	86	54	25	8	12	16	1587	63,46	2980,9	9,06	10,44	328,88	285,63	5,182	4,501					
	88	195	88	56	25	8	12	16	1684	67,36	3106,2	9,10	10,40	341,21	298,77	5,065	4,435					



A.2. Profils en forme de T renversé

A.2. Profielen met omgekeerde T-vorm

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN						CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	r cm	a cm	e cm	ø cm	P kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	V dm	V dm	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	P/V dm	P/V dm	
L/ 70/60	70	60	8	15	12	438	17,52	65,4	2,18	4,82	30,000	13,568	1,712	0,774		
62	70	62	8	15	14	473	18,92	73,4	2,28	4,72	32,193	15,551	1,702	0,822		
64	70	64	8	15	16	508	20,32	81,0	2,36	4,64	34,322	17,457	1,689	0,859		
L/ 75/60	75	60	8	15	12	453	18,12	80,3	2,35	5,15	34,170	15,592	1,866	0,860		
62	75	62	8	15	14	491	19,62	90,1	2,45	5,05	36,776	17,842	1,874	0,909		
64	75	64	8	15	16	528	21,12	99,5	2,55	4,95	39,020	20,101	1,848	0,952		
L/ 80/60	80	60	8	15	12	468	18,72	97,3	2,52	5,48	38,611	17,755	2,063	0,948		
62	80	62	8	15	14	508	20,32	109,1	2,64	5,36	41,326	20,354	2,034	1,002		
64	80	64	8	15	16	548	21,92	120,3	2,74	5,26	43,905	22,871	2,003	1,043		
L/ 85/60	85	60	8	15	12	483	19,32	116,4	2,70	5,80	43,111	20,069	2,231	1,039		
62	85	62	8	15	14	526	21,02	130,4	2,82	5,68	46,241	22,958	2,200	1,092		
64	85	64	8	15	16	568	22,72	143,8	2,93	5,57	49,078	25,817	2,160	1,136		
L/ 90/60	90	60	8	15	12	498	19,92	137,7	2,88	6,12	47,812	22,500	2,400	1,130		
62	90	62	8	15	14	543	21,72	154,2	3,01	5,99	51,229	25,743	2,359	1,185		
64	90	64	8	15	16	588	23,52	170,0	3,13	5,87	54,313	28,961	2,309	1,231		
L/ 95/60	95	60	8	15	12	513	20,52	161,3	3,07	6,43	52,541	25,086	2,560	1,223		
62	95	62	8	15	14	561	22,42	180,6	3,21	6,29	56,262	28,712	2,509	1,281		
64	95	64	8	15	16	608	24,32	199,0	3,33	6,17	59,760	32,253	2,457	1,326		
L/100/60	100	60	8	15	12	528	21,12	187,4	3,26	6,74	57,485	27,804	2,722	1,316		
62	100	62	8	15	14	578	23,12	209,6	3,41	6,59	61,466	31,806	2,659	1,376		
64	100	64	8	15	16	628	25,12	230,9	3,53	6,47	65,411	35,688	2,604	1,421		
L/105/60	105	60	8	15	12	543	21,72	215,9	3,45	7,05	62,580	30,624	2,881	1,410		
62	105	62	8	15	14	596	23,82	241,4	3,61	6,89	66,870	35,036	2,807	1,471		
64	105	64	8	15	16	648	25,92	265,9	3,74	6,76	71,096	39,334	2,743	1,518		
L/110/60	110	60	8	15	12	558	22,32	247,1	3,65	7,35	67,699	33,619	3,033	1,506		
62	110	62	8	15	14	613	24,52	276,1	3,81	7,19	72,467	38,401	2,955	1,566		
64	110	64	8	15	16	668	26,72	304,1	3,95	7,05	76,987	43,135	2,881	1,614		
L/115/60	115	60	8	15	12	573	22,92	280,9	3,85	7,65	72,961	36,719	3,183	1,602		
62	115	62	8	15	14	631	25,22	313,8	4,02	7,48	78,060	41,952	3,095	1,663		
64	115	64	8	15	16	688	27,52	345,4	4,16	7,34	83,029	47,057	3,017	1,710		
L/120/60	120	60	8	15	12	588	23,52	317,4	4,05	7,95	78,370	39,925	3,332	1,697		
62	120	62	8	15	14	648	25,92	354,5	4,23	7,77	83,806	45,624	3,233	1,760		
64	120	64	8	15	16	708	28,32	390,2	4,38	7,62	89,087	51,207	3,146	1,808		
L/125/60	125	60	8	15	12	603	24,12	356,8	4,25	8,25	83,953	43,248	3,481	1,793		
62	125	62	8	15	14	666	26,62	398,4	4,44	8,06	89,730	49,429	3,371	1,857		
64	125	64	8	15	16	728	29,12	438,4	4,59	7,91	95,512	55,424	3,280	1,903		

fibre neutre  
neutrale vezel

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN						CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	r cm	a cm	e cm	ø cm	P kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	V dm	V dm	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	P/V dm	P/V dm	
L/ 40/60	40	60	8	15	12	348	13,92	12,8	1,32	2,68	9,697	4,776	0,697	0,343		
62	40	62	8	15	14	368	14,72	14,2	1,36	2,64	10,441	5,379	0,709	0,365		
64	40	64	8	15	16	388	15,52	15,6	1,39	2,61	11,223	5,977	0,723	0,385		
L/ 45/60	45	60	8	15	12	363	14,52	17,7	1,44	3,06	12,292	5,784	0,846	0,398		
62	45	62	8	15	14	386	15,42	19,8	1,49	3,01	13,289	6,578	0,862	0,427		
64	45	64	8	15	16	408	16,32	21,8	1,53	2,97	14,248	7,340	0,873	0,450		
L/ 50/60	50	60	8	15	12	378	15,12	24,0	1,57	3,43	15,287	6,997	1,011	0,463		
62	50	62	8	15	14	403	16,12	26,9	1,63	3,37	16,503	7,982	1,024	0,495		
64	50	64	8	15	16	428	17,12	29,7	1,68	3,32	17,679	8,946	1,033	0,523		
L/ 55/60	55	60	8	15	12	393	15,72	31,8	1,71	3,79	18,596	8,391	1,183	0,534		
62	55	62	8	15	14	421	16,82	35,7	1,78	3,72	20,056	9,597	1,192	0,571		
64	55	64	8	15	16	448	17,92	39,5	1,84	3,66	21,467	10,792	1,198	0,602		
L/ 60/60	60	60	8	15	12	408	16,32	41,3	1,86	4,14	22,204	9,976	1,361	0,611		
62	60	62	8	15	14	438	17,52	46,3	1,94	4,06	23,866	11,404	1,362	0,651		
64	60	64	8	15	16	468	18,72	51,2	2,01	3,99	25,473	12,832	1,361	0,685		
L/ 65/60	65	60	8	15	12	423	16,92	52,4	2,02	4,48	25,941	11,696	1,533	0,691		
62	65	62	8	15	14	456	18,22	58,8	2,11	4,39	27,867	13,394	1,529	0,735		
64	65	64	8	15	16	488	19,52	65,0	2,18	4,32	29,817	15,046	1,528	0,771		

A.2. Profils en forme de T renversé (suite 1)

A.2. Profielen met omgekeerde T-vorm (vervolg 1)

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN																																																														
	h	b	r	e	e	h	b	i	v	p	h	b	i	v	v	p	I/V	I/V	I/V	I/V	I/V	P/V	P/V																																																		
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	dm <sup>4</sup>	dm	kg/m	cm	cm	dm <sup>4</sup>	dm	dm	kg/m	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm	dm																																																			
L/ 60/80	60	80	12	16	14	573	22,92	50,4	1,80	4,20	28,000	12,000	1,222	0,524	60	82	12	16	16	603	24,12	55,6	1,86	4,14	29,892	13,430	1,239	0,587	84	60	84	12	16	18	633	25,32	60,7	1,92	4,08	31,615	14,877	1,249	0,588	86	60	86	12	16	20	663	26,52	65,7	1,97	4,03	33,350	16,303	1,259	0,615	88	60	88	12	16	22	693	27,72	70,5	2,01	3,99	35,075	17,669	1,265	0,637
L/ 65/80	65	80	12	16	14	591	23,62	63,8	1,94	4,56	32,887	13,991	1,392	0,592	65	82	12	16	16	623	24,92	70,6	2,00	4,50	35,300	15,889	1,417	0,630	84	65	84	12	16	18	656	26,22	77,0	2,07	4,43	37,198	17,381	1,419	0,663	86	65	86	12	16	20	688	27,52	83,4	2,12	4,38	39,340	19,041	1,430	0,692	88	65	88	12	16	22	721	28,82	89,5	2,17	4,33	41,244	20,670	1,431	0,717
L/ 70/80	70	80	12	16	14	608	24,32	79,6	2,07	4,93	38,454	16,146	1,581	0,684	70	82	12	16	16	643	25,72	88,0	2,15	4,85	40,930	18,144	1,591	0,705	84	70	84	12	16	18	678	27,12	96,2	2,22	4,78	43,333	20,126	1,598	0,742	86	70	86	12	16	20	713	28,52	104,1	2,28	4,72	45,658	22,055	1,601	0,773	88	70	88	12	16	22	748	29,92	111,7	2,34	4,66	47,735	23,970	1,595	0,801
L/ 75/80	75	80	12	16	14	626	25,02	97,9	2,22	5,28	44,099	18,542	1,763	0,741	75	82	12	16	16	663	26,52	108,2	2,31	5,19	46,840	20,948	1,766	0,786	84	75	84	12	16	18	701	28,02	118,2	2,38	5,12	49,664	23,086	1,772	0,824	86	75	86	12	16	20	738	29,52	127,9	2,45	5,05	52,204	25,327	1,768	0,858	88	75	88	12	16	22	776	31,02	137,3	2,51	4,99	54,701	27,515	1,763	0,887
L/ 80/80	80	80	12	16	14	643	25,72	118,7	2,37	5,63	50,084	21,083	1,947	0,820	80	82	12	16	16	683	27,32	131,2	2,46	5,54	53,333	23,682	1,952	0,867	84	80	84	12	16	18	723	28,92	143,3	2,55	5,45	56,196	26,294	1,943	0,909	86	80	86	12	16	20	763	30,52	155,1	2,63	5,37	58,973	28,883	1,932	0,946	88	80	88	12	16	22	803	32,12	166,5	2,69	5,31	61,896	31,356	1,927	0,976
L/ 85/80	85	80	12	16	14	661	26,42	142,3	2,52	5,98	56,468	23,796	2,137	0,901	85	82	12	16	16	703	28,12	157,3	2,63	5,87	59,810	26,797	2,127	0,953	84	85	84	12	16	18	746	29,82	171,7	2,72	5,78	63,125	29,706	2,117	0,996	86	85	86	12	16	20	788	31,52	185,7	2,80	5,70	66,321	32,579	2,104	1,034	88	85	88	12	16	22	831	33,22	199,3	2,88	5,62	69,201	35,463	2,083	1,068
L/ 90/80	90	80	12	16	14	678	27,12	168,7	2,69	6,31	62,714	26,735	2,312	0,986	90	82	12	16	16	723	28,92	186,4	2,80	6,20	66,571	30,065	2,302	1,040	84	90	84	12	16	18	768	30,72	203,5	2,90	6,10	70,172	33,361	2,284	1,086	86	90	86	12	16	20	813	32,52	220,0	2,99	6,01	73,579	36,606	2,263	1,126	88	90	88	12	16	22	858	34,32	236,0	3,07	5,93	76,873	39,798	2,240	1,160

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN																																																																													
	h	b	r	e	e	h	b	i	v	p	h	b	i	v	v	p	I/V	I/V	I/V	I/V	I/V	P/V	P/V																																																																	
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	dm <sup>4</sup>	dm	kg/m	cm	cm	dm <sup>4</sup>	dm	dm	kg/m	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	dm	dm																																																																		
L/130/60	130	60	8	15	12	618	24,72	399,1	4,46	8,54	89,484	46,733	3,620	1,890	130	62	8	15	14	683	27,32	445,5	4,65	8,35	95,806	53,353	3,807	1,953	64	130	64	8	15	16	748	29,92	490,2	4,81	8,19	101,913	59,853	3,406	2,000	L/135/60	135	60	8	15	12	633	25,32	444,4	4,67	8,83	95,161	50,328	3,758	1,988	62	135	62	8	15	14	701	28,02	496,0	4,87	8,63	101,848	57,474	3,635	2,051	64	135	64	8	15	16	768	30,72	545,7	5,03	8,47	108,489	64,427	3,532	2,097
L/140/60	140	60	8	15	12	648	25,92	492,8	4,88	9,12	100,984	54,035	3,896	2,085	140	62	8	15	14	718	28,72	549,9	5,08	8,92	108,248	61,648	3,769	2,147	64	140	64	8	15	16	788	31,52	605,0	5,25	8,75	115,238	69,143	3,656	2,194	L/145/60	145	60	8	15	12	663	26,52	544,3	5,09	9,41	106,935	57,843	4,032	2,181	62	145	62	8	15	14	736	29,42	607,3	5,30	9,20	114,585	66,011	3,895	2,244	64	145	64	8	15	16	808	32,32	668,2	5,48	9,02	121,934	74,080	3,773	2,292
L/150/60	150	60	8	15	12	678	27,12	599,1	5,30	9,70	113,038	61,763	4,168	2,277	150	62	8	15	12	678	27,12	599,1	5,30	9,70	113,038	61,763	4,168	2,277	62	150	62	8	15	14	753	30,12	668,4	5,52	9,48	121,087	70,506	4,020	2,341	L/155/60	155	60	8	15	12	693	27,72	657,2	5,52	9,98	119,058	65,852	4,295	2,376	64	155	64	8	15	16	771	30,82	733,1	5,74	9,76	127,718	75,113	4,144	2,437															
L/ 45/80	45	80	12	16	14	521	20,82	22,6	1,46	3,04	15,479	7,434	0,743	0,357	45	82	12	16	16	543	21,72	24,6	1,49	3,01	16,510	8,173	0,760	0,376	84	45	84	12	16	18	566	22,62	26,6	1,52	2,98	17,500	8,926	0,774	0,395	86	45	86	12	16	20	588	23,52	28,6	1,55	2,95	18,462	9,695	0,785	0,412	88	45	88	12	16	22	611	24,42	30,6	1,57	2,93	19,490	10,444	0,798	0,428															
L/ 50/80	50	80	12	16	14	538	21,52	29,9	1,56	3,44	19,167	8,692	0,891	0,404	50	82	12	16	16	563	22,52	32,8	1,60	3,40	20,500	9,647	0,910	0,428	84	50	84	12	16	18	588	23,52	35,7	1,64	3,36	21,768	10,625	0,926	0,452	86	50	86	12	16	20	613	24,52	38,5	1,68	3,32	22,917	11,596	0,935	0,473																														
L/ 55/80	55	80	12	16	14	556	22,22	39,1	1,68	3,82	23,274	10,236	1,047	0,461	55	82	12	16	16	583	23,32	43,1	1,73	3,77	24,913	11,432	1,068	0,490	84	55	84	12	16	18	611	24,42	47,0	1,78	3,72	26,404	12,634	1,081	0,517	86	55	86	12	16	20	638	25,52	50,8	1,82	3,68	27,912	13,804	1,094	0,541																														
L/ 60/80	60	80	12	16	14	574	22,92	49,2	1,80	4,20	28,000	12,000	1,222	0,524	60	82	12	16	16	603	24,12	55,6	1,86	4,14	29,892	13,430	1,239	0,587	84	60	84	12	16	18	633	25,32	60,7	1,92	4,08	31,615	14,877	1,249	0,588	86	60	86	12	16	20	663	26,52	65,7	1,97	4,03	33,350	16,303	1,259	0,615																														

A.2. Profils en forme de T renversé (suite 2)

A.2. Profielen met omgekeerde T-vorm (vervolg 2)

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	r cm	s cm	e cm	p kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	v dm	v' dm	I/v dm <sup>3</sup>	I/v' dm <sup>3</sup>	P/v dm	P/v' dm						
J/130/80	130	80	12	16	14	818	32,72	497,0	4,11	8,89	120,925	55,906	3,696	1,709						
82	130	82	12	16	16	883	35,32	547,4	4,28	8,72	127,897	62,775	3,621	1,777						
84	130	84	12	16	18	948	37,92	595,9	4,44	8,56	134,212	69,614	3,539	1,836						
86	130	86	12	16	20	1013	40,52	642,9	4,57	8,43	140,678	76,263	3,472	1,882						
88	130	88	12	16	22	1078	43,12	688,6	4,69	8,31	146,823	82,864	3,405	1,922						
J/135/80	135	80	12	16	14	886	33,42	554,3	4,30	9,20	128,907	60,250	3,857	1,803						
82	135	82	12	16	16	903	36,12	610,3	4,48	9,02	136,228	67,661	3,772	1,873						
84	135	84	12	16	18	971	38,82	664,2	4,64	8,86	143,147	74,966	3,687	1,931						
86	135	86	12	16	20	1038	41,52	716,4	4,78	8,72	149,874	82,156	3,610	1,979						
88	135	88	12	16	22	1106	44,22	767,3	4,90	8,60	156,592	89,221	3,541	2,018						
J/140/80	140	80	12	16	14	883	34,12	615,5	4,49	9,51	137,082	64,721	4,018	1,897						
82	140	82	12	16	16	923	36,92	677,5	4,68	9,32	144,765	72,693	3,921	1,969						
84	140	84	12	16	18	983	39,72	737,2	4,85	9,15	152,000	80,568	3,827	2,028						
86	140	86	12	16	20	1063	42,52	795,1	4,99	9,01	159,339	88,246	3,747	2,075						
88	140	88	12	16	22	1133	45,32	851,4	5,11	8,89	166,614	95,771	3,676	2,113						
J/145/80	145	80	12	16	14	871	34,82	680,8	4,69	9,81	145,160	69,399	4,169	1,993						
82	145	82	12	16	16	943	37,72	749,2	4,89	9,61	153,211	77,960	4,062	2,067						
84	145	84	12	16	18	1016	40,62	815,0	5,06	9,44	161,067	86,335	3,965	2,125						
86	145	86	12	16	20	1088	43,52	878,9	5,20	9,30	169,019	94,505	3,884	2,172						
88	145	88	12	16	22	1161	46,42	941,1	5,33	9,17	176,567	102,628	3,804	2,211						
J/150/80	150	80	12	16	14	888	35,52	750,3	4,89	10,11	153,436	74,214	4,320	2,089						
82	150	82	12	16	16	963	38,52	825,4	5,09	9,91	162,161	83,290	4,210	2,162						
84	150	84	12	16	18	1038	41,52	897,8	5,27	9,73	170,361	92,271	4,103	2,222						
86	150	86	12	16	20	1113	44,52	968,0	5,42	9,58	178,598	101,044	4,012	2,270						
88	150	88	12	16	22	1188	47,52	1036,5	5,55	9,45	186,757	109,683	3,930	2,308						
J/155/80	155	80	12	16	14	906	36,22	824,0	5,09	10,41	161,886	79,155	4,470	2,185						
82	155	82	12	16	16	983	39,32	906,3	5,30	10,20	171,000	88,853	4,349	2,260						
84	155	84	12	16	18	1061	42,42	985,6	5,48	10,02	179,854	98,363	4,240	2,319						
86	155	86	12	16	20	1138	45,52	1062,6	5,63	9,87	188,739	107,660	4,146	2,365						
88	155	88	12	16	22	1216	48,62	1137,7	5,77	9,73	197,175	116,927	4,055	2,405						
J/160/80	160	80	12	16	14	923	36,92	902,1	5,29	10,71	170,529	84,230	4,619	2,281						
82	160	82	12	16	16	1003	40,12	991,9	5,51	10,49	180,018	94,557	4,487	2,357						
84	160	84	12	16	18	1083	43,32	1078,5	5,69	10,31	189,561	104,617	4,376	2,415						
86	160	86	12	16	20	1163	46,52	1162,8	5,85	10,15	198,769	114,562	4,273	2,463						
88	160	88	12	16	22	1243	49,72	1244,9	5,99	10,01	207,830	124,366	4,180	2,501						

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN									
	h cm	b cm	r cm	s cm	e cm	p kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	v dm	v' dm	I/v dm <sup>3</sup>	I/v' dm <sup>3</sup>	P/v dm	P/v' dm						
J/ 95/80	95	80	12	16	14	696	27,82	198,1	2,85	6,65	69,509	29,789	2,499	1,071						
82	95	82	12	16	16	743	29,72	218,8	2,97	6,53	73,670	33,507	2,479	1,127						
84	95	84	12	16	18	791	31,62	238,8	3,08	6,42	77,532	37,196	2,452	1,176						
86	95	86	12	16	20	838	33,52	258,1	3,17	6,33	81,420	40,774	2,429	1,216						
88	95	88	12	16	22	886	35,42	276,8	3,26	6,24	84,908	44,359	2,397	1,252						
J/100/80	100	80	12	16	14	713	28,52	230,6	3,02	6,98	76,358	33,037	2,677	1,158						
82	100	82	12	16	16	763	30,52	254,6	3,15	6,85	80,825	37,168	2,648	1,218						
84	100	84	12	16	18	813	32,52	277,7	3,26	6,74	85,184	41,202	2,619	1,267						
86	100	86	12	16	20	863	34,52	300,1	3,36	6,64	89,315	45,196	2,587	1,309						
88	100	88	12	16	22	913	36,52	321,8	3,45	6,55	93,275	49,130	2,554	1,345						
J/105/80	105	80	12	16	14	731	29,22	266,4	3,19	7,31	83,511	36,443	2,858	1,247						
82	105	82	12	16	16	783	31,32	294,0	3,33	7,17	88,288	41,004	2,819	1,309						
84	105	84	12	16	18	836	33,42	320,5	3,45	7,05	92,893	45,461	2,780	1,360						
86	105	86	12	16	20	888	35,52	346,2	3,56	6,94	97,247	49,895	2,738	1,404						
88	105	88	12	16	22	941	37,62	371,1	3,65	6,85	101,671	54,175	2,703	1,440						
J/110/80	110	80	12	16	14	748	29,92	305,4	3,37	7,63	90,623	40,026	3,029	1,338						
82	110	82	12	16	16	803	32,12	336,9	3,52	7,48	95,710	45,040	2,980	1,402						
84	110	84	12	16	18	858	34,32	367,2	3,64	7,36	100,879	49,891	2,939	1,454						
86	110	86	12	16	20	913	36,52	396,5	3,76	7,24	105,452	54,765	2,888	1,500						
88	110	88	12	16	22	968	38,72	425,0	3,85	7,15	110,390	59,441	2,851	1,535						
J/115/80	115	80	12	16	14	766	30,62	347,9	3,55	7,95	98,000	43,761	3,201	1,429						
82	115	82	12	16	16	823	32,92	383,6	3,70	7,80	103,676	49,179	3,149	1,494						
84	115	84	12	16	18	881	35,22	417,9	3,84	7,66	108,828	54,556	3,090	1,549						
86	115	86	12	16	20	938	37,52	451,2	3,95	7,55	114,228	59,762	3,044	1,593						
88	115	88	12	16	22	996	39,82	483,5	4,06	7,44	119,089	64,987	2,991	1,632						
J/120/80	120	80	12	16	14	783	31,32	393,9	3,73	8,27	105,603	47,630	3,372	1,521						
82	120	82	12	16	16	843	33,72	434,2	3,89	8,11	111,620	53,539	3,310	1,588						
84	120	84	12	16	18	903	36,12	472,9	4,03	7,97	117,345	59,335	3,249	1,643						
86	120	86	12	16	20	963	38,52	510,4	4,16	7,84	122,692	65,102	3,185	1,690						
88	120	88	12	16	22	1023	40,92	546,9	4,27	7,73	128,080	70,750	3,130	1,729						
J/125/80	125	80	12	16	14	801	32,02	443,6	3,92	8,58	113,163	51,702	3,534	1,615						
82	125	82	12	16	16	863	34,52	488,7	4,09	8,41	119,487	56,109	3,461	1,683						
84	125	84	12	16	18	926	37,02	532,2	4,23	8,27	125,816	64,353	3,399	1,738						
86	125	86	12	16	20	988	39,52	574,2	4,36	8,14	131,697	70,541	3,332	1,795						
88	125	88	12	16	22	1051	42,02	615,2	4,47	8,03	137,629	76,613	3,275	1,823						

A.2. Profils en forme de T renversé (suite 3)

A.2. Profielen met omgekeerde T-vorm (vervolg 3)

PROFILS PROFIELEN	DIMENSIONS - AFMETINGEN										CARACTERISTIQUES - KENMERKEN										
	h cm	b cm	r cm	s cm	e cm	p kg/m	B dm <sup>2</sup>	I dm <sup>4</sup>	v dm	v dm	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	I/V dm <sup>3</sup>	
J/165/80	165	80	12	16	14	941	37,62	984,6	5,49	11,01	179,344	89,428	4,767	2,377							
82	165	82	12	16	16	1023	40,92	1082,5	5,72	10,78	189,248	100,417	4,625	2,454							
84	165	84	12	16	18	1106	44,22	1176,9	5,91	10,59	199,137	111,133	4,503	2,513							
86	165	86	12	16	20	1188	47,52	1268,7	6,07	10,43	209,012	121,639	4,398	2,560							
88	165	88	12	16	22	1271	50,82	1358,2	6,21	10,29	218,712	131,992	4,304	2,597							
J/170/80	170	80	12	16	14	958	38,32	1071,7	5,70	11,30	188,018	94,841	4,907	2,475							
82	170	82	12	16	16	1043	41,72	1178,0	5,93	11,07	198,651	106,414	4,762	2,551							
84	170	84	12	16	18	1128	45,12	1280,7	6,12	10,88	209,265	117,711	4,638	2,609							
86	170	86	12	16	20	1213	48,52	1380,4	6,29	10,71	219,459	128,889	4,523	2,656							
88	170	88	12	16	22	1298	51,92	1477,9	6,43	10,57	229,844	139,820	4,427	2,693							
J/175/80	175	80	12	16	14	976	39,02	1163,4	5,91	11,59	196,853	100,380	5,045	2,573							
82	175	82	12	16	16	1063	42,52	1278,6	6,14	11,36	208,241	112,553	4,897	2,647							
84	175	84	12	16	18	1151	46,02	1390,0	6,34	11,16	219,243	124,552	4,764	2,706							
86	175	86	12	16	20	1238	49,52	1498,2	6,51	10,99	230,138	136,324	4,647	2,753							
88	175	88	12	16	22	1326	53,02	1603,9	6,66	10,84	240,826	147,961	4,542	2,791							
J/180/80	180	80	12	16	14	993	39,72	1259,8	6,12	11,88	205,850	106,044	5,183	2,670							
82	180	82	12	16	16	1083	43,32	1384,5	6,36	11,64	217,689	118,943	5,025	2,746							
84	180	84	12	16	18	1173	46,92	1504,9	6,56	11,44	229,405	131,547	4,889	2,804							
86	180	86	12	16	20	1263	50,52	1622,0	6,73	11,27	241,010	143,922	4,771	2,849							
88	180	88	12	16	22	1353	54,12	1736,5	6,88	11,12	252,398	156,160	4,664	2,885							
J/185/80	185	80	12	16	14	1011	40,42	1361,1	6,33	12,17	215,024	111,841	5,320	2,767							
82	185	82	12	16	16	1103	44,12	1495,6	6,57	11,93	227,641	125,365	5,160	2,841							
84	185	84	12	16	18	1196	47,82	1625,6	6,78	11,72	239,764	138,703	5,014	2,901							
86	185	86	12	16	20	1288	51,52	1752,1	6,96	11,54	251,738	151,828	4,866	2,947							
88	185	88	12	16	22	1381	55,22	1875,8	7,11	11,39	263,826	164,688	4,778	2,982							
J/190/80	190	80	12	16	14	1028	41,12	1467,3	6,54	12,46	224,358	117,761	5,456	2,864							
82	190	82	12	16	16	1123	44,92	1612,2	6,79	12,21	237,437	132,039	5,286	2,939							
84	190	84	12	16	18	1218	48,72	1752,2	7,00	12,00	250,314	146,017	5,138	2,997							
86	190	86	12	16	20	1313	52,52	1888,6	7,18	11,82	263,036	159,780	5,008	3,042							
88	190	88	12	16	22	1408	56,32	2021,9	7,34	11,66	275,463	173,405	4,891	3,079							
J/195/80	195	80	12	16	14	1045	41,82	1578,6	6,75	12,75	233,867	123,812	5,592	2,961							
82	195	82	12	16	16	1143	45,72	1734,2	7,01	12,49	247,389	138,847	5,411	3,037							
84	195	84	12	16	18	1241	49,62	1884,8	7,22	12,28	261,053	153,485	5,261	3,093							
86	195	86	12	16	20	1338	53,52	2031,5	7,41	12,09	274,157	168,031	5,123	3,140							
88	195	88	12	16	22	1436	57,42	2175,1	7,57	11,93	287,332	182,322	5,004	3,175							

## ANNEXE B

### EXEMPLE DE PROGRAMME DE CONTROLE DU SOUDAGE EN CROIX DES ARMATURES PASSIVES

#### 1. INTRODUCTION

Une usine désire réaliser par procédé semi-automatique, avec quatre soudeurs A, B, C et D et avec six machines des assemblages en croix en utilisant des barres  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 12$ ,  $\varnothing 14$  et  $\varnothing 16$  en acier BE 400 S naturellement dur et des barres  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 12$  mm en acier BE 500 S écroui.

La tension, l'intensité, la vitesse du fil, le type de gaz et le débit de gaz sont constants. La seule variable pour le soudage est la durée du soudage qui est de 3 secondes sauf pour les assemblages des barres de 14 et 16 mm entre elles, pour lesquels elle est de 5 secondes. Le tableau B.1. reprend l'ensemble des assemblages possibles en indiquant pour chacun la durée de soudage prévue.

#### 2. PROGRAMME DES ESSAIS D'AGREATION (tableau B.2.)

Parmi ces assemblages le maître d'ouvrage choisit plusieurs assemblages caractéristiques; ceux-ci sont encadrés dans le tableau précité. Il décide d'ajouter deux séries d'essais sur les combinaisons de barres suivantes :

- $\varnothing 8$  mm, BE 500 S écroui en long avec une barre  $\varnothing 8$  mm en travers et une durée de soudage de 5 secondes;
- $\varnothing 16$  mm, BE 400 S naturellement dur en long avec une barre  $\varnothing 16$  mm en travers une durée de soudage de 3 secondes.

En effet, la durée de soudage n'est pas réglée automatiquement mais dépend du soudeur. Une différence de deux secondes est faible et il convient de vérifier qu'une durée de 5 secondes sur une barre de faible diamètre en acier BE 500 S écroui ne modifie pas ses caractéristiques mécaniques par échauffement excessif et si une durée trop courte (3 secondes) sur une barre  $\varnothing 16$  mm en BE 400 S naturellement dur ne la rend pas fragile par trop faible apport calorifique.

Le programme des essais est repris au tableau B.2. Le maître d'ouvrage a décidé de ne pas faire réaliser à chaque soudeur toutes les séries d'essais mais :

- de faire réaliser à chaque soudeur des points de soudure sur les différents assemblages retenus au point de vue des caractéristiques géométriques (aspect des soudures) :  $\varnothing 8 \times \varnothing 8$ ,  $\varnothing 8 \times \varnothing 16$ ,  $\varnothing 16 \times \varnothing 8$  et  $\varnothing 16 \times \varnothing 16$ ;

## BIJLAGE B

### VOORBEELD VAN EEN KONTROLEPROGRAMMA VAN HET KRUISLASSEN VAN PASSIEVE WAPENINGEN

#### 1. INLEIDING

Een fabriek wenst kruisverbindingen te vervaardigen, met behulp van de half-automatische lasmethode, met vier lassers A, B, C en D, met zes machines, met staven van  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 12$ ,  $\varnothing 14$  en  $\varnothing 16$  van natuurlijk hard staal BE 400 S en met staven  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$  en  $\varnothing 12$  in koud vervormd staal BE 500 S.

De spanning, de stroomsterkte, de draadsnelheid, het gastype en het gasdebiet zijn konstant. De enige veranderlijke grootte voor het lassen is de lastijd, die 3 seconden duurt, behalve voor de verbindingen tussen de staven van 14 en 16 mm, waarvoor deze lastijd 5 seconden bedraagt. In tabel B.1. worden alle mogelijke verbindingen vermeld, met voor elk van hen de aanduiding van de voorziene lastijd.

#### 2. PROGRAMMA VAN DE AANVAARDINGSPROEVEN (tabel B.2.)

Uit deze verbindingen kiest de bouwheer verschillende kenmerkende verbindingen; deze worden in voornoemde tabel omlijnd. Hij beslist twee reeksen proeven bij te voegen op de volgende stavencombinaties :

- $\varnothing 8$  mm, BE 500 S, koud vervormd in langsricting, met een staaf  $\varnothing 8$  mm in dwarsrichting en een lastijd van 5 seconden;
- $\varnothing 16$  mm, BE 400 S, natuurlijk hard, in langsricting, met een staaf  $\varnothing 16$  mm in dwarsrichting en een lastijd van 3 seconden.

De lastijd wordt inderdaad niet automatisch geregeld, maar hangt af van de lasser. Een verschil van twee seconden is klein en men dient na te gaan of een lasduur van 5 seconden de mechanische eigenschappen van een staaf met geringe diameter van koud vervormd staal BE 500 S niet wijzigt door overmatige opwarming en/of een te korte lasduur (3 seconden) een staaf van  $\varnothing 16$  mm van natuurlijk hard staal BE 400 S niet broos maakt door een te geringe warmtetoevoer.

Het programma van de proeven is weergegeven in tabel B.2. De bouwheer heeft besloten niet alle proefreeksen te laten uitvoeren door elke lasser, maar :

- door elke lasser laspunten te laten uitvoeren op de verschillende verbindingen die uit het oogpunt van de meetkundige kenmerken (uitzicht van de gelaste knopen) weerhouden worden :  $\varnothing 8 \times \varnothing 8$ ,  $\varnothing 8 \times \varnothing 16$ ,  $\varnothing 16 \times \varnothing 8$  en  $\varnothing 16 \times \varnothing 16$ ;

- de faire réaliser deux séries d'essais au moins par type d'assemblage retenu;
- de faire réaliser à l'ensemble des soudeurs 3 séries d'essais sur les deux derniers types d'assemblage qui sont les cas extrêmes.

On constate qu'on agrée une usine qui va souder de manière permanente des aciers des deux types différents et de différents diamètres avec 4 soudeurs et 6 machines à l'aide d'un nombre relativement restreint d'essais.

### 3. CONTROLE DE L'EXECUTION DES ASSEMBLAGES SOUDES

Chaque jour le fabricant réalise un essai de cintrage de telle manière qu'au bout de chaque mois calendrier, chacun des assemblages repérés par une étoile (\*) dans les tableaux B.1. et B.2. ait été éprouvé.

- minstens twee reeksen proeven per weerhouden verbindingstype te laten uitvoeren;
- alle lassers drie reeksen proeven op de laatste twee verbindingstypen, die de uiterste gevallen zijn, te laten uitvoeren.

Men stelt vast, dat een fabriek aanvaard wordt, die voortdurend staal van twee verschillende soorten en van verschillende diameters gaat lassen, met vier lassers en 6 machines, en dit aan de hand van een relatief beperkt aantal proeven.

### 3. KONTROLE VAN DE UITVOERING VAN GELASTE VERBINDINGEN

De fabrikant voert dagelijks een opbuigproef uit en wel zodanig dat, na één kalendermaand, elke verbinding, gemerkt door een sterretje (\*) in de tabellen B.1. en B.2. beproefd werd.

TABLEAU B.1.

Assemblages et durées de soudage

Langswapening Armature longitudinale		Lastijd (seconden) Durée du soudage (secondes)	Dwarswapening (diameter in mm) Armature transversale (diamètre en mm)				
Diameter (mm) Diamètre (mm)	Kwaliteit (**) Qualité		8	10	12	14	16
8	BE 400 S		3 (*)	3	3	3	3 (*)
	BE 500 S	3 (*)	3	3	3	3 (*)	
10	BE 400 S	3 (*)	3	3	3	3 (*)	
	BE 500 S	3 (*)	3	3	3	3 (*)	
12	BE 400 S	3 (*)	3	3	3	3 (*)	
	BE 500 S	3 (*)	3	3	3	3 (*)	
14	BE 400 S	3 (*)	3	3	5	5 (*)	
16	BE 400 S	3 (*)	3	3	5	5 (*)	

TABEL B.1.

Verbindingen en lastijden

TABLEAU B.2.

Programme des essais d'agrément

Karakteristieke verbindingen Assemblages caractéristiques			Lastijd (seconden) Durée de soudage (secondes)	Lassers Soudeurs			
Langswapening Armature longitudinale		Dwarswapening Arm. transv.		A	B	C	D
Diameter (mm) Diamètre (mm)	Kwaliteit (**) Qualité	Diameter (mm) Diamètre (mm)					
8	BE 400 S	8	3	x (1)			x (6)
8	BE 500 S	8	3		x (3)		x (6)
8	BE 400 S	16	3	x (1)		x (5)	
8	BE 500 S	16	3		x (3)		x (6)
16	BE 400 S	8	3	x (1)	x (3)	x (5)	x (4)
16	BE 400 S	16	5		x (4)	x (5)	
8	BE 500 S	8	5 (*)	x (2)	x (4)	x (2)	
16	BE 400 S	16	3 (*)	x (2)		x (2)	x (4)

(1) tot (6) = nr. van de machine gebruikt voor het lassen  
x : uitvoering van een reeks proeven volgens punt c) van § 7.2.3.6.

(1) à (6) = n° de la machine utilisée pour souder  
x : réalisation d'une série d'essais selon point c) du § 7.2.3.6.

(\*) voir point 3

(\*) zie punt 3

(\*\*) BE 400 S = naturellement dur  
BE 500 S = écroui(\*\*) BE 400 S = natuurlijk hard  
BE 500 S = koud vervormd

## ANNEXE C

### CONTRÔLE DE QUALITE DU BETON

#### C.1. Procédure selon le Ministère des Travaux Publics

##### 1. LE BETON EST SOUS CONTROLE STATISTIQUE PERMANENT A LA BETONNIERE

##### 1.1. Contrôle de la résistance du béton à l'âge de 28 jours

###### 1.1.1. Domaine d'application

Le contrôle statistique permanent est applicable aux bétons de composition constante fabriqués d'après des règles et des méthodes bien établies. Le fabricant est tenu d'introduire dans le contrôle et le calcul, l'entièreté de la production utilisant le béton considéré.

Les résultats éventuellement non satisfaisants correspondant à certains jours pour lesquels aucun élément n'a été fabriqué pour l'Administration (MTP) ne peuvent donc être éliminés pour l'interprétation.

###### 1.1.2. Description de la méthode de contrôle

###### 1.1.2.1. Généralités

La méthode de contrôle est basée sur un prélèvement journalier (☉) de 4 cubes et sur l'emploi de cartes de contrôles. La méthode consiste à :

- a) vérifier que le fabricant est maître de la régularité de sa production durant une période probatoire de 50 jours de production.
- b) dans l'affirmative :
  1. contrôler par des impositions tant journalières que mensuelles que :
    - la résistance caractéristique du béton de chaque mois calendrier est supérieure à la résistance caractéristique imposée;
    - les fluctuations des valeurs moyennes journalières  $\bar{x}_j$  (voir ci-après) au cours du mois calendrier, sont comprises dans les limites fixées (contrôle de  $\sigma_m$ );
    - les fluctuations des valeurs individuelles  $x_{ij}$  sont également comprises dans des limites fixées (contrôle de la variance journalière par l'intermédiaire de l'étendue  $W_j$ ).
  2. vérifier par un contrôle semestriel que le fabricant reste maître de la régularité de sa production.

## BIJLAGE C

### KWALITEITSKONTROLE VAN HET BETON

#### C.1. Procedure volgens het Ministerie van Openbare Werken

##### 1. HET BETON IS ONDER PERMANENTE STATISTISCHE KONTROLE IN DE MENGER

##### 1.1. Controle van de druksterkte van het beton op 28 dagen ouderdom

###### 1.1.1. Toepassingsdomein

De permanente statistische controle wordt toegepast op beton met konstante samenstelling, vervaardigd volgens goed vastgestelde voorschriften en methoden. De fabrikant dient in de controle en de berekeningen de algehele produktie met het beschouwde beton in te schakelen.

De niet bevredigende resultaten, die overeenstemmen met zekere dagen waarop geen enkel element voor het Bestuur (MOW) werd gefabriceerd, mogen dus niet worden geëlimineerd voor de interpretatie.

###### 1.1.2. Beschrijving van de controlemethode

###### 1.1.2.1. Algemeen

De controlemethode is gebaseerd op een dagelijkse (☉) monsterneming van 4 kubussen en op het gebruik van controlekaarten. De methode bestaat erin :

- a) na te gaan of de fabrikant de regelmaat van zijn produktie doeltreffend onder controle heeft gedurende een proefperiode van 50 produktiedagen.
- b) in bevestigend geval :
  1. controleren met zowel dagelijkse als maandelijkse opdrachten dat :
    - de karakteristieke druksterkte van het beton van iedere kalendermaand hoger is dan de opgelegde karakteristieke druksterkte;
    - de schommelingen van de dagelijkse gemiddelde waarden  $\bar{x}_j$  (zie hierna) tijdens de kalendermaand, begrepen zijn tussen vastgestelde grenzen (kontrolle van  $\sigma_m$ );
    - de schommelingen van de individuele waarden  $x_{ij}$  eveneens begrepen zijn binnen bepaalde grenzen (kontrolle van de dagelijkse variantie aan de hand van de spreidingsbreedte  $W_j$ ).
  2. nagaan door een zesmaandelijkse kontrolle of de fabrikant de regelmaat van zijn produktie in de hand houdt.

(☉) Par "journalier" il y a lieu de comprendre une journée de production du béton considéré.

(☉) Onder "dagelijks" dient men te verstaan, een produktiedag van het beschouwde beton.



### 1.1.2.2. Etablissement des cartes de contrôle

#### A. Données à rassembler

Durant une période de production de 50 jours, les informations suivantes sont rassemblées :

- par composition, par unité de production (installation de dosage) et par jour, on procède à un prélèvement. Chaque prélèvement se compose toujours de 4 cubes. Les moments auxquels les cubes de contrôle sont confectionnés doivent être répartis le plus uniformément possible sur la journée. Les cubes doivent être prélevés dans 4 gachées différentes. Les cubes sont conservés suivant un des modes préconisés par le § 4.1. de la norme B 15-237 (éprouvettes de contrôle), mais toujours de la même manière;
- à l'âge de 28 jours, on détermine la moyenne arithmétique  $\bar{x}_i$  et l'étendue  $W_i$  des résistances à la compression de chaque groupe de 4 cubes.

#### Remarques

1. Le terme  $x_{ij}$  représente chaque résistance individuelle,  $i$  étant le numéro d'ordre de la journée de production et  $j$  le numéro d'un cube d'une journée de production; on a donc  $i = 1$  à 50 et  $j = 1$  à 4.
2. L'étendue  $W_i$  est égale à la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale des quatre résultats des essais de compression d'un même jour  $i$ .
3. Durant la période qui s'écoule entre le premier jour de production et l'établissement de la carte de contrôle, le contrôle de la qualité du béton est réalisé selon le § 2.

#### B. Calculs

- a) Après 50 jours, on calcule la moyenne  $\bar{\bar{x}}$  des moyennes  $\bar{x}_i$  et la moyenne  $W_0$  des étendues  $W_i$  pour l'ensemble des 50 échantillons.

On vérifie à l'aide d'un test de Shapiro et Wilk ( $\mathfrak{W}$ ) si la distribution des  $\bar{x}_i$  a au moins 95 % de chances d'être "normale".

Si la normalité n'est pas atteinte, la méthode ne peut être appliquée et le contrôle de la résistance du béton est réalisé selon le § 2.

- b) On détermine également l'écart-type  $\sigma_i$  des 200 valeurs individuelles  $x_{ij}$  et l'écart-type  $\sigma_m$  des 50 moyennes  $\bar{x}_i$  par les formules suivantes :

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{50} (\bar{x}_i - x_{ij})^2}{200}$$

### 1.1.2.2. Opstellen van de controlekaarten

#### A. Te verzamelen gegevens

Gedurende een produktieperiode van 50 dagen, worden de volgende inlichtingen verzameld :

- per samenstelling, per produktie-eenheid (weeginrichting) en per dag gaat men over tot een monsterneming. Elke monsterneming omvat steeds 4 controlekubussen. De tijdstippen waarop de controlekubussen worden vervaardigd moeten zo gelijkmatig mogelijk over de dag verdeeld worden. De kubussen dienen genomen te worden uit 4 verschillende mengelingen. De kubussen worden bewaard op één der manieren, voorgeschreven door § 4.1. van de norm NBN B 15-237 (controleproefkubussen), echter steeds op dezelfde manier;
- op 28 dagen ouderdom bepaalt men het rekenkundig gemiddelde  $\bar{x}_i$  en de spreidingsbreedte  $W_i$  van de druksterkten van iedere groep van 4 kubussen.

#### Opmerkingen

1. De term  $x_{ij}$  stelt iedere individuele sterkte voor, waar  $i$  overeenkomt met het volgnummer van de produktiedag en waar  $j$  overeenkomt met het nummer van een kubus van één produktiedag; men heeft dus  $i = 1$  tot 50 en  $j = 1$  tot 4.
2. De spreidingsbreedte  $W_i$  is gelijk aan het verschil tussen de maximale waarde en de minimale waarde van de vier resultaten van de drukproeven van een zelfde dag  $i$ .
3. Gedurende de periode die verloopt tussen de eerste produktiedag en het opstellen van de controlekaart geschiedt de controle van de betonkwaliteit volgens § 2.

#### B. Berekeningen

- a) Na 50 dagen berekent men het gemiddelde  $\bar{\bar{x}}$  van de gemiddelden  $\bar{x}_i$  en het gemiddelde  $W_0$  van de spreidingsbreedten  $W_i$  voor het geheel van de 50 monsters.

Men controleert door middel van een Shapiro en Wilk-test ( $\mathfrak{W}$ ) of de verdeling der  $\bar{x}_i$ -waarden minstens 95 % kans heeft om "normaal" te zijn.

Indien de verdeling niet normaal is, mag de methode niet toegepast worden en wordt de controle van de druksterkte van het beton verwezenlijkt volgens § 2.

- b) Men berekent eveneens de standaardafwijking  $\sigma_i$  van de 200 individuele waarden  $x_{ij}$  en de standaardafwijking  $\sigma_m$  van de 50 gemiddelden  $\bar{x}_i$  door de volgende formules :

( $\mathfrak{W}$ ) voir Circulaire du Ministère des Travaux Publics n° 576-B/2.

( $\mathfrak{W}$ ) zie Omzendbrief van het Ministerie van Openbare Werken nr. 576-B/2.

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^{50} (\bar{x} - \bar{x}_i)^2}{50}$$

Remarque

La loi statistique  $\sigma_m = \frac{\sigma_i}{\sqrt{4}}$  n'est pas vérifiée, parce que les prélèvements sont groupés dans un ordre chronologique et la loi du hasard n'est pas rigoureusement respectée (série non aléatoire).

Opmerking

Het statistisch verband  $\sigma_m = \frac{\sigma_i}{\sqrt{4}}$  gaat hier niet op omdat de monsternemingen in een kronologische volgorde gegroepeerd zijn en de wet van de toevallige verdeling bijgevolg strikt genomen niet geldt (niet-willekeurige reeks).

C. Etablissement de la carte de contrôle des moyennes journalières

a) Carte de contrôle minimale des moyennes journalières (fig. C.1.1.)

Connaissant  $\sigma_i$  on peut définir une carte de contrôle minimale garantissant la réalisation de  $R'_{wk}$ . Pour cela il faut que la moyenne générale  $\bar{x}_{min.}$  de cette carte satisfasse à la relation suivante :

$$\bar{x}_{min.} = R'_{wk} + 1,64 \sigma_i \quad (3)$$

$R'_{wk}$  est la résistance caractéristique imposée.

Les limites de la carte sont données par la :

- limite de surveillance (4)

$$L_{si} = \bar{x}_{min.} - 1,96 \sigma_m$$

- limite de contrôle (5)

$$L_{ci} = \bar{x}_{min.} - 3,09 \sigma_m$$

C. Opstellen van de controlekaart van de dagelijkse gemiddelden

a) Minimale controlekaart van de dagelijkse gemiddelden (fig. C.1.1.)

Kent men  $\sigma_i$ , dan kan men een minimale controlekaart definiëren, die het bereiken van  $R'_{wk}$  waarborgt. Hiervoor moet het minimum algemeen gemiddelde  $\bar{x}_{min.}$  van deze kaart voldoen aan volgende betrekking :

$R'_{wk}$  is de opgelegde karakteristieke druksterkte.

De grenzen van de kaart worden gegeven door :

- waarschuwingsgrens (4)

- aktiegrens (5)

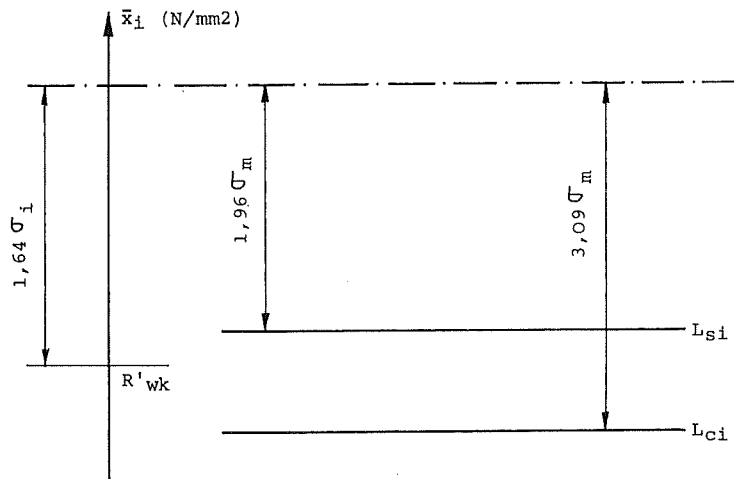


fig. C.1.1.

Remarque :

Les limites  $L_{si}$  et  $L_{ci}$  correspondent à des probabilités de dépassement de 97,5% pour la limite de surveillance et de 99,9% pour la limite de contrôle.

Opmerking :

De grenzen  $L_{si}$  en  $L_{ci}$  komen overeen met een waarschijnlijkheid dat 97,5% van de resultaten groter zijn dan de waarschuwingsgrens en 99,9% groter zijn dan de aktiegrens.

b) Carte de contrôle fluctuante des moyennes journalières (fig. C.1.2.)

Cette carte comprend deux limites  $L_{sf}$  et deux limites  $L_{cf}$  distantes respectivement de  $2 \times 1,96 \sigma_m$  et  $2 \times 3,09 \sigma_m$  et symétriquement par rapport à un axe  $y$ .

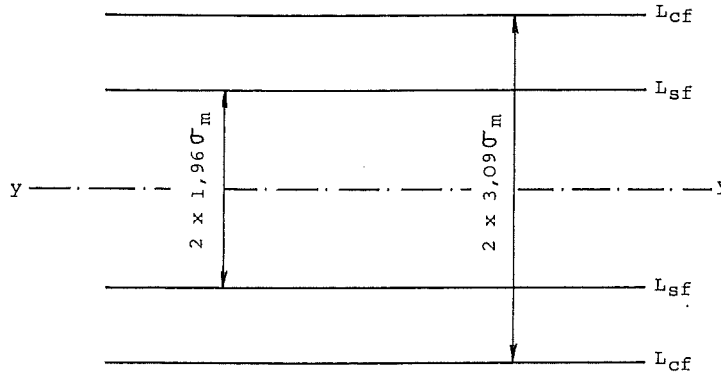


fig. C.1.2.

Cette carte fluctuante servira à vérifier si la dispersion de la production ne dépasse pas sensiblement  $\sigma_m$  (voir § 1.1.2.5.).

Elle peut par exemple être mise sur calque.

D. Etablissement de la carte de contrôle des étendues (fig. C.1.3.)

Les limites de la carte de contrôle des étendues sont données par la :

- limite de surveillance

$$L'_{ss} = 1,93 W_0 \quad (6)$$

- limite de contrôle

$$L'_{cs} = 2,57 W_0 \quad (7)$$

b) Mobiele controlekaart van de dagelijkse gemiddelden (fig. C.1.2.)

Deze kaart bevat twee grenzen  $L_{sf}$  en twee grenzen  $L_{cf}$ , die gelegen zijn op een respectieve onderlinge afstand van  $2 \times 1,96 \sigma_m$  en  $2 \times 3,09 \sigma_m$  en symmetrisch ten opzichte van een  $y$ -as.

Deze mobiele kaart zal angewend worden om na te gaan of de spreiding van de produktie niet in aanzienlijke mate de  $\sigma_m$ -waarde overschrijdt (zie § 1.1.2.5.).

Zij kan bijvoorbeeld op een doorschijnend papier getekend worden.

D. Opstellen van de controlekaart van de spreidingsbreedten (fig. C.1.3.)

De grenzen van de controlekaart van de spreidingsbreedten worden gegeven door :

- waarschuwingsgrens

- aktiegrens

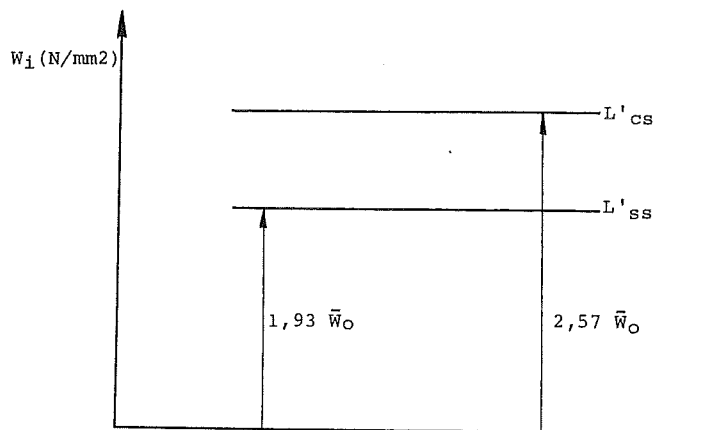


fig. C.1.3.

Remarque :

La limite de surveillance correspond à une probabilité de dépassement de 2,5% et la limite de contrôle à une probabilité de dépassement de 0,1%.

1.1.2.3. Vérification de la validité des cartes

Toutes les conditions citées ci-dessous doivent être remplies. Si l'une d'entre elles n'est pas satisfaite, la méthode ne peut être utilisée et le béton est contrôlé selon le § 2.

A. Carte de contrôle minimale des moyennes journalières

a) Validité de la moyenne générale

La moyenne générale de la population  $\bar{X}$  (voir § 1.1.2.2. - B.) doit être plus grande que  $\bar{X}_{min}$ , défini à la formule (3).

b) Validité des limites

Une seule valeur sur 50 peut être inférieure à  $L_{si}$ , tout en restant supérieure à  $L_{ci}$ .

B. Carte de contrôle des étendues

Trois valeurs  $W_i$  au maximum sur 50 peuvent être supérieures à  $L'_{ss}$  et aucune de ces trois valeurs ne peut être supérieure à  $L'_{cs}$ .

1.1.2.4. Tenue à jour des cartes de contrôle

Les valeurs  $\bar{x}_i$  et  $W_i$  des quatre cubes sont déterminées et inscrites quotidiennement sur, d'une part, la carte de contrôle des moyennes minimale (fig. C.1.1.) et d'autre part sur la carte de contrôle des étendues (fig. C.1.3.). Des formulaires modèles pour ces cartes de contrôle sont repris à l'Annexe D.4.

Opmerking :

De waarschuwingsgrens komt overeen met de waarschijnlijkheid dat 2,5% van de resultaten groter is en de aktiegrens met de waarschijnlijkheid dat 0,1% van de resultaten groter is.

1.1.2.3. Nazicht van de geldigheid van de kaarten

Alle hieronder vermelde voorwaarden moeten vervuld zijn. Indien aan één van hen niet wordt voldaan, mag de methode niet gebruikt worden en wordt het beton gecontroleerd volgens § 2.

A. Minimale controlekaart van de dagelijkse gemiddelden

a) Geldigheid van het algemeen gemiddelde

Het algemeen gemiddelde van de populatie  $\bar{X}$  (zie § 1.1.2.2. - B.) moet groter zijn dan  $\bar{X}_{min}$ , gedefinieerd in formule (3).

b) Geldigheid van de controlegrenzen

Eén enkele waarde op 50 mag kleiner zijn dan  $L_{si}$ , maar moet groter zijn dan  $L_{ci}$ .

B. Controlekaart van de spreidingsbreedten

Hoogstens drie waarden  $W_i$  op 50 mogen groter zijn dan  $L'_{ss}$  en geen enkele van deze drie waarden mag groter zijn dan  $L'_{cs}$ .

1.1.2.4. Bijhouden van de controlekaarten

Dagelijks worden de waarden  $\bar{x}_i$  en  $W_i$  van de vier kubussen bepaald en ingevuld op enerzijds de controlekaart van de minimale gemiddelden (fig. C.1.1.) en anderzijds op de controlekaart van de spreidingsbreedten (fig. C.1.3.). Modelformulieren voor deze controlekaarten zijn weergegeven in Bijlage D.4.

### 1.1.2.5. Vérification des résultats

Les résultats groupés par mois sur la carte de contrôle des moyennes (fig. C.1.1.) et sur la carte de contrôle des étendues (fig. C.1.3.) doivent satisfaire aux impositions suivantes :

#### A. Pour la carte des moyennes journalières

a) La moyenne mensuelle doit être supérieure à :

$$\bar{x}_{\min.} - \frac{1,96 \sigma_m}{\sqrt{20}} = \bar{x}_{\min.} - 0,44 \sigma_m \quad (6)$$

#### Remarque :

La formule est basée sur une moyenne de 20 résultats par mois. Le coefficient de 1,96 correspond à une probabilité que 97,5% des résultats soient bons.

b) Deux valeurs de  $\bar{x}_i$ , au maximum, peuvent se trouver en dessous de  $L_{Si}$ . Aucune valeur  $\bar{x}_i$  ne peut être inférieure à  $L_{Ci}$ .

Les conditions a) et b) sont donc valables par mois pour la carte de contrôle minimale des moyennes.

En outre, on vérifie semestriellement si 95% des valeurs sont supérieures à  $L_{Si}$ .

c) A l'aide de la carte fluctuante : cette carte, par exemple tracée sur calque, est déplacée de bas en haut sur la carte des moyennes journalières. Le contrôle est satisfaisant si on trouve au moins une position pour laquelle les conditions suivantes sont remplies :

- pas plus de deux valeurs  $\bar{x}_i$  sont situées hors des limites  $L_{Sf}$  (fig. C.1.2.);
- aucune valeur  $\bar{x}_i$  n'est située en dehors des limites  $L_{Cf}$ .

L'axe y ne doit pas nécessairement coïncider avec la moyenne mensuelle.

#### B. Pour la carte des étendues

Deux valeurs  $W_i$ , au maximum, peuvent se trouver au-dessus de  $L'_{Ss}$  et de ces deux valeurs aucune ne peut être supérieure à  $L'_{Cs}$ .

En outre, on vérifiera semestriellement si 95% des valeurs  $W_i$  se trouvent en-dessous de  $L'_{Ss}$ .

#### C. Remarques

a) Si par suite d'une ou de plusieurs courtes interruptions de la production, le nombre de résultats  $\bar{x}_i$  et  $W_i$  par mois est inférieur à 18, on combinera les résultats du mois considéré avec les résultats des derniers jours de production du mois précédent jusqu'à ce qu'on obtienne 20 résultats.

b) Si par suite d'une interruption de la production d'au moins 14 jours calendrier, le nombre de résultats  $\bar{x}_i$  et  $W_i$  par mois est inférieur à 18 on combinera :

### 1.1.2.5. Geldigheid van de resultaten

De resultaten, per maand gegroepeerd op de controlekaart van de gemiddelden (fig. C.1.1.) en op de controlekaart van de spreidingsbreedten (fig. C.1.3.) moeten voldoen aan de volgende eisen :

#### A. Voor de kaart der dagelijkse gemiddelden

a) Het maandelijks gemiddelde moet groter zijn dan :

$$\bar{x}_{\min.} - \frac{1,96 \sigma_m}{\sqrt{20}} = \bar{x}_{\min.} - 0,44 \sigma_m \quad (6)$$

#### Opmerking :

De formule is gebaseerd op een gemiddelde van 20 resultaten per maand. De koëfficiënt van 1,96 komt overeen met een waarschijnlijkheid dat 97,5% van de resultaten voldoen.

b) Hoogstens twee waarden  $\bar{x}_i$  mogen kleiner zijn dan  $L_{Si}$ . Geen enkele waarde  $\bar{x}_i$  mag kleiner zijn dan  $L_{Ci}$ .

De voorwaarden a) en b) gelden bijgevolg per maand voor de minimale controlekaart van de gemiddelden.

Men zal bovendien per half jaar nagaan of 95% van de waarden groter zijn dan  $L_{Si}$ .

c) Met behulp van de mobiele kaart : deze kaart, bijvoorbeeld getekend op doorschijnend papier, wordt van beneden naar boven verplaatst op de kaart van de dagelijkse gemiddelden. De controle is bevredigend indien men minstens één stand vindt voor dewelke de volgende voorwaarden vervuld zijn :

- hoogstens twee waarden  $\bar{x}_i$  mogen zich bevinden buiten de grenzen  $L_{Sf}$  (fig. C.1.2.);
- geen enkele waarde  $\bar{x}_i$  mag zich bevinden buiten de grenzen  $L_{Cf}$ .

De y-as moet niet noodzakelijk samenvallen met het maandelijks gemiddelde.

#### B. Voor de kaart van de spreidingsbreedten

Hoogstens twee waarden  $W_i$  mogen zich bevinden boven  $L'_{Ss}$  en van deze twee waarden mag geen enkele gelegen zijn boven  $L'_{Cs}$ .

Bovendien zal men halfjaarlijks nagaan of 95% van de waarden  $W_i$  gelegen zijn beneden  $L'_{Ss}$ .

#### C. Opmerkingen

a) Indien, door één of meer korte onderbrekingen in de produktie, het aantal resultaten  $\bar{x}_i$  en  $W_i$  per maand kleiner is dan 18 zal men de resultaten van de betrokken maand combineren met de resultaten van de laatste produktiedagen van de voorbije maand totdat men 20 resultaten verkrijgt.

b) Indien, door een onderbreking in de produktie van minstens 14 kalenderdagen, het aantal resultaten  $\bar{x}_i$  en  $W_i$  per maand kleiner is dan 18 zal men :

- d'une part, les résultats du mois en question antérieurs à l'interruption avec les résultats des derniers jours de production du mois précédent jusqu'à ce qu'on obtienne 20 résultats;

- d'autre part, les résultats du mois en question postérieurs à l'interruption avec les résultats des premiers jours du mois suivant jusqu'à ce qu'on obtienne 20 résultats.

c) Si la production est irrégulière, la résistance du béton est contrôlée selon le § 2.

### 1.1.3. Contrôle par l'Administration

#### 1.1.3.1. Généralités

Le contrôle par l'Administration consiste notamment :

- à vérifier que le fabricant effectue en permanence le contrôle de sa production et complète quotidiennement les cartes de contrôle;
- à contrôler le prélèvement et la fabrication des cubes;
- à assister à chaque visite aux essais d'écrasement;
- à réaliser le test décrit au § 1.1.3.2. ci-dessous;
- à prélever au cours d'un même mois 4 séries de 4 cubes afin de réaliser le test décrit au § 1.1.3.3.. Ce test est effectué lors de l'établissement de la première carte de contrôle et ensuite, si l'Administration le juge nécessaire, par coup de sonde.

Le fabricant tient, en permanence, à la disposition de l'Administration, les données suivantes :

- les résultats individuels journaliers qui sont notés journellement dans un livre d'attachement et paraphés par l'agent réceptionnaire lorsque celui-ci a assisté aux essais;
- les cartes de contrôle complétées quotidiennement;
- les calculs de vérification mensuels et semestriels qui doivent être effectués au cours de la première semaine qui suit le mois ou le semestre en question.

#### 1.1.3.2. Comparaison de résultats d'essais mensuels

Les résultats des essais effectués en présence de l'agent réceptionnaire sont comparés à ceux de l'autocontrôle. Par mois, on dispose en principe de 20 séries de 4 valeurs individuelles  $x_{ij}$  dont 4, 5 et 6 séries ont été obtenues en présence de l'agent réceptionnaire.

On définit deux groupes de résultats :

- enerzijds, de resultaten van de betrokken maand van vóór de onderbreking combineren met de resultaten van de laatste produktiedagen van de voorbije maand totdat men 20 resultaten verkrijgt;

- anderzijds, de resultaten van de betrokken maand van na de onderbreking combineren met de resultaten van de eerste produktiedagen van de volgende maand totdat men 20 resultaten verkrijgt.

c) Indien de produktie onregelmatig is, wordt de weerstand van het beton gecontroleerd volgens § 2.

### 1.1.3. Kontrolle door het Bestuur

#### 1.1.3.1. Algemeenheden

De controle door het Bestuur bestaat er met name in :

- na te gaan of de fabrikant voortdurend de controle van zijn produktie uitvoert en dagelijks de controlekaarten invult;
- de monsterneming en de fabricatie van de kubussen te controleren;
- bij elk bezoek de drukproeven bij te wonen;
- de test te doen hierna beschreven onder § 1.1.3.2.;
- tijdens dezelfde maand 4 reeksen van 4 kubussen te nemen om de test uit te voeren beschreven onder § 1.1.3.3.. Deze test wordt verwezenlijkt tijdens het opstellen van de eerste controlekaart en vervolgens, indien het Bestuur dit nodig acht, steekproefgewijs.

De fabrikant houdt te allen tijde volgende gegevens ter beschikking van het Bestuur :

- de individuele dagelijkse resultaten die dagelijks worden ingeschreven in een aantekenboek en die door de keuringsagent worden geparafereerd indien hij de proeven heeft bijgewoond;
- de dagelijks ingevulde controlekaarten;
- de maandelijkse en halfjaarlijkse nazichtberekeningen, die dienen te worden uitgevoerd tijdens de eerste week die volgt op de betrokken maand of op het semester.

#### 1.1.3.2. Vergelijking van de maandelijkse proefuitslagen

De resultaten van de proeven uitgevoerd in aanwezigheid van de keuringsagent worden vergeleken met deze van de eigen controle. Per maand beschikt men in principe over 20 reeksen van 4 individuele waarden  $x_{ij}$  waarvan 4, 5 of 6 reeksen werden verkregen in aanwezigheid van de keuringsagent.

Men bepaalt twee groepen resultaten :

- les résultats obtenus en présence de l'agent réceptonnaire (indice r) : soit leur nombre  $n_r$ .

- les autres résultats (indice f) : soit leur nombre  $n_f$ .

Pour chaque groupe on calcule les moyennes  $\bar{x}_r$  et  $\bar{x}_f$  et les estimations des variances

$$s_r^2 = \frac{\sum (x_{ijr} - \bar{x}_r)^2}{n_r - 1} \quad (7)$$

et

$$s_f^2 = \frac{\sum (x_{ijf} - \bar{x}_f)^2}{n_f - 1} \quad (8)$$

#### A. Comparaison des variances

on désigne par  $s_1^2$ , la plus grande des deux estimations des variances et par  $s_2^2$  la plus petite.

On teste l'hypothèse que les variances sont égales contre l'hypothèse alternative qu'elles sont différentes (test bilatéral). On calcule le rapport

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} (> 1)$$

A l'aide des tables de la variable F de Snedecor (8) on déduit les valeurs de référence de F pour les risques de 1 % et 5 %. Ces valeurs sont lues à l'intersection de la colonne relative au nombre de degrés de liberté (nombre de résultats  $n_1$  moins un) du numérateur et de la ligne relative au nombre de degrés de liberté (nombre de résultats  $n_2$  moins un) du dénominateur.

On distingue trois cas :

- Si F est inférieur ou égal à la valeur indiquée à la table pour le risque de 5 % on conclut que les deux variances ne sont pas significativement différentes et tous les résultats sont pris en considération;
- Si F est compris entre les valeurs indiquées par la table pour les risques de 1 % et 5 %, ce qui signifie que les 2 variances sont probablement différentes, on recherche la cause de cette divergence, tout en prenant les résultats en considération pour le mois considéré mais en renforçant le contrôle au cours du mois suivant;
- Si F est supérieur à la valeur indiquée par la table pour le risque de 1 % on conclut que les variances sont presque certainement différentes et les résultats du fabricant sont mis en doute.

- de resultaten bekomen in aanwezigheid van de keuringsagent (index r) : weze hun aantal  $n_r$ ;

- de andere resultaten (index f) : weze hun aantal  $n_f$ .

Voor elke groep berekent men de gemiddelde  $\bar{x}_r$  en  $\bar{x}_f$  en de ramingen van de varianties

$$s_r^2 = \frac{\sum (x_{ijr} - \bar{x}_r)^2}{n_r - 1} \quad (7)$$

en

$$s_f^2 = \frac{\sum (x_{ijf} - \bar{x}_f)^2}{n_f - 1} \quad (8)$$

#### A. Vergelijking der varianties

Met  $s_1^2$  duidt men de grootste variantieraming aan van de twee en met  $s_2^2$  de kleinste.

Men test de veronderstelling dat de varianties gelijk zijn tegen de alternatieve veronderstelling dat zij verschillend zijn (bilaterale test). Men berekent de verhouding

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} (> 1)$$

Aan de hand van de tafels van de veranderlijke F van Snedecor (8) leidt men de referentiewaarden van F af voor de risico's van 1 % en 5 %. Deze waarden worden afgelezen op de snijding van de kolom met betrekking tot het aantal vrijheidsgraden (aantal resultaten  $n_1$  min één) van de teller met de lijn met betrekking tot het aantal vrijheidsgraden (aantal resultaten  $n_2$  min één) van de noemer.

Men onderscheidt drie gevallen :

- Indien F kleiner of gelijk is aan de waarde door de tabel aangegeven voor het risico van 5 %, besluit men dat de twee varianties niet significant verschillend zijn en dat alle resultaten in aanmerking worden genomen;
- Indien F begrepen is tussen de waarden door de tabel aangegeven voor de risico's van 1 % en 5 %, wat betekent dat de twee varianties waarschijnlijk verschillend zijn, spoort men de oorzaak van deze divergentie op, al neemt men de resultaten voor de betrokken maand in aanmerking, maar men versterkt de controle tijdens de volgende maand;
- Indien F groter is dan de waarde door de tabel aangegeven voor het risico van 1 %, besluit men dat de twee varianties bijna zeker verschillend zijn en dat de resultaten van de fabrikant in twijfel worden getrokken.

(8) Voir Circulaire du Ministère des Travaux Publics n° 576-B/2.

(8) Zie Omzendbrief van het Ministerie van Openbare Werken nr. 576-B/2.

## B. Comparaison des moyennes

On teste l'hypothèse que les moyennes des 2 séries sont égales contre l'hypothèse alternative qu'elles sont différentes, de ce fait on procède à un test bilatéral.

La procédure est applicable pour autant que les variances des 2 séries soient égales; bien que ces variances soient inconnues, cette condition a été vérifiée par le test précédent.

Pour chaque série de mesures on possède la moyenne et l'estimation de la variance (déjà calculées pour le test précédent). A partir des 2 variances on calcule la meilleure estimation de la variance commune, soit :

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (9)$$

Le critère utilisé est :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s} \sqrt{\frac{n_1 \times n_2}{n_1 + n_2}} \quad (10)$$

quantité positive ou négative qui suit la loi de Student à  $\nu = n_1 = n_2 + 2$  degrés de liberté lorsque les moyennes réelles des 2 séries de mesures sont égales (8).

On distingue trois cas :

- Si  $|t|$  est inférieur ou égal à la valeur indiquée dans la table pour le risque de 5 % on conclut que les 2 moyennes ne sont pas significativement différentes et les résultats sont pris en considération.
- Si  $|t|$  est compris entre les 2 valeurs indiquées dans la table pour les risques de 1 % et 5 %, ce qui signifie que les moyennes sont probablement différentes, on recherche la cause de cette divergence tout en prenant en considération les résultats pour le mois considéré mais en renforçant le contrôle au cours du mois suivant.
- Si  $|t|$  est supérieur à la valeur indiquée dans la table pour le risque de 1 % on conclut que les moyennes sont presque certainement différentes et les résultats du fabricant sont mis en doute.

### 1.1.3.3. Contrôle du laboratoire de l'usine

Afin de contrôler les modalités de fabrication, de conservation et d'essais du laboratoire de l'usine, un contrôle par paires peut être réalisé. Dans ce but, il est effectué au cours d'un mois quatre coups de sonde qui consistent chacun à prélever 4 cubes de contrôle supplémentaires.

## B. Vergelijking der gemiddelden

Men test de veronderstelling dat de gemiddelden van de 2 reeksen gelijk zijn tegen de alternatieve veronderstelling dat zij verschillend zijn, t.t.z. men gaat over tot een bilaterale test.

De procedure wordt toegepast voor zover de varianties van de 2 reeksen gelijk zijn; alhoewel deze varianties niet gekend zijn, werd deze voorwaarde nagegaan door de voorgaande test.

Voor iedere reeks metingen beschikt men over het gemiddelde en de raming van de variantie (reeds berekend voor de voorgaande test). Uitgaande van 2 varianties, berekent men de beste raming van de gemeenschappelijke variantie, t.t.z. :

De gebruikte maatstaf is :

positieve of negatieve hoeveelheid die de wet van Student volgt met  $\nu = n_1 = n_2 + 2$  vrijheidsgraden wanneer de werkelijke gemiddelden van de 2 reeksen metingen gelijk zijn (8).

Men onderscheidt drie gevallen :

- Indien  $|t|$  kleiner of gelijk is aan de waarde door de tabel aangegeven voor het risico van 5 %, besluit men dat de 2 gemiddelden niet significant verschillend zijn en dat de resultaten in aanmerking worden genomen.
- Indien  $|t|$  begrepen is tussen de waarden door de tabel aangegeven voor de risico's van 1 % en 5 %, wat betekent dat de gemiddelden waarschijnlijk verschillend zijn, spoort men de oorzaak van deze divergentie op, al neemt men de resultaten voor de betrokken maand in aanmerking, maar men versterkt de controle tijdens de volgende maand.
- Indien  $|t|$  groter is dan de waarde door de tabel aangegeven voor het risico van 1 %, besluit men dat de gemiddelden bijna zeker verschillend zijn en dat de resultaten van de fabrikant in twijfel worden getrokken.

### 1.1.3.3. Controle van het laboratorium van de fabriek

Om de modaliteiten te controleren van fabricatie, bewaring en proeven van het laboratorium van de fabriek kan een controle per paren verwezenlijkt worden. Daartoe worden in de loop van een maand vier steekproeven uitgevoerd die er elk in bestaan vier supplementaire controlekubussen te nemen.

(8) Voir Circulaire du Ministère des Travaux Publics n° 576-B/2.

(8) Zie Omzendbrief van het Ministerie van Openbare Werken nr. 576-B/2.



Les jours où on effectue un coup de sonde on dispose par conséquent de 8 cubes de contrôle à savoir 4 cubes pour le contrôle statistique permanent journalier et 4 cubes pour le coup de sonde. Ces 8 cubes sont répartis par paires. Les deux cubes de chaque paire sont fabriqués de manière identique, à l'aide du béton d'une même gâchée; ils sont conservés de la même façon et ils portent un marquage identique. Comme pour les prélèvements habituels de quatre cubes, les prélèvements sont répartis le plus uniformément possible sur la journée et sur plusieurs gâchées. En principe, le lendemain de la fabrication et au plus tard 3 jours après celles-ci (week-ends), un cube de chaque paire est expédié dans un laboratoire choisi par l'Administration.

Ils sont conservés dans les mêmes conditions que celles qui sont prévues pour les cubes chez le fabricant. Ils sont écrasés à l'âge de 28 jours.

A l'aide des 16 paires de résultats, on détermine (⊗) si l'on peut conclure au seuil de 95 %, que les deux séries de 16 résultats sont différentes ou identiques. Au moyen des coups de sonde on recherche donc s'il y a une différence significative entre les résultats des cubes de contrôle des coups de sonde et les résultats des cubes de contrôle qui sont journellement nécessaires pour le contrôle statistique permanent.

#### 1.1.4. Conditions d'acceptation de la production

##### 1.1.4.1. Conditions préliminaires

Si la liste des résultats individuels journaliers, ou les cartes de contrôle, ou les calculs de contrôle mensuels et semestriels ne sont pas tenus à jour d'une façon régulière et précise par le fabricant, le contrôle du béton a lieu selon le § 2..

Il en est de même si le prélèvement des cubes n'est pas réalisé comme imposé.

##### 1.1.4.2.

Si les contrôles prévus au § 1.1.3.2. et 1.1.3.3. donnent satisfaction et si de plus les conditions du § 1.1.2.5. sont satisfaites, le volume de béton concerné est accepté.

##### 1.1.4.3.

Si les contrôles prévus au § 1.1.3.2. et 1.1.3.3. donnent satisfaction et si une ou plusieurs conditions du § 1.1.2.5. ne sont pas satisfaites, on procède alors comme suit : la valeur caractéristique effective  $R'_{wke}$  est calculée sur la base des résultats individuels du contrôle statistique permanent du mois considéré, suivant la formule (11). Il va de soi que les résultats des coups de sonde (§ 1.1.3.3.) ne font pas partie du contrôle statistique permanent.

Op de dagen waarop men een steekproef uitvoert, beschikt men bijgevolg over 8 controlekubussen, namelijk vier kubussen voor de dagelijkse permanente statistische controle en vier kubussen voor de steekproef. Deze 8 kubussen worden in paren verdeeld. De twee kubussen van ieder paar worden op een identieke manier gefabriceerd met beton van eenzelfde mengeling; zij worden op dezelfde wijze bewaard en zij dragen een identiek merkteken. Zoals voor de gebruikelijke monsternemingen van 4 kubussen worden de monsternemingen zo gelijkmatig mogelijk gespreid over de dag en over verschillende mengelingen. In principe wordt de dag na de fabricatie en ten laatste drie dagen erna (week-end) een kubus van ieder paar naar een door het Bestuur gekozen laboratorium verstuurd.

Zij worden bewaard in dezelfde omstandigheden als deze die voor de kubussen bij de fabrikant voorzien zijn. Zij worden verpletterd op de ouderdom van 28 dagen.

Door middel van 16 paren resultaten bepaalt men (⊗) of men op de 95 %-grens mag besluiten dat de 2 reeksen van 16 resultaten verschillend of identiek zijn. Door steekproeven gaat men bijgevolg na of er een significant verschil bestaat tussen de resultaten van de controlekubussen van de steekproeven en de resultaten van de controlekubussen die dagelijks nodig zijn voor de permanente statistische controle.

#### 1.1.4. Voorwaarden voor de aanvaarding van de produktie

##### 1.1.4.1. Voorafgaande voorwaarden

Indien de lijst met de individuele resultaten per dag of de controlekaarten of de maandelijke en halfjaarlijkse controleberekeningen niet regelmatig en nauwkeurig worden bijgehouden door de fabrikant gebeurt de controle van het beton volgens § 2..

Dit is eveneens het geval indien het nemen van de kubussen niet is verwezenlijkt zoals vereist.

##### 1.1.4.2.

Wanneer de controles voorzien onder de §§ 1.1.3.2. en 1.1.3.3. voldoening schenken en indien bovendien aan de voorwaarden van § 1.1.2.5. wordt voldaan, wordt het betrokken volume beton aanvaard.

##### 1.1.4.3.

Wanneer de controles voorzien onder de §§ 1.1.3.2. en 1.1.3.3. voldoening schenken en indien aan één of meer voorwaarden van § 1.1.2.5. niet wordt voldaan, gaat men te werk als volgt : men berekent de karakteristieke effectieve waarde  $R'_{wke}$  op basis van de individuele resultaten van de permanente statistische controle van de beschouwd maand, volgens de formule (11). Het is duidelijk dat de resultaten van de steekproeven (§ 1.1.3.3.) geen deel uitmaken van de permanente statistische controle.

$$R'_{wke} = R'_{wme} - 1,53 s_e \quad (11)$$

(⊗) Voir Circulaire du Ministère des Travaux Publics n° 576-B/2.

(⊗) Zie Omzendbrief van het Ministerie van Openbare Werken nr. 576-B/2.

avec

R'wme = la valeur moyenne calculée sur base des résultats individuels du contrôle statistique permanent du mois considéré.

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum (x_{ij} - R'_{wme})^2}{m - 1}}$$

avec

x<sub>ij</sub> = résultats individuels du contrôle statistique permanent du mois considéré;

m = nombre de résultats individuels x<sub>ij</sub>;

m est donc égal à 4 fois le nombre de jours de travail soit normalement 80.

- a) Si R'wke est au moins égal à la valeur caractéristique R'wk imposée, le volume de béton correspondant est accepté, sauf le volume de béton éventuel qui correspond aux jours où la valeur  $\bar{x}_j$  est inférieure à 0,96 R'wk ou bien aux jours pour lesquels une des valeurs individuelles x<sub>ij</sub> ou plus est inférieure à 0,92 R'wk.

Ce volume de béton limité est dès lors considéré comme un lot séparé dont la résistance caractéristique effective est déterminée à partir des cubes représentatifs du béton en question. S'il se confirme que la résistance caractéristique effective est inférieure à R'wk, le volume de béton est refusé. Celui-ci est recommencé par et aux frais du fabricant. Toutefois, le maître de l'ouvrage peut accepter le béton quand il juge que la sécurité et la durabilité de la construction sont assurées, ce qui doit être démontré par le fabricant; de toute façon, la résistance caractéristique effective doit être au moins égale à 0,80 R'wk.

Le contrat ou le cahier des charges prévoit la façon dont une réfaction éventuelle est calculée.

- b) Si R'wke est inférieur à la valeur caractéristique R'wk imposée, le volume de béton correspondant est refusé. Celui-ci est recommencé par et aux frais du fabricant. Si R'wke est supérieur à 0,80 R'wk et s'il est démontré par le fabricant et à ses frais que la sécurité et la durabilité de la construction sont assurées, le maître de l'ouvrage peut accepter le béton sauf le volume de béton éventuel qui correspond aux jours où la valeur  $\bar{x}_j$  est inférieure à 0,96 R'wke ou bien aux jours pour lesquels une des valeurs individuelles x<sub>ij</sub> ou plus est inférieure à 0,92 R'wke. Ce dernier volume de béton limité est dès lors considéré comme un lot séparé et traité comme indiqué au deuxième alinéa du point a) ci-dessus.

Le contrat ou le cahier des charges prévoit la façon dont une réfaction éventuelle est calculée.

met

R'wme = de gemiddelde waarde berekend op basis van de individuele resultaten van de permanente statistische controle van de beschouwde maand.

met

x<sub>ij</sub> = individuele resultaten van de permanente statistische controle van de beschouwde maand;

m = aantal individuele resultaten x<sub>ij</sub>;

m is dus gelijk aan 4 maal het aantal werkdagen, hetzij normaal 80.

- a) Indien R'wke minstens gelijk is aan de opgelegde karakteristieke waarde R'wk dan wordt het betrokken betonvolume aanvaard, uitgenomen het eventuele betonvolume dat betrekking heeft op de dagen waarop de  $\bar{x}_j$  waarde kleiner is dan 0,96 R'wk ofwel op de dagen waarop één of meer individuele waarden x<sub>ij</sub> kleiner zijn dan 0,92 R'wk.

Dit beperkte betonvolume wordt alsdan beschouwd als een afzonderlijk lot waarvan de effectieve karakteristieke weerstand bepaald wordt uitgaande van de kubussen die representatief zijn voor het betrokken beton. Indien bevestigd wordt dat de effectieve karakteristieke weerstand kleiner is dan R'wk wordt het betonvolume geweigerd. Dit laatste wordt hermaakt door en op kosten van de fabrikant. Nochtans kan de bouwheer het beton toch aanvaarden als hij oordeelt dat de veiligheid van de constructie verzekerd blijft, wat door de fabrikant moet bewezen worden; maar in ieder geval moet de effectieve karakteristieke weerstand minstens gelijk zijn aan 0,80 R'wk.

Het kontrakt of het bestek vermeldt hoe de eventuele minwaarde berekend wordt.

- b) Indien R'wke kleiner is dan de opgelegde karakteristieke waarde R'wk wordt het overeenstemmend betonvolume geweigerd. Dit laatste wordt hermaakt door en op kosten van de fabrikant. Indien R'wke groter is dan 0,80 R'wk en indien door de fabrikant en op zijn kosten wordt bewezen dat de veiligheid van de constructie verzekerd blijft, kan de bouwheer het beton toch aanvaarden, uitgenomen het eventuele betonvolume dat betrekking heeft op de dagen waarop de waarde  $\bar{x}_j$  kleiner is dan 0,96 R'wke ofwel op de dagen waarop één of meer individuele waarden x<sub>ij</sub> kleiner zijn dan 0,92 R'wke. Dit laatste beperkt betonvolume wordt alsdan beschouwd als een afzonderlijk lot en behandeld zoals aangeduid in de tweede alinea van punt a) hierboven.

Het kontrakt of het bestek vermeldt hoe de eventuele minwaarde berekend wordt.

#### 1.1.4.4.

Si les contrôles prévus au § 1.1.3.2. (cas c du § 1.1.3.2.-A. ou § 1.1.3.2.-B.) et/ou § 1.1.3.3.

#### 1.1.4.4.

Indien de controles voorzien onder §§ 1.1.3.2. (geval c van § 1.1.3.2.-A. of § 1.1.3.2.-B.)

ne donnent pas satisfaction, le volume de béton correspondant n'est pas en état de réception. L'on entend par résultats non satisfaisants au § 1.1.3.3., les résultats supérieurs en usine par rapport à ceux du laboratoire extérieur.

Le fabricant doit rechercher et fournir l'explication des anomalies constatées. Selon le cas, il doit, soit apporter la preuve que le béton satisfait quand même aux conditions imposées soit déterminer la résistance caractéristique effective du béton par carottage.

#### 1.1.4.5.

Si les situations décrites au §§ 1.1.4.3. et 1.1.4.4. se produisent plus de quatre fois sur 12, le contrôle de la résistance du béton est effectué selon le § 2. jusqu'à ce que le fabricant puisse fournir la preuve qu'il maîtrise à nouveau valablement la qualité.

#### 1.1.5. Remarques

##### 1.1.5.1. Adaptation des paramètres de la carte de contrôle

Le fabricant peut revoir régulièrement les paramètres de la carte de contrôle sur base des résultats des mois antérieurs. Dans ce cas il traite les résultats de 50 jours successifs choisis comme base de la nouvelle carte de contrôle de la manière indiquée aux §§ 1.1.2.2. et 1.1.2.3..

La nouvelle carte de contrôle n'est de toute manière prise en considération que lorsque les paramètres et calculs justificatifs ont été transmis à l'Administration.

##### 1.1.5.2. Détermination de la résistance caractéristique effective du béton des poutres par carottage

Le fabricant peut demander à l'Administration de déterminer la résistance caractéristique effective du béton d'une ou de plusieurs poutres à l'aide de carottes (voir § 1.1.4.3.). En cas d'accord de l'Administration, celle-ci groupe, en accord avec le fabricant, les poutres en un ou plusieurs lots en tenant compte du nombre de poutres, des dates de fabrication, du nombre de jours de fabrication, etc...

A partir de ce moment, il est tenu compte uniquement des résistances fournies, par les carottes, tant pour juger de la qualité du béton que pour déterminer la réfraction éventuelle.

La résistance caractéristique effective d'un lot est déterminée comme suit :

- prélever les carottes, les conserver comme les poutres, les rectifier et les écraser le plus rapidement possible. En cas d'utilisation de carottes de 50 mm de diamètre et de 56 mm de hauteur, leur nombre est le double de celui des cubes de contrôle représentatifs des poutres avec un minimum de 10. En cas d'utilisation de carottes de 100 mm de hauteur et de 113 mm de diamètre, leur nombre est supérieur ou égal au nombre des cubes de contrôle représentatifs des poutres avec un minimum de cinq;

en/of onder § 1.1.3.3. geen voldoening schenken, is het overeenstemmende betonvolume niet in staat van oplevering. Onder niet bevredigend resultaat verstaat men volgens § 1.1.3.3. resultaten die hoger liggen bij de fabrikant dan bij het vreemde laboratorium.

De fabrikant moet een onderzoek instellen en uitleg verstrekken over de vastgestelde afwijkingen. Volgens het geval, moet hij, ofwel het bewijs leveren dat het beton toch voldoet aan de opgelegde voorwaarden ofwel de effectieve karakteristieke weerstand bepalen door kernboring.

#### 1.1.4.5.

Indien de toestanden beschreven onder §§ 1.1.4.3. en 1.1.4.4. zich meer dan 4 maal op 12 voordoen, wordt de controle van de weerstand van het beton verwezenlijkt volgens § 2. tot op het ogenblik dat de fabrikant het bewijs kan leveren dat hij opnieuw terdege de kwaliteit beheerst.

#### 1.1.5. Opmerkingen

##### 1.1.5.1. Aanpassing van de parameters van de controlekaart

Op basis van de resultaten van de vorige maanden kan de fabrikant regelmatig de parameters van de controlekaart herzien. In dat geval verwerkt hij de resultaten van 50 opeenvolgende dagen, die als basis voor de nieuwe controlekaart werden gekozen, op de in §§ 1.1.2.2. en 1.1.2.3. vermelde wijze.

De nieuwe controlekaart geldt in ieder geval enkel indien de parameters en berekeningen ter staving aan het Bestuur werden meegedeeld.

##### 1.1.5.2. Bepalen van de effectieve karakteristieke druksterkte van het beton van de liggers door kernboringen

De fabrikant kan het Bestuur vragen de effectieve karakteristieke druksterkte van het beton van één of meer liggers te bepalen op boorkernen (zie § 1.1.4.3.). Indien het Bestuur daarin toestemt, groepeerd het in overleg met de fabrikant de liggers van één of meer loten, daarbij rekening houdend met het aantal liggers, de fabriekstiedata, het aantal fabriekstiedagen, enz.

Van dan af zal er zowel voor de beoordeling van de kwaliteit van het beton als voor het bepalen van de eventuele herstelling enkel met de weerstanden van de kernen rekening worden gehouden.

De effectieve karakteristieke druksterkte van een lot wordt als volgt bepaald :

- de kernen boren, ze bewaren zoals de liggers, ze effenen en ze zo vlug mogelijk drukken. Indien er kernen van 50 mm diameter en 56 mm hoogte worden aangewend, moet hun aantal het dubbele bedragen van het aantal controlekubussen die als representatief voor de liggers gelden, met een minimum van 10. Indien men kernen van 100 mm hoogte en 113 mm diameter gebruikt, moet hun aantal groter zijn dan of gelijk zijn aan het aantal controlekubussen, die als representatief voor de liggers gelden met een minimum van vijf;

- calculer la résistance moyenne  $R'_x$  des carottes;
- convertir la résistance moyenne  $R'_x$  en résistance moyenne équivalente sur cube de 200 mm :

$$R'_{w20} = \frac{R'_x}{\alpha}$$

avec :

$\alpha = 1$  pour  $\varnothing$  50 mm - hauteur 56 mm (suivant NBN B 15-209 de 1968);

$\alpha = 1,13$  pour  $\varnothing$  113 mm - hauteur 100 mm.

- calculer la résistance caractéristique effective comme suit :

$$R'_{wke} = R'_{w20} - 6 \text{ N/mm}^2$$

### 1.2. Contrôle de la résistance du béton avant le relâchement des torons

L'unité de contrôle est la ligne de fabrication.

Le contrôle est réalisé au moyen de six cubes du béton de la poutre bétonnée en dernier lieu sur la ligne. Ces six cubes sont groupés en 3 prélèvements numérotés 1, 2 et 3 de deux cubes. Les cubes sont repérés comme suit : date + numéro de la poutre + A1, A2 ou A3. Les deux cubes "A3" du dernier prélèvement proviennent de la dernière gâchée.

Avant la mise en précontrainte, on soumet à essai un cube de chaque prélèvement. La résistance moyenne des 3 cubes, respectivement repérés A1, A2 et A3, doit être supérieure à  $R'_{wj}$  et aucun résultat ne peut être inférieur à  $R'_{wj} - 6 \text{ N/mm}^2$ .

Les 3 autres cubes sont en réserve pour le cas où la résistance lors du premier contrôle ne donne pas satisfaction.

Si un traitement thermique est appliqué à une ou à plusieurs poutres, le même contrôle est appliqué non seulement à la dernière poutre traitée, mais également à la dernière poutre non traitée.

Le contrôle cité ci-dessus peut être remplacé par un contrôle réalisé par un procédé non-destructif accepté par le maître de l'ouvrage et ayant fait l'objet d'un étalonnage rigoureux.

- de gemiddelde druksterkte  $R'_x$  van de kernen berekenen;

- de gemiddelde druksterkte  $R'_x$  in de ekwivalente gemiddelde druksterkte voor een kubus van 200 mm omzetten :

met :

$\alpha = 1$  voor  $\varnothing$  50 mm - hoogte 56 mm (overeenkomstig NBN B 15-209 van 1968);

$\alpha = 1,13$  voor  $\varnothing$  113 mm - hoogte 100 mm.

- de effectieve karakteristieke druksterkte als volgt berekenen :

### 1.2. Controle van de druksterkte van het beton na het lossen van de strengen

Als controle-eenheid geldt de fabriekgebank.

De controle wordt aan de hand van zes kubussen uit het beton van de laatst gebetonneerde ligger van de bank uitgevoerd. Deze zes kubussen worden in drie genummerde monsternemingen 1, 2 en 3 met ieder twee kubussen gegroepeerd. De kubussen worden als volgt gemerkt : datum + nummer van de ligger + A1, A2 of A3. De twee kubussen "A3" van de laatste monsterneming komen uit de laatste mengeling.

Vóór het voorspannen wordt van iedere monsterneming één kubus aan een proef onderworpen. De gemiddelde druksterkte van de drie kubussen, respectievelijk als A1, A2 en A3 gemerkt, moet groter zijn dan  $R'_{wj}$  en geen enkel resultaat mag kleiner zijn dan  $R'_{wj} - 6 \text{ N/mm}^2$ .

De drie andere kubussen gelden als reserve voor het geval de druksterkte van de eerste controle onvoldoende zou blijken te zijn.

Indien één of meer liggers een thermische behandeling ondergaan, dan wordt er eenzelfde controle uitgevoerd op de laatste behandelde ligger, alsook op de laatste niet-behandelde ligger.

De voormelde controle mag door een controle met niet-destructieve meettechnieken worden vervangen indien die methode door de bouwheer wordt aanvaard en er een nauwkeurige ijking werd uitgevoerd.

## 2. LE BETON N'EST PAS SOUS CONTROLE STATISTIQUE PERMANENT A LA BETONNIERE

### 2.1. Contrôle de la résistance caractéristique du béton à l'âge de 28 jours

Les poutres dont le volume<sup>m</sup> est supérieur à 7,5 m<sup>3</sup> sont considérées comme un lot séparé. Deux poutres de moins de 7,5 m<sup>3</sup> bétonnées le même jour, peuvent être groupées de manière à ne constituer qu'un seul lot même si ces poutres appartiennent à des lignes de fabrication différentes.

Dans chaque lot, deux prélèvements d'un cube sont réalisés. Chaque prélèvement provient d'une gâchée différente. Lorsque le lot est constitué de deux poutres, on prévoit un prélèvement par poutre.

Les cubes sont repérés comme suit : date + numéro de la poutre + repère "B1" ou "B2" selon qu'il s'agit du premier ou du deuxième prélèvement.

Les résultats des essais de compression à 28 jours doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- 1) la moyenne arithmétique est au moins égale à  $R'_{wk} + 6 \text{ N/mm}^2$ ;
- 2) un seul résultat peut être inférieur à  $R'_{wk}$  mais pas inférieur à  $R'_{wk} - 1 \text{ N/mm}^2$ .

En cas de doute ou de discussion, les contre-essais éventuels sont réalisés en appliquant la procédure mentionnée au § 1.1.5.2..

### 2.2. Contrôle de la résistance du béton avant le relâchement des torons

L'unité de contrôle est la ligne de fabrication. Les prélèvements sont répartis comme suit :

- a) Pour chaque poutre, à l'exception de celle bétonnée en dernier lieu, un prélèvement de deux cubes d'une même gâchée est réalisé. Ces cubes sont repérés comme suit : date + numéro de la poutre + repère "A".

Deux poutres bétonnées le même jour, dont le volume est inférieur à 7,5 m<sup>3</sup>, peuvent être groupées; dans ce cas le prélèvement est réalisé à la poutre, bétonnée en second lieu.

- b) Pour la poutre bétonnée en dernier lieu, deux prélèvements comprenant chacun deux cubes sont réalisés. Le dernier prélèvement provient de la dernière gâchée de la poutre. Les cubes sont repérés comme suit : date +

☒ Le volume est évalué conventionnellement comme suit pour fixer les lots :

$$v = \frac{p \times l}{2.500}$$

avec  $p$  = masse de la section courante exprimée en kilos par mètre courant (selon les tableaux de l'Annexe A).

$l$  = longueur totale en mètres.

## 2. HET BETON IS NIET AAN EEN PERMANENTE STATISTISCHE KONTROLE IN DE MENGERS ODERWORPEN

### 2.1. Controle van de karakteristieke druksterkte van het beton na 28 dagen

De liggers met een volume<sup>m</sup> groter dan 7,5 m<sup>3</sup> worden als een afzonderlijk lot beschouwd. Twee liggers van minder dan 7,5 m<sup>3</sup> die dezelfde dag werden gebetonneerd kunnen in één enkel lot worden gegroepeerd, zelfs indien zij tot verschillende fabriekgebonden behoren.

In ieder lot worden twee monsters bestaande uit één kubus genomen. Iedere monsterneming behoort tot een andere mengeling. Indien het lot uit twee liggers is samengesteld, dan wordt er van iedere ligger één monster genomen.

De kubussen worden als volgt gemerkt : datum + nummer van de ligger + merkteken "B1" of "B2" naargelang het de eerste of tweede monsterneming betreft.

De resultaten van de drukproeven na 28 dagen moeten aan de volgende voorwaarden voldoen :

- 1) het rekenkundig gemiddelde bedraagt tenminste  $R'_{wk} + 6 \text{ N/mm}^2$ ;
- 2) één enkel resultaat mag kleiner zijn dan  $R'_{wk}$ , maar niet kleiner dan  $R'_{wk} - 1 \text{ N/mm}^2$ .

In geval van twijfel of betwisting worden de eventuele tegenproeven volgens de in § 1.1.5.2. beschreven procedure uitgevoerd.

### 2.2. Controle van de druksterkte van het beton vóór het lossen van de strengen

Als controle-eenheid geldt de fabriekgebank. De monsternemingen worden als volgt verdeeld :

- a) Behalve voor de laatst gebetonneerde ligger wordt er van iedere ligger een monster met twee kubussen van eenzelfde vulling genomen. Deze kubussen worden als volgt gemerkt : datum + nummer van de ligger + merkteken "A".

Twee liggers met een volume van minder dan 7,5 m<sup>3</sup>, en op éénzelfde dag gebetonneerd mogen in één groep worden bijeengebracht; in dit geval wordt er een monster van de tweede gebetonneerde ligger genomen.

- b) Voor de laatst gebetonneerde ligger worden er twee monsters met ieder twee kubussen genomen. De laatste monsterneming behoort tot de laatste mengeling van de ligger. De kubussen worden als volgt gemerkt : datum + nummer

☒ Voor het bepalen van de loten wordt het volume conventioneel als volgt berekend :

$$v = \frac{p \times l}{2.500}$$

met  $p$  = massa van het geprofileerde deel uitgedrukt in kg per lopende meter (volgens de tabellen van Bijlage A).

$l$  = totale lengte in meter.

numéro de la poutre + repère A1 ou A2 selon qu'il s'agit du premier ou du second prélèvement.

van de ligger + merkteken A1 of A2 naargelang het de eerste of tweede monsterneming betreft.

Avant de relâcher les torons, un cube "A" de chaque poutre ainsi qu'un cube "A1" et un cube "A2" de la dernière poutre sont soumis à essai. La résistance de chacun des cubes doit être supérieure à  $R'_{wj}$ .

Voor het lossen van de strengen worden een kubus A van iedere ligger, alsook een kubus A1 en een kubus A2 van de laatste ligger aan een proef onderworpen. De druksterkte van iedere kubus moet groter zijn dan  $R'_{wj}$ .

Les autres cubes sont tenus en réserve pour le cas où la résistance lors du premier contrôle ne donne pas satisfaction.

De andere kubussen worden in reserve gehouden voor het geval de weerstand bij de eerste proef onvoldoende zou zijn.

Si un traitement thermique est appliqué à une ou à plusieurs poutres, le contrôle au moyen de deux prélèvements est appliqué non seulement à la dernière poutre traitée mais également à la dernière poutre non traitée.

Indien één of meer liggers een thermische behandeling ondergaan, dan wordt er aan de hand van twee kubussen een controle uitgevoerd op de laatste behandelde kubus, alsook op de laatste niet-behandelde kubus.

### 3. REMARQUE CONCERNANT LE BETON TRAITE THERMIQUE-MENT

### 3. OPMERKING I.V.M. THERMISCH BEHANDELD BETON

Lorsque le durcissement de l'ensemble des poutres ou de certaines d'entre elles seulement, est accéléré par un traitement thermique, l'influence de l'accélération du durcissement sur la résistance à l'âge de 28 jours est contrôlée de la manière suivante :

Indien de verharding van het geheel of van een gedeelte van de liggers door thermische behandeling wordt versneld, dan wordt de invloed van de versnelde verharding op de druksterkte na 28 dagen op de volgende manier gecontroleerd :

A partir d'une même gâchée de béton on confectionne 16 cubes identiques dont 8 sont repérés A et les 8 autres B. Les huit cubes repérés B sont conservés selon le mode de conservation pour cubes de contrôle. Les huit cubes A sont soumis au cycle de traitement thermique proposé par le fabricant puis conservés avec les cubes B jusqu'à l'âge de 28 jours. Au cours du traitement thermique les paramètres du cycle de traitement sont mesurés.

Vertrekkend van eenzelfde mengeling beton worden 16 identieke kubussen gemaakt. 8 kubussen worden met een A en 8 met een B gemerkt. De 8 kubussen met merkteken B worden bewaard overeenkomstig de voor de controlekubussen voorziene wijze. De 8 kubussen met merkteken A volgen de thermische behandelingscyclus, die door de fabrikant wordt voorgesteld en worden daarna 28 dagen op dezelfde manier als de kubussen B bewaard. Tijdens de thermische behandelingscyclus worden de parameters van de behandelingscyclus gemeten.

Cette opération est effectuée trois fois à l'aide de gâchées de béton fabriquées des jours différents.

Deze bewerking wordt driemaal aan de hand van betonmengelingen van verschillende fabrikagedagen uitgevoerd.

A l'âge de 28 jours, les résistances moyennes des 8 cubes A soit  $\bar{X}_A$  et des 8 cubes B soit  $\bar{X}_B$  sont calculées ainsi que le rapport  $r = \bar{X}_A/\bar{X}_B$ . On obtient de la sorte trois résultats respectivement  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$ .

Na 28 dagen worden de gemiddelde weerstandswaarden van de 8 kubussen A of  $\bar{X}_A$  en van de 8 kubussen B of  $\bar{X}_B$  berekend, evenals de verhouding  $r = \bar{X}_A/\bar{X}_B$ . Dit levert drie resultaten op, respectievelijk  $r_1$ ,  $r_2$  en  $r_3$ .

La moyenne R de  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$  est prise en considération comme suit :

Het gemiddelde R van  $r_1$ ,  $r_2$  en  $r_3$  wordt als volgt verwerkt :

1. Si  $R \geq 1$  : le contrôle de qualité peut être effectué à l'aide des cubes de contrôle à 28 jours conservés normalement et donc non soumis au traitement thermique.

1. Indien  $R \geq 1$  : de kwaliteitscontrole mag gebeuren aan de hand van de controlekubussen van 28 dagen, die normaal worden bewaard en niet thermisch behandeld worden.

2. Si  $R < 1$  :

2. Indien  $R < 1$  :

a) Cas du contrôle statistique permanent à la bétonnière :

a) Geval van permanente statistische controle in de menger :

Les cubes de contrôle à 28 jours sont conservés normalement et donc non soumis au traitement thermique mais leurs résultats sont pondérés par le coefficient R.

De controlekubussen van 28 dagen worden normaal bewaard en worden dus niet thermisch behandeld, maar hun resultaten worden overeenkomstig de coëfficiënt R verminderd.

b) Cas du contrôle non permanent :

b) Geval van niet-permanente controle :

Les cubes de contrôle à 28 jours sont traités thermiquement avec la poutre qu'ils représen-

De controlekubussen van 28 dagen worden samen met de ligger waarop zij betrekking

tent puis conservés selon les modalités de conservation des cubes de contrôle.

Ce contrôle est valable pour une composition de béton donnée et doit être recommencé si la composition est modifiée par exemple par l'emploi d'un adjuvant différent.

hebben, thermisch behandeld en vervolgens overeenkomstig de voor de controlekubussen voorziene bewaringsvoorwaarden bewaard.

Deze controle geldt voor een gegeven betonsamenstelling en moet worden overgedaan indien de samenstelling wordt gewijzigd, bv. door het gebruik van een andere hulpstof.

## C.2. Procédure selon la Société Nationale des Chemins de Fer Belges (SNCB)

### 1. GENERALITES

#### 1.1. Terminologie

- Lot = production journalière d'une même composition de béton;
- Eprouvette = cube;
- Echantillon = ensemble de n éprouvettes par jour;
- Population = ensemble de toutes les valeurs  $x_i$  possibles de la résistance à la compression d'un lot;
- $R'_{wk}$  = résistance caractéristique du béton à 28 jours sur cubes de 150 mm de côté = 50 N/mm<sup>2</sup>;
- $\sigma$  = écart-type de la population;
- $x_i$  = résistance à la compression individuelle d'une éprouvette;
- $\bar{x}_i$  = résistance à la compression moyenne de l'échantillon;
- W = étendue de l'échantillon = différence entre la plus grande et la plus petite valeur individuelle  $x_i$  de l'échantillon;
- $\bar{W}$  = valeur moyenne des étendues.

#### 1.2. Conditions du lot

Les conditions sous lesquelles une production journalière constitue le même lot sont les suivantes :

- la composition du béton est constante;
- l'origine et la qualité des matériaux sont identiques;
- le rapport eau/ciment est théoriquement constant;
- l'adjuvant éventuel est le même et le dosage est constant.

#### 1.3. Prélèvement des éprouvettes

Lors du prélèvement, il y a lieu de veiller à ce que :

- le personnel du prélèvement soit sélectionné et soit toujours le même;
- les moules soient en acier;
- le nombre d'éprouvettes n, soit réparti sur le nombre total des remplissages du malaxeur par jour, il n'est autorisé qu'une seule éprouvette par remplissage du malaxeur;

## C.2. Procedure volgens de Nationale Maatschappij van de Belgische Spoorwegen (NMBS)

### 1. ALGEMEEN

#### 1.1. Terminologie

- Lot = dagproductie van één bepaalde betonsamenstelling;
- Proefstuk = kubus;
- Monster = verzameling van n proefstukken per dag;
- Populatie = verzameling van alle mogelijke druksterktewaarden  $x_i$  van een lot;
- $R'_{wk}$  = karakteristieke druksterkte van het beton op 28 dagen op kubussen met 150 mm zijde = 50 N/mm<sup>2</sup>;
- $\sigma$  = standaardafwijking van de populatie;
- $x_i$  = individuele druksterkte van een proefstuk;
- $\bar{x}_i$  = gemiddelde druksterkte van het monster;
- W = spreidingsbreedte van het monster = verschil tussen grootste en kleinste individuele waarde  $x_i$  in het monster;
- $\bar{W}$  = gemiddelde spreidingsbreedte van de monsters.

#### 1.2. Voorwaarden voor een lot

De voorwaarden waaronder een dagproductie als eenzelfde lot mag beschouwd worden, zijn de volgende :

- de betonsamenstelling is konstant;
- de oorsprong en kwaliteit van de materialen zijn dezelfde;
- de water/cement verhouding is theoretisch konstant;
- de eventuele hulpstof is dezelfde en de dosering konstant.

#### 1.3. Bemonstering van de proefstukken

Bij het nemen van de proefstukken dient met het volgende rekening gehouden :

- het personeel belast met het nemen van de proefstukken is geselecteerd en steeds hetzelfde;
- de vormen zijn van staal;
- het aantal proefstukken n is gespreid over het totale aantal vullingen van de mengkuip per dag; per vulling van de mengkuip wordt slechts één enkel proefstuk toegelaten;



- la quantité du béton nécessaire pour la confection de l'éprouvette soit prise en une seule fois immédiatement après la vidange du malaxeur;
- par jour, les n cubes soient datés et numérotés par ordre chronologique (1, 2 ... n) (éventuellement avec l'heure de fabrication).

#### 1.4. Rassemblement des données

Les données sont rassemblées sous forme de tableau :

- les résistances à la compression,  $x_i$  par jour et par ordre chronologique;
- les étendues  $W$ ;
- le numéro correspondant à la composition du béton ou cette composition elle-même;
- le rapport eau/ciment;
- le pourcentage d'adjuvant éventuel.

### 2. CONTROLE PERMANENT

#### 2.1. Principes de base

Le contrôle permanent est basé sur les principes statistiques suivants :

- les résistances à la compression d'une production journalière  $x_1 \dots x_n$  sont statistiquement indépendantes et suivent la loi de répartition normale de Gauss;
- les valeurs chronologiques  $x_i$  des jours successifs de travail sont statistiquement indépendantes;
- l'écart-type  $\sigma$ , d'une production journalière est garanti et sous contrôle statistique à longue échéance;
- l'échantillon journalier est composé de  $n = 6$ ;
- la valeur moyenne de l'échantillon satisfait à la condition :

$$\bar{x}_i \geq R'_{wk} + 1,65\sigma \quad (1)$$

L'expression (1) est basée sur un risque égal du fabricant et de l'utilisation lorsqu'il y a défaut de fabrication de 5 %.

#### 2.2. Détermination de l'écart-type

$\sigma$  est déterminé sur un échantillon journalier  $n \geq 20$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x}_i - x_i)^2}{n - 1}}$$

L'échantillon peut être l'échantillon réuni au cours d'une période constituée de jours succes-

- de la quantité de béton per proefstuk wordt in éénmaal genomen onmiddellijk na het ledigen van de mengkuip;
- per dag worden de n kubussen gedateerd en in kronologische volgorde genummerd (1, 2 ... n) (eventueel met het uur van fabricatie).

#### 1.4. Verzameling der gegevens

De gegevens worden genoteerd in tabelvorm :

- de druksterkten  $x_i$  per dag en in kronologische volgorde;
- de spreidingsbreedten  $W$ ;
- het nummer van de betonsamenstelling of deze samenstelling zelf;
- de water/cement-verhouding;
- het percentage van de mogelijke hulpstof.

### 2. PERMANENTE KONTROLE

#### 2.1. Basisprincipe

De permanente controle steunt op de volgende statistische principes :

- de druksterkten van de dagproductie  $x_1 \dots x_n$  zijn statistisch onafhankelijk en volgen de normale verdeling van Gauss;
- de kronologische waarden  $x_i$  van de opeenvolgende werkdagen zijn statistisch onafhankelijk;
- de standaardafwijking  $\sigma$  van de dagproductie is gegarandeerd en onder statistische controle over lange termijn;
- het dagelijks monster is samengesteld met  $n = 6$ ;
- de gemiddelde waarde van het monster voldoet aan de voorwaarde :

De uitdrukking (1) is gebaseerd op een gelijk risico voor fabrikant en gebruiker bij een productiefout van 5 %.

#### 2.2. Bepaling van de standaardafwijking

$\sigma$  wordt bepaald op een dagmonster  $n \geq 20$

Het monster kan het verzamelmonster van een periode van opeenvolgende dagen zijn, indien

sifs à condition qu'il satisfasse aux règles statistiques du groupement d'échantillons individuels.

La détermination de  $\sigma$  est répétée au moins tous les 4 mois.

La valeur garantie de  $\sigma$  ne peut être inférieure à 3 N/mm<sup>2</sup>.

### 2.3. Contrôle statistique de l'étendue W

Ce contrôle s'entend pour une composition de béton déterminée :

soit : - n = 6

-  $\bar{W}$  = valeur moyenne des étendues, déterminée pour une période d'au moins 12 jours de fabrication successifs.

- Cas 1 :

Le prélèvement n = 6 est exécuté tous les jours successifs de travail effectif de l'année.

On détermine :

$$W_{\max} = \bar{W} \times 2,004$$

$$W_{\min} = 0$$

La période est sous contrôle lorsqu'aucune valeur de W ne dépasse  $W_{\max}$ . Lorsque W dépasse  $W_{\max}$ , la valeur garantie de  $\sigma$  est portée à :

$$\frac{W}{2,534 \times 2,004} \text{ avec } W > W_{\max} \text{ met}$$

Cette valeur est d'application à partir du début de la semaine dans laquelle il y a eu dépassement.

- Cas 2 :

Le prélèvement n = 6 est d'application pendant la période d'exécution de la commande lorsque le prélèvement "n" pour le contrôle permanent de l'usine est inférieur à 6.

Le prélèvement n = 6 s'effectue :

- ⊗ tous les jours successifs de travail effectif de la période d'exécution de la commande;
- ⊗ au moins pendant le nombre de jours successifs de travail effectif d'un mois, ce nombre de jours étant au moins égal à 20.

On détermine :

$$W_{0,975} = \bar{W} \times 1,72$$

$$W_{0,025} = \bar{W} \times 0,42$$

La période de 20 jours successifs de travail effectif est "non sous contrôle" (voir § 4) lorsque :

voldaan wordt aan de statistische voorwaarde voor het groeperen van afzonderlijke monsters.

De bepaling van  $\sigma$  wordt minstens om de 4 maanden uitgevoerd.

De gegarandeerde waarde voor  $\sigma$  mag niet kleiner dan 3 N/mm<sup>2</sup> genomen worden.

### 2.3. Statistische controle van de spreiding W

Deze controle geldt voor een bepaalde betonsamenstelling :

zij : - n = 6

-  $\bar{W}$  = gemiddelde waarde van de spreidingen bepaald voor een periode van minstens 12 opeenvolgende produktiedagen.

- Geval 1 :

De bemonstering n = 6 wordt toegepast voor alle opeenvolgende dagen effectief werk van het jaar.

Men bepaalt :

De periode is onder controle wanneer  $W_{\max}$  door geen enkele waarde van W wordt overschreden. Indien  $W_{\max}$  door W wordt overschreden, wordt de gegarandeerde waarde van  $\sigma$  gebracht op :

Deze waarde is van toepassing vanaf het begin van de week waarin de overschrijding zich voorgedaan heeft.

- Geval 2 :

De bemonstering n = 6 is van toepassing gedurende de uitvoeringsperiode van de bestelling indien de bemonstering "n" voor de permanente controle van de fabriek kleiner is dan 6.

De bemonstering n = 6 gebeurt :

- ⊗ alle opeenvolgende dagen effectief werk van de uitvoeringsperiode van de bestelling;
- ⊗ minstens gedurende het aantal opeenvolgende dagen effectief werk van een maand; dit aantal dagen moet minstens gelijk zijn aan 20.

Men bepaalt :

De periode van 20 opeenvolgende dagen effectief werk is "niet onder controle" (zie § 4) wanneer :

- deux valeurs de  $W > W_{0,975}$
- deux valeurs de  $W < W_{0,025}$

- twee waarden van  $W > W_{0,975}$
- twee waarden van  $W < W_{0,025}$

S'il n'y a qu'une seule valeur de  $W < W_{0,025}$ , cette valeur de  $W$  est considérée comme aberrante et n'est pas prise en compte pour l'estimation de la valeur garantie de  $\sigma$ .

Indien er slechts één enkele waarde  $W < W_{0,025}$  is, wordt deze waarde als abnormaal beschouwd en niet in rekening gebracht bij de schatting van de gegarandeerde waarde van  $\sigma$ .

Remarque

Lorsque  $W$  est sous contrôle - cas 1 et 2 - une estimation de  $\sigma$  peut être faite à partir des étendues; l'on a :

Opmerking

Indien  $W$  onder controle is - geval 1 en 2 - kan men  $\sigma$  schatten uitgaande van de spreidingen; men heeft :

$$\sigma = \frac{\bar{W}}{2,534}$$

2.4. Valeur aberrante

Placez les résultats obtenus de l'échantillon (n) dans l'ordre arithmétique :

2.4. Abnormale waarde

Klasseer de bekomen resultaten van het monster (n) in de rekenkundige volgorde :

$$x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$$

$x_1$  étant la valeur à examiner.

waarbij  $x_1$  de te onderzoeken waarde is.

La série est croissante lorsque  $x_1$  représente la valeur minimale constatée.

De reeks is stijgend als  $x_1$  de kleinst vastgestelde waarde voorstelt.

La série est descendante lorsque  $x_1$  représente la valeur maximale constatée.

De reeks is dalend als  $x_1$  de grootst vastgestelde waarde voorstelt.

On calcule le rapport :

Men berekent de verhouding :

$$\frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} \text{ lorsque } n \leq 6$$

La valeur envisagée est "aberrante" quand le résultat de l'opération ci-devant est plus grand que :

De beschouwde waarde is "abnormaal" als het resultaat van voorgaande bewerking groter is dan :

$$\begin{aligned} 0,710 & \text{ pour } n = 5 \\ & \text{ voor} \\ 0,628 & \text{ pour } n = 6 \\ & \text{ voor} \end{aligned}$$

En cas de valeur aberrante,  $W$  n'est pas prise en considération et  $x_1$  est supprimé pour le calcul de  $\bar{x}_1$ .

Bij een abnormale waarde vervalt  $W$  en  $x_1$  wordt niet in overweging genomen bij de berekening van  $\bar{x}_1$ .

2.5. Cartes de contrôle

Les valeurs moyennes  $\bar{x}_1$  et les étendues  $W$  sont figurées sur cartes de contrôle, par jour et par ordre chronologique.

2.5. Controlekaarten

De gemiddelde waarden  $\bar{x}_1$  en spreidingen  $W$  worden uitgezet op controlekaarten, per dag en in kronologische volgorde.

3. CONTROLE NON PERMANENT

3. NIET-PERMANENTE KONTROLE

3.1. Principes de base

Le contrôle non-permanent est basé sur les principes suivants :

3.1. Basisprincipes

De niet-permanente controle steunt op de volgende principes :

- les résistances à la compression d'une production journalière  $x_1 \dots x_n$  sont statistique-

- de drukweerstand van de dagproductie  $x_1 \dots x_n$  zijn statistisch onafhankelijk en

ment indépendantes et suivant la loi de répartition normale de Gauss;

- l'échantillon journalier est composé de  $n = 6$ ;
- la valeur moyenne et l'étendue de l'échantillon satisfont aux conditions :

$$\bar{x}_i \geq R'_{wk} + 1,65 \times 5 \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

$$W \leq 20 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

### 3.2. Valeur aberrante

Il y a lieu de se référer au § 2.4..

En cas de valeur aberrante,  $W$  et  $\bar{x}_i$  sont calculés sans  $x_1$ .

### 4. PERIODE D'UN CONTROLE PERMANENT NON SOUS CONTROLE

Les valeurs  $\bar{x}_i$  et  $W$  doivent satisfaire aux conditions (2) et (3) du contrôle non permanent (voir § 3.).

### 5. CONTROLE DU DURCISSEMENT

Le contrôle du durcissement du béton mis en oeuvre s'exécute :

- soit avec des appareils de contrôle lorsque l'usine de préfabrication peut fournir la preuve de la corrélation entre la lecture et la résistance à la compression, le coefficient de corrélation étant supérieur à 0,9. La résistance à la compression est celle qui correspond à la lecture du seuil de confiance à 10 % (risque de 10 % que la valeur en compression soit inférieure à celle imposée).

L'estimation se fait au moins à trois endroits différents par poutre. Toutes les estimations sont supérieures à la valeur imposée.

- soit sur cube.

On prélève au moins un cube par poutre, chaque résultat de cube étant supérieur à la valeur imposée.

Lorsque le fabricant prélève trois cubes par poutre (= échantillon) la moyenne des trois valeurs est supérieure à la valeur imposée. La valeur minimale d'un résultat individuel de l'échantillon étant supérieure à 85 % de la valeur imposée.

volgen de normale verdeling van Gauss;

- het dagelijks monster is samengesteld met  $n = 6$ ;
- de gemiddelde waarde en de spreiding van het monster voldoen aan de voorwaarden :

### 3.2. Abnormale waarde

De bepalingen van § 2.4. zijn van toepassing.

Bij abnormale waarden worden  $W$  en  $\bar{x}_i$  berekend zonder  $x_1$ .

### 4. NIET ONDER KONTROLE ZIJNDE PERIODE VAN EEN PERMANENTE KONTROLE

De waarden  $\bar{x}_i$  en  $W$  moeten voldoen aan de voorwaarden (2) en (3) van de niet-permanente controle (zie § 3.).

### 5. VERHARDINGSKONTROLE

De verharding van het gestort beton wordt gecontroleerd :

- ofwel met controle-apparaten, indien de fabriek voor prefabrikage de korrelatie kan aantonen tussen de druksterkte en de aflezing. De korrelatiecoëfficiënt moet meer dan 0,9 bedragen, de druksterkte is deze die behoort bij de aflezing op de vertrouwensgrens van 10 % (10 % kans dat de druksterkte kleiner is dan diegene die vereist is).

De schatting gebeurt minstens op drie verschillende plaatsen per balk. Alle schattingen moeten groter zijn dan de vereiste waarde.

- ofwel op kubussen.

Men neemt minstens één kubus per balk, ieder resultaat moet groter zijn dan de vereiste waarde.

Wanneer de fabrikant minstens drie kubussen per balk neemt (= monster) moet het gemiddelde van de drie waarden groter zijn dan de vereiste waarde. De minimumwaarde van een individueel resultaat van het monster moet meer dan 85 % van de vereiste waarde bedragen.

### Références :

- NF X 06-041 (mars 1970) :  
Note Technique NT 8 - Vérification de l'hypothèse de normalité (Shapiro et Wilk).
- Quality Control and Industrial Statistics - Acheson et Duncan (1974).
- Etude Statistique des Dépendances - S. Aivazian.

### Referenties :

- NF X 06-041 (maart 1970) :  
Note Technique NT 8 - Vérification de l'hypothèse de normalité (Shapiro en Wilk).
- Quality Control and Industrial Statistics - Acheson en Duncan (1974).
- Etude Statistique des Dépendances - S. Aivazian.

## ANNEXE D

### FORMULAIRES-MODELES POUR LE CONTRÔLE

Cette annexe comporte les formulaires-modèles suivants :

- D.1. Fiche de fabrication des poutres.
- D.2. Fiche générale de contrôle des poutres.
- D.3. Fiche de mise en tension d'un câble de postcontrainte.
- D.4. Carte de contrôle du béton.
- D.5. Fiche de mise en tension des torons.
- D.6. Fiche de contrôle des dimensions principales.
- D.7. Fiche de contrôle de la résistance du béton sur cubes.

## BIJLAGE D

### MODELFORMULIEREN VOOR DE KONTROLE

Deze bijlage omvat de volgende modelformulieren :

- D.1. Fabrikagekaart van de liggers.
- D.2. Algemene controlekaart van de liggers.
- D.3. Controlekaart van het aanspannen van een naspankabel.
- D.4. Controlekaart van het beton.
- D.5. Controlekaart van het aanspannen van de strengen.
- D.6. Controlekaart van de hoofdafmetingen.
- D.7. Controlekaart van de betondruksterkte op kubussen.









### CARTE DE CONTROLE DU BETON

FABRICANT: \_\_\_\_\_ BETON: \_\_\_\_\_  
 UNITE DE PRODUCTION: \_\_\_\_\_ DIM. NOMI. DES CUBES: \_\_\_\_\_ mm  
 $R'_{wk} =$  \_\_\_\_\_ N/mm<sup>2</sup>  $n =$  \_\_\_\_\_ PERIODE: du \_\_\_\_\_ au \_\_\_\_\_  
 $R'_{wk} =$  \_\_\_\_\_ N/mm<sup>2</sup>  $n =$  \_\_\_\_\_ PERIODE: van \_\_\_\_\_ tot \_\_\_\_\_

Moyenne journalière  $\bar{X}_i$

Etendue journalière  $W_i$

N/mm<sup>2</sup>

N/mm<sup>2</sup>

### KONTROLEKAART VAN HET BETON

FABRIKANT: \_\_\_\_\_ BETON: \_\_\_\_\_  
 PRODUKTIECEL: \_\_\_\_\_ NOM. AFM. V.D. KUBUSSEN: \_\_\_\_\_ mm  
 $R'_{wk} =$  \_\_\_\_\_ N/mm<sup>2</sup>  $n =$  \_\_\_\_\_ PERIODE: van \_\_\_\_\_ tot \_\_\_\_\_

Dagelijks gemiddelde  $\bar{X}_i$

Dagelijkse spreidingsbreedte  $W_i$

N/mm<sup>2</sup>

N/mm<sup>2</sup>



BOUWPLAATS:		BANK NR.:			
LIGGERS: "HOOFDAFMETINGEN"					
Ligger Nr.:	Lengte op halve hoogte (mm.)	Breedte boven flens (mm.)	Breedte onder flens (mm.)	Hoogte (mm.)	Dwarsvervorming (mm.)
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	L: _____ R: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____

OUVRAGE:		LIGNE N°:			
POUTRES: DIMENSIONS PRINCIPALES					
Poutre N°	Longueur à mi-hauteur (mm.)	Longueur supérieure (mm.)	Longueur inférieure (mm.)	Hauteur (mm.)	Déformation transversale (mm.)
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____
	G: _____ D: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	A: _____ B: _____ C: _____	X: _____ Y: _____

