



**MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICES TECHNIQUES GENERAUX**

**BUREAU DES PONTS**

**CAHIER GENERAL DES CHARGES**

\*

**FASCICULE VII**

**CONSTRUCTIONS  
METALLIQUES**

**SPECIFICATIONS TECHNIQUES**

**RECOMMANDATIONS POUR LES CLAUSES  
ADMINISTRATIVES GENERALES**

**AIDE-MEMOIRE A L'INTENTION DE L'AUTEUR DE PROJET**

**1988**

TABLE DES MATIERES

	Page
Objet et domaine d'application	0.2
<u>1ère Partie - Spécifications techniques</u>	
Chapitre 1 - Aciers laminés	1.1 à 1.25
1. Nuances et qualités	1.1
2. Choix de la qualité	1.14
Annexes du chapitre 1	1.15
Chapitre 2 - Aciers moulés d'usage général	2.1 à 2.5
Chapitre 3 - Aciers forgés	3.1 à 3.3
Chapitre 4 - Acier à ressort pour barrières de sécurité	4.1 à 4.2
Chapitre 5 - Fontes	5.1 à 5.4
1. Fontes grises à graphite lamellaire	5.1
2. Fontes grises à graphite sphéroïdal	5.2
Notes commentaires	5.4
Chapitre 6 - Rivets	6.1 à 6.3
Chapitre 7 - Boulons	7.1 à 7.4
Chapitre 8 - Electrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc	8.1 à 8.9
Chapitre 9 - Soudage automatique et semi-automatique	9.1 à 9.15
chapitre 10 - Qualification des soudeurs pour le soudage à l'arc	10.1 à 10.17
Chapitre 11 - Soudage de goujons connecteurs à l'arc entretenu	11.1 à 11.4
Chapitre 12 - Fabrication en atelier	12.1 à 12.30
Notes commentaires	12.29
Chapitre 13 - Montage définitif à pied d'oeuvre	13.1 à 13.3
<u>2ème Partie - Clauses administratives générales - Recommandations</u>	
Chapitre 14 - Clauses administratives générales	14.0 à 14.24
1. Recommandations	14.1
2. Notes commentaires	14.18
<u>3ème Partie - Aide-mémoire à l'intention de l'auteur de projet</u>	
Chapitre 15 - Aide-mémoire à l'intention de l'auteur de projet	15.1 à 15.2
1. Spécifications techniques	15.1
2. Clauses administratives générales	15.2

### OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le fascicule VII détermine les prescriptions applicables à l'exécution des constructions métalliques de quelque nature que ce soit, y compris les différents éléments tels que barrières de sécurité, garde-corps, appuis, joints de dilatation, etc, à l'exception toutefois des structures, parties de structures et autres pièces réalisées en aluminium ou en acier inoxydable.

---

1<sup>ère</sup> PARTIE  
SPECIFICATIONS TECHNIQUES

## CHAPITRE 1

ACIERS LAMINES1. NUANCES ET QUALITESPREAMBULE

Les aciers d'usage courant répondent à la norme NBN A21-101 de 1976 moyennant les précisions, modifications et compléments repris ci-après, à l'exception des aciers de la nuance AE 410.

Les aciers de la nuance AE 410 ne sont pas retenus.

ARTICLE 3 - CHOIX DES NUANCE ET QUALITE.

Le mot "éventuellement" doit être biffé. Tous les alinéas de ce chapitre de la norme sont toujours pris en considération. Toutes les prescriptions qui y sont précisées sont obligatoires.

Les données de l'alinéa c sont appliquées aux aciers des qualités C, D et DD. Le mode de coulée (coulée en lingotière ou coulée continue) est également communiqué (cfr § 4.1.6 ci-après).

Alinéa d : la présence d'éléments dispersoïdes est toujours mentionnée lors de la livraison avec l'indication de leurs teneurs respectives.

En particulier à l'alinéa i, le contrôle renforcé de qualité est toujours d'application quelle que soit la nuance de l'acier.

A l'alinéa j, l'utilisation d'éprouvettes non proportionnelles est subordonnée à l'accord de l'administration.

En relation avec les alinéas k et o, les aciers concernés doivent être au moins de la qualité C.

En relation avec l'alinéa l, un essai de pliage avec cordon de soudure est réalisé sur les aciers mentionnés au paragraphe 10.3. ci-après.

ARTICLE 4 - PROCEDE D'ELABORATION, ETAT DE DESOXYDATION ET PROCEDE DE FABRICATION.Paragraphe 4.1.2. - Produits en aciers autres que ceux énumérés en 4.1.1

Pour les qualités C, D et DD, le procédé d'élaboration et l'état de désoxydation sont toujours indiqués.

Paragraphe 4.1.3. - Aciers non effervescents

L'empreinte BAUMANN est imposée pour les qualités C, D et DD à raison d'une ou de deux empreintes par série d'essais mécaniques pour les cas mentionnés au paragraphe 13.0.2.

Paragraphe 4.1.4.

Le vanadium n'est pas autorisé pour les pièces qui doivent subir un traitement thermique après soudage. Dans les autres cas, la teneur maximale en vanadium est limitée à 0,10 %.

La teneur en titane est limitée à la présence de traces.

Un paragraphe 4.1.6. est ajouté.

Le mode de coulée est laissé au choix du producteur, mais celui-ci est tenu de signaler le mode adopté.

ARTICLE 5 - ETAT DE LIVRAISON.Paragraphe 5.2.

Les tôles, bandes et larges plats des qualités D et DD, sont toujours livrés après recuit de normalisation ou dans un état équivalent.

ARTICLE 6 - CARACTERISTIQUES MECANIQUES.

L'essai de pliage à 180° est supprimé, sauf pour les produits dont le classement par coulées n'est pas connu.

La résistance à la traction de l'acier AE 355 des qualités B, C et D peut être égale à celle qui est prévue pour l'acier AE 355 DD.

La résistance à la traction de l'acier AE 295 A qui est destiné à être soudé et de l'acier AE 295 C peut être égale à celle qui est prévue pour l'acier AE 295 D dans le cas des profilés et laminés marchands (tableau I).

Pour l'acier de qualité A, selon le tableau I de la norme et le tableau VI de l'annexe 1.1. p.1.15, qui est destiné à être soudé ou fileté, les essais de résilience sont toujours d'application (35 J/cm<sup>2</sup> à 20° C).

Pour tous les types de produits dont l'épaisseur nominale dépasse 63 mm, la limite d'élasticité, la résistance à la traction et la résilience répondent aux prescriptions du tableau VI de l'annexe 1.1, p.1.15.

ARTICLE 7 - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES.Paragraphe 7.1.

Le deuxième alinéa est remplacé par le texte suivant :

Lors de la présentation des produits en réception, le producteur fournit non seulement l'analyse chimique sur coulée des éléments C - P et S (tableaux II et IV) mais en plus :

- pour les aciers de qualité A (tableaux I et II) destinés à être soudés et pour les aciers de qualité B (tableaux III et IV) : les teneurs en Si et Mn;
- pour les aciers de qualité C : les teneurs en Si, Mn, Cr, Cu, Ni, Mo, Nb, V et Ti;
- pour les aciers des qualités D et DD : les teneurs des éléments retenus pour les aciers de qualité C avec en plus, la teneur en aluminium métallique garantissant la finesse du grain.

#### Paragraphe 7.2.

Les analyses chimiques sur produits des éléments C, Mn, Si, S et P sont toujours effectuées pour les aciers des qualités C, D et DD. Elles font l'objet d'un certificat fourni par le producteur. Pour l'acier de la nuance AE 235, l'analyse chimique sur produit ne porte que sur les éléments C, S et P.

Pour les aciers destinés à être soudés, les teneurs maximales en carbone sur produit mentionnées dans la norme sont remplacées par les teneurs maximales suivantes :

0,18 % pour les nuances AE 355, AE 295 et AE 255;

0,16 % pour la nuance AE 235.

En cas de circonstances particulières, l'administration peut accorder dérogation à cette imposition et admettre que la teneur maximale sur produit citée ci-avant soit augmentée de 0,02 % pour les produits d'épaisseur inférieure ou égale à 8 mm de la nuance AE 355.

Il peut être imposé que ces produits soient dotés d'un marquage spécial à la peinture avant expédition du laminoir.

#### Paragraphe 7.3.

La valeur maximale de carbone équivalent est limitée à 0,43 pour toutes les nuances et qualités concernées et ce quelle que soit l'épaisseur et quelle que soit la teneur en cuivre.

Dans le cas où la dérogation est accordée pour la teneur maximale en carbone sur les produits minces, la valeur maximale du carbone équivalent est portée à 0,45.

### ARTICLE 9 - FORMAGES A CHAUD ET A FROID.

#### Paragraphe 9.2. - Formage à froid

A la fin du paragraphe, ajouter le texte suivant :

Si, après déformation à froid, l'allongement rémanent est supérieur à 2,5 % tout en ne dépassant pas 5 %, l'acier est soumis à un contrôle de non vieillissement par des essais de résilience sur éprouvettes écrouies et vieilles artificiellement.

L'entrepreneur indique au laminoir les produits qui doivent subir l'essai de non vieillissement.

Chaque éprouvette présente les caractéristiques suivantes :

- elle est prise dans le sens du laminage et est du type avec entaille en V suivant la norme NBN A11-104 de 1975;
- l'entaille est perpendiculaire à la peau de laminage;
- la section au droit de l'entaille est de 10 x 8 mm pour les produits d'épaisseur égale ou supérieure à 11 mm et de 0,9 e x 8 mm pour les produits d'épaisseur e inférieure à 11 mm sans que e soit inférieure à 7 mm;
- elle est écrouie à 10 % à froid par traction ou par compression et vieillie pendant 30 minutes à 250° C conformément à la norme NBN 117-57 de 1964.

L'essai est réalisé sur trois éprouvettes dont la température au moment de l'impact est de :

- 0° C pour l'acier de qualité C
- 20° C pour l'acier de qualité D ou DD.

La résilience après écrouissage et vieillissement est au moins égale à la valeur minimale prescrite dans la norme NBN A21-101 pour la nuance et la qualité d'acier concernées. L'interprétation des résultats est faite selon les tableaux VII et VIII (annexes 1.2 et 1.3, p.1.16 et 1.17).

N.B. : Toute déformation avec allongement rémanent supérieur à 5 % ne peut être envisagée que si cette opération peut être suivie d'un recuit de normalisation; l'entrepreneur doit donc consulter préalablement le producteur de l'acier afin d'être informé quant aux possibilités de faire subir à l'acier un tel recuit sans altération de ses propriétés mécaniques.

Tout formage avec allongement rémanent supérieur à 5 % peut être exécuté à froid si cet allongement ne dépasse pas 8 %; au-delà de 8 %, le formage est réalisé à chaud.

#### ARTICLE 10 - SOUDABILITE.

Un paragraphe 10.3. est ajouté.

Pour les aciers des qualités D ou DD d'épaisseur égale ou supérieure à 20 mm, qui ne sont pas normalisés ni parfaitement calmés, un essai de pliage avec cordon de soudure est effectué à raison d'un essai par coulée.

L'essai est réalisé conformément aux prescriptions de l'article 18 ci-après.

#### ARTICLE 11 - MARQUAGE.

Paragraphe 11.1. - Marquage des profilés.

Le marquage des profilés est toujours effectué pour les aciers des qualités C, D et DD. Ce marquage comporte l'identification du fournisseur, le numéro de la coulée et l'indication des nuances et qualité de l'acier.



Paragraphe 11.2. - Marquage des tôles.

Le marquage est toujours effectué pour les aciers des qualités C, D et DD.

Un paragraphe 11.3. est ajouté.

- Le marquage est toujours effectué pour les plats et bandes des qualités C, D et DD de la même manière que pour les profilés.
- L'administration peut imposer après adjudication, en fonction de la complexité de la construction, un code de couleurs pour tous les produits. Ce code doit permettre de distinguer aisément les aciers des différentes nuances et qualités.

ARTICLE 12 - CONDITIONS TECHNIQUES DE LIVRAISON.Paragraphe 12.1.1.

Les essais de réception sont obligatoires sur les produits en acier A 320. Ces produits ne peuvent être soudés.

Dans le cas où la présentation en réception des produits a lieu par coulée, l'attestation de classement par coulée est toujours fournie.

Paragraphe 12.1.2.

La décision finale d'acceptation ou de refus d'une coulée présentée par fractions est prise pour l'ensemble de la coulée en tenant compte de toutes les séries d'essais réalisées sur celle-ci.

Le producteur est tenu de répartir les surlongueurs sur l'ensemble des produits présentés en réception.

Paragraphe 12.2. - Choix des produits destinés au contrôle.

Le contrôle renforcé de qualité est toujours d'application. Pour les produits classés par coulées, une série d'essais est réalisée par 30 tonnes avec un minimum de deux séries d'essais par coulée et moyennant l'application du deuxième alinéa du § 12.1.2. de la norme.

Paragraphe 12.4.1.1. - Echantillons pour l'analyse chimique sur produit.

Les échantillons pour l'analyse chimique sur produit sont prélevés de manière à réaliser une analyse par tranche ou fraction de tranche de 30 tonnes avec maximum trois analyses par coulée.

Paragraphe 12.4.2.1.d) - Longueur.

Le tableau figurant à la page 7 de la norme n'est applicable que moyennant l'accord de l'administration.

Paragraphe 12.4.2.3.c) - Position.

Le texte est complété par : "Sauf cas de force majeure, les éprouvettes sont prélevées côte à côte".

ARTICLE 13 - CONTROLE ET INTERPRETATION DES RESULTATS.

Un paragraphe 13.0. est ajouté.

13.0. - Santé - Aspect - Dimensions.13.0.1. - Prescriptions générales.

Les produits sont exempts de tout défaut contraire à leur destination ou nuisible à leur mise en œuvre : surlaminage - criques - retassures - soufflures - doublures - ségrégations trop marquées faisant craindre la possibilité de séparation au soudage ou en service ou l'apparition de défauts dans les soudures.

Toute présomption de faiblesse, résultant d'un ou de plusieurs défauts constatés lors de la réception ou de la mise en œuvre, entraîne un examen contradictoire du produit par tout moyen apte à préciser le degré du risque que la présence du défaut constaté entraîne pour la qualité de l'exécution ou la sécurité de l'ouvrage. L'administration reste juge de la décision d'acceptation ou de rebut. Toutes les pièces qui se fendent, s'ouvrent, se déchirent ou montrent des traces de criques au cours des manipulations, du soudage ou en service sont rebutées.

Les tôles, bandes, plats, profilés sont laminés à arêtes vives et convenablement planés ou dressés en accord avec les tolérances indiquées dans les normes.

Les surfaces sont unies, saines, sans côte ni manque de matière dépassant les tolérances.

Il est interdit sous peine de rebut, d'effectuer des réparations sans l'accord de l'administration; les défauts peu importants peuvent cependant être éliminés par meulage directement par le producteur et sans autorisation préalable, pour autant que les tolérances restent respectées.

Pour les pièces fortement sollicitées selon l'épaisseur par l'effet des tensions introduites par le soudage ou par les actions extérieures, le constructeur est tenu de prendre les accords nécessaires avec le producteur afin d'obtenir des produits ne présentant pas de faiblesse suivant l'épaisseur et résistant en particulier à l'arrachement lamellaire.

Le contrôle des dimensions, de même que la vérification de la santé de l'acier et de l'état de surface des pièces ne peuvent généralement pas être effectués valablement au laminoir; aussi, l'adjudicataire doit remplacer à ses frais, toute pièce qui ne donne pas satisfaction quant aux dimensions, à la forme, à l'état de surface ou dans laquelle des défauts internes seraient découverts.

13.0.2. - Empreintes BAUMANN.

Les empreintes BAUMANN sont réalisées uniquement sur les aciers de qualités C, D et DD (mode opératoire selon la norme NBN 117-05 de 1963).

### 13.0.2.1. - Prescriptions particulières relatives aux aciers élaborés hors lingots.

Les empreintes sont réalisées quelle que soit la nuance de l'acier lorsque la teneur en soufre est supérieure à 0,018 % sur coulée et/ou supérieure à 0,020 % sur produit.

Une empreinte est réalisée par série d'essais mécaniques.

Les empreintes sont appréciées d'après les indications de l'album édité en 1945 par le Centre Belgo-Luxembourgeois de l'Information de l'Acier, modifié comme suit :

- planches 1, 2, 3 et 6 de l'album : seules les images 1 et 2 sont acceptables;
- planche 5 de l'album : seules les images 1, 2 et 3 sont acceptables.

Ces planches sont reproduites sur les annexes 1.6 à 1.10 (p.1.20 à 1.25).

### 13.0.2.2. - Prescriptions particulières relatives aux aciers élaborés hors coulée continue.

Pour les aciers des nuances AE 295 et AE 355, les empreintes BAUMANN sont réalisées lorsque la teneur en soufre est supérieure à 0,018 % sur coulée et/ou supérieure à 0,020 % sur produit.

Deux empreintes sont réalisées par série d'essais mécaniques. Toutes les empreintes satisfont aux prescriptions du § 13.0.2.1.

### 13.0.3. - Remarque.

Les empreintes BAUMANN réalisées en usine sont emportées par l'agent réceptionnaire.

### Paragraphe 13.3. - Essais de résilience.

Ajouter la remarque préliminaire suivante :

En vue de faciliter l'interprétation des résultats, les conditions imposées sont présentées sous forme de tableaux, cas par cas (tableaux VII et VIII des annexes 1.2 et 1.3, p.1.16 et 1.17).

L'interprétation des résultats concernant la valeur moyenne sur trois résultats est précisée par l'imposition d'une valeur limite inférieure qui est égale à 85 % de la valeur minimale imposée par la norme.

Les paragraphes 13.3.3. et 13.3.4. deviennent :

13.3.3. - On prend comme résultat de l'essai, la moyenne des résultats sur trois éprouvettes. L'interprétation des résultats est réalisée conformément au tableau VII de l'annexe 1.2 (p.1.16), qui prévoit dans certains cas de réaliser une série complémentaire de trois essais.

13.3.4. - Lorsqu'une série complémentaire de trois essais de résilience doit être réalisée, les trois éprouvettes supplémentaires sont prélevées dans le même échantillon.

**L'ensemble des six résultats est interprété conformément au tableau VIII de l'annexe 1.3 (p.1.17).**

Un paragraphe 13.3.5. est ajouté :

Pour l'acier de qualité A, (selon le tableau I) qui est destiné à être soudé et pour les aciers des qualités B, C, D ou DD, lorsque l'épaisseur est inférieure à 5 mm, l'essai de résilience est remplacé par l'examen de la grosseur du grain ferritique.

Cet examen est effectué conformément à la recommandation RA 593/8 du Centre de Recherches Métallurgiques (C.R.M.).

L'indice de la grosseur du grain doit être :

- au moins égal à 5 pour l'acier de qualité A selon le tableau I et pour l'acier de qualité B;
- au moins égal à 6 pour l'acier de la qualité C;
- au moins égal à 7 pour les aciers des qualités D et DD.

En cas de difficulté d'application de la méthode par comparaison ou en cas de désaccord, la méthode par comptage des grains est appliquée.

Un paragraphe 13.4. est ajouté :

L'agent réceptionnaire peut toujours emporter après les essais, une ou plusieurs éprouvettes caractéristiques.

#### ARTICLE 14 - CONTRE-ESSAIS.

##### Paragraphe 14.1.1. - Essais de traction et/ou de pliage.

Ce paragraphe est complété comme suit :

"Si le producteur maintient dans la fourniture le produit d'où provient l'éprouvette n'ayant pas donné satisfaction, l'agent réceptionnaire prélève à la fois dans ce produit maintenu et dans un autre à son choix".

##### Paragraphe 14.4. - Triage ou remaniement.

Le texte de ce paragraphe est remplacé par le suivant :

Le producteur peut procéder à un triage ou à un traitement thermique de l'ensemble de la fourniture pour lequel une ou plusieurs séries d'essais n'ont pas donné satisfaction.

Dans ce cas, le lot ou la coulée est considéré comme une nouvelle fourniture et traité comme tel.

Le triage ou le traitement thermique ne peut avoir lieu qu'une fois.

Le producteur indique à l'agent réceptionnaire le mode de triage utilisé ou le traitement thermique appliqué.

#### ARTICLE 16 - TOLERANCES DIMENSIONNELLES ET DE POIDS.

Les normes NBN 632-01 (1964), NBN 632-02 (1964), NBN 632-03 (1964), NBN 632-04 (1966), NBN A44-201 (1975), NBN A43-101 (1983) et NBN A43-301 (1983) sont d'application.

En ce qui concerne les tôles :

- les tolérances sur l'épaisseur sont celles de la classe A du tableau I de la norme NBN A43-101;
- l'adjudicataire est tenu d'indiquer au producteur si les tolérances normales ou les tolérances réduites sont d'application, compte tenu des hypothèses de calcul et du rôle des produits dans l'ouvrage.

Un article 18 est ajouté :

ARTICLE 18 - ESSAI DE PLIAGE AVEC CORDON DE SOUDURE POUR LES  
ACIERS DES QUALITES D ET DD D'ÉPAISSEUR ÉGALE OU  
SUPERIEURE A 20 MM.

18.1. - Préparation de l'éprouvette. (voir figure 1.1, p.1.18)

L'échantillon est prélevé conformément aux normes usuelles de prélèvement et dans la direction du laminage.

Les dimensions de l'éprouvette après usinage des bords, s'ils ont été cisailés ou oxycoupés (enlèvement de 3 mm au moins par usinage : rabotage ou meulage) sont données par le tableau IX de l'annexe 1.4 (p.1.18). Les arêtes de l'éprouvette sont cassées à la lime, de manière que le rayon d'arrondi ne soit pas inférieur à 0,1 de l'épaisseur et en évitant de laisser subsister des stries transversales.

L'épaisseur de l'éprouvette peut être ramenée, avant soudage, à 25 mm par rabotage d'une face, pour tenir compte de l'équipement disponible.

L'éprouvette comporte, sur une face de laminage, et suivant son axe longitudinal, une rainure semi-circulaire de 4 mm de rayon et d'une longueur égale à six fois l'épaisseur du produit de base.

Un cordon de soudure est déposé dans la rainure : le dépôt est réalisé en une passe (cordon tiré) au moyen d'une électrode basique de 5 mm de diamètre.

La vitesse de dépôt est telle que la longueur du cordon déposé soit environ égale aux 2/3 de la partie consommée de l'électrode.

La température au début du soudage est de  $20 \pm 2^\circ \text{C}$ . La surépaisseur de soudure est entaillée transversalement et à mi-longueur, jusqu'à 1 mm ( $\pm 0,3$  mm) de la surface de l'éprouvette au moyen d'une fraise à profil :

- ouverture  $45^\circ$ ;
- rayon d'arrondi 0,25 mm.

L'éprouvette ne peut subir après soudage aucun traitement mécanique, ni thermique.

18.2. - Méthode d'essai.

L'essai consiste dans le pliage de l'éprouvette disposée de telle manière que le cordon de soudure soit situé sur la face en traction.

Les conditions de pliage sont schématisées par la figure 1.1 (p. 1.18).

La distance entre appuis et le diamètre du mandrin de pliage sont choisis en fonction de l'épaisseur de l'éprouvette.

La vitesse de pliage est lente et uniforme.

L'essai est arrêté lorsque l'angle de pliage atteint 80°.

L'essai est réalisé à la température ambiante au moins 12 heures après le dépôt du cordon de soudure.

### 18.3. - Critères d'appréciation.

Le comportement à l'essai est apprécié en considérant simultanément :

- le mode de rupture du métal de base par développement de la fissuration amorcée dans le cordon de soudure;
- les angles de pliage.

Ces caractéristiques, définies comme suit, sont mentionnées au procès-verbal.

Le mode de rupture du métal de base est apprécié d'après les distinctions suivantes :

- rupture par glissement : lorsqu'elle résulte d'une déchirure progressive et que l'aspect de la rupture est mat et satiné;
- rupture par décohésion : lorsqu'elle survient brutalement sur toute la section de l'éprouvette et présente un aspect cristallin;
- rupture mixte : lorsque l'aspect de la cassure est en partie cristallin, en partie mat.

L'aspect de la cassure dans la zone thermiquement influencée et dans le cordon n'est pas pris en considération.

Les angles de pliage à noter au procès-verbal sont ceux correspondant :

- au début de la pénétration de la fissuration dans le métal de base;
- à la ruine complète, ou au maximum prévu de 80°.

La longueur des fissures de part et d'autre du cordon de soudure pour l'angle de 45° est notée à titre d'indicatif.

On considère que la ruine est complète lorsque la fissuration a atteint un des bords libres de l'éprouvette.

L'essai est sans valeur si des déchirures transversales prennent naissance sur les bords libres de l'éprouvette et s'étendent sur plus de 5 mm.

### 18.4. - Conditions imposées.

Lors du pliage, il ne peut se produire de rupture avant que ne soit atteint un angle de 45°; les fissures qui prennent naissance dans la soudure et qui ne se propagent que très légèrement dans le métal de base sont tolérables.

Pour les ruptures qui apparaissent pour des angles de pliage compris entre 45° et 80°, l'aspect de la cassure doit être mat (rupture par glissement) ou mixte, c'est-à-dire en partie mate et en partie à grains brillants (décohésion); la zone de grains brillants ne doit pas excéder 50 % de la section totale.

Un article 19 est ajouté :

**ARTICLE 19 - ACIERS AVEC CARACTERISTIQUES GARANTIES DANS LE SENS DE L'ÉPAISSEUR.**

Pour les pièces fortement sollicitées selon leur épaisseur par l'effet des tensions introduites par le soudage ou par les actions extérieures, l'acier doit résister à l'arrachement lamellaire.

C'est la valeur de striction, mesurée par un essai de traction sur éprouvette prélevée dans le sens de l'épaisseur du produit, qui caractérise le mieux la qualité de l'acier selon son épaisseur. La mesure de la striction est complétée par un contrôle ultrasonique du produit.

**19.1. - Caractéristiques requises.**

**19.1.1. - Valeurs de striction.**

Classes de qualité	Striction en %	
	valeur moyenne minimale de trois essais	valeur individuelle minimale
Z15	15	10
Z25	25	15

**19.1.2. - Contrôle ultrasonique.**

L'application des techniques ultrasoniques habituelles ne donne pas d'information sur la sensibilité à l'arrachement lamellaire. Cependant, pour s'assurer d'une homogénéité convenable, le produit doit être soumis à un examen ultrasonique conformément à l'Euronorm 160 de 1985 dont les prescriptions de la classe A sont d'application.

**19.2. - Lotissement.**

Chaque tôle mère, plat ou profilé constitue l'unité de réception.

**19.3. - Prélèvement et préparation des éprouvettes.**

- Dans chaque produit, au même endroit que celui retenu pour le prélèvement des éprouvettes de traction et de résilience selon la NBN A21-101, un échantillon de dimensions suffisantes est réservé pour la réalisation de six éprouvettes de traction selon l'épaisseur.
- Seules trois éprouvettes sont usinées; le reste de l'échantillon est gardé en réserve au cas où des essais complémentaires seraient exécutés (cfr le § 19.6 ci-après).

- La striction est mesurée sur des éprouvettes cylindriques dont l'axe est perpendiculaire à la surface de la tôle, du plat ou d'une semelle de la poutrelle.

Le diamètre  $d_0$  est de :

- 6 ou 10 mm pour les produits d'épaisseur  $e \leq 50$  mm;
- 10 mm pour les produits d'épaisseur  $e > 50$  mm.

La longueur  $L_0$  de la partie cylindrique des éprouvettes est égale ou supérieure à  $1,5 \times d_0$ .

- Quand il n'est pas possible d'usiner des éprouvettes dans l'épaisseur du produit, les têtes d'amarrage peuvent être rapportées par soudage. Le soudage peut être effectué selon toute méthode appropriée (par exemple soudage de goujons à l'arc entretenu), mais doit être choisi de manière à ce qu'il ne cause aucune modification significative des propriétés mécaniques; d'autre part, la longueur  $L_0$  utile de l'éprouvette doit être en dehors des zones affectées par la chaleur (voir figure 1.2 p. 1.19).

#### 19.4. - Méthode d'essai.

L'essai de traction est effectué suivant les prescriptions de la norme NBN A11-101 de 1980.

La striction  $Z$  est définie par la relation

$$Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100,$$

où  $S_0$  est la section initiale de l'éprouvette,

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$$

$S$  est la section finale de l'éprouvette après rupture,

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot \left[ \frac{d_1 + d_2}{2} \right]^2,$$

$d_1$  et  $d_2$  correspondent à la mesure de deux diamètres perpendiculaires dans un même plan; en cas de rupture de forme elliptique,  $d_1$  et  $d_2$  correspondent aux axes de l'ellipse.

#### 19.5. - Annulation des essais.

Dans le cas d'éprouvettes avec têtes d'amarrage rapportées par soudage, une rupture dans la soudure ou dans la zone thermiquement influencée par l'opération de soudage est une cause d'annulation.

#### 19.6. - Interprétation des résultats.

Si la valeur moyenne des résultats des trois essais est inférieure à la valeur prescrite tout en restant au moins égale à 12,5 % pour la qualité Z15 et à 21 % pour la qualité Z25 et/ou si un seul résultat individuel est inférieur à la valeur prescrite, trois nouveaux essais sont effectués sur les éprouvettes restantes.



La valeur moyenne des résultats des six essais doit être supérieure ou égale à la valeur moyenne minimale prescrite et aucun résultat individuel de la seconde série ne peut être inférieur à la valeur individuelle minimale prescrite.

Un article 20 est ajouté :

ARTICLE 20 - NOUVEAUX PROFILES.

Lorsqu'un nouveau type de profilé est présenté en réception, l'administration peut s'assurer de l'homogénéité des caractéristiques mécaniques en réalisant des séries d'essais en d'autres endroits qu'à l'endroit normalisé.

Par nouveau type de profilé, on entend, par exemple, une poutrelle dont les épaisseurs sont supérieures aux valeurs courantes ou dont les rapports d'épaisseurs entre âme et semelle sont également inhabituels.

Ce contrôle est limité à la première fourniture ou aux deux premières fournitures, si la première est de trop faible importance.

Les frais des essais sont à charge de l'adjudicataire.

## 2. CHOIX DE LA QUALITE

Le choix de la qualité d'acier (A, B, C, D ou DD) est fait en tenant compte:

- de la conception de l'ouvrage;
- des procédés d'exécution utilisés;
- des circonstances de sa mise en œuvre;
- des conditions de service de l'ouvrage.

Au cas où les documents d'adjudication ne les précisent pas, les qualités minimales à retenir sont les suivantes :

- Qualité D ou DD :

éléments soudés importants et tendus de toutes épaisseurs et éléments soudés importants et comprimés dont l'épaisseur est supérieure à 18 mm.

- Qualité C :

- éléments soudés importants et comprimés dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 18 mm;
- éléments importants ne comportant pas de soudure mais déformés à froid avec allongement rémanent compris entre 2,5 % et 5 %.

- Qualité B (cas des tôles et larges plats) et qualité A avec essai de résilience (cas des profilés) :

- éléments importants ne comportant pas de soudure, notamment les couvre-joints;
- barres d'ancrage filetées;
- éléments soudés d'importance secondaire.

N.B. : pour les profilés, l'essai de résilience doit être convenu à la commande (cfr tableau 1 de la NBN A21-101).

- Qualité A :

éléments non soudés d'importance secondaire.

### REMARQUES :

- Pour les éléments soumis à des sollicitations complexes ou à des sollicitations de fatigue importantes, il peut s'avérer nécessaire de retenir une qualité supérieure respectivement à celle des classes B ou C mentionnées ci-dessus selon le cas considéré.
- Pour les pièces fortement sollicitées selon l'épaisseur par l'effet des tensions introduites par le soudage ou par les actions extérieures, le constructeur est tenu de prendre les accords nécessaires avec le producteur afin d'obtenir des produits ne présentant pas de faiblesse suivant l'épaisseur et résistant en particulier à l'arrachement lamellaire (aciers dits de qualité Z).

**TABEAU VI: Valeurs minimales des caractéristiques mécaniques pour les profilés, les laminés marchands, les tôles, les bandes et larges plats dont les épaisseurs nominales e sont supérieures à 63 mm.**

ACIERS	Limite d'élasticité Re min (N/mm <sup>2</sup> )						Résistance à la traction (N/mm <sup>2</sup> ) épaisseur nominale (mm)			Essai de résilience sur éprouvette avec entaille en V (J/cm <sup>2</sup> ) (3)		
	épaisseur nominale (mm)						> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	Température ° C	épaisseur nominale (mm)	
	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 200 ≤ 250					63 < e ≤ 150	150 < e ≤ 250
AE 235 A	215	215	195	185	175	340 à 440	330 à 440	320 à 440	20	35 (4)	30 (4)	
AE 235 B (2)									20	35	30	
AE 235 C									0	35	30	
AE 235 D									-20	35	30	
AE 255 A	235	235	215	205	195	390 à 490	380 à 490	370 à 490	20	35 (4)	30 (4)	
AE 255 B (2)									20	35	30	
AE 255 C									0	35	30	
AE 255 D									-20	35	30	
AE 295 A (1)	265	255	235	225	215	420 à 530	410 à 530	390 à 530	20	35 (4)	30 (4)	
AE 295 B (2)									20	35	30	
AE 295 C									0	35	30	
AE 295 D									-20	50	42	
AE 355 A (1)	325	315	295	285	275	470 à 610	460 à 610	450 à 610	20	35 (4)	30 (4)	
AE 355 B (2)									20	35	30	
AE 355 C									0	35	30	
AE 355 D									-20	50	42	
AE 355 DD									-20	50	42	

(1) uniquement pour les profilés et laminés marchands

(2) uniquement pour les tôles, bandes et larges plats

(3) pour les poutrelles, l'épaisseur est limitée à 100 mm

(4) uniquement pour accord à la commande (cfr article 6 ci-avant)

TABLEAU VII: Interprétation des résultats d'essais de résilience.

Résilience		Première série de trois résiliences															
Cas n°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Valeurs moyennes V	$V \geq V_{mg}$	X	X	X	X	X	X										
	$V < V_{mg}$							X	X	X	X	X	X	X	X		
	$V \geq 0,85V_{mg}$																
	$V < 0,85V_{mg}$																X
Valeurs individuelles Vi	$V_i \geq V_{mg}$	X X X	X X	X X	X	X	X	X X	X X	X	X	X					
	$V_i < V_{mg}$		X		X X	X		X		X X	X		X X X	X X	X		
	$V_i \geq 0,7V_{mg}$																
	$V_i < 0,7V_{mg}$			X		X	X X		X		X	X X		X	X X		X X X
Décision		S	S	EC	EC	EC	NS	EC	EC	EC	EC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

$V_{mg}$  = valeur moyenne minimale garantie selon tableaux I et III de la norme (35 ou 50 J/cm<sup>2</sup>) et selon le tableau VI du présent document (p.1.12).

S = Satisfaisant.

EC = Essais complémentaires

NS = Non satisfaisant.

**TABLEAU VIII: Interprétation des résultats d'essais de résilience.**  
(essais complémentaires)

Résilience		Série de six résiliences après essais complémentaires							
Cas n°		A	B	C	D	E	F	G	H
Valeurs moyennes V	$V \geq V_{mg}$	X	X	X	X	X	X		
	$V < V_{mg}$							X	
Valeurs individuelles Vi	$V_i \geq V_{mg}$	XX XX X	XX XX X	XX XX	XX XX	XX XX	X X X		
	$V_i < V_{mg}$	X		X X	X		X X X		Plus de 3 valeurs $V_i < V_{mg}$
	$V_i \geq 0,7V_{mg}$								
	$V_i < 0,7V_{mg}$		X		X	X X			
Décision		S	S	S	S	NS	NS	NS	NS

$V_{mg}$  = Valeur moyenne minimale garantie selon tableaux I et III de la norme (35 ou 50 J/cm<sup>2</sup>) et selon le tableau VI du présent document (p.1.12).

S = satisfaisant.

NS = non satisfaisant.

## Essais de pliage avec cordon de soudure

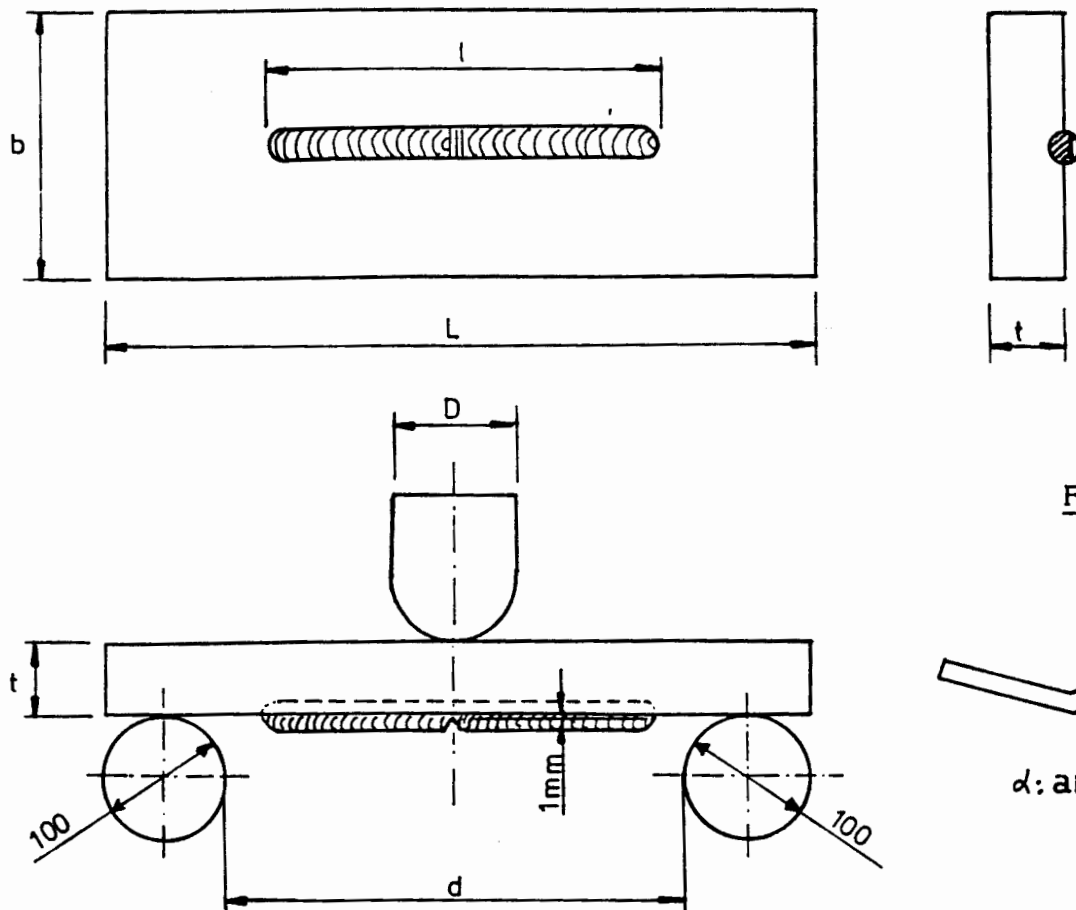


Figure 1.1

TABLEAU IX

Epaisseur $t$ (mm)	Longueur $L$ (mm)	Largeur $b$ (mm)	Diamètre du mandrin $D$ (mm)	Distance entre appuis $d$ (mm)
$20 \leq t < 25$	350	150	75	150
$25 \leq t < 30$	380	150	90	180
$30 \leq t < 35$	410	150	105	210
$35 \leq t < 40$	440	200	120	240
$40 \leq t < 45$	470	200	135	270
$45 \leq t < 50$	500	200	150	300

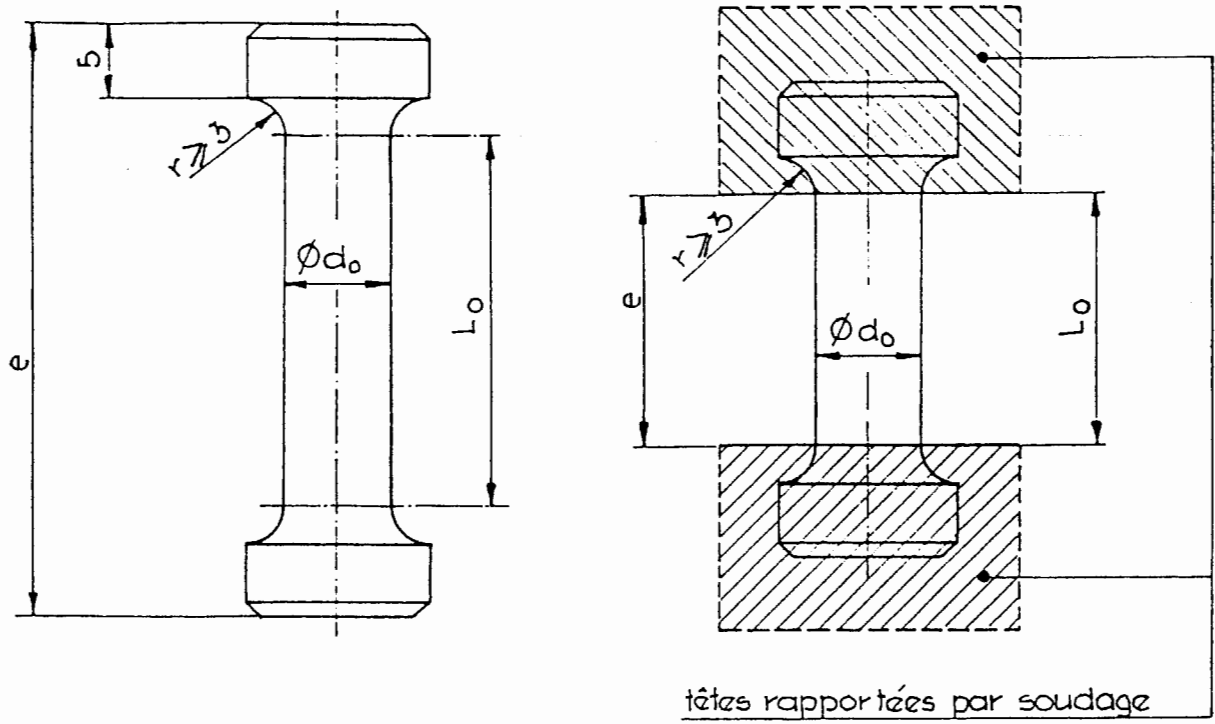
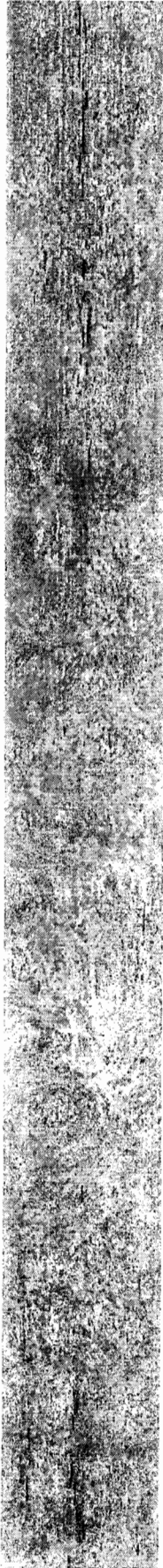


Figure 1.2

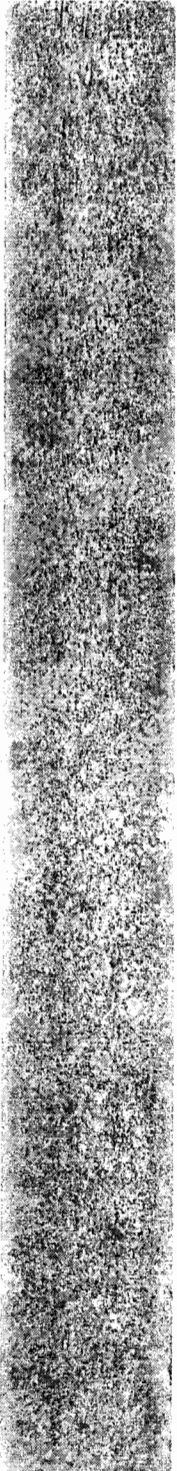
PLANCHE 1 - TÔLES DE FORTES EPAISSEURS

A REFUSER

2  
BON



1  
TRES BON



4  
A REFUSER



3  
LIMITE ACCEPTABLE





PLANCHE 2 - TÔLES DE FAIBLES EPAISSEURS

1  
TRES BON



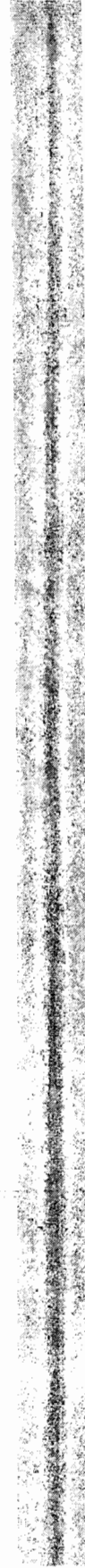
2  
BON



3  
LIMITE  
ACCEPTABLE



4  
A REFUSER



5  
A REFUSER

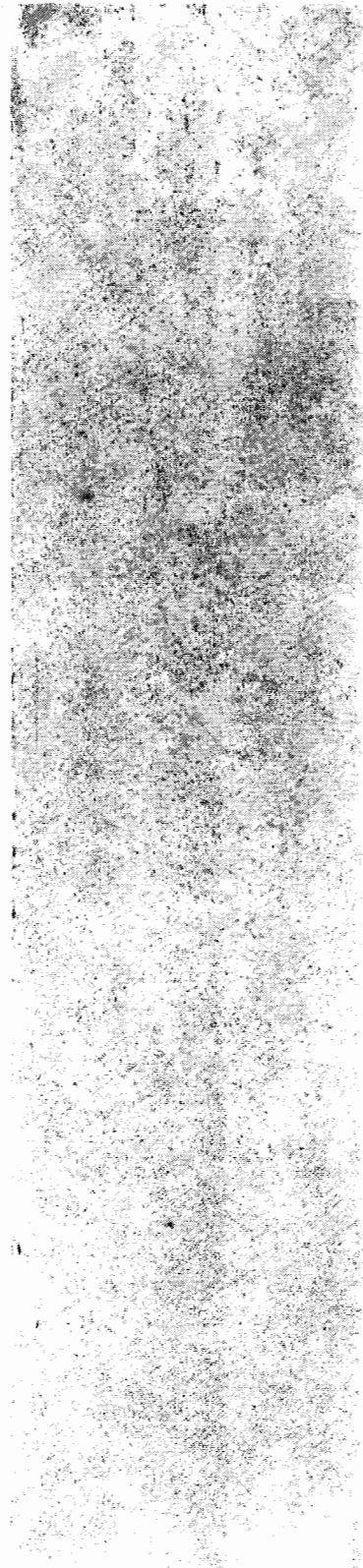


PLANCHE 3 - LARGES PLATS DE FORTES EPAISSEURS

1  
TRES BON



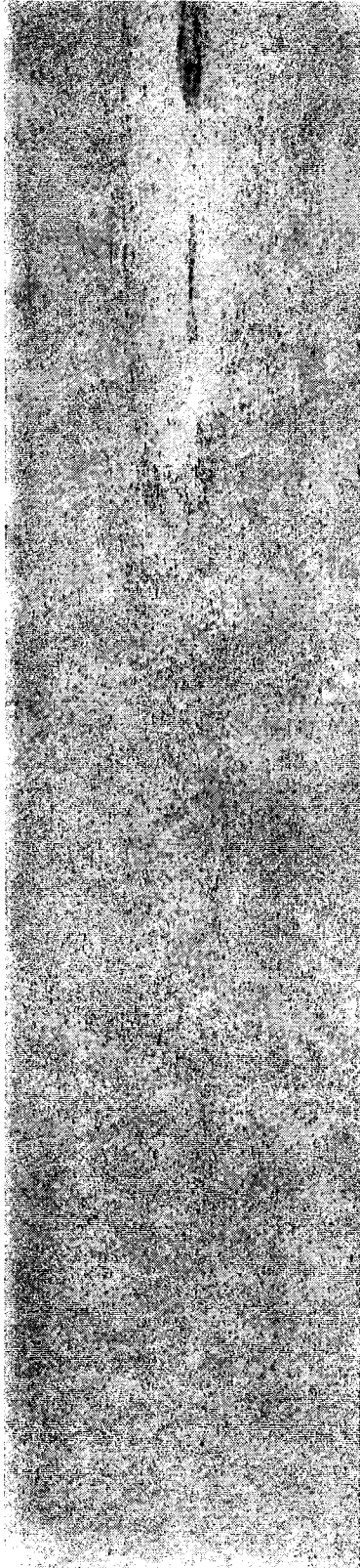
2  
BON



## SUIVE PLANCHE 3 - LARGES PLATS DE FORTES EPAISSEURS

3

LIMITE ACCEPTABLE



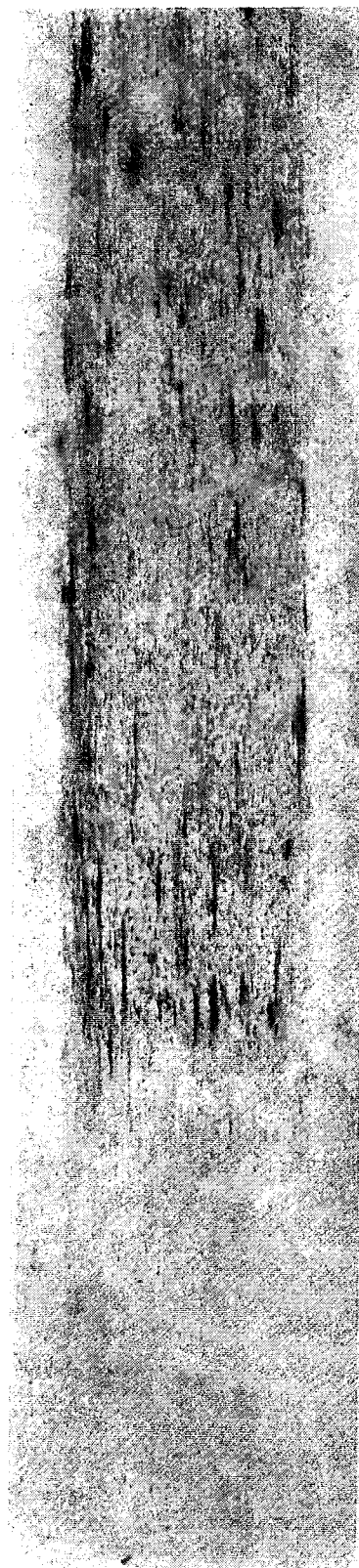
4

A REFUSER

Comparer  
la macrographie  
4 de la planche 2  
(Annexe 1.7)

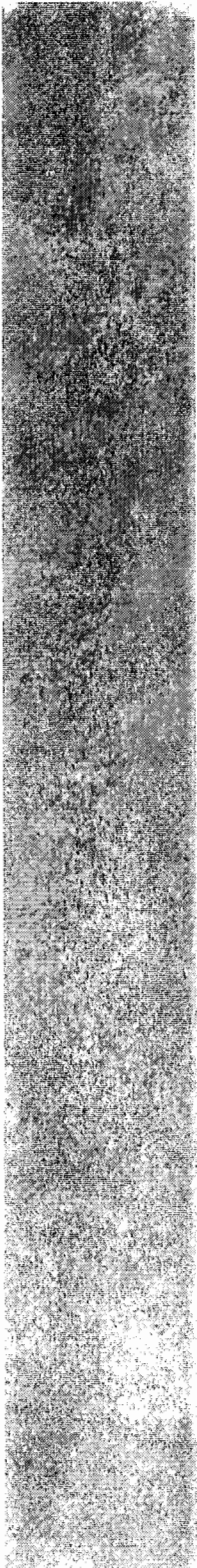
5

A REFUSER

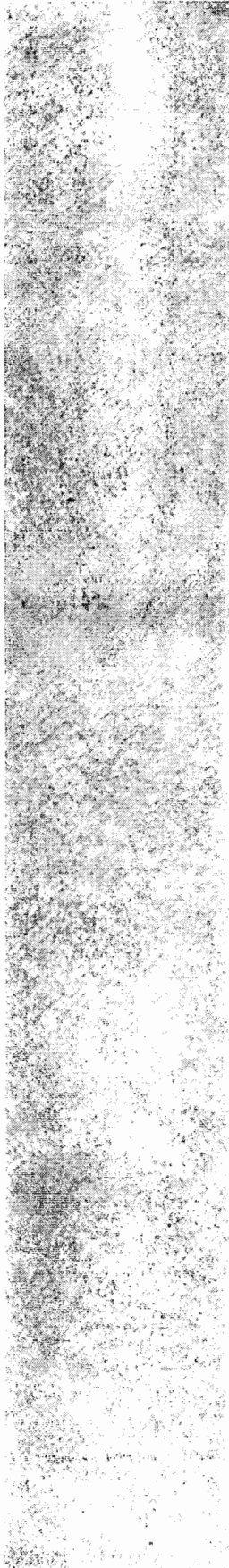


**PLANCHE 5 - LARGES PLATS D'EPAISSEURS MOYENNES**

1  
TRES BON



2  
BON



3  
LIMITE  
ACCEPTABLE



4  
A REFUSER

Comparer  
la macrographie  
4 de la planche 2  
(Annexe 1.7)

5  
A REFUSER

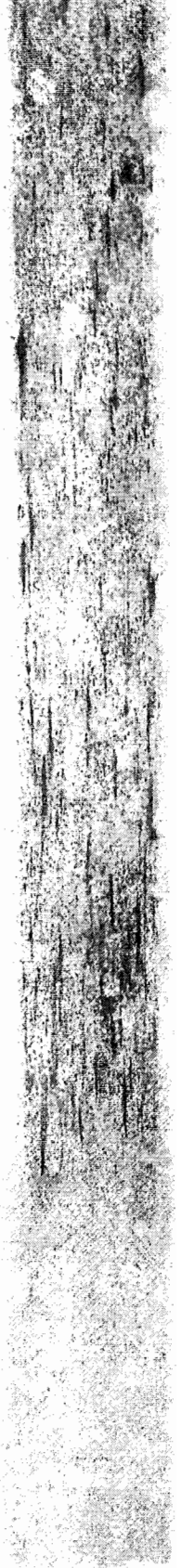
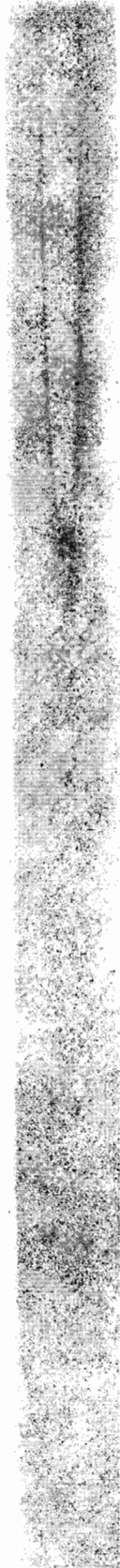


PLANCHE 6 - LARGES PLATS DE FAIBLES EPAISSEURS

1  
TRES BON



2  
BON



3  
LIMITE  
ACCEPTABLE



4  
A REFUSER

Comparer  
la macrographie  
4 de la planche 2  
(Annexe 1.7)

5  
A REFUSER



## CHAPITRE 2

ACIERS MOULES D'USAGE GENERALPREAMBULE

Les aciers moulés d'usage général répondent à la norme NBN A22-101 (janvier 1974) moyennant les précisions, modifications et compléments repris ci-après.

ARTICLE 3 - DESIGNATION.

A compléter par :

Toutes les pièces en acier moulé provenant d'une même coulée portent un même numéro venu de fonte.

Cette marque est disposée en un endroit où elle n'est pas nuisible à l'utilisation ou à l'aspect de la pièce.

Dans les cas particuliers où la question d'aspect est primordiale et si les marques ne peuvent être disposées en des endroits qui sont cachés aux regards après mise en place dans l'ouvrage, les indications mentionnées ci-dessus sont reportées sur les masselottes destinées aux prélèvements pour essais et attenantes à certaines pièces du lot.

ARTICLE 4 - CARACTERISTIQUES MECANIQUES.

A modifier et à compléter par :

- a. Les essais de choc sur barreaux entaillés sont toujours effectués dans tous les cas, à la température ambiante de  $23 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- b. Les éprouvettes avec entaille en V sont utilisées sauf convention contraire. Elles sont conformes à la NBN A11-104 (1975).
- c. Pour les pièces d'usage courant, l'acier moulé de la nuance AMGS 23-45 est choisie de préférence aux autres nuances, sauf stipulation contraire au cahier spécial des charges.
- d. Dans le cas où la nuance AMGS 30-60 est présentée, une résilience minimale de 15 joules est exigée.

ARTICLE 5 - MODE D'ELABORATION, ANALYSE ET TRAITEMENT THERMIQUE.Paragraphe 5.1.

Le dernier alinéa, est remplacé par :

Chaque pièce porte des témoins de recuit en nombre suffisant (au minimum deux) disposés en des endroits caractéristiques de la pièce (selon l'épaisseur en cet endroit) répartis dans les différentes sections (pièces de grandes dimensions) et de proportions adaptées à celle de la pièce avec un minimum de 20 mm d'épaisseur y compris dans la zone de liaison à la pièce.

Une partie de ces témoins est cassée en présence de l'agent chargé de la réception; l'examen de la cassure (grain) lui permet de s'assurer que le recuit de toutes les pièces a été effectué dans de bonnes conditions. Les témoins non cassés servent à contrôler le second recuit lorsque celui-ci s'est révélé nécessaire après le premier examen.

Tous les témoins sont cassés avant livraison des pièces.

### Paragraphe 5.2.

A compléter par :

L'aciérie fournit un certificat d'analyse concernant les teneurs en phosphore et en soufre déterminées et garanties par elle. Ces valeurs sont éventuellement contrôlées par l'administration.

### ARTICLE 6 - SOUDABILITE.

A compléter par :

Un essai de pliage avec cordon de soudure est prévu pour contrôler la soudabilité lorsque les pièces sont destinées à être soudées. Les modalités de cet essai sont décrites au paragraphe 7.3.4.

De plus, l'aciérie fournit à titre d'information un certificat d'analyse sur coulée concernant les teneurs en carbone, manganèse et silicium. Le certificat est complémentaire à celui prévu au paragraphe 5.2.

En vue du contrôle de la compatibilité entre le métal de base et le métal déposé d'une part et de la mise au point du mode opératoire de soudage, l'entrepreneur prévoit un supplément de masselottes pour la confection des éprouvettes concernées.

### ARTICLE 7 - ESSAIS MECANIQUES.

#### Paragraphe 7.2. - Prélèvement et préparation des éprouvettes.

##### Paragraphe 7.2.1. et 7.2.2.

Ces paragraphes sont remplacés par :

Deux pièces au moins par coulée comportent des appendices adhérents de dimensions suffisantes pour le prélèvement d'éprouvettes pour essais de traction et de barreaux pour essais de résilience.

Ces appendices pour éprouvettes restent attenants aux pièces jusqu'à la fin des opérations de recuit et ne peuvent en être détachés qu'en présence de l'agent réceptionnaire et après contrôle de la qualité du recuit.

Ne sont détachés en premier lieu que les seuls appendices nécessaires pour la réalisation d'une série d'éprouvettes. Les autres sont réservés pour effectuer éventuellement des contre-essais et restent adhérents aux pièces jusqu'à la fin des traitements de correction qui auront pu être décidées suite aux résultats obtenus lors des premiers essais.

Après prélèvements, les éprouvettes ne peuvent subir aucun traitement susceptible de modifier les caractéristiques du métal.

Les lingots échantillons coulés à part ne sont autorisés qu'exceptionnellement, si par exemple, la forme des pièces ne permet pas une autre procédure, ce dont l'administration est seul juge.

En cas d'acceptation de lingots échantillons coulés à part, ceux-ci sont réalisés en présence de l'agent réceptionnaire.

### Paragraphe 7.3. - Détermination des caractéristiques mécaniques.

Un paragraphe 7.3.4. est ajouté.

#### Paragraphe 7.3.4. Réalisation de l'essai de pliage avec cordon de soudure.

##### 7.3.4.1. - Préparation de l'éprouvette (cfr annexe 2.1, p.2.5).

Les dimensions de l'éprouvette après usinage des bords, s'ils ont été cisailés ou oxycoupés - enlèvement de 3 mm au moins par usinage (rabotage ou meulage) - sont données par le tableau. Les arêtes de l'éprouvette sont cassées à la lime, de manière que le rayon d'arrondi ne soit pas inférieur à 1/10 de l'épaisseur et en évitant de laisser subsister des stries transversales.

L'épaisseur de l'éprouvette peut être ramenée, avant soudage, à 25 mm par rabotage de l'une des faces pour tenir compte de l'équipement disponible.

L'éprouvette comporte, sur une face, et suivant son axe longitudinal, une rainure semi-circulaire de 4 mm de rayon et d'une longueur égale à 6 fois l'épaisseur de l'éprouvette.

Un cordon de soudure est déposé dans la rainure : le dépôt est réalisé en une passe (cordon tiré) au moyen d'une électrode basique de 5 mm de diamètre.

La vitesse de soudage est telle que la longueur du cordon déposé soit environ égale aux 2/3 de la partie consommée de l'électrode.

Eventuellement, une préchauffe de l'acier peut être appliquée en tenant compte de la valeur de la température de préchauffe retenue par le constructeur lors des travaux de soudage.

La surépaisseur de soudure est entaillée transversalement et à mi-longueur, jusqu'à 1 mm ( $\pm 0,3$  mm) de la surface du produit au moyen d'une fraise à profil :

- ouverture 45°;
- rayon d'arrondi 0,25 mm.

L'éprouvette ne peut subir après soudage, aucun traitement mécanique, ni thermique.

##### 7.3.4.2. - Méthode d'essai.

L'essai consiste dans le pliage de l'éprouvette disposée de manière que le cordon de soudure soit situé sur la face en traction.

Les conditions de pliage sont schématisées par la figure en annexe 2.1, p.2.5.

La distance entre appuis et le diamètre du mandrin de pliage sont choisis en fonction de l'épaisseur de l'éprouvette.

La vitesse de pliage est lente et uniforme.



L'essai est réalisé à la température ambiante et effectué au moins 12 heures après le dépôt du cordon de soudure.

Lors du pliage, il ne peut se produire de rupture avant que ne soit atteint un angle de 45°; les fissures qui prennent naissance dans la soudure et qui ne se propagent que très légèrement dans le métal de base sont tolérables.

Pour les ruptures qui apparaissent pour des angles de pliage compris entre 45° et 60°, l'aspect de la cassure doit être mat (rupture par glissement) ou mixte, c'est-à-dire partie mate et partie à grains brillants (décohésion); la zone de grains brillants ne doit pas excéder 50 % de la section totale.

L'essai n'est pas poursuivi, s'il n'y a pas de rupture à 80°.

La norme est complétée par les articles 9, 10 et 11 suivants :

#### ARTICLE 9 - CONTROLE DE L'ASPECT ET DES DIMENSIONS.

Pour la réception au point de vue de l'aspect, les pièces moulées doivent être disposées ou déplacées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de la réception, être enduites d'huile, de peinture, etc ... Des marques peintes sont toutefois tolérées.

Les pièces moulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage et ne présentent ni creux, ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts, si ceux-ci compromettent leur utilisation ou rendent leur achèvement ultérieur plus difficile. La correction locale éventuelle de défauts par soudure sur pièces brutes est effectuée avant le traitement de recuit. Elle ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration et selon les modalités préalablement admises par elle.

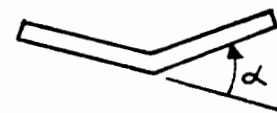
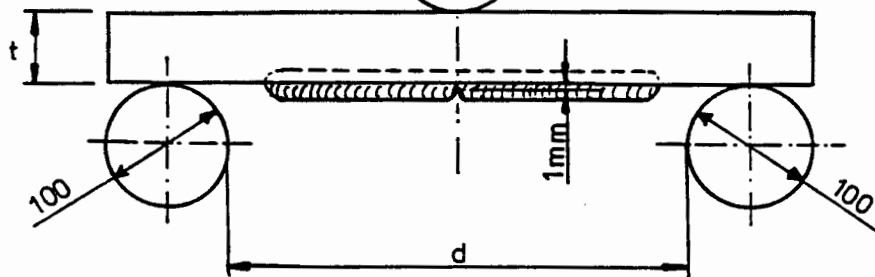
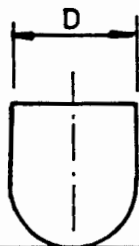
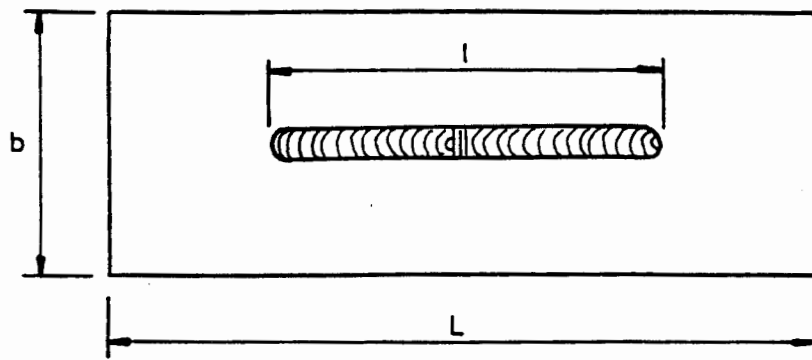
#### ARTICLE 10 - DEFAUTS CONSTATES LORS DE L'USINAGE.

Si lors de l'usinage des pièces moulées, des défauts sont constatés, l'entrepreneur soumet éventuellement à l'administration, des propositions de réparation.

La réparation ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration.

#### ARTICLE 11 - SOUDAGE.

Les métaux d'apport doivent être appropriés au métal de base. Les électrodes manuelles, les fils fourrés et les flux (pour le soudage à l'arc submergé) sont à "caractère basique", c'est-à-dire qu'ils conduisent à une teneur maximale en hydrogène diffusible correspondant à la classe ELH selon le chapitre 8 "ELECTRODES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL A L'ARC" et le chapitre 9 "SOUDAGE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUE"



$\alpha$ : angle de pliage

Figure 2.1

Epaisseur $t$ (mm)	Longueur $L$ (mm)	Largeur $b$ (mm)	Diamètre du mandrin $D$ (mm)	Distance entre appuis $d$ (mm)
$20 \leq t < 25$	350	150	100	150
$25 \leq t < 30$	380	150	120	180
$30 \leq t < 35$	410	150	140	210
$35 \leq t < 40$	440	200	160	240
$40 \leq t < 45$	470	200	180	270
$45 \leq t < 50$	500	200	200	300

## CHAPITRE 3

ACIERS FORGES

Les aciers forgés d'usage courant à l'état non traité répondent aux prescriptions suivantes :

ARTICLE 1 - ELABORATION.

Sauf convention particulière préalable, le mode d'élaboration de l'acier forgé ainsi que sa composition chimique sont laissées au choix du fournisseur qui doit prendre toutes dispositions utiles pour que les caractéristiques définies ci-après soient respectées pour la nuance retenue par le cahier spécial des charges.

Par le forgeage, la section de la pièce doit être réduite au moins au 1/3 de la section primitive du lingot et au 1/5 au plus.

La pièce est forgée de manière à approcher la forme définitive; le forgeage doit orienter l'écoulement du métal dans la direction la plus favorable pour la sollicitation en service.

Après forgeage, les pièces subissent un recuit de normalisation, suivi éventuellement d'un revenu pour les pièces très épaisses. Le métal est sain, exempt de criques et de séparations internes.

ARTICLE 2 - CONTROLE DES CARACTERISTIQUES MECANIQUES.

Pour l'établissement du nombre des séries d'essais à prévoir, les différents facteurs à prendre en considération sont la coulée, l'importance de la pièce, le degré de corroyage :

- dans le cas où la composition chimique de chaque coulée est donnée à titre d'information par le fournisseur, une série d'essais est réalisée par 15 tonnes ou fraction de 15 tonnes de produits provenant d'une même coulée et faisant partie d'un groupe de pièces de mêmes dimensions ou légèrement voisines et ayant subi des corroyages de degrés peu différents. Un minimum de deux séries d'essais est réalisé si la coulée est destinée pour plusieurs pièces. Par contre, une série d'essais suffit en cas de pièce unique;
- dans le cas où la composition de la coulée n'est pas définie, le nombre de séries d'essais est établi de la même façon que ci-devant, la quantité de 15 tonnes étant ramenée à 5 tonnes.

En principe, les éprouvettes sont prélevées dans la matière se trouvant dans le prolongement de la pièce, forgée en même temps et de façon identique, et ayant subi le même recuit postérieur au forgeage.

Les masses dans lesquelles sont prélevées les éprouvettes doivent être encore attenantes lors du prélèvement. Après prélèvement, les éprouvettes ne peuvent subir aucun traitement qui pourrait modifier les caractéristiques du métal.

Les éprouvettes sont prélevées "en long" c'est-à-dire suivant le sens de la grande longueur de la pièce et qui est généralement perpendiculaire à la direction de forgeage. Si possible, elles sont extraites de la zone qui se trouve au tiers extérieur du rayon de la section transversale de la pièce; si la section transversale de la pièce est faible (épaisseur de l'éprouvette plus petite que 60 mm), les éprouvettes sont extraites du cœur de la pièce.

La forme des pièces forgées ne permet pas toujours de respecter ce mode de prélèvement. Dans ce cas, l'entrepreneur doit, avant de passer la commande, se mettre d'accord avec l'administration, sur les modalités de prélèvement, à moins que le mode de prélèvement soit décrit au cahier spécial des charges. Une ou des pièces supplémentaires peuvent être fabriquées et sacrifiées pour les essais.

Des possibilités de prélèvements supplémentaires ou des échantillons de réserve doivent être prévus pour l'éventualité où les résultats des essais auraient montré la nécessité de faire subir un nouveau traitement thermique aux pièces soumises à la réception. Dans le cas où les échantillons auraient définitivement été séparés des pièces, lors du premier prélèvement, toute garantie doit être donnée à l'agent de l'administration, avec possibilité de vérification, que les échantillons sont traités identiquement et en même temps que les pièces.

### ARTICLE 3 - PRESCRIPTIONS DE QUALITE SELON LA DESTINATION.

Différentes nuances d'acier forgé sont données dans le tableau ci-après :

Nuance Qualité	Rm N/mm <sup>2</sup>	Re min. N/mm <sup>2</sup>	Allongem. minimum Lo=7,2d (1) %	Pliage 90° Ø mandrin (2)	Résilience Charpy U Joule/cm <sup>2</sup>		Soudabilité Qualité selon NBN A21-101 Essais Charpy V (3)
					a ≤ 80mm	a > 80mm	
42	410-490	235	22	2a	---	---	---
42 f/v	410-490	235	22	2a	120	112	---
42 s/l	410-490	235	22	2a	---	---	C, D, DD
45	440-540	255	20	2a	---	---	---
45 f/v	440-540	255	20	2a	88	72	---
45 s/l	440-540	255	20	2a	---	---	C, D, DD
50	490-590	285	18	3a	---	---	---
50 f/v	490-590	285	18	3a	64	48	---
50 s/l	490-590	285	18	3a	---	---	C, D, DD

(1) Pour les éprouvettes à section calibrée non circulaire:  $L_0 = 8,16 \cdot \sqrt{S_0}$

(2) a = épaisseur de l'éprouvette.

(3) En dérogation à la norme, l'énergie minimale de rupture est fixée pour toutes les qualités à 35 joules/cm<sup>2</sup>.

La nuance, la qualité et le niveau de soudabilité (C ou D ou DD) choisis sont précisés dans le cahier spécial des charges.

Si toutefois aucune prescription n'est donnée, l'acier est de la nuance 45.

Le contrôle de la résilience Charpy U n'est opéré que pour les pièces qui, en service, peuvent être sollicitées par fatigue ou par chocs ainsi que pour les pièces filetées (qualité f/v).

Le contrôle de la soudabilité est appliqué lorsque des soudures de résistance sont appliquées sur les pièces (qualité s/1).

Pour les pièces destinées à la fois à être soudées et à subir des sollicitations de fatigue, les essais de choc sur éprouvettes Charpy U ne sont pas effectués.

#### ARTICLE 4 - MODALITES D'EXECUTION DES ESSAIS.

##### 4.1. Essai de traction.

L'essai est réalisé conformément à la NBN A11-101 (1980).

L'éprouvette peut être cylindrique ou prismatique selon l'échantillon dont elle doit être extraite.

Si la section le permet, l'essai peut être effectué sur la section entière.

##### 4.2. Contrôle de la résilience sur éprouvette Charpy U.

L'essai est réalisé conformément à la NBN A11-104 de 1975.

La température de l'éprouvette au moment de l'essai est de  $23^{\circ} \pm 5^{\circ}$  C.

##### 4.3. Essai de pliage.

L'essai est réalisé conformément à la NBN 117-02 de 1961.

L'essai est considéré comme satisfaisant si aucune crique n'apparaît sur la face sollicitée en traction.

#### ARTICLE 5 - SOUDAGE.

Les métaux d'apport doivent être appropriés au métal de base.

Les électrodes manuelles, les fils fourrés et les flux (pour le soudage à l'arc submergé) sont à "caractère basique", c'est-à-dire qu'ils conduisent à une teneur maximale en hydrogène diffusible correspondant à la classe ELH selon le chapitre 8 "ELECTRODES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL A L'ARC" et le chapitre 9 "SOUDAGE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUE".

En vue du contrôle de la compatibilité entre le métal de base et le métal déposé d'une part et de la mise au point du mode opératoire de soudage, l'entrepreneur prévoit un supplément de matière suffisant pour la confection des éprouvettes concernées.

N.B. Les aciers destinés à être soudés, doivent être présentés en réception avec le classement par coulée. Le fournisseur est tenu de remettre un certificat d'analyse sur chaque coulée.

## CHAPITRE 4

ACIER A RESSORT POUR BARRIERES DE SECURITEARTICLE 1 - GENERALITES - NUANCES DE L'ACIER.

L'acier est de la nuance 50 Si7 suivant les normes NBN 253-01 et NBN 253-05 (1972) moyennant les précisions, modifications et compléments mentionnés ci-après.

I. NORME NBN 253-01.

- Le paragraphe 7.2 est remplacé par :  
Les éprouvettes de traction ont une section rectangulaire et une épaisseur égale à celle du produit.
- Le paragraphe 9.1 est complété comme suit :  
Le fournisseur remet à l'agent réceptionnaire :
  - le certificat donnant l'analyse de chaque coulée et garantissant que toutes les pièces d'une même unité de réception ont subi le même traitement thermique;
  - les résultats des mesures de dureté BRINELL ou ROCKWELL cône qu'il a effectuées préalablement sur au moins 5% des pièces de chaque unité de réception (avec un minimum de cinq pièces contrôlées).
- Les paragraphes 9.2.1.3 et 9.2.2.2 sont remplacés par :  
L'unité de réception est constituée de pièces de même épaisseur, appartenant à la même coulée et ayant subi le même traitement thermique. Une série d'essais est effectuée par 250 pièces ou par fraction de 250 pièces.
- L'article 10 est remplacé par :  
Le prélèvement et la préparation des échantillons sont réalisés selon la norme NBN A03-001 (1980) qui est toutefois précisée et modifiée comme suit :
  - l'axe de l'éprouvette de traction est située au tiers de la largeur du produit;
  - les trois éprouvettes de résilience sont prélevées côte à côte, l'axe longitudinal de l'éprouvette centrale est situé au tiers de la largeur du produit.
- La première phrase du paragraphe 11.2 est remplacé par :  
L'usinage des éprouvettes et l'exécution des essais sont réalisés conformément aux normes NBN A11-101 (1980) et A11-104 (1975).
- Le paragraphe 11.4 doit être remplacé par :  
Les normes NBN A11-105 (1980) et A11-106 (1980) sont d'application.

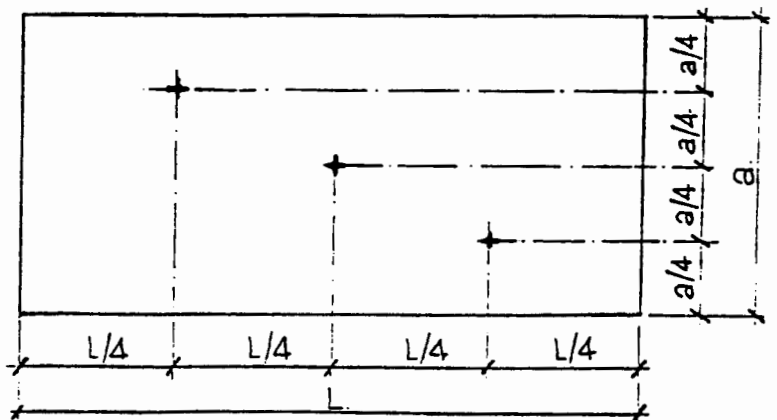
## II. NORME NBN 253-05.

- Le chapitre 2 est modifié comme suit :  
Les produits sont livrés dans l'état de traitement thermique final, c'est-à-dire après formage à chaud suivi d'un traitement de trempe et de revenu. Les propriétés mécaniques sont vérifiées sur les pièces dans leur état de livraison.
- Les caractéristiques mécaniques (tableau III) sont complétées comme suit :  
L'acier présente, à l'état final et à la température ambiante, une résilience d'au moins 30 Joules/cm<sup>2</sup> sur éprouvettes Charpy U. Il s'agit de la valeur moyenne de 3 essais; aucune valeur individuelle ne peut être inférieure à 20 Joules/cm<sup>2</sup>.

### ARTICLE 2 - PRESCRIPTIONS COMPLEMENTAIRES CONCERNANT LES ESSAIS DE RECEPTION.

- 2.1 Une série d'essais comprend un essai de traction et trois essais de résilience. Toutefois, l'administration se réserve le droit d'effectuer des mesures de dureté complémentaires, afin de vérifier l'homogénéité des produits.
- 2.2 Si les dimensions des pièces ne permettent pas le prélèvement d'éprouvettes de traction, chaque essai de traction est remplacé par la mesure de la dureté BRINELL ou ROCKWELL cône sur 3 pièces.
- 2.3 Dans le cas d'une unité de réception comportant un nombre de pièces limité, l'administration peut décider de remplacer l'essai de traction par la mesure de la dureté sur trois pièces.
- 2.4 Les mesures de dureté sont effectuées sur l'une des faces des pièces. En cas de litige, elles sont réalisées sur une coupe transversale du produit aux 3 endroits indiqués ci-après :

L = largeur du produit  
a = épaisseur du produit



### ARTICLE 3 - CONTRE-ESSAIS.

Si une seule série d'essais donne un ou des résultats non satisfaisants, des contre-essais peuvent être demandés. Ils sont effectués sur un nombre de pièces double de celui des pièces testées en premier lieu.

## CHAPITRE 5

FONTES1. FONTES GRISES A GRAPHITE LAMELLAIRE.

Les fontes grises à graphite lamellaire répondent à la norme NBN 830-01 (édition 1970) moyennant les compléments suivants.

ARTICLE 6 - EPROUVETTES.

Si les barreaux d'essais sont coulés à part, la coulée a lieu en présence du délégué de l'administration qui prend les dispositions nécessaires pour identifier les éprouvettes (date de coulée, marque distinctive).

La réception par prélèvement au hasard d'une pièce de la fourniture peut être envisagée moyennant accord préalable entre les parties sur les modalités du prélèvement et sur les valeurs minimales des caractéristiques mécaniques à obtenir.

Un article 7 est ajouté.

ARTICLE 7 - CONTROLE DE L'ASPECT ET DES DIMENSIONS.

Pour la réception au point de vue de l'aspect, les pièces moulées doivent être disposées ou déplacées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de la réception, être enduites d'huile, de peinture, etc ... Des marques peintes sont toutefois tolérées.

Les pièces moulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage et de battitures; elles ne présentent ni creux, ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts, si ceux-ci compromettent leur utilisation ou rendent leur achèvement ultérieur plus difficile. La correction locale éventuelle des défauts par soudure ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration et selon les modalités préalablement acceptées par elle.

Un article 8 est ajouté.

ARTICLE 8 - CHOIX DE LA QUALITE DE LA FONTE.

Sauf stipulation contraire au cahier spécial des charges, les pièces sont de la classe FGG 20.

Pour les pièces de voirie, il y a lieu de se référer à la norme NBN B53-101 "Pièces de voirie en fonte ou en acier moulé".



## 2. FONTES GRISES A GRAPHITE SPHEROIDAL.

Les fontes grises à graphite sphéroïdal répondent à la norme NBN 830-02 (édition 1970) moyennant les précisions et compléments suivants.

### ARTICLE 6 - PRELEVEMENT DES EPROUVETTES.

Le paragraphe 6.1. est précisé et complété comme suit :

En principe, les blocs-échantillons sont attenants aux pièces. Dans le cas où les blocs-échantillons sont coulés à part, la coulée a lieu en présence du délégué de l'administration qui prend les dispositions nécessaires pour identifier les blocs-échantillons (date de coulée, marque distinctive).

Les pièces de la fourniture portent au moins deux témoins permettant de vérifier si la fonte est bien ductile. Un témoin est cassé en présence du délégué de l'administration.

La rupture ne peut être brusque, sans déformation. Les témoins ont une section de  $\pm 5 \times 20$  mm.

En cas d'essais négatifs, les pièces litigieuses subissent un traitement thermique de recuit. L'efficacité de celui-ci est contrôlée par la cassure du second témoin.

Des articles 8, 9 et 10 sont ajoutés.

### ARTICLE 8 - CONTROLE DE L'ASPECT ET DES DIMENSIONS.

Pour la réception au point de vue de l'aspect, les pièces moulées doivent être disposées ou déplacées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de réception, être enduites d'huile, de peinture, etc ... Des marques peintes sont toutefois tolérées.

Les pièces moulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage et de battitures; elles ne présentent ni creux, ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts, si ceux-ci compromettent leur utilisation ou rendent leur achèvement ultérieur plus difficile. La correction locale éventuelle des défauts par soudure ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration et selon les modalités préalablement acceptées par elle.

### ARTICLE 9 - EXAMENS MICROGRAPHIQUES.

L'administration se réserve le droit de procéder à des examens micrographiques sur des échantillons prélevés dans les pièces, afin de vérifier la nodularisation du graphite. Ces examens peuvent être effectués sur l'un des témoins cités ci-avant à l'article 6.

ARTICLE 10 - CHOIX DE LA QUALITE DE LA FONTE.

Sauf stipulation contraire au cahier spécial des charges, les fontes à graphite sphéroïdal des classes FNG 38-17 et FNG 42-12 sont choisies.

Cependant, en cas de sollicitation par choc, seule la classe FNG 38-17 est retenue. C'est, en effet, la seule classe où des essais de choc sur barreaux entaillés sont prévus.

NOTES COMMENTAIRES1. Fonte grise à graphite lamellaire.

L'appellation fait allusion à la teinte de la cassure.

Le carbone est sous forme libre, c'est-à-dire de carbone cristallisé ou graphite. Il se présente sous forme lamellaire. Cette fonte est appelée également fonte ordinaire.

Cette structure limite les caractéristiques mécaniques dont principalement la ductilité.

Il n'est donc pas recommandé d'utiliser cette fonte pour la réalisation de pièces devant subir des chocs et des déformations importantes.

La classe FGG 20 est destinée aux pièces normalement sollicitées.

2. Fonte grise à graphite sphéroïdal.

Celle-ci se différencie principalement de la précédente par la forme du graphite qui dans ce cas est sous forme de nodules.

Cette structure particulière lui confère des caractéristiques mécaniques meilleures et en particulier de la ductilité.

Avec ce type de fonte, on peut envisager de réaliser des pièces plus importantes telles que canalisations d'eau, disque et corps de vanne, grilles importantes soumises à choc.

Les classes FNG 38-17 et FNG 42-12 sont destinées aux pièces d'usage courant.

3. Observation.

Il existe aussi des fontes dites malléables selon les normes NBN A22-203 et NBN A22-204 (éditions 1972); ces fontes ne sont pas retenues pour les travaux du Ministère des Travaux publics.

\* \* \*

## CHAPITRE 6

RIVETSARTICLE 1 - ACIERS.

1.1. Les aciers pour rivets satisfont aux prescriptions des normes suivantes :

NBN 293.00 (1952)

- Produits sidérurgiques - Barres laminées et acier pour rivets, boulons, écrous et autres organes d'assemblage - Généralités.

NBN 293.11 (1952)

- Barres laminées en acier pour rivets destinés à la construction métallique - Norme de qualité.

NBN 293.31 (1952)

- Tolérances.

NBN 147 (1969)

- Produits sidérurgiques - Désignation conventionnelle des aciers laminés.

+ addendum I (1975)

Remarque : Ces normes renvoient aux normes reprises ci-après qui ne sont plus d'actualité et qui doivent être remplacées.

NBN 150

A remplacer par NBN A02-001 (1979) -

Produits sidérurgiques - Conditions générales techniques de livraison pour l'acier et les produits sidérurgiques.

NBN 148

A remplacer par NBN A03-001 (1980) -

Prélèvement et préparation des échantillons et des éprouvettes pour l'acier et les produits sidérurgiques.

NBN 117.01

A remplacer par NBN A11-101 (1980) -

Produits sidérurgiques - Essai de traction à température ambiante.

1.2. Nuance de l'acier des rivets en fonction de la nuance de l'acier des pièces à assembler.

Pièces à assembler	Rivets
AE 235	A 34 m
AE 355	A 45 m

Pour les autres nuances d'acier (AE 255 et AE 295), le choix de la nuance de l'acier des rivets est fait par l'auteur du projet.

ARTICLE 2 - FABRICATION DES RIVETS.2.1. - Généralités.

Les têtes de rivets sont obtenues par estampage à chaud.

Elles doivent :

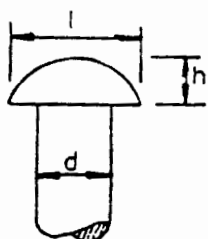
- être parfaitement centrées par rapport à la tige;
- ne présenter ni crique, ni gerçure, ni défaut quelconque;
- avoir une face d'appui perpendiculaire à l'axe de la tige.

Les têtes de rivets ne peuvent porter aucune marque en relief ou autre. Le constructeur calcule et détermine, au besoin par expérience, la longueur à donner aux tiges de rivets pour obtenir, lors du rivetage, des têtes identiques aux têtes primitives, tout en remplissant complètement les trous. Les rivets sont soigneusement ébarbés.

2.2. - Dimensions et tolérances.

Les dimensions des têtes de rivets sont les suivantes :

- rivets à tête ronde :

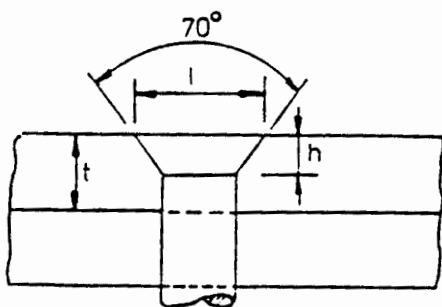


diamètre  $l$  de la tête :  $1,7 \times d$

hauteur  $h$  de la tête :  $0,7 \times d$

$d$  = diamètre du rivet, commandé en boulonnerie

- rivets à tête fraisée :



diamètre  $l$  de la tête :  $1,7 \times d$

hauteur  $h$  de la tête :  $d/2$

N.B. : l'épaisseur de la tôle, dans laquelle la tête fraisée est engagée, ne peut être inférieure à  $t = h + 2 \text{ mm}$

- tolérances :

sur les dimensions de la tête : diamètre  $\pm 1 \text{ mm}$   
hauteur  $\pm 1 \text{ mm}$

sur le diamètre  $d$  de la tige : jusqu'à  $25 \text{ mm}$  :  $\pm 0,25 \text{ mm}$   
au-delà de  $25 \text{ mm}$  :  $\pm 1 \% d$

sur la longueur de la tige :  $- 0, + 1 \text{ mm}$ .

ARTICLE 3 - CONTROLE DE QUALITE.

- Appréciation de la nuance de l'acier à partir de mesures de dureté Brinell.
- Empreinte BAUMANN sur coupe longitudinale.

L'examen macrographique est imposé pour les différentes nuances d'acier; il ne peut révéler de ségrégation excessive qui pourrait nuire à la bonne mise en service du rivet.

- Essais de performance.
  - Le corps du rivet étant fixé dans un trou d'enclume, il faut que l'on puisse écraser à froid la tête au tiers de son épaisseur, sans qu'elle présente de criques sur les bords.
  - La tête du rivet doit pouvoir être inclinée à 45°, sans se décoller. Cet essai peut être remplacé par une réduction transversale de la tête jusqu'au diamètre du fût.
  - Chauffée à une température de 900 à 925° C, une tête de rivet doit pouvoir être aplatie, sous la forme d'un disque d'une épaisseur égale au 1/4 de la hauteur de la tête, sans montrer aucune trace de criques ou gerçures, même lorsque le martelage est continué pendant la chaleur bleue succédant à la chaleur rouge.
- Prélèvement pour contrôle.

Les rivets sont classés en unités de réception comprenant chacune des produits d'une même nuance d'acier et de même diamètre.

Au sein de chaque unité de réception, on procède à une série d'essais par tranche de 500 pièces, avec un minimum de une ou deux séries d'essais selon que le lot est inférieur ou au moins égal à 100 unités. Une série comprend l'ensemble des essais décrits ci-avant y compris l'examen macrographique.

Si des essais ne sont pas satisfaisants, il peut être procédé à des contre-essais de même type. Le nombre des contre-essais est double du nombre d'essais non satisfaisants. L'unité de réception est acceptée si tous les contre-essais sont satisfaisants.

ARTICLE 4 - REMARQUE.

Le constructeur fait connaître à l'administration les dispositions qu'il compte prendre pour éviter toute confusion entre les rivets de différentes qualités au cours de leur mise en oeuvre.

**CHAPITRE 7****BOULONS****ARTICLE 1 - GENERALITES.**

- 1.1. Le terme boulon désigne l'ensemble constitué par la vis, l'écrou et la (les) rondelle(s).
- 1.2. Les boulons à haute résistance (boulons H.R.) sont les boulons dont les vis sont d'une classe de qualité égale ou supérieure à la classe 8.8. et qui sont conformes à la norme NBN E 27-073 (1988).
- 1.3. Les boulons désignés ci-après comme ordinaires sont, contrairement au point 6.3.1.1.A.a. de la NBN B51-002 (1988), les boulons des différentes classes de qualité selon la norme NBN E 27-011 mais dont les dimensions nominales des surplats des écrous et des têtes des vis sont conformes aux dimensions de la "série normale" selon la norme NBN E 27-021 (1987).
- 1.4. Les boulons calibrés sont les boulons dont la tolérance sur le diamètre de la partie lisse de la tige est inférieure ou égale à celle correspondant à la qualité 11 selon la norme NBN 102 (1962) (généralement h 11 pour les boulons ordinaires calibrés et b 11 pour les boulons à haute résistance calibrés).
- 1.5. Les boulons non calibrés sont les boulons dont la tolérance sur le diamètre de la partie lisse de la tige est supérieure à celle correspondant à la qualité 11 (exemples : h 13, h 14 ou h 15).

**ARTICLE 2 - BOULONS A HAUTE RESISTANCE.**

La norme NBN E 27-073 (1988) est d'application moyennant les précisions et modifications ci-après.

**Paragraphe 4.4.5.2. - Lotissement.**

Le "lotissement normal" des vis est admis.

**Paragraphe 6.2.3.**

Les plans d'échantillonnage double et d'échantillonnage triple du tableau 7 sont retenus.

**Paragraphe 7.3. - Préparation des éléments du boulon.**

L'essai est réalisé sur boulons dont l'état de surface des filets des vis et des écrous ainsi que de la face portante des écrous est identique à celui qui est adopté pour la mise en oeuvre des boulons (cfr la paragraphe 5.4.2. du chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER").

Paragraphe 7.4.2. - Plan d'échantillonnage.

Le tableau 9 est précisé et modifié comme suit :

- première colonne : remplacer  $d > 20$  mm par  $d \geq 20$  mm;
- deuxième colonne : remplacer  $d \leq 20$  mm par  $d < 20$  mm;
- troisième colonne : pour les quantités de boulons ne dépassant pas 5.000 ou 10.000 unités selon le diamètre, le plan d'échantillonnage "II" est retenu.

ARTICLE 3 - BOULONS ORDINAIRES.3.1. Caractéristiques mécaniques des vis.

Les vis répondent aux prescriptions de la norme NBN E 27-011 qui est précisée, modifiée et complétée comme suit.

3.1.1. Article 6 - Caractéristiques mécaniques à contrôler.

Le programme d'essais B est retenu et est appliqué de la manière suivante :

- la mesure de la dureté et le contrôle des défauts de surface sont exécutés dans chaque cas; il en est de même pour l'essai de solidité de la tête qui est donc imposé pour les vis de tous les diamètres et de toutes les longueurs;
- les autres essais sont effectués en cas de litige ou lorsqu'ils sont explicitement prescrits dans le cahier spécial des charges.

3.1.2. Article 7 - Charges minimales de rupture et charges d'épreuve.

Les charges prescrites aux renvois 1 et 2 sous les tableaux 6 et 7 sont également d'application pour les ponts.

3.1.3. Paragraphe 8.3. - Essai de charge d'épreuve.

La mesure de l'allongement permanent dû à la charge d'épreuve n'est pas effectuée mais après l'enlèvement de celle-ci, l'écrou doit pouvoir être dévissé à la main.

Il se peut que l'emploi d'une clef à main soit nécessaire pour débloquer l'écrou. Une telle manoeuvre est permise si elle n'excède pas un demi-tour et si l'écrou peut être ensuite retiré à la main et ne présente aucune dégradation.

3.2. Caractéristiques mécaniques des écrous.

Les écrous répondent aux prescriptions de la norme NBN E 27-015 qui est précisée et modifiée comme suit.

3.2.1. Article 3 - Système de désignation.

Seuls les écrous de hauteur nominale supérieure ou égale à  $0,8 d$  sont retenus.



### 3.2.2. Paragraphe 8.1. - Essai de charge d'épreuve.

Sauf s'il est explicitement prescrit dans le cahier spécial des charges, l'essai de charge d'épreuve est remplacé par un écrasement transversal.

L'écrasement est réalisé de manière progressive jusqu'à ce que le surplat soit réduit à 85 % de sa valeur nominale (déformation sous charge).

L'écrou est considéré comme non-conforme lorsqu'il est rompu au moins en un endroit. Les fissures qui apparaissent dans le filet ne sont pas prises en considération.

En cas de doute, la rupture en un point peut être mise en évidence en sciant l'écrou dans la section opposée; l'écrou est considéré comme non-conforme ou comme conforme suivant qu'il se sépare ou non en deux parties. En cas de contestation, l'essai de charge d'épreuve est toutefois décisif.

### 3.3. Caractéristiques géométriques des vis et des écrous.

#### 3.3.1. Prescriptions générales.

Les éléments de fixation répondent aux spécifications des normes suivantes :

- NBN 553 (1966) : Vis à tête hexagonale, de qualité m - filetage métrique ISO - tige filetée partiellement;  
ou NBN 554 (1966) : Vis à tête hexagonale de qualité g - filetage métrique ISO - tige filetée partiellement;  
ou NBN 778 (1969) : Vis à tête hexagonale de qualité g pour charpentes en acier, filetage métrique ISO.
- NBN 555 (1966) : Ecrou hexagonal de qualité m ou g - filetage métrique ISO.
- NBN 779 (1969) : Rondelles plates pour vis pour charpentes en acier.
- NBN E 03-001 (1983) : Filetage - terminologie et définitions.
- NBN E 03-002 (1983) : Filetage triangulaire ISO - Profil de base et profils d'exécution.
- NBN E 03-003 (1984) : Filetage triangulaire métrique ISO - Généralités et dimensions principales.
- NBN E 03-004 (1986) : Filetage triangulaire métrique ISO - Dimensions limites et tolérances.
- ISO 4759/I (1978) : Tolérances pour éléments de fixation : Partie 1 : Boulons, vis et écrous de diamètre de filetage compris entre 1,6 (inclus) et 150 mm (inclus) et de niveau de finition A, B et C.
- ISO 4759/III (1977) : Tolérances pour les éléments de fixation : Partie 3 : Rondelles pour boulons, vis et écrous métriques de diamètre de filetage de 1 à 150 mm inclus - Classes de produits A et C.

N.B. : Dans l'attente de leur révision, la norme NBN 721 (1970) est remplacée par la norme ISO 4759/I (1978) et la norme NBN 774 (1969) est remplacée par la norme ISO 4759/III (1977).

### 3.3.2. Prescriptions complémentaires pour les boulons calibrés.

La partie non filetée de la tige des vis a un diamètre supérieur de 1 mm au diamètre nominal (prescription identique à celle de la norme NBN E 27.073 - point 5.2.1. dans le cas de boulons H.R.).

### 3.4. Présentation des produits en réception.

Les vis et écrous sont classés en unités de réception comprenant chacune des produits de même provenance, de même qualité, de même diamètre et de même longueur de tige en ce qui concerne les vis.

Au sein de chaque unité de réception, on procède à une série d'essais par tranche de 500 pièces avec un minimum de une ou deux séries d'essais selon que le lot est inférieur ou au moins égal à 100 unités.

#### N.B. : Contre-essais.

Si dans une unité de réception, une seule série d'essais donne un ou des résultats non satisfaisants, des contre-essais peuvent être demandés. L'ensemble des essais est recommencé en double. L'unité de réception est acceptée si tous les résultats des contre-essais sont satisfaisants.

## CHAPITRE 8

ELECTRODES ENROBEES POUR LE SOUDAGE MANUEL A L'ARCPREAMBULE

La norme NBN F31-001 - 2ème édition mai 1976 "Electrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc" est d'application moyennant les précisions, modifications, suppressions et compléments suivants.

1ère PARTIE DE LA NORME - IDENTIFICATION.ARTICLE 1 - IDENTIFICATION.

Remplacer :

la 3ème ligne par le texte suivant :

"la ductilité du métal déposé caractérisée par l'allongement, le pliage et la résilience".

Ajouter :

ARTICLE 3 - CHOIX DES ELECTRODES.3.1. - Choix de la résistance.

Les électrodes du type 43 sont utilisées pour le soudage d'acier de nuance inférieure ou égale à AE 255.

Les électrodes du type 51 sont utilisées pour le soudage d'acier de nuances AE 295 et AE 355.

Dans le cas du soudage entre deux aciers de nuances différentes, les électrodes sont du type prescrit pour l'acier de la nuance la plus élevée.

3.2. - Choix de la ductilité, caractérisée par la résilience.

La classe d'électrode sera choisie en fonction de la qualité d'acier sur base du tableau suivant :

Qualité d'acier selon NBN A21-101	Classe d'électrode selon NBN F31-001
A (profilés) ou B (tôles)	1
C	3
D	4
DD	4

### 3.3. - Choix de la nature de l'enrobage.

Dans le cas de soudage d'acier de nuance supérieure ou égale à AE 255, les électrodes à enrobage basique (B) sont obligatoirement utilisées.

### 3.4. - Choix de la teneur en hydrogène diffusible.

En cas d'utilisation d'électrodes basiques, la teneur maximale en hydrogène diffusible doit satisfaire au moins aux conditions fixées pour la classe LH.

### 3.5. - Choix du diamètre de l'électrode.

#### Diamètre minimal

En soudage à plat et au plafond, le diamètre du fil métallique est au minimum de 4 mm. En soudage en position verticale montante, ce diamètre minimal est ramené à 3,25 mm.

Des électrodes de 3,25 mm de diamètre peuvent cependant être utilisées dans les autres positions de soudage à condition que le volume de métal déposé par unité de longueur de cordon soit équivalent à celui que déposerait une électrode de 4 mm à enrobage ne contenant pas de poudre de fer, utilisée en soudure à plat avec un courant normal et sans balancement, en adoptant une vitesse d'avancement telle que la longueur du cordon soit environ égale à la moitié de la longueur fondue de l'électrode.

La présence de poudre de fer dans l'enrobage ou les conditions de soudage peuvent notamment conduire à satisfaire à ces conditions.

#### Diamètre maximal

Le diamètre maximal du fil métallique est fixé à 5 mm sauf dans le cas du soudage en multipasses (nombre de passes supérieur à 4) pour lequel l'emploi d'électrodes de 6 ou 6,3 mm de diamètre est autorisé à condition que la dernière couche déposée avec ces électrodes soit entièrement recouverte par une couche déposée avec des électrodes de 5 mm de diamètre maximum.

2ème PARTIE DE LA NORME - METHODES D'ESSAIS.

Ajouter :  
-----

ARTICLE 0 - GENERALITES.

Les aciers utilisés pour la réalisation des éprouvettes doivent être d'une nuance équivalente à celle des aciers de la construction.

Ils sont fournis par le fournisseur des électrodes, sauf dans le cas d'acier de nuances AE 255, AE 295 et AE 355 où ces aciers proviennent des matières réceptionnées pour l'exécution de l'ouvrage auquel sont destinées les électrodes.

Paragraphe 2.5. - Essais de traction.Paragraphe 2.5.1. - Préparation de l'éprouvette.  
-----

Ajouter :  
-----

Dans le cas du découpage au chalumeau, la largeur du barreau ne peut être inférieure à 60 mm, au lieu de 30 mm prévus à la norme.

Le traitement thermique des éprouvettes est interdit. Dans le cas où le fournisseur le demande, les éprouvettes usinées sont laissées au repos pendant une semaine.

Paragraphe 2.6. - Essais de flexion par choc sur éprouvette entaillée.Paragraphe 2.6.1. - Préparation des éprouvettes.  
-----

Ajouter :  
-----

Après usinage, les éprouvettes sont laissées au repos au moins 24 heures.

Paragraphe 2.6.2. - Exécution de l'essai.  
-----

Ajouter :  
-----

En cas de contestation, il peut être imposé de réaliser l'essai à l'aide d'un mouton-pendule, dont la vitesse au moment de l'impact est comprise entre 5 et 5,5 m/sec.

Ajouter :  
-----

Paragraphe 2.7. - Essai de pliage sur assemblage bout à bout.2.7.1. - Généralités.  
-----

Cet essai a pour but de porter un jugement complémentaire sur la ductilité du métal déposé et de vérifier la compatibilité de celui-ci avec le métal de base.

### 2.7.2. - Préparation de l'échantillon.

L'assemblage est constitué de 2 plaques de 200 x 125 mm; le côté de 125 mm correspond au sens de laminage.

L'épaisseur de ces plaques est choisie de manière à être aussi voisine que possible de 3 fois le diamètre de l'électrode à contrôler.

Les plaques sont chanfreinées à 35°, mécaniquement ou au chalumeau sur un long côté perpendiculairement au sens de laminage.

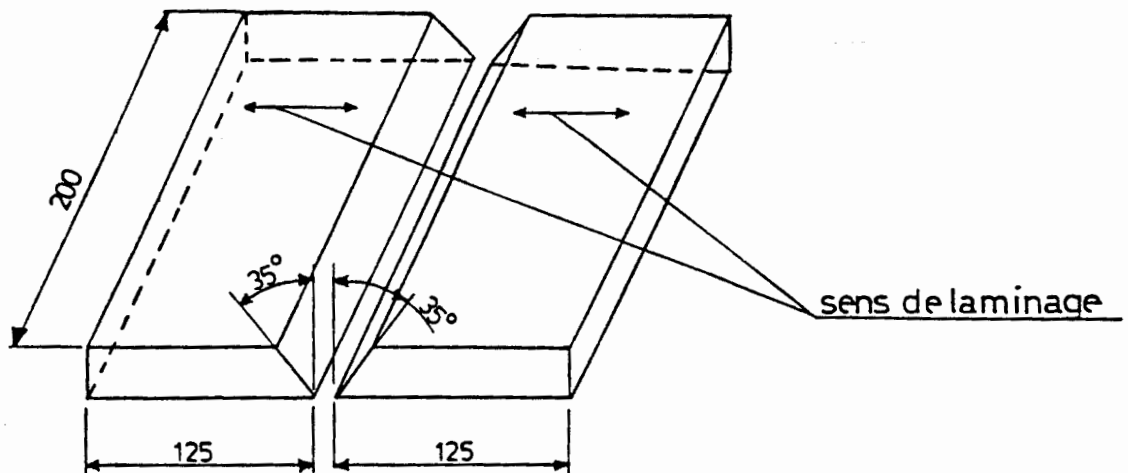


Figure 8.1

Les plaques sont réunies par deux points de soudure, de telle manière que l'écartement à la racine soit de 2 à 3 mm.

Après pointage et avant soudage, on donne à l'assemblage une contre-flèche destinée à compenser la déformation angulaire due au retrait. Le soudage est exécuté dans la ou les positions prévues pour l'emploi de l'électrode concernée, en respectant les conditions de soudage définies à la page 11, § 2.2. de la norme.

Dans le cas où l'épaisseur des tôles utilisées est supérieure à 20 mm, le chanfrein n'est pas rempli sur plus de 20 mm d'épaisseur.

Ensuite, l'envers du joint est buriné et meulé puis rempli en une passe.

### 2.7.3. - Préparation de l'éprouvette.

Une éprouvette est usinée suivant les indications de la figure ci-après dans une bande de 50 mm prélevée à mi-longueur de l'échantillon.

Par rabotage, la largeur de la bande est ramenée à 35 mm et les faces supérieure et inférieure sont usinées sur un millimètre environ. Quand l'épaisseur des plaques dépasse 20 mm, on ramène préalablement l'épaisseur de l'éprouvette à 20 mm par rabotage, sans enlever plus d'un mm de la soudure. Les arêtes de la face mise en traction sont arrondies à un rayon de 2 mm sur la longueur intéressée par le pliage.

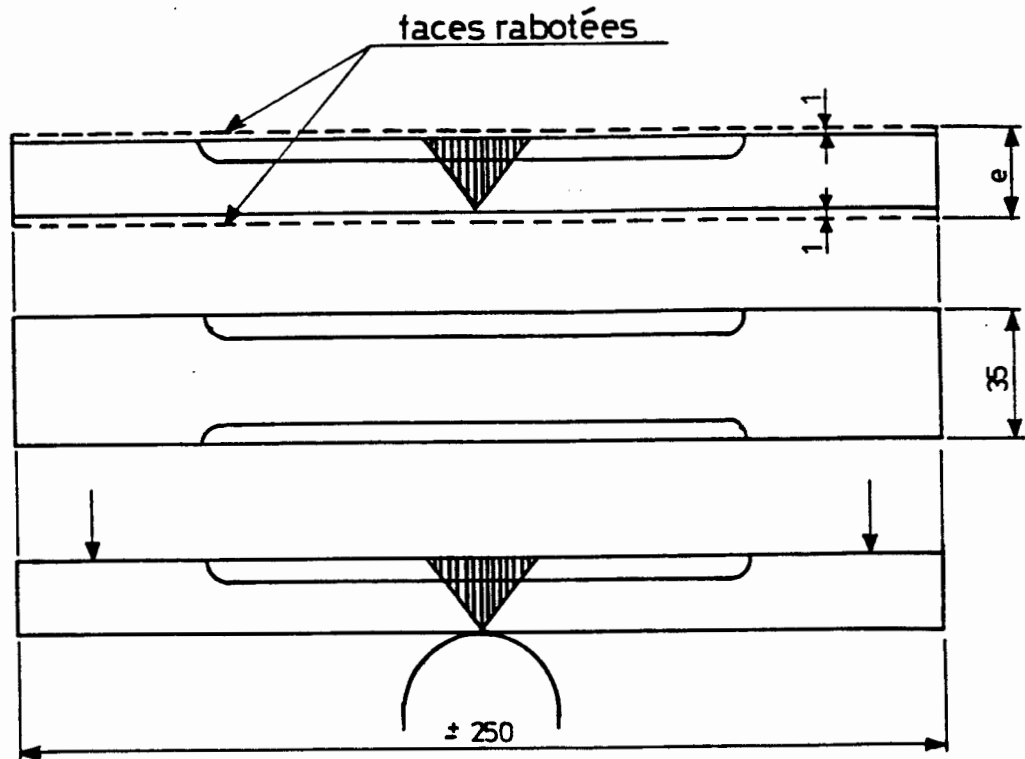


Figure 8.2

#### 2.7.4. - Exécution de l'essai.

L'essai de pliage est exécuté conformément à la norme NBN 117-02 de 1961.

- "Produits sidérurgiques - Méthodes d'essai - Essai de pliage" -

L'éprouvette est pliée à l'endroit, c'est-à-dire avec l'ouverture du chanfrein située dans la face tendue, sur un mandrin dont le diamètre est égal à 4 fois l'épaisseur de l'éprouvette usinée, jusqu'à obtention de branches parallèles.

### ARTICLE 3 - DETERMINATION DE LA TENEUR EN HYDROGENE DIFFUSIBLE.

#### Paragraphe 3.2. - Exécution de l'éprouvette.

- Remplacer la première phrase de la norme par le texte suivant :

Le contrôle de la teneur en hydrogène diffusible des électrodes basiques est effectué sur les électrodes ayant subi le traitement thermique préconisé par le fournisseur (ce traitement thermique sera par la suite exigé dans l'atelier de construction).

Toutefois, dans le cas particulier d'électrodes se trouvant dans des conditionnements parfaitement étanches, même après de longues périodes de stockage, la teneur en hydrogène diffusible peut être mesurée sur les électrodes dans leur état de livraison si aucun traitement de régénération n'est prévu au moment de leur emploi en atelier.

- Ajouter :

Les électrodes utilisées pour la réalisation des quatre éprouvettes doivent provenir chacune d'une boîte différente.

Paragraphe 3.3. - Dosage de l'hydrogène.

Remplacer le texte de la norme par :

Toutes les opérations inhérentes au dosage de l'hydrogène sont effectuées au même endroit que le soudage des éprouvettes :

- 3.3.1. Après l'extinction de l'arc (temps  $t_0$ ), l'éprouvette est, en 3 secondes maximum, retirée du gabarit et plongée au moyen d'une pince dans un bain d'eau et de glace à 0° C (temps  $t_1 = t_0 + 3$  sec. max).
- 3.3.2. Pendant l'immersion, l'éprouvette est débarrassée du laitier et des oxydes et est nettoyée à la brosse métallique. Le refroidissement et le nettoyage de l'éprouvette ne peuvent prendre plus de 30 secondes (temps  $t_2 = t_1 + 30$  sec. max).
- 3.3.3. L'éprouvette est ensuite séchée au papier filtre, lavée à l'alcool méthylique, de nouveau séchée au papier filtre puis introduite dans une burette à gaz (figure 5 de la norme). L'ensemble de ces opérations ne peut prendre plus de 30 secondes (temps  $t_3 = t_2 + 30$  sec. max). Le liquide utilisé dans la burette est la glycérine saturée en hydrogène ou le mercure.
- 3.3.4. La mesure débute au temps  $t_4$  au plus tard 30 secondes après le temps  $t_3$ , le ménisque du liquide étant, entretemps, amené dans le tube de mesure au niveau zéro au moyen d'un réservoir de compensation.
- 3.3.5. Le dégazage est effectué dans la burette pendant 48 heures à une température de  $45 \pm 2$ ° C. Cette température est assurée par immersion de la burette jusqu'à la base du tube de mesure, dans un bain d'eau maintenu à température constante par un thermostat.

Les quatre éprouvettes sont dégazées, chacune dans une burette séparée. Après 48 heures de dégazage, on lit la quantité de gaz dégagée. La lecture est ramenée à la température de 0° C et à la pression de 760 mm Hg.

Les éprouvettes sont ensuite retirées de l'appareil, dégraissées à l'éther, séchées et pesées à 0,1 g près. La différence entre ce poids et le poids initial (§ 3.1.) représente le poids de métal déposé.

La teneur en hydrogène diffusible de chaque éprouvette est exprimée par le volume de gaz dégagé ramené à 0° C et 760 mm Hg par 100 g de métal déposé. Chaque valeur individuelle doit répondre à la classe retenue.

Notes :

1. Si, exceptionnellement le dosage de l'hydrogène ne peut être réalisé au même endroit que le soudage des éprouvettes, celles-ci sont maintenues dans la neige carbonique entre les opérations 3.3.2. et 3.3.3. La durée de cette conservation ne peut cependant pas dépasser 72 heures.
2. Toute autre méthode de dosage d'hydrogène donnant des résultats dont la corrélation avec la méthode décrite a été préalablement démontrée, peut être acceptée par l'administration.



ARTICLE 4 - ESSAIS SUR ASSEMBLAGES D'ANGLE.Paragraphe 4.3. - Conditions de soudage.

Le 1er alinéa est remplacé par le texte suivant :

"On dépose dans l'un des angles un cordon isocèle en une seule passe, dans chacune des positions où l'électrode sera utilisée au cours du travail".

Le 3ème alinéa est supprimé.

3ème PARTIE DE LA NORME - SPECIFICATIONS.ARTICLE 1 - CONDITIONS TECHNIQUES DE FABRICATION ET DE LIVRAISON.Paragraphe 1.1. - Présentation des électrodes.

Ajouter :  
-----

Le fabricant est tenu de fournir une feuille de présentation reprenant les types, diamètres et nombres d'électrodes, les indications reprises au § 1.1. de la 3ème partie de la norme et une attestation garantissant, pour les électrodes basiques, la teneur en hydrogène diffusible.

Paragraphe 1.2. - Caractéristiques physiques de l'électrode.Paragraphe 1.2.2. - Enrobage  
-----

Ajouter :  
-----

Le diamètre extérieur de l'enrobage doit être tel qu'il permette le dépôt, dans les meilleures conditions, des différentes passes de soudure et notamment des passes de fond de chanfrein ou des cordons d'angle, sans devoir entraîner les dimensions excessives du chanfrein dans les assemblages de la construction.

Paragraphe 1.3. - Réception.Paragraphe 1.3.1. - Nature des essais  
-----

Ajouter :  
-----

Les essais repris à la 2ème partie de la norme et l'essai de pliage prévu dans le présent document sont effectués pour tous les types et diamètres d'électrodes et dans chaque position d'utilisation.

Afin d'apprécier l'effet du traitement préalable préconisé par le fournisseur (cfr, ci-dessus le § 3.2. relatif à la 2ème partie de la norme), l'administration se réserve le droit de déterminer également la teneur en hydrogène diffusible sur les électrodes basiques dans leur état de livraison.

L'administration peut également décider de ne pas effectuer la détermination de la teneur en hydrogène diffusible sur chaque lot d'électrodes basiques présenté en réception.

Paragraphe 1.3.3. - Prélèvement des électrodes destinées aux essais.Ajouter :  
-----

L'agent réceptionnaire marque de l'empreinte de son poinçon, les plombs scellant les différents conditionnements.

Si, à la suite de résultats défavorables, la fourniture est rebutée, les plombs sont enlevés par l'agent réceptionnaire.

Ajouter :  
-----Paragraphe 1.3.6. : Lieu de réception.

Les coupons destinés aux essais sont soudés chez le fournisseur des électrodes.

Les essais sont réalisés au choix de l'administration, soit dans un laboratoire privé agréé par elle, soit dans ses propres laboratoires.

ARTICLE 2 - QUALITES.Paragraphe 2.3. - Caractéristiques mécaniques.Ajouter :  
-----

La concordance avec les qualités et nuances d'acier sont définies aux ajouts ci-avant à la lère partie de la norme "IDENTIFICATION".

Paragraphe 2.3.2. - Résilience.A remplacer par :  
-----

- a. L'essai est satisfaisant si la moyenne des résultats obtenus sur six éprouvettes est supérieure ou égale à 35 J (4,5 kgfm/cm<sup>2</sup>) et si, pas plus de deux valeurs sont inférieures à 28 J (3,5 kgfm/cm<sup>2</sup>), l'une d'elles au moins étant supérieure à 22 J (2,8 kgfm/cm<sup>2</sup>).
- b. L'essai n'est pas satisfaisant dans les cas suivants :
  - la moyenne des résultats obtenus sur six éprouvettes est inférieure à 22 J (2,8 kgfm/cm<sup>2</sup>);
  - plus d'une valeur est inférieure à 22 J (2,8 kgfm/cm<sup>2</sup>);
  - plus de trois valeurs sont inférieures à 28 J (3,5 kgfm/cm<sup>2</sup>).
- c. Dans les autres cas, on poursuit l'essai avec six éprouvettes supplémentaires prises hors du même échantillon.

L'essai est satisfaisant si la moyenne des résultats obtenus sur les deux séries de six éprouvettes, donc la moyenne de 12 valeurs, est supérieure ou égale à 28 J (3,5 kgfm/cm<sup>2</sup>), huit valeurs au moins étant supérieures ou égales à 28 J (3,5 kgfm/cm<sup>2</sup>) et pas plus d'une seule valeur inférieure à 22 J (2,8 kgfm/cm<sup>2</sup>).

Paragraphe 2.3.3. : supprimer ce paragraphe.

---

Ajouter :

---

Paragraphe 2.3.4. - Essai de pliage sur assemblage bout à bout.

---

Des criques ou des fissures dans la soudure, à la jonction ou dans le métal de base adjacent, ne peuvent se produire; de petites criques superficielles, qui ne s'étendent pas en profondeur quand le pliage progresse, ne sont pas considérées comme défauts.

Ajouter :

---

### ARTICLE 3 - CONSERVATION DES ELECTRODES.

Les électrodes sont conservées dans leurs conditionnements d'origine dans un local dont l'humidité relative est inférieure à 75 %.

\* \* \*

## CHAPITRE 9

SOUDEGE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUEARTICLE 1 - INTRODUCTION.

Les procédés de soudage considérés sont :

- le soudage à l'arc submergé;
- le soudage à l'arc au moyen d'un fil massif sous protection gazeuse;
- le soudage à l'arc au moyen d'un fil fourré avec ou sans protection gazeuse.

ARTICLE 2 - PRODUITS D'APPORT.2.1. Généralités - Lotissement.

## 2.1.1.

Les fils sont parfois pourvus d'un cuivrage superficiel de protection; ce revêtement doit présenter une bonne adhérence sur la surface du fil.

Les fils doivent être lisses, exempts d'ovalisation, propres, exempts de rouille, de matières grasses ou de toute autre matière susceptible d'affecter l'opération de soudage, la qualité du métal déposé ou le bon fonctionnement des équipements de soudage.

Les tolérances sur les diamètres des fils sont les suivantes :

- fils massifs pour le soudage à l'arc submergé :
  - + 0,04 mm lorsque le diamètre nominal est inférieur à 3 mm,
  - + 0,06 mm lorsque le diamètre nominal est égal ou supérieur à 3 mm;
- fils massifs pour le soudage sous protection gazeuse :
  - + 0,01 mm et - 0,04 mm;
- fils fourrés pour le soudage avec ou sans protection gazeuse :
  - ± 0,05 mm lorsque le diamètre nominal est inférieur à 1,6 mm,
  - ± 0,08 mm lorsque le diamètre nominal est supérieur ou égal à 1,6 mm.

## 2.1.2.

Un lot de fils massifs est composé de fils d'un même diamètre et d'une même symbolisation provenant de fils machine d'un même diamètre, issus d'une seule coulée.

## 2.1.3.

Un lot de fils fourrés est composé de fils d'un même diamètre, d'une même symbolisation et qui sont constitués :

- de feuilards ou de tubes en acier d'une même coulée;
- d'un flux issu d'une seule campagne de fabrication continue avec mise en œuvre, suivant les spécifications internes du fabricant, d'un seul mélange de matières premières bien définies.

## 2.1.4.

Un lot de flux pour soudage à l'arc submergé est composé d'une quantité de flux d'une même symbolisation, issue d'une seule campagne de fabrication continue avec mise en œuvre, suivant les spécifications internes du fabricant, d'un seul mélange de matières premières bien définies (flux agglomérés) ou d'une seule coulée (flux fondus).

## 2.1.5.

Les gaz pour soudage sous protection gazeuse présentent les caractéristiques suivantes :

- un degré de pureté minimal de 99,7 % en volume pour le CO<sub>2</sub> et de 99,9 % pour l'argon (le degré de pureté d'un mélange de gaz est fonction du degré de pureté des composants et de leurs proportions respectives);
- une température de point de rosée ne dépassant pas - 35° C pour le CO<sub>2</sub> et - 50° C pour l'argon.

2.2. Choix des produits d'apport.

- Les produits d'apport doivent être appropriés au métal à souder.
- Pour le soudage des aciers laminés de nuance égale ou supérieure à la nuance AE 255, le fil fourré et le flux sont à "caractère basique", c'est-à-dire qu'ils conduisent à une teneur maximale en hydrogène diffusible correspondant à la classe LH définie au paragraphe 3.5.6. Pour le soudage des aciers moulés et des aciers forgés, la classe ELH est imposée.
- Les produits d'apport sont également choisis en fonction des propriétés mécaniques prescrites ci-après au paragraphe 3.5.5.

2.3. Présentation des produits d'apport.

- Les fils sont livrés en bobines dans des emballages adéquats qui assurent, dans des conditions normales de manutention, de transport et de stockage, leur protection contre les endommagements et les agressions atmosphériques.

Les fils doivent être exempts d'ondulations ou de pliures. Ils doivent être enroulés en spires libres, permettant un dévidage correct.

- Les flux sont fournis dans des emballages qui assurent une protection suffisante contre les endommagements, les agressions atmosphériques dont la reprise d'humidité, dans des conditions normales de manutention, de transport et de stockage à l'abri des intempéries.

Les flux doivent s'écouler de manière régulière sans perturbations ni blocages dans les tubes et tuyères du système d'alimentation des équipements de soudage.

La granulométrie des flux doit être régulière et doit être la même dans les différentes unités d'emballage.

- Des marques d'identification spécifiant les caractéristiques du lot concerné sont apposées de manière permanente sur chaque bobine de fil et sur chaque emballage du flux.

- Pour un ouvrage déterminé, chaque lot de fil et/ou de flux comporte soit l'entièreté de la fourniture si celle-ci ne dépasse pas 1.500 kg par produit, soit un minimum de 1.500 kg si la fourniture totale est plus importante.
- Le fournisseur remet un certificat garantissant l'homogénéité de chaque lot de produit tel que défini en 2.1. (pour les fils, l'analyse chimique de la coulée est fournie).

### ARTICLE 3 - QUALIFICATION DES PROCEDURES DE SOUDAGE.

- Pour chaque procédé de soudage, les types d'assemblages et les modes opératoires sont proposés par le constructeur qui est censé les avoir testés préalablement.
- Avant tout travail de soudage sur les pièces de l'ouvrage, des échantillons d'essais, constituant la reproduction fidèle des joints de la construction sont soudés dans les conditions proposées afin de contrôler à la fois la qualité des produits d'apport présentés, la qualité de leur mise en œuvre et leur compatibilité avec le métal de base.
- L'acier utilisé pour le soudage d'un échantillon d'essais déterminé est prélevé dans les fournitures concernées et réceptionnées pour la construction (si une même procédure de soudage est proposée pour des aciers de nuances différentes, elle doit être qualifiée avec l'acier de chaque nuance).  
Dans le cas d'un acier de nuance égale ou supérieure à la nuance AE 255, l'acier est choisi parmi les coulées présentant le carbone équivalent le plus élevé.
- Si les fournitures d'acier d'une même nuance et d'une même qualité ne sont pas toutes d'une même provenance, il peut être imposé (p. ex. en fonction du mode de fabrication de l'acier) de réaliser des échantillons d'essais en utilisant de l'acier de chaque provenance.
- Les échantillons d'essais sont réalisés à l'atelier avec les équipements et avec les produits d'apport qui seront utilisés pour l'exécution des joints de la construction. Les travaux de soudage ne peuvent être entrepris que si les résultats des essais répondent aux spécifications du paragraphe 3.5. ci-après.
- Les tolérances admises sur les paramètres de soudage proposés et sur la préparation des assemblages sont celles fixées au chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER".

L'administration peut imposer que les échantillons soient réalisés en adoptant, tant pour la préparation des joints que pour les paramètres de soudage, les valeurs se trouvant aux limites des tolérances permises, ou même des valeurs variant, au cours du soudage, à l'intérieur de ces limites.

- Afin d'apprécier au mieux l'un ou l'autre paramètre de soudage, l'administration peut également exiger, que les échantillons ne soient soudés que partiellement sur une certaine longueur.

- Le régime thermique de soudage (avec préchauffage et/ou postchauffage éventuel) d'un échantillon est celui qui se présentera dans la construction. Pour les joints à réaliser en plusieurs passes, si le régime ne peut être prédéterminé, celui à adopter est tel qu'une passe ne peut être commencée que lorsque la température du métal déjà déposé est descendue en dessous de 200° C.

### 3.1. Choix des échantillons d'essais.

#### 3.1.1. Soudage à l'arc submergé.

##### 3.1.1.1. Soudures bout à bout

Chaque type d'assemblage, caractérisé par la forme et les dimensions du chanfrein ainsi que par le mode opératoire donne, en principe, lieu à la confection d'un échantillon d'essais.

Cependant, si dans la construction, il existe des assemblages de pièces de différentes épaisseurs pour lesquels la même préparation et le même mode opératoire sont adoptés, il est procédé comme suit :

- dans le cas de pièces à souder, en deux passes, un échantillon d'essais est réalisé en utilisant l'acier de base parmi les produits les plus épais concernés;
- dans le cas de pièces à souder en multipasses, un échantillon est réalisé en choisissant l'acier de base parmi les produits les plus minces concernés (Il y a toutefois lieu de s'assurer que les dimensions de la tête de soudage permettent, pour les assemblages les plus épais, un soudage normal à la base des chanfreins de faible ouverture angulaire).

##### 3.1.1.2. Soudures d'angle.

Chaque type d'assemblage donne lieu, en principe, à la réalisation d'un échantillon d'essais. Toutefois, en utilisant les tôles les plus épaisses concernées, la procédure de soudage peut être qualifiée :

- sur le cordon le plus épais et sur le cordon le plus mince s'ils sont réalisés en une passe;
- sur les cordons présentant le plus petit et le plus grand nombre de passes s'ils sont réalisés en plusieurs passes.

#### 3.1.2. Soudage avec fils massifs sous protection gazeuse ou soudage fils fourrés avec ou sans protection gazeuse.

Les règles énoncées ci-dessus pour le soudage à l'arc submergé sont d'application. Toutefois, pour un même type de joint (soudure bout à bout ou soudure d'angle) si le constructeur propose le même mode opératoire pour chaque passe de soudure, il peut suffire de qualifier chaque type de joint à réaliser avec le nombre de passes minimal.

### 3.2. Dimensions des échantillons d'essais.

- Chaque échantillon avec une soudure bout à bout a une longueur d'au moins 1 m et une largeur d'au moins 300 mm. La soudure se trouve à mi-largeur et l'acier de base est orienté, en principe de manière à ce que le sens de laminage soit perpendiculaire à la direction de la soudure.
- Tout échantillon avec une soudure d'angle a une longueur d'au moins 1 m et présente l'une des deux coupes transversales ci-après, en fonction du type d'assemblage concerné.

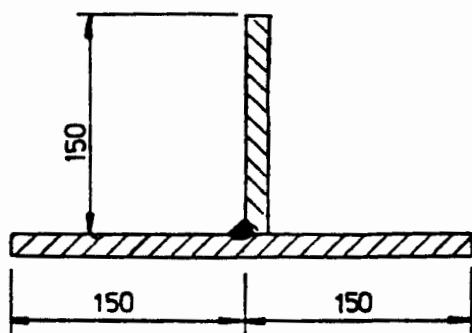


Figure 9.1

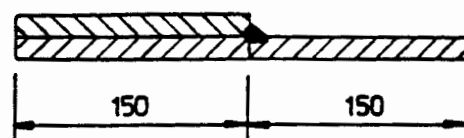


Figure 9.2

Si les deux types d'assemblage existent dans la construction, seul l'échantillon selon la figure 9.1 est retenu dans l'hypothèse où la position de la tête de soudage est la même dans les deux cas.

Tout échantillon avec une soudure d'angle est complété par un échantillon d'au moins 500 mm de longueur qui présente la coupe transversale ci-après; il est réalisé en appliquant le mode opératoire retenu pour le joint d'angle (les positions relatives du fil et de l'angle droit sont les mêmes que pour l'exécution de la soudure d'angle).

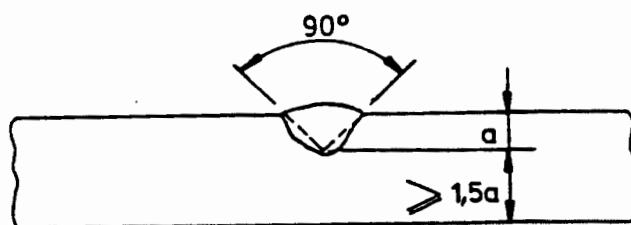


Figure 9.3

La profondeur "a" du chanfrein est au moins égale à la hauteur de gorge nominale de la soudure d'angle concernée.

### 3.3. Nomenclature des essais et examens à réaliser.

#### 3.3.1. Qualification d'une procédure de soudage bout à bout.

- Contrôle de la compacité du joint.
- Examens macrographique et micrographique ainsi que la mesure éventuelle de la dureté Vickers.



- Essai de traction sur éprouvette cylindrique prélevée longitudinalement dans la soudure.
- Essais de résilience sur éprouvettes du type Charpy V.
- Essais de pliage transversal à l'endroit et à l'envers.
- Essai de pliage sur tranche.

### 3.3.2. Qualification d'une procédure de soudage de cordons d'angle.

Les essais cités en 3.3.1. sont exécutés, sauf les essais de pliage à l'envers et sur tranche.

### 3.3.3. Détermination éventuelle de la teneur en hydrogène diffusible.

(cfr le § 2.2.).

## 3.4. Eprouvettes - Conduites des essais.

### 3.4.1. Contrôle de la compacité de la soudure.

Le contrôle radiographique est effectué sur toute la longueur des soudures bout à bout ou des soudures selon la figure 9.3, p. 9.5.

### 3.4.2. Examens macrographiques et micrographiques - Mesures de la dureté

#### Vickers HV 0,5.

Les examens macrographiques et micrographiques sont opérés sur au moins quatre coupes transversales à la soudure dont deux coupes en section courante et deux coupes au droit d'un épinglage préalable des pièces. Ces coupes sont distantes entre elles d'au moins 150 mm.

Les mesures de dureté sont effectuées sur au moins deux coupes transversales en recherchant les points qui conduisent aux duretés les plus élevées dans la zone du métal de base influencée thermiquement; ces mesures sont réparties le long de la ligne de fusion à environ 0,1 mm sous celle-ci.

### 3.4.3. Essai de traction sur éprouvette cylindrique.

Le diamètre de la partie calibrée est de 8 mm si l'épaisseur des tôles raboutées ou si la hauteur de gorge de la soudure d'angle le permet. Pour les soudures plus minces, le diamètre de la partie calibrée est fonction de leurs épaisseurs.

Si les tôles raboutées ont une épaisseur inférieure à 14 mm, l'axe de l'éprouvette est situé à mi-épaisseur de l'assemblage, dans le plan axial du joint.

Pour les assemblages bout à bout d'épaisseur égale ou supérieure à 14 mm, la partie calibrée de l'éprouvette est située au mieux dans la dernière passe de la soudure.

Dans le cas d'une soudure d'angle (figures 9.1 ou 9.2 p. 9.5), le prélèvement de l'éprouvette de traction est effectué en respectant les mêmes principes.

Dans le cas où le fournisseur des produits de soudage le demande, l'éprouvette usinée est laissée au repos pendant une semaine.

La norme NBN A11-101 (1980) est d'application; l'allongement après rupture est mesuré sur une base  $L_0 = 5d$ ,  $d$  étant le diamètre de la partie calibrée de l'éprouvette.

#### 3.4.4. Essais de résilience sur éprouvettes du type Charpy avec entaille en V.

- a. Quatre éprouvettes sont usinées selon la NBN A11-104 (1975) et la matière nécessaire à la réalisation éventuelle de quatre éprouvettes complémentaires est réservée. Les axes longitudinaux des éprouvettes sont perpendiculaires à l'axe longitudinal de la soudure.
- b. Dans le cas d'un joint bout à bout :
  - une face de chaque éprouvette se trouve aussi près que possible de la face de l'échantillon où a été déposée la dernière passe de soudure;
  - l'entaille est située à mi-largeur de cette dernière passe et est perpendiculaire aux faces de laminage des tôles.
- c. Dans le cas d'une soudure d'angle :
  - Si l'épaisseur des tôles de l'échantillon d'essais est au moins de 22 mm, chaque éprouvette est usinée comme indiqué au croquis ci-après; une face se trouve aussi près que possible de la face extérieure de la soudure et l'entaille est perpendiculaire à cette face.

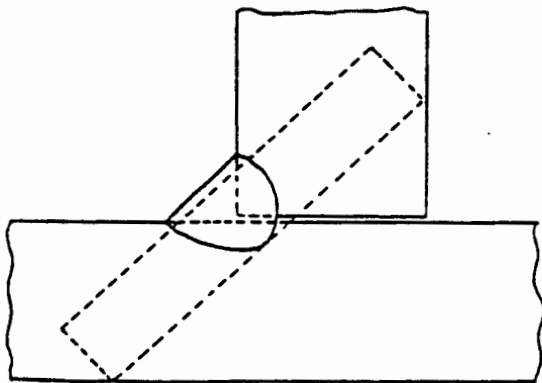


Figure 9.4

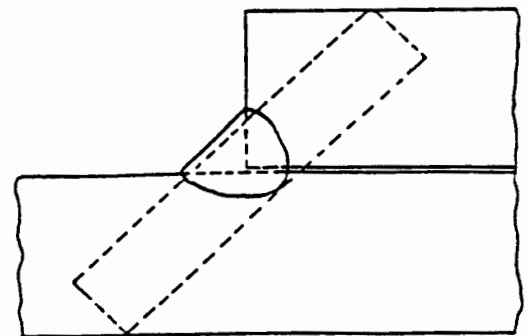


Figure 9.5

- Si l'épaisseur des tôles de l'échantillon d'essais est inférieure à 22 mm, les éprouvettes sont usinées dans la soudure dont la coupe transversale est donnée à la figure 9.3, p. 9.5; les modalités d'usinage retenues dans le cas d'une soudure bout à bout restent d'application.
- d. Si l'épaisseur totale de la soudure le permet, les éprouvettes ont une section carrée de 10 x 10 mm selon la norme précitée NBN A11-104 (1975). Si tel n'est pas le cas, les éprouvettes ont une section rectangulaire de 10 mm de hauteur (8 mm au droit de l'entaille) et d'une largeur compatible avec l'épaisseur de la soudure (cette largeur n'est toutefois pas inférieure à 5 mm).

Après usinage, les éprouvettes sont laissées au repos pendant 24 heures.

Les essais sont réalisés selon la norme précitée. En cas de contestation, il peut être imposé de réaliser les essais à l'aide d'un mouton-pendule dont la vitesse au moment de l'impact est comprise entre 5 et 5,5 m/sec.

#### 3.4.5. Essais de pliage transversal à l'endroit et à l'envers.

Les éprouvettes sont usinées selon les indications de la figure 9.6 ci-après. La largeur est d'au moins 35 mm. Les faces supérieures et inférieures sont usinées sur 1 mm de profondeur et les arêtes qui se trouveront en zone tendue sont arrondies avec un rayon de l'ordre de 2 mm.

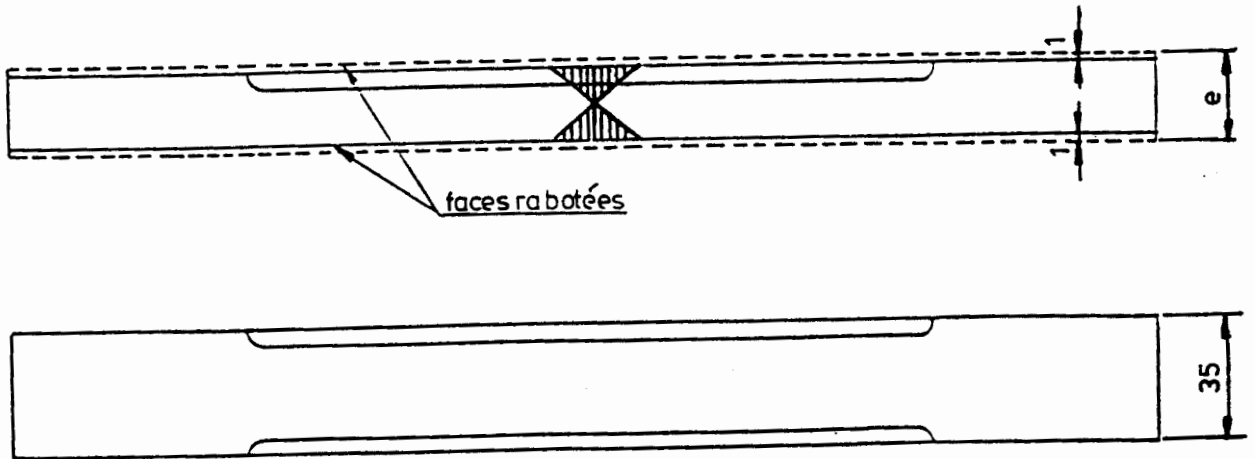


Figure 9.6

En fonction de la capacité de la machine de pliage, l'épaisseur des éprouvettes peut être ramenée à 20 mm par rabotage si l'épaisseur de l'échantillon dépasse cette valeur. Dans ce cas, la face usinée qui, lors de l'essai, doit se trouver dans la zone tendue ne peut être située à plus de 1 mm de la face initiale voisine.

La norme NBN 117-02 (1961) est d'application. Les pliages sont conduits jusqu'à ce que les branches des éprouvettes soient parallèles; la soudure doit rester dans l'axe du pli.

#### 3.4.6. Essai de pliage sur tranche.

L'épaisseur de la tranche après usinage est égale à environ l'épaisseur des pièces assemblées sans dépasser 10 mm.

La hauteur de l'éprouvette intéresse tout le joint; les surépaisseurs de la soudure sont éliminées par usinage.

Les arêtes de la face tendue sont arrondies avec un rayon de 2 mm lorsque les pièces ont au moins 10 mm d'épaisseur et avec un rayon de 1 mm si cette épaisseur est inférieure à 10 mm.

La norme NBN 117-02 (1961) est d'application. Le pliage est conduit jusqu'à ce que les branches de l'éprouvette soient parallèles; la soudure doit rester dans l'axe du pli.

### 3.4.7. Détermination de la teneur en hydrogène diffusible du métal déposé

#### avec du fil fourré.

Cet essai est effectué en appliquant la méthode au mercure selon les mêmes modalités que celles qui sont prescrites pour les électrodes manuelles. De plus, le fil est utilisé dans son état de livraison et les paramètres de soudage doivent être convenus entre l'administration et l'entrepreneur.

Toute autre méthode de dosage d'hydrogène donnant des résultats dont la corrélation avec la méthode précitée a été préalablement démontrée, est également acceptable.

### 3.4.8. Détermination de la teneur en hydrogène diffusible du métal fondu en

#### soudage à l'arc submergé.

#### 3.4.8.1. Préparation des échantillons d'acier à souder.

Chaque échantillon est constitué d'un barreau de 125 x 25 x 20 mm prélevé par découpage à l'outil dans un acier dont la résistance à la traction est limitée à 670 N/mm<sup>2</sup>. Les arêtes vives sont enlevées.

Le barreau doit être dégraissé avant le soudage.

#### 3.4.8.2. Modalités de soudage.

Le barreau d'acier est fixé dans un gabarit en cuivre selon la figure 4 de la norme NBN F31-001.

Un cordon de 100 mm de longueur est déposé sur la face de 25 mm de largeur en respectant les paramètres suivants :

- utilisation du flux dans son état de livraison et se trouvant à la température ambiante;
- paramètres de soudage :

Diamètre du fil	4 mm	2mm
Intensité du courant (Ampères)	625 ± 25	375 ± 25
Tension du courant (Volts)	30 ± 1	28 ± 1
Vitesse de soudage (cm/min)	60 ± 6	60 ± 6
"Stick-out" (mm)	30 ± 5	25 ± 5

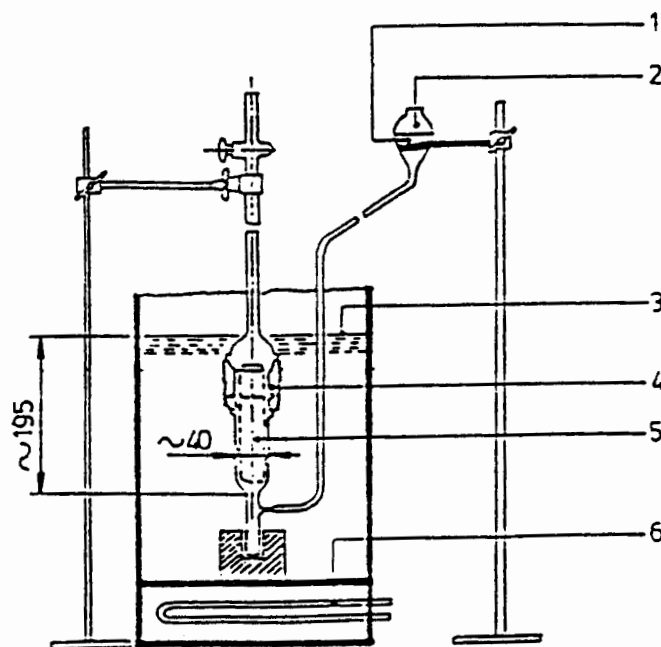
Pour chaque détermination, trois éprouvettes semblables sont exécutées, chacune avec du flux provenant d'un sac différent.

Dans le cas d'un fil d'un autre diamètre, les paramètres sont convenus entre l'administration et l'entrepreneur.

### 3.4.8.3. Dosage de l'hydrogène.

Toutes les opérations inhérentes au dosage de l'hydrogène sont effectuées au même endroit que le soudage des éprouvettes :

- après l'extinction de l'arc (temps  $t_0$ ), l'éprouvette est, en 3 secondes maximum, retirée du gabarit et plongée au moyen d'une pince dans un bain d'eau et de glace à  $0^\circ \text{C}$  (temps  $t_1 = t_0 + 3 \text{ sec. max}$ );
- pendant l'immersion, l'éprouvette est débarrassée du laitier, des projections et des oxydes et est nettoyée à la brosse métallique. Le refroidissement et le nettoyage de l'éprouvette ne peuvent prendre plus de 30 secondes (temps  $t_2 = t_1 + 30 \text{ sec. max}$ );
- l'éprouvette est ensuite séchée au papier filtre, lavée à l'alcool méthylique, de nouveau séchée au papier filtre puis introduite dans une burette à gaz (figure 9.7) contenant du mercure. L'ensemble de ces opérations ne peut prendre plus de 30 secondes (temps  $t_3 = t_2 + 30 \text{ sec. max}$ );
- la mesure débute au temps  $t_4$  au plus tard 30 secondes après le temps  $t_3$ , le ménisque du liquide étant, entretemps, amené dans le tube de mesure au niveau zéro au moyen d'un réservoir de compensation;
- le dégazage est effectué dans la burette pendant 48 heures à une température de  $45 \pm 2^\circ \text{C}$ . Cette température est assurée par immersion de la burette jusqu'à la base du tube de mesure, dans un bain d'eau maintenu à température constante.



Dimensions en mm

Figure 9.7 - Exemple d'appareil pour la détermination de la teneur en hydrogène diffusible.

- |                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| 1. Mercure                   | 4. Burette à gaz     |
| 2. Récipient de compensation | 5. Eprouvette        |
| 3. Niveau d'eau              | 6. Élément chauffant |

Les trois éprouvettes sont dégazées, chacune dans une burette séparée. Après 48 heures de dégazage, on lit la quantité de gaz dégagée. La lecture est ramenée à la température de 0° C et à la pression de 760 mm Hg.

Les éprouvettes sont ensuite retirées de l'appareil et séchées.

La section transversale du métal fondu (métal déposé + métal de base fondu) à considérer pour le calcul de la masse de métal fondu est la valeur moyenne de l'aire de la surface fondue dans quatre coupes partageant la longueur du cordon de soudure en cinq parties égales.

La teneur en hydrogène diffusible de chaque éprouvette est exprimée par le volume de gaz dégagé ramené, à 0° C et 760 mm Hg par 100 g de métal fondu.

#### Notes :

1. Si, exceptionnellement le dosage de l'hydrogène ne peut être réalisé au même endroit que le soudage des éprouvettes, celles-ci sont maintenues dans la neige carbonique entre les opérations b et c. La durée de cette conservation ne peut cependant pas dépasser 72 heures.
2. Dans les conditions de soudage retenues ci-avant pour les échantillons d'essais, la section du métal déposé ne dépasse pas les 40 % de la section du métal fondu. Cela étant, par convention entre les parties, les opérations peuvent être simplifiées en ne déterminant pas la section transversale du métal fondu mais en considérant que la masse du métal fondu est égale à 2,5 fois celle du métal déposé. En cas de contestation, il est nécessaire de procéder à la mesure de la section transversale du métal fondu.
3. Toute autre méthode de dosage d'hydrogène donnant des résultats dont la corrélation avec la méthode décrite a été préalablement démontrée, est également acceptable.

### 3.5. Spécifications.

#### 3.5.1. Aspect et dimensions des soudures.

Les critères d'appréciation pour les échantillons d'essais sont les mêmes que ceux prescrits pour les soudures de la construction (cfr, le chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER").

#### 3.5.2. Compacité du joint.

L'examen radiographique doit montrer une soudure saine; sont seules admises des inclusions de formes arrondies, peu nombreuses et dispersées.

#### 3.5.3. Examen macrographique sur coupes transversales.

La soudure est saine. La fusion des passes entre elles et avec le métal de base est nettement marquée. Les cordons d'épingleage doivent être refondus.

En plus, pour les soudures d'angle, il doit y avoir fusion complète de l'arête de la pièce ayant sa face terminale dans le joint.

Pour chaque passe, la profondeur de fusion ne peut dépasser les neuf dixièmes de sa largeur maximale.

Pour l'appréciation de l'épaisseur d'une soudure d'angle, il peut être tenu compte de la moitié de la pénétration du cordon au sommet de l'angle. La valeur de la pénétration à prendre en considération est la plus faible de celles mesurées dans les différentes coupes examinées.

#### 3.5.4. Examen micrographique et mesures de dureté Vickers sur coupes transversales.

- L'examen micrographique ne peut révéler de fissures.
- La dureté maximale sous cordon, mesurée avec une charge de 500 g ne peut dépasser 420 unités. (En fonction de la valeur de la dureté maximale mesurée, il y a lieu d'effectuer les travaux de soudage en appliquant une préchauffe éventuelle selon les directives du paragraphe 4.4.3. du Chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER").

#### 3.5.5. Propriétés mécaniques.

- Les valeurs à atteindre lors des essais de traction et de résilience ainsi que les diamètres des mandrins à utiliser lors des essais de pliage sont donnés au tableau ci-après (p. 9.13).
- Les éprouvettes pliées ne peuvent se rompre ni présenter des criques ou fissures dans la soudure ni dans les zones de liaison au métal de base. De petites criques superficielles qui ne s'étendent pas en profondeur quand le pliage progresse ne sont toutefois pas considérées comme défauts.
- La classe 43 est prescrite pour l'acier de base des nuances AE 235 et AE 255; la classe 51 est exigée pour l'acier des nuances AE 295 et AE 355.
- Les essais de résilience sont effectués :
  - à + 20° C pour l'acier de qualité A (profilés) ou de qualité B (produits plats);
  - à 0° C pour l'acier de qualité C;
  - à -20° C pour l'acier de qualités D et DD.
- Les modalités d'appréciation des résultats des essais de résilience sont les suivantes :
  - la moyenne des résultats obtenus sur quatre éprouvettes est supérieure ou égale à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>) et trois valeurs au moins sont égales ou supérieures à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>) : la valeur moyenne obtenue est acceptée;
  - la moyenne des résultats obtenus sur quatre éprouvettes est supérieure ou égale à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>); deux valeurs sont inférieures à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>) dont une seule peut être inférieure à 25 J/cm<sup>2</sup> (ou 35 J/cm<sup>2</sup>).

## Propriétés mécaniques.

Classe	Résistance à la traction minimale Rm en N/mm <sup>2</sup>	Limite d'élasticité Re en N/mm <sup>2</sup>		Allongement minimal après rupture sur 5 d en %	Pliage transversal à 180° (diamètre du mandrin)	Pliage sur tranche à 180° (diamètre du mandrin)	Résilience	
		min.	max.				température des éprouvettes ° C	valeur moyenne J/cm <sup>2</sup>
43/1							+ 20	35
43/2	410	255	0,9 Rm	22 %	4 a	5 e	0	35
43/3							- 20	35
51/1							+ 20	35
51/2	490	355	0,9 Rm	20 %	4 a	5 e	0	35
51/3							- 20	50

a = épaisseur de l'éprouvette de pliage.

e = épaisseur de la tranche de l'éprouvette de pliage sur tranche.



Dans ce cas, les essais sont poursuivis avec quatre autres éprouvettes. L'ensemble des résultats est accepté si la moyenne est supérieure ou égale à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>), cinq valeurs au moins étant supérieures ou égales à 35 J/cm<sup>2</sup> (ou 50 J/cm<sup>2</sup>) et pas plus d'une seule valeur inférieure à 25 J/cm<sup>2</sup> (ou 35 J/cm<sup>2</sup>);

- dans les autres cas, la soudure est rebutée.

- Dans le cas d'une soudure entre deux aciers de nuances ou de qualités différentes, les caractéristiques mécaniques exigées sont celles prescrites pour la nuance ou la qualité la plus faible.

### 3.5.6. Teneur en hydrogène diffusible.

Les classes de teneur en hydrogène diffusible dans le métal déposé avec fil fourré et dans le métal fondu en soudage à l'arc submergé sont les suivantes:

- classe "LH" (Low Hydrogen) lorsque  
5 cm<sup>3</sup>/100 g < teneur en H<sub>2</sub> ≤ 10 cm<sup>3</sup>/100 g
- classe "ELH" (Extra Low Hydrogen) lorsque  
teneur en H<sub>2</sub> ≤ 5 cm<sup>3</sup>/100 g.

N.B. : Lorsque l'emploi d'un fil fourré ou d'un flux conduisant à une teneur limitée de l'hydrogène diffusible est imposé, l'administration peut décider de ne pas effectuer la détermination de cette teneur sur chaque lot de fil fourré ou de flux présenté en réception.

### 3.5.7. Résultats d'essais ou d'examens non satisfaisants.

Si l'un ou l'autre essai ou examen donne des résultats non satisfaisants, les contre-essais ou contre-examens éventuels sont effectués sur des échantillons soudés qui sont recommencés en double dans les mêmes conditions que le 1er échantillon.

Si les résultats non satisfaisants concernent l'essai de traction ou l'essai de résilience, les contre-essais de traction et de résilience sont exécutés. Dans les autres cas, ne sont recommencés que les essais ou examens n'ayant pas satisfait.

Les résultats de tous les contre-essais et contre-examens doivent donner satisfaction pour que la procédure de soudage soit qualifiée.

## ARTICLE 4 - QUALIFICATION D'UN OPERATEUR POUR LE SOUDAGE AUTOMATIQUE.

Une machine de soudage d'un type donné ne peut être conduite que par un opérateur agréé. Avec une machine du type concerné, tout opérateur doit satisfaire à une épreuve qui comporte le soudage d'une ou de plusieurs soudures qui sont choisies, par l'administration, parmi les joints types de la construction.

Chaque échantillon, d'au moins un mètre de longueur, est soudé en appliquant le mode opératoire retenu lors de la qualification de la procédure de soudage.

Le jugement porte :

- sur l'aspect des soudures;
- en cas de soudage bout à bout, sur les résultats de l'examen radiographique et de l'examen de coupes transversales des soudures;
- en cas de soudage avec cordons d'angle, sur les résultats de l'examen de coupes transversales aux soudures.

Tout opérateur qui n'a plus utilisé la machine sous la surveillance de l'administration depuis plus de trois mois peut être soumis à une nouvelle épreuve.

N.B. : L'opérateur qui réalise des assemblages en vue de la qualification de la procédure de soudage ne doit pas subir une épreuve d'agrément particulière.

## CHAPITRE 10

QUALIFICATION DES SOUDEURS POUR LE SOUDAGE A L'ARC.ARTICLE 1 - GENERALITES.

Tout travail de soudage à l'arc ne peut être effectué que par un soudeur qui a subi préalablement, et avec succès, un examen de qualification en présence d'un délégué de l'administration.

Par soudeur, on entend toute personne exécutant un assemblage soudé pour lequel l'habilité manuelle est un des facteurs prépondérants agissant sur l'aspect et la compacité du métal fondu.

Par travaux de soudage, on entend tous les travaux réalisés sur les éléments de la construction, c'est-à-dire aussi bien les cordons définitifs que les cordons servant au pointage des pièces entre elles et que les cordons de soudure destinés à la fixation éventuelle des pièces provisoires nécessaires pour l'exécution des travaux (clames, œillets de levage, etc ...) si l'utilisation de celles-ci est autorisée par l'administration.

L'administration peut exclure directement un soudeur qualifié qui exécute des soudures d'aspect irrégulier ou de qualité douteuse, notamment si le contrôle radiographique des soudures fait apparaître des défauts répétés.

ARTICLE 2 - FACTEURS A CONSIDERER POUR LA QUALIFICATION DES SOUDEURS.

Avant de commencer toute épreuve de qualification, il est indispensable que l'entrepreneur de la construction soumise à l'approbation de l'administration une spécification de soudage mentionnant les détails nécessaires permettant d'établir le programme des épreuves des soudeurs, à savoir :

- a. les types de soudures (soudures bout à bout, soudures d'angle);
- b. le procédé de soudage;
- c. les nuances et les qualités du métal de base;
- d. les épaisseurs des aciers et, dans le cas de tubes, également les diamètres;
- e. les positions de soudage;
- f. les préparations des bords, pour les différentes épaisseurs dans chaque position de soudage;
- g. les types et les diamètres des électrodes enrobées ou des fils électrodes à employer pour les différentes couches dans chaque position de soudage; le rendement des électrodes enrobées;
- h. la nature du courant de soudage (continu ou alternatif) et, dans le cas du courant continu, la polarité;
- i. pour les soudures bout à bout, préciser s'il s'agit de joints avec reprise à l'envers ou non; dans ce dernier cas, indiquer si un support est prévu et le cas échéant sa nature et son mode de fixation;
- j. toute autre condition de soudage concernant l'exécution des joints soudés (préchauffage, postchauffage, ...).

ARTICLE 3 - CRITERES POUR LE CHOIX DES SOUDURES D'EPREUVE.

Pour le choix des soudures d'épreuve, les critères suivants sont pris en considération :

a. Le type de soudure:

- soudure bout à bout avec ou sans support;
- soudure d'angle.

b. Le procédé de soudage:

les procédés de soudage concernés sont les suivants :

- le soudage à l'arc avec électrode enrobée;
- le soudage à l'arc avec fil électrode plein, sous protection de gaz;
- le soudage à l'arc avec fil fourré avec ou sans gaz protecteur.

c. Nuance du métal de base.

Exception faite pour les assemblages d'essais conventionnels avec soudure d'angle (cfr § 5.2.), les échantillons d'acier pour la réalisation des assemblages d'essais sont prélevés dans des tôles de la nuance la plus élevée intervenant dans l'ouvrage. La qualification est également valable pour les aciers des nuances inférieures. Il est entendu que de toute manière, les conditions de mise en œuvre, telle que le préchauffage des aciers, doivent être conformes aux modalités pratiques d'exécution.

d. Epaisseur des éléments à souder bout à bout.

L'assemblage d'essais avec soudure bout à bout (voir plus loin) est en principe réalisé entre tôles dont l'épaisseur est au moins égale à 15 mm.

Cependant, si l'épaisseur des éléments employés dans la construction est inférieure à 15 mm et supérieure ou égale à 6 mm, l'assemblage d'essais peut être réalisé entre tôles d'une épaisseur plus faible mais d'au moins 12 mm.

Pour des épaisseurs inférieures à 6 mm, la qualification du soudeur a lieu en utilisant des tôles dont l'épaisseur est effectivement employée dans la construction.

e. Les positions de soudage.

Les positions de soudage conventionnelles sont les suivantes :

\* Soudures bout à bout entre deux tôles situées dans un même plan :

1. soudure à plat (horizontale sous la main) entre deux tôles situées dans un même plan horizontal (repère 1G);
2. soudure verticale montante (repère 3G1) et/ou descendante (repère 3G2) entre deux tôles situées dans un même plan vertical;
3. soudure horizontale au plafond entre deux tôles situées dans un même plan horizontal (repère 4G);
4. soudure en corniche, c'est-à-dire horizontale sur un plan vertical (repère 2G).

\* Soudures d'angle entre deux tôles formant un angle de 90° :

1. soudure en gouttière (repère 1F) : les tôles sont disposées de telle façon que la soudure soit dans un plan horizontal, sa gorge étant verticale;
2. l'une des tôles, au moins, est située dans un plan vertical :
  - soudure à plat (repère 2F) : l'autre tôle est horizontale;
  - soudure verticale montante (repère 3F1) et/ou descendante (repère 3F2): l'autre tôle est également verticale;
  - soudure au plafond (repère 4F) : l'autre tôle est horizontale;

N.B. : Les sigles de repérage précités sont ceux de la normalisation internationale.

- f. Le type de préparation des bords et le type de joint (bords non chanfreinés, chanfreins en V, X, K, tulipe, etc ...).
- g. Le type, le diamètre et le rendement de l'électrode, éventuellement la longueur, le diamètre du fil électrode.

En ce qui concerne les types d'enrobage des électrodes, les groupes considérés sont les suivants (cfr la NBN F31-001 de 1976) :

- basique (B);
- rutile (R);
- cellulosique (C).

Un soudeur qualifié pour le soudage avec des électrodes appartenant au groupe R ou C est seulement qualifié pour le soudage avec des électrodes du groupe en question.

Un soudeur qualifié pour le soudage avec des électrodes appartenant au groupe B, est également qualifié pour le soudage avec des électrodes du groupe R. Le soudeur doit cependant s'entraîner avec le type d'électrode particulier qu'il emploiera dans la construction. L'administration peut imposer la réalisation d'un assemblage d'essais au choix, pour s'assurer de la qualification du soudeur avec le type d'électrode particulier concerné.

- h. Paramètres électriques : nature du courant (continu ou alternatif), voltage, ampérage, polarité.

#### ARTICLE 4 - EPREUVES.

L'aptitude du soudeur est contrôlée à l'aide d'assemblages d'essais conventionnels à exécuter selon les § 5.1. et 5.2. en tenant compte des conditions suivantes.

- a. La qualification comporte l'exécution de joints bout à bout et/ou de cordons d'angle en fonction des types de soudures que le soudeur sera amené à réaliser dans la construction.

- b. Les électrodes ou le fil électrode utilisés sont prélevés dans les produits réceptionnés pour les travaux ou, à défaut et avec l'accord de l'administration, sont des produits du même type et de la même marque que ceux qui seront utilisés dans la construction.
- Si la construction comporte des soudures d'angle dont la première passe (ou la passe unique) est à réaliser avec des électrodes de diamètres ou de rendements différents (voir art. 3.g.), un seul assemblage d'essais avec cordon d'angle est réalisé. Il comprend une soudure en une passe d'épaisseur au moins égale à la plus forte épaisseur (en lère passe ou en passe unique) prévue dans l'ouvrage; cette soudure est réalisée avec l'électrode dont le diamètre et/ou le rendement est le plus grand. Le même principe est appliqué dans le cas du soudage avec des fils électrodes de diamètres différents.
  - En principe, un seul assemblage d'essais avec soudure bout à bout suffit pour la qualification d'un soudeur qui doit utiliser des produits de soudage de diamètres différents, mais du même type et dont l'enrobage éventuel est du même type.  
Cet assemblage doit, dans ce cas, être réalisé avec des fils électrodes de diamètres différents ou avec des électrodes de diamètres différents (éventuellement de rendements différents).
  - Pour une position de soudage donnée, un soudeur qualifié avec un fil ou une électrode d'un diamètre donné est également qualifié avec un fil ou une électrode d'un diamètre plus faible.
  - Un soudeur qualifié avec une électrode d'une longueur courante (350 à 450 mm) doit exécuter une nouvelle épreuve de qualification si des électrodes identiques mais de grande longueur (600 - 650 mm) doivent être utilisées dans la construction (voir art. 3.g.). Dans le cas inverse, l'épreuve de qualification ne doit pas être recommencée.
- c. Pour un procédé de soudage déterminé (cfr art. 3.b.), un soudeur qualifié dans une position de soudage (X) est qualifié automatiquement pour les autres positions X de la même ligne horizontale du tableau de la page suivante.
- d. L'épaisseur des tôles est choisie conformément à l'article 3.d. en ce qui concerne les assemblages d'essais avec soudure bout à bout et conformément au point 5.2. en ce qui concerne les assemblages d'essais comportant un cordon d'angle.
- Un soudeur agréé sur base d'un assemblage d'essais de 15 mm d'épaisseur peut souder bout à bout des tôles dont l'épaisseur est supérieure ou égale à 6 mm.
  - Un soudeur agréé sur base d'un assemblage d'essais de 12 mm d'épaisseur peut souder bout à bout des tôles dont l'épaisseur est comprise entre 6 et 15 mm.
  - Un soudeur agréé sur base d'un assemblage d'essais d'épaisseur  $e$  inférieure à 6 mm peut souder des tôles dont l'épaisseur est comprise entre  $0,5 e$  et  $2 e$ .

- e. Le type de chanfrein est celui décrit au point 5.1.
- f. Le choix de la nuance de l'acier est fait conformément aux prescriptions de l'article 3.c.

En plus des assemblages d'essais réalisés selon les conditions précitées (assemblages conventionnels), l'administration peut imposer de faire exécuter, par les soudeurs qui seront appelés à les réaliser sur l'ouvrage, des assemblages d'essais types correspondant à des joints particuliers de la construction de manière à démontrer qu'ils sont à même d'exécuter correctement ces joints (voir point 5.3.).

Soudure bout à bout positions d'exécution					Soudure d'angle positions d'exécution				
Plat	Corniche	Verticale		Plafond	Gouttière	Plat	Verticale		Plafond
1G	2G	Mon- tante 3G1	Descen- dante 3G2	4G	1F	2F	Mon- tante 3F1	Descen- dante 3F2	4F
(X)									
X	(X)								
X		(X)							
			(X)						
X		X		(X)					
					(X)				
					X	(X)			
					X	X	(X)		
								(X)	
					X	X	X		(X)

## ARTICLE 5 - EXECUTION DES ASSEMBLAGES D'ESSAIS.

### 5.1. Assemblages d'essais conventionnels avec soudure bout à bout.

Chaque assemblage d'essais est exécuté de la façon décrite ci-après (voir figure 10.1 p. 10.6).





Ces tôles ne sont pas nécessairement prélevées dans les tôles réceptionnées pour la construction. Elles doivent être propres. La zone à souder est exempte de calamine, de rouille et de toute autre impureté. Elles doivent s'appliquer parfaitement sur toute leur longueur l'une contre l'autre. Les bords de la tranche de la pièce de 60 mm de largeur en contact avec la face de la pièce de 80 mm de largeur sont à arêtes vives, de manière à permettre le contrôle de la pénétration au fond de l'angle lors de la réalisation de l'essai de fracture (voir § 7.2.2.). Les tôles sont assemblées l'une à l'autre par une soudure d'angle répondant aux conditions suivantes (voir figure 10.3) :

- les extrémités du cordon d'angle sont situées à 10 mm des extrémités de la pièce d'épreuve;
- le cordon de soudure comprend au moins deux reprises;
- le cordon de soudure est déposé dans le même sens sur toute la longueur de la pièce d'épreuve;
- la dimension suivant la bissectrice est d'au moins 4 mm.

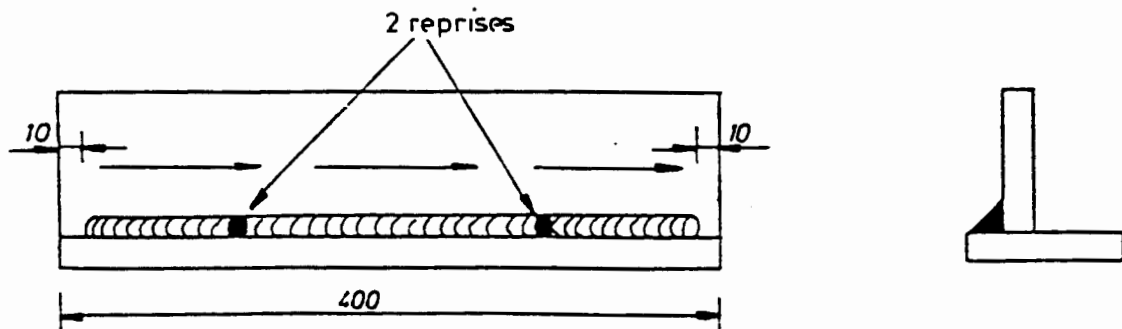


Figure 10.3

Tout traitement mécanique superficiel (p.ex. le meulage) ou thermique des éprouvettes est interdit.

### 5.3. Assemblages d'essais types.

Par joint particulier pour lequel un assemblage d'essais type peut être réalisé, on entend par exemple :

- toute soudure bout à bout sans reprise à l'envers;
- tout joint bout à bout en X, K ou d'une autre forme entre deux pièces étant ou non dans le prolongement l'une de l'autre;
- toute soudure d'angle entre pièces non chanfreinées ou partiellement chanfreinées soudées d'un ou des deux côtés et faisant entre elles un angle quelconque;
- toute autre soudure entre pièces de formes particulières (p.ex. tubes de faible diamètre);
- des joints conventionnels tels que décrits ci-dessus (§ 5.1. et 5.2.), mais dont l'exécution du soudage est rendu difficile dans la construction du fait de l'encombrement d'autres pièces voisines.

L'opération de soudage est faite exactement dans les mêmes conditions que celles qui sont prévues dans la construction (accessibilité - préchauffe).

Les assemblages d'essais types sont réalisés avec des échantillons d'acier prélevés dans les aciers réceptionnés pour la construction. L'administration peut cependant autoriser l'exécution de ces assemblages types avec des aciers autres que ceux de la construction, s'il s'agit des aciers des nuances AE 235 et AE 255.

#### 5.4. Remarques.

1. Le matériel de soudage doit être similaire à celui utilisé en production.
2. Lors du soudage d'un échantillon d'essais, l'administration tient compte de l'aptitude du soudeur à :  
juger :
  - de la qualité de préparation des chanfreins;
  - de l'état de propreté des pièces et produits d'apport.respecter :
  - les nuances et dimensions des produits d'apport à utiliser;
  - l'étuvage des produits d'apport si nécessaire;
  - les limites d'énergie éventuellement imposées;
  - les paramètres de soudage, comme, par exemple, intensité, nature du courant, polarité, tension, vitesse d'avance, débit du gaz ...;
  - le cycle thermique (préchauffage, température entre passes ...).
3. Tout échantillon d'essais doit être soudé dans un temps raisonnable reflétant les conditions réelles du travail. A cet effet, le temps passé pour le soudage de l'échantillon est noté. Tout soudeur qui est amené à éliminer d'une façon manifestement exagérée du métal déposé par meulage, gougeage ou autre méthode, par crainte de laisser subsister des défauts, est refusé.
4. Les soudeurs appelés à réaliser des assemblages d'essais types sont choisis parmi les soudeurs déjà agréés dans une ou plusieurs (selon le cas) des positions conventionnelles. L'administration peut cependant accorder dérogation et considérer l'exécution satisfaisante d'un assemblage d'essais type donné comme remplaçant valablement, pour la position de soudage considérée, l'exécution de l'assemblage d'essais conventionnel avec soudure bout à bout, de l'assemblage d'essais avec cordon d'angle ou des 2 assemblages conventionnels.
5. Chaque soudeur possède un poinçon d'identification; il marque les assemblages qu'il confectionne de l'empreinte de son poinçon.

## ARTICLE 6 - CONDUITE DES ESSAIS.

### 6.1. Assemblage d'essais conventionnel avec soudure bout à bout.

#### 6.1.1. Contrôle de la compacité.

Le contrôle de la compacité est opéré si le contrôle de l'aspect du joint a donné satisfaction (point 7.1.1.).

Il est réalisé par radiographie sur toute la longueur de la soudure.

#### 6.1.2. Essais de pliage transversal à l'endroit et à l'envers.

Si le contrôle de la compacité de la soudure a donné satisfaction, on découpe dans l'assemblage deux bandes transversales de 50 mm de largeur chacune. Les faces sont rabotées sur 1 mm environ et les arêtes longitudinales soumises à traction sont arrondies mécaniquement sous un rayon de 5 mm environ.

Les traits de meule, de lime ou d'outils sont éliminés avec soin.

Les éprouvettes ne reçoivent aucun traitement thermique.

Les éprouvettes sont soumises à l'essai de pliage à 180° en appliquant les prescriptions de la norme NBN 117-02 de 1961 et en respectant les dispositions suivantes :

- une première éprouvette est appuyée par le fond du V sur le mandrin cylindrique de diamètre égal à 4 fois l'épaisseur de l'éprouvette rabotée (pliage à l'endroit);
- une seconde éprouvette est appuyée dans les mêmes conditions, mais avec l'ouverture du V de la soudure sur le même mandrin cylindrique (pliage à l'envers);
- chaque pliage est effectué suivant l'axe de la soudure.

### 6.2. Assemblage d'essais conventionnel avec cordon d'angle.

Si l'aspect extérieur du cordon est satisfaisant (§ 7.2.1.), l'échantillon est soumis à l'essai de fracture décrit ci-dessous.

Eventuellement en vue de juger davantage la pénétration de la soudure, il peut être procédé au prélèvement d'une ou de plusieurs éprouvettes de 20 mm de longueur pour des examens de coupes transversales au cordon de soudure (cfr fig. 10.2. et § 6.2.2.).

#### 6.2.1. Essai de fracture.

L'échantillon (ou ses différents tronçons) est fracturé en le plaçant dans la position indiquée à la figure 10.4, p. 10.10.

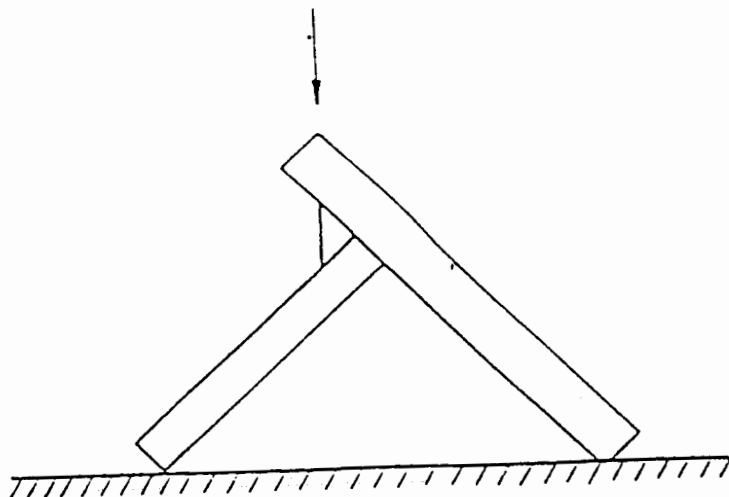


Figure 10.4 - Fracture d'un joint en T

Pour éviter l'arrachement dans l'une des tôles et faciliter la fracture dans la soudure, on peut pratiquer une entaille longitudinale (par exemple, trait de scie) sur une profondeur de 30 % de la hauteur de gorge du cordon d'angle et au maximum de 2 mm (voir figure 10.5).

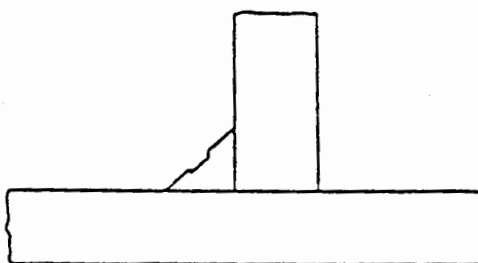


Figure 10.5 - Entaille longitudinale

#### 6.2.2. Examen macrographique sur coupe(s) transversale(s).

Chaque coupe est polie et attaquée au moyen d'un réactif approprié.

A titre d'exemple, on peut retenir :

1. Iode ioduré, préparé comme suit :

iodure bisublimé : 1 partie en poids;

iodure de potassium cristallisé : 2 parties en poids;

eau distillée : 10 parties en poids;

La solution est utilisée à la température ambiante et brossée sur la surface polie, jusqu'à ce qu'on aperçoive distinctement le contour du métal fondu.

2. Réactif à l'acide nitrique, composé comme suit :

acide nitrique concentré : 8 parties en volume;

(densité : 1,4)

eau distillée : 92 parties en volume.

La solution est appliquée au moyen d'un tampon d'ouate imbibé. Pour éviter l'altération de la surface attaquée, il faut l'essuyer avec un tampon d'ouate imbibé d'acétone et laisser sécher.

### 6.3. Assemblages d'essais types.

L'administration fixe les contrôles à réaliser sur les joints types de manière à obtenir les mêmes informations que celles fournies par les essais sur les assemblages d'essais conventionnels.

## ARTICLE 7 - CONDITIONS IMPOSEES POUR LES RESULTATS DES ESSAIS.

### 7.1. Assemblage d'essais conventionnel avec soudure bout à bout.

#### 7.1.1. Examen visuel.

La soudure doit avoir un aspect sain et régulier. Elle ne peut présenter de défauts de surface tels caniveaux, manques de matières, sillons entre passes superficielles, excès de matière avec bombement trop prononcé des passes superficielles, reprises incorrectes, etc ... .

L'importance de la surépaisseur  $S$  doit être aussi faible que possible sans être inférieure à 1 mm. Il est tenu compte du type et du diamètre de l'électrode, et de la position de soudage.

La surépaisseur ne peut pas dépasser 3 mm (voir fig. 10.6).

Les morsures sont autorisées pour autant que leur profondeur soit inférieure à 0,5 mm et leur longueur totale inférieure à 10 % de la longueur de la soudure.

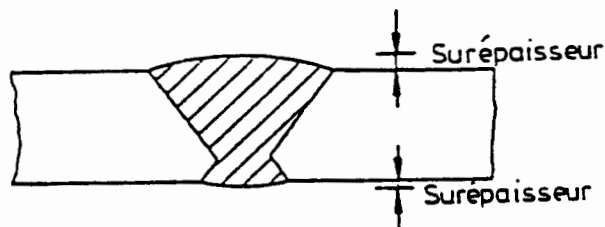


Figure 10.6 - Joint bout à bout (surépaisseur)

#### 7.1.2. Contrôle de la compacité.

Ce contrôle est effectué par radiographie. Le film doit être de qualité au moins égale à celle prévue pour le contrôle des joints de la construction.

Il doit être net sur toute la longueur de la soudure.

Les fissures, manques de pénétration, manques de fusion (collage), reprises incorrectes, nids de soufflures et soufflures vermiculaires ne sont pas acceptables.

Les porosités sont admises dans les conditions suivantes :

- le diamètre maximal d'une porosité est de  $0,1 e$  ( $e$  étant l'épaisseur des tôles assemblées);
- sur une longueur de soudure de 150 mm comportant la concentration maximale de défauts, la surface totale des porosités est inférieure ou égale à  $e/3$  exprimée en  $\text{mm}^2$ ;
- sur toute autre longueur de 150 mm, considérée de manière continue ou pas, la surface totale des porosités est inférieure ou égale à  $e/6$  exprimée en  $\text{mm}^2$ .

Les inclusions de laitier sont admises dans les conditions suivantes :

- la longueur maximale d'une inclusion est de  $e/3$ ;
- la somme des longueurs des inclusions est inférieure ou égale à  $e/2$  sur toute la longueur de l'éprouvette et l'écartement entre deux inclusions ne peut être inférieur à 12 fois la longueur du défaut le plus long.

Des défauts plus nombreux peuvent être acceptés aux deux extrémités sur une longueur de 2 cm, si la soudure a été réalisée sans appendices d'extrémité.

### 7.1.3. Essais de pliage transversal à l'endroit et à l'envers.

Aucune crique ou fissure dans la soudure, dans le métal de base ou à la jonction des deux ne peut se présenter après exécution du pliage.

De petites criques superficielles, qui ne s'étendent pas en profondeur quand le pliage progresse, ne sont cependant pas considérées comme défauts si leur plus grande dimension n'excède pas 2 mm.

## 7.2. Assemblage d'essais conventionnel avec cordon d'angle.

### 7.2.1. Examen visuel.

- a. le profil de la soudure, y compris aux extrémités, doit être régulier;
- b. la hauteur de gorge "a" calculée à partir de la mesure de  $l_1$  et de  $l_2$  doit être pratiquement constante le long de la soudure et ne peut, en aucun point, être inférieure à la valeur spécifiée ni être supérieure de plus de 2 mm à cette valeur spécifiée (voir figure 10.7);
- c. les longueurs des deux côtés de l'angle droit ( $l_1$  et  $l_2$ ) du cordon de soudure doivent être telles que le rapport entre le plus petit et le plus grand ne soit pas inférieur à 0,8;
- d. l'angle de raccordement (voir figure 10.8) doit être supérieur à  $120^\circ$ ;

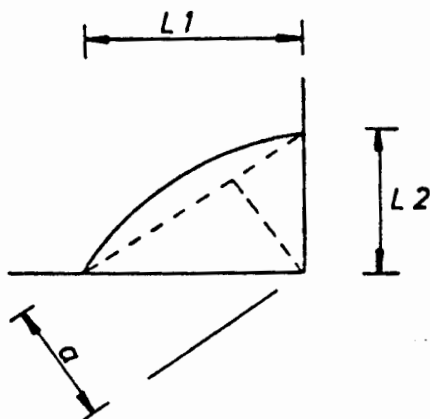


Figure 10.7 - Cordon d'angle dimensions

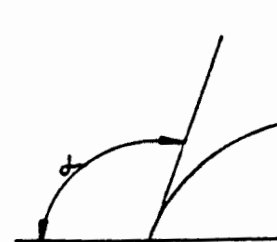


Figure 10.8 - Cordon d'angle angle de raccordement

- e. une concavité de la soudure d'angle est admise à condition que la hauteur de gorge effective ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée;

- f. en aucun point, les morsures ne peuvent avoir une profondeur supérieure à 10 % de l'épaisseur de la tôle avec un maximum de 0,5 mm; la longueur cumulée des morsures ne peut être supérieure à 10 % de la longueur de la soudure;
- g. les reprises de soudure doit être bien raccordées et ne doivent montrer ni cratère ni surépaisseur exagérée;
- h. le début de la soudure doit être régulier et sain.

N.B. : En cas de doute quant à la mesure des défauts, on exécute une ou plusieurs coupes transversales au droit des défauts (voir point 6.2.2. et figure 10.2 p. 10.6).

### 7.2.2. Essai de fracture.

La section de rupture ne peut présenter ni fissure, ni inclusions de laitier, ni manque de fusion entre le métal de base et la soudure (collage); ni cavité à la racine du cordon dépassant les limites indiquées ci-après au 3ème alinéa.

Les porosités peuvent exister pour autant qu'aucune d'entre elles n'excède 1,5 mm dans sa plus grande dimension et qu'il n'y en ait pas plus de deux par 10 cm de longueur de cordon d'angle.

Le manque de fusion de l'arête de l'angle est inacceptable, sauf s'il est situé aux endroits mentionnés ci-après et s'il s'agit d'un manque de fusion de hauteur inférieure ou égale à 1 mm et de longueur au plus égale à :

- 10 mm au début de la soudure;
- 40 mm de longueur cumulée dans la partie restante de l'éprouvette.

Le pourcentage de grains brillants est relevé approximativement.

Un pourcentage de grains brillants supérieur à 50 %, associé à d'autres défauts, peut conduire l'administration à considérer le résultat comme non satisfaisant.

### 7.2.3. Examen macrographique sur coupe(s) transversale(s).

Le contour du métal fondu, qui apparaît après attaque, permet de se rendre compte du degré de pénétration de la soudure.

L'examen ne peut mettre en évidence aucun des défauts mentionnés aux points 7.2.1. et 7.2.2.

### 7.3. Assemblages d'essais types.

Les résultats des contrôles mentionnés au point 6.3. doivent permettre de juger si les joints particuliers sont de qualité équivalente à celle qui est décrite aux points 7.1. et 7.2. pour les assemblages d'essais conventionnels.

### ARTICLE 8 - CERTIFICATS DE QUALIFICATION.

Pour chaque soudeur qualifié, l'administration établit un certificat dont le modèle est donné à la fin du présent chapitre (annexe 10.1, p. 10.15).

Au verso de ce document, est mentionnée chaque reconduction éventuelle de la qualification (cfr l'article 11 ci-après).

En annexe de ce document est jointe une feuille (ou éventuellement plusieurs) sur laquelle sont consignés les résultats des contrôles effectués sur les assemblages d'essais (cfr le modèle ci-après, annexe 10.3, p. 10.17).

### ARTICLE 9 - CONTRE-ESSAIS.

Un soudeur, qui n'a pas réussi un assemblage d'essais, peut, sur demande écrite de l'entrepreneur, le recommencer en double exemplaire. Il ne peut être qualifié que si les nouveaux assemblages d'essais répondent tous aux conditions imposées.

Lorsqu'un soudeur ne satisfait pas aux contre-essais de qualification, il est tenu de compléter sa formation et de parfaire son expérience pratique; il ne peut se représenter à tout nouvel essai qu'après une période de deux mois, à compter de la date du précédent échec.

### ARTICLE 10 - VALIDITE DE LA QUALIFICATION.

La qualification est valable 12 mois. Toutefois, le renouvellement de l'essai peut être exigé sans délai si une défaillance du soudeur est constatée au cours des travaux qu'il réalise.

### ARTICLE 11 - CONDITIONS DE RECONDUCTION.

La reconduction d'une qualification de soudeur (annexe 10.2 p. 10.16) sans imposer de nouveaux essais, est subordonnée aux conditions suivantes :

- avoir exercé son activité sans interruption dépassant 4 mois consécutifs;
- ne pas faire l'objet d'une défaillance dûment constatée;
- avoir effectué des travaux qui correspondent aux types d'essais réalisés qui ont donné droit à la qualification (de ce fait, si les travaux effectués par le soudeur correspondent exclusivement aux équivalences obtenues à la suite des essais de qualification, la reconduction correspondant à ces essais ne peut être obtenue).

En conséquence, un dossier est présenté par le constructeur où il est fait état des travaux effectués entre chaque demande de reconduction et des résultats obtenus lors des contrôles non destructifs, accompagnés éventuellement des essais complémentaires imposés en fonction de la nature des procédés.

Ce dossier doit permettre à l'administration de s'assurer que le soudeur répond effectivement aux conditions pour obtenir la reconduction sollicitée.



## CERTIFICAT DE QUALIFICATION DE SOUDEUR A L'ARC

## NUMERO

Le présent certificat atteste que Monsieur

- Nom .....
- Prénom .....
- Nationalité .....
- N° O.N.S.S. ....
- Employé par l'entreprise .....,  
a subi, en présence de (x) .....,

une épreuve de qualification conformément aux prescriptions du Ministère des Travaux publics, en vue du soudage à l'arc de :

Les résultats obtenus sur les assemblages d'essais sont donnés à la page suivante.

Le soudeur précité est agréé pour :

Le présent certificat, établi en un original et ..... duplicata, est valable à partir du .....

A ....., le .....

(xx)

(Nom et signature)

(x) le nom de l'agent de l'administration avec mention de la Direction du Bureau des Ponts auquel il appartient.

(xx) autorité chargée de prononcer la qualification du soudeur (en l'occurrence une Direction du Bureau des Ponts).

RECONDUCTIONS DE LA QUALIFICATION DU SOUDEUR

---

1. PREMIERE RECONDUCTION.

- Date :
  
- Produits de soudage :
  
- Types d'assemblages :
  
- Positions de soudage :

(nom et signature)

---

2. DEUXIEME RECONDUCTION.

- Date :
  
- Produits de soudage :
  
- Types d'assemblages :
  
- Positions de soudage :

(nom et signature)

QUALIFICATION DE SOUDEUR A L'ARC.

Nom, prénom du soudeur :

RESULTATS DES CONTROLES DES ASSEMBLAGES D'ESSAIS.

POSITIONS DE SOUDAGE	PRODUITS DE SOUDAGE			SOUDURES BOUT A BOUT			SOUDURES D'ANGLE		
	Type (1)	Diamètres	Rendement (%)	Examen visuel (2)	Radio-graphie (2)	Pliages (2)	Examen visuel (2)	Fracture (2)	Macro-graphie (2)
A plat									
Verticale montante									
Verticale descendante									
Plafond									
Corniche									
Gouttière									

- (1) EB : électrode - enrobage basique  
 EC: électrode - enrobage cellulosique  
 ER: électrode - enrobage rutile  
 FP: fil électrode plein  
 FFB: fil électrode fourré basique  
 FFC: fil électrode fourré cellulosique  
 FFR: fil électrode fourré rutile

- (2) B: bon  
 M: mauvais  
 NE: non effectué

A ....., le .....

(Nom et signature)

## CHAPITRE 11

SOUDEGE DE GOUJONS CONNECTEURS A L'ARC ENTRETENU.ARTICLE 1 - PREAMBULE.

Les prescriptions de ce chapitre s'appliquent au soudage de goujons connecteurs dans les constructions mixtes acier-béton et dans les ouvrages qui peuvent y être assimilés.

Elles ne concernent que le soudage de goujons par le procédé dit "à l'arc entretenu". Cette technique de soudage consiste à souder sans métal d'apport un goujon sur une pièce au moyen d'un arc électrique direct, suivi du forgeage des deux éléments suite à la plongée du goujon dans le bain de fusion.

ARTICLE 2 - CARACTERISTIQUES DES GOUJONS ET ACCESSOIRES.

Les goujons sont façonnés à partir de barres ou de fils en acier dont l'analyse chimique répond aux prescriptions pour l'acier AE 235 D. Les goujons sont formés à froid; leurs caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

- limite élastique : min. 340 N/mm<sup>2</sup>;
- charge de rupture : min. 420 N/mm<sup>2</sup>;
- allongement après rupture (5 d) : 14 % min.

Les diamètres habituels des goujons varient de 6 à 25 mm.

Les goujons sont munis d'un "flux" consistant en addition d'aluminium sous forme d'une bille sertie à la base du goujon.

Lors de leur mise en œuvre, les goujons sont munis d'une embase (couronne) consistant en une bague en matériau réfractaire.

Les goujons sont groupés et présentés par lots dont chacun comprend des goujons de même diamètre et de même numéro de fabrication.

Un même numéro de fabrication ne peut concerner que des éléments de même provenance, façonnés à partir de barres ou de fils provenant d'une même coulée. L'homogénéité d'un lot de goujons est garantie par un certificat remis par le fournisseur (avec mention, entre autres, de l'analyse complète de coulée).

Les goujons doivent être propres, exempts de traces de rouille, calamine, graisse ou toute autre impureté. Les têtes de goujons ne peuvent présenter de fissures, et en particulier, au raccordement avec la tige.

Le flux doit être serti de manière régulière au centre de l'about du goujon. Les embases ne peuvent présenter de fissures. Elles doivent être de teinte uniforme. Le diamètre des goujons ne peut varier de plus de  $\pm 0,1$  mm par rapport au diamètre théorique.

### ARTICLE 3 - RECEPTION D'UN LOT DE GOUJONS ET QUALIFICATION DU MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE.

#### 3.1. - Généralités.

- Les contrôles doivent porter sur des échantillons qui constituent l'image fidèle des assemblages de l'ouvrage. Ces échantillons, qui doivent permettre de vérifier à la fois la qualité des matériaux utilisés et la qualité de leur mise en œuvre, sont réalisés chez le constructeur avec les dispositifs qu'il compte utiliser pour l'exécution du travail et en respectant les mêmes conditions de soudage.
- Il y a donc lieu d'utiliser le pistolet de soudage, les câbles de raccordement à celui-ci et à l'acier support, ainsi que les clames de fixation à ce dernier qui seront utilisés en application industrielle.  
Il faut veiller à ne pas modifier l'inductance du circuit de soudage (par enroulement des câbles).
- Un type d'assemblage est caractérisé par le mode opératoire proposé par le constructeur (positions et paramètres de soudage), par le diamètre des goujons, par la nuance et l'épaisseur de l'acier support.  
Les plaques d'acier utilisées pour la réalisation des échantillons d'essais sont prélevées parmi les aciers réceptionnés pour l'ouvrage et sur lesquels les goujons doivent être soudés. Pour les nuances d'acier AE 255 et supérieures, les plaques sont choisies parmi les coulées présentant le carbone équivalent le plus élevé.  
Toutes autres variables restant égales, l'agrégation d'une procédure pour une épaisseur entraîne l'agrégation pour des épaisseurs inférieures pour autant que celles-ci ne s'écartent pas de plus de 10 mm de l'épaisseur retenue pour les échantillons d'essais.  
La longueur et la largeur des plaques supports doivent être supérieures à 10 fois le diamètre du goujon, sauf dans le cas de pièces étroites où la largeur réelle dans la construction doit être retenue.
- A l'endroit de la soudure, l'acier doit être exempt de peinture, de graisse, de calamine, de rouille et d'humidité.

### 3.2. - Réalisation des échantillons d'essais.

Chaque type d'assemblage donne lieu à la confection d'une série d'échantillons et ce, par entité de 10.000 goujons d'un même lot ou fraction de 10.000 goujons.

Chaque série d'échantillons comprend :

- trois échantillons avec goujon unique soudé orthogonalement sur une plaque pour examen de coupes diamétrales;
- trois échantillons avec goujon unique soudé orthogonalement sur une plaque pour essais de pliage à 45°;
- trois échantillons avec deux goujons soudés en regard sur les faces opposées de la plaque, l'axe commun des goujons étant orthogonal à la plaque; ces échantillons sont destinés à la réalisation d'essais de traction statique.

Lors de l'exécution des échantillons, les paramètres suivants sont relevés :

- l'intensité et la tension du courant de soudage;
- le temps de soudage;
- le "dépassant" (1);
- le raccourcissement du goujon à la fin de l'opération de soudage.

A défaut de pouvoir mesurer les trois premiers paramètres, on note les réglages correspondants du poste de soudage.

### 3.3. - Examens et essais - Interprétation des résultats.

#### 3.3.1. - Examen visuel.

- Le goujon doit être perpendiculaire à la plaque-support.
- Le bourrelet de métal fondu doit être de forme régulière sur tout le pourtour du goujon. Il ne peut présenter de manque de matière, ni de crevasse. Aucune morsure sur la plaque-support n'est tolérée.

#### 3.3.2. - Examen macrographique sur coupe diamétrale.

Il ne peut apparaître aucun défaut d'assemblage, tel que fissures et retassures. La zone de fusion doit être présente sur tout le développement du joint. Quelques porosités sont tolérées pour autant qu'elles soient arrondies et que la somme de leurs diamètres ne dépasse pas le dixième du diamètre du goujon.

---

(1) Le "dépassant" est la longueur de la partie cylindrique du goujon qui dépasse l'extrémité inférieure de la bague réfractaire après la mise en place du goujon et de la bague dans le pistolet.

### 3.3.3. - Examen micrographique et mesures de dureté VICKERS sur coupe diamétrale.

L'examen micrographique ne peut révéler de fissures.

En aucun point de l'assemblage, la dureté Vickers mesurée avec une charge de 500 g ne peut dépasser 450 unités. Si une dureté supérieure est mesurée, des échantillons d'essais sont recommencés avec préchauffage des zones à souder à une température à proposer par l'entrepreneur de manière à ramener la dureté à moins de 450 unités HV 0,5.

### 3.3.4. - Inclinaison du goujon à 45° par rapport à sa direction initiale.

Le pliage du goujon au droit de son encastrement est opéré de manière lente et progressive, sans choc.

Cette opération ne peut provoquer le décollement du goujon ou l'apparition de déchirure dans la zone d'assemblage.

### 3.3.5. - Traction statique.

La charge de rupture (et éventuellement la limite d'élasticité si elle est décelable) ne peut être inférieure à celle prescrite au § 2 pour l'acier des goujons avant soudage.

La localisation de la rupture est notée.

## ARTICLE 4 - QUALIFICATION DES OPERATEURS.

L'opérateur ayant réalisé les échantillons en vue de l'agrégation d'une procédure est automatiquement qualifié.

Tout autre opérateur doit réaliser, par position de soudage, quatre échantillons comportant un goujon unique soudé orthogonalement sur une plaque.

Deux échantillons sont destinés à un essai de pliage à 45°.

Deux échantillons sont destinés à un examen macrographique.

L'interprétation des résultats est effectuée selon le paragraphe 3.3.

## ARTICLE 5 - CAS PARTICULIER.

En cas d'utilisation de goujons filetés, le filetage est arrêté à quelques millimètres de l'extrémité à souder de manière à rester, après soudage, au-dessus du bourrelet de métal fondu.

## CHAPITRE 12

FABRICATION EN ATELIERARTICLE 1 - PRESCRIPTIONS GENERALES.1.1. Préambule.

En général, le contrôle des dimensions, de même que la vérification de la santé de l'acier et de l'état de surface des pièces, ne peuvent pas être effectués valablement au laminoir; aussi, le constructeur remplace ou répare moyennant accord préalable de l'administration toute pièce qui ne donne pas satisfaction quant aux dimensions, à la forme, à l'état de surface ou dans laquelle des défauts internes seraient découverts et cela à n'importe quelle phase de la fabrication.

Tout travail, y compris le montage provisoire est réalisé dans les halls fermés. Sur proposition dûment justifiée de l'entrepreneur, l'administration peut toutefois autoriser l'exécution de certaines opérations à l'air libre; en fonction de la nature de ces opérations, le constructeur prend les mesures adéquates pour la protection des pièces.

Les éléments figurés sur les plans d'exécution comme étant d'une seule pièce ne peuvent être réalisés au moyen de tronçons assemblés.

Les joints ne peuvent être réalisés qu'aux endroits indiqués sur les plans. Il ne peut y avoir d'exception à cette règle que moyennant l'approbation écrite de l'administration.

Le service chargé de la surveillance des travaux en atelier doit recevoir par les soins du constructeur, en deux exemplaires, le tableau des signes distinctifs et des repères à marquer sur toutes les pièces pour vérifier, lors du montage sur chantier, que chaque pièce occupe exactement la position qui lui a été assignée lors du montage provisoire en atelier.

1.2. Protection des matériaux contre la corrosion.

Toute pièce en acier ne peut subir de corrosion profonde (par ex. la corrosion sous forme de piqûres). Elle ne peut être stockée en contact avec le sol; elle doit être disposée de manière à permettre une ventilation suffisante ainsi qu'une évacuation rapide et complète de l'eau de pluie.

1.3. Marquage.

Tous les aciers à mettre en œuvre doivent, au moins, dès leur réception et jusqu'à leur incorporation définitive dans l'ouvrage, présenter des marques distinctes permettant de reconnaître facilement et sans confusion la nuance et la qualité.



Les modalités de marquage sont à soumettre préalablement à l'approbation de l'administration.

Quelle que soit la nuance de l'acier, la création d'entailles vives par marquage au poinçon est interdite sauf aux endroits non sollicités ou uniquement sollicités en compression; de plus, cette interdiction est également d'application pour la proximité des cordons de soudure, quel que soit le type de sollicitation de la pièce.

#### 1.4. Manipulation des matériaux.

Les pièces doivent être manipulées avec précaution de manière à éviter toute dégradation. En particulier, les arêtes vives et les parties saillantes doivent être protégées.

La réparation de toute pièce présentant des déformations inacceptables ne peut être envisagée que moyennant l'accord préalable de l'administration.

Toute pièce dont l'aspect témoigne d'un redressage de zones déformées, exécuté à l'insu de l'administration, peut être refusée, sauf si l'entrepreneur peut faire la preuve que les opérations de redressage n'ont pas altéré les propriétés du métal et n'ont pas introduit des contraintes parasites exagérées.

### ARTICLE 2 - PREPARATION A L'USINAGE.

#### 2.1. Planage et dressage des pièces.

Le planage et le dressage des tôles, plats et profilés sont autant que possible réalisés au laminoir. Le planage et le dressage en atelier peuvent être envisagés à froid, avec l'accord de l'administration, dans le cas de petites déformations et à condition que les pièces soient à une température d'au moins 0° C.

Le planage et le dressage sont exécutés sans choc, à la presse ou à la machine à rouleaux.

L'usage de marteaux est, en principe, interdit. L'administration est seule juge des cas où de petites déformations locales peuvent être remaniées au marteau et des cas où cette opération nécessite un recuit de normalisation de la pièce (cfr 2.3. ci-après).

#### 2.2. Mise à forme de l'acier.

La mise à forme de l'acier peut être réalisée à froid (1) sans recuit de normalisation ultérieur, lorsque l'allongement rémanent après formage est inférieur à 2,5 % en tout point et que cette opération est effectuée à une température ambiante d'au moins 0° C.

Si cet allongement est compris entre 2,5 et 5 %, le formage peut également être réalisé à froid, pour autant que l'acier ait subi préalablement un contrôle de non-vieillessement (cfr § 9.2. du chapitre I "ACIERS LAMINES").

(1) Il est évident que le cintrage à froid n'est pratiquement pas possible pour tous les profils; cette possibilité est, entre autres, réalisable pour les  
l'âme de l'acier.

Au-delà d'un allongement rémanent de 5 %, la mise à forme est suivie d'un recuit de normalisation (le formage peut être réalisé à froid au-delà de 5 % mais sans dépasser 8 %; au-delà de 8 %, le formage est réalisé à chaud).

Dans le cas d'un recuit de normalisation, il importe de consulter au préalable le producteur de l'acier, afin d'être informé sur la possibilité de faire subir à l'acier un tel traitement sans altération de ses propriétés mécaniques.

L'allongement rémanent est calculé par la formule  $\mathcal{E} = e/2R$ , "e" étant l'épaisseur de la tôle ou la hauteur du profilé mesurée dans le plan de cintrage, "R" étant le rayon de cintrage.

La mise à forme à chaud est opérée en portant toute la longueur de la partie de la pièce à travailler à une température uniforme correspondant au rouge cerise clair (800° C) et sans surchauffe.

Aucun travail sur l'acier à chaud ne peut être continué à une température inférieure à celle correspondant au rouge sombre (700° C).

Dans les fours, les pièces ne peuvent être en contact direct avec les flammes ou le combustible. Les fours sont munis d'appareils indicateurs de température, de préférence à enregistrement automatique.

Après formage, les pièces ne peuvent présenter aucune détérioration.

### 2.3. Recuit de normalisation.

Toutes les pièces ayant subi un formage conduisant à des allongements rémanents supérieurs à 5 % (cfr 2.2.) doivent être soumises à un recuit de normalisation, à une température légèrement supérieure à AC 3.

Le cycle du traitement thermique doit être soumis à l'approbation de l'administration. Celle-ci se réserve le droit de réaliser des essais sur des échantillons témoins afin de vérifier la non altération du métal.

Le traitement thermique est conduit avec toutes les précautions voulues. Les pièces sont chauffées lentement jusqu'à une température voisine de 400° C. Elles peuvent ensuite être chauffées plus rapidement jusqu'à la température du recuit et maintenue à cette température pendant une durée qui est fonction du volume et de la surface des pièces, de façon à en atteindre le cœur aux endroits de fortes épaisseurs. Dans le cas où l'enregistrement de la température est relevé par l'intermédiaire d'un thermocouple placé contre la pièce la plus épaisse ou mieux dans un trou foré jusqu'à mi-épaisseur de l'épaisseur la plus forte, la température est maintenue pendant une durée correspondant à 1 min. par mm d'épaisseur de l'élément le plus épais. Dans le cas contraire, cette durée est de 2 min. par mm.

La sole du four doit permettre le libre passage des gaz.

A titre d'indication, les températures de recuit varient de 925° C pour les aciers extra-doux à 880° C pour les aciers présentant une résistance à la rupture par traction d'environ 610 N/mm<sup>2</sup>.

Autant que possible, on introduit les pièces dans un four froid et l'on chauffe progressivement comme indiqué ci-dessus.

En tout cas, il est interdit d'introduire des pièces froides dans un four chaud. Afin de ne pas devoir effectuer un recuit de détente ultérieur, la pièce est sortie du four vers 400 - 500° C; le refroidissement est ensuite poursuivi à l'air calme.

Les dispositions nécessaires telles que étauonnements, clamages de pièces entre elles, etc ... sont à prévoir pour que les pièces ne puissent subir des déformations pendant la durée du traitement.

Les diagrammes d'enregistrement des températures sont remis à l'administration.

### ARTICLE 3 - USINAGE DES PIÈCES.

#### 3.1. Traçage.

Avant d'être tracés, les tôles, plats et profilés sont dressés et planés de manière à ne présenter aucune déformation hors tolérances.

Le traçage des pièces tient compte du fait que celles-ci doivent comporter éventuellement une contreflèche.

Le traçage des pièces à assembler par soudure doit tenir compte des surlongueurs et des surlargeurs destinées à compenser les raccourcissements dus au retrait longitudinal et au retrait transversal des cordons de soudure.

#### 3.2. Découpage et chanfreinage.

##### 3.2.1. Directives générales.

Les plats et larges plats (tels que définis dans la NBN A01-102 de 1984) sont mis à dimensions de manière à n'être sollicités que dans le sens de la longueur (aucune propriété mécanique n'est garantie en travers). Il ne sont donc pas admis comme couvre-joints verticaux d'âmes de poutres, entretoises, etc ... s'ils doivent être placés avec le sens de laminage parallèle à la direction du joint. Ils ne sont pas non plus utilisés comme goussets si ceux-ci sont sollicités dans plusieurs directions.

##### 3.2.2. Cisailage.

Le cisailage est admis, sans parachèvement ultérieur, pour les éléments d'une épaisseur inférieure ou égale à 6 mm à condition que les coupes, réalisées à une température ambiante d'au moins 0° C, soient nettes, sans déformation sensible et sans crique ni fissure. Les bavures éventuelles sont enlevées à la meule.

Cette disposition est étendue aux éléments en acier de nuance AE 235, d'épaisseur inférieure ou égale à 12 mm et n'intervenant pas dans la sécurité de l'ouvrage.

Dans les autres cas, le cisailage est en principe interdit, sauf autorisation à accorder par l'administration et dans le respect des conditions suivantes :

- le cisailage est fait de manière qu'il existe un excédent de matière par rapport aux dimensions prévues;
- en pratique courante, cet excédent sera tel que les bords puissent être usinés sur au moins 2 mm de profondeur, s'il s'agit d'épaisseurs égales ou inférieures à 12 mm, et sur au moins 5 mm, s'il s'agit d'épaisseurs supérieures à 12 mm; des usinages moins profonds peuvent être fixés et admis moyennant la démonstration préalable, par le constructeur, que son équipement le permet;
- ces opérations d'usinage sont réalisées au moyen de machines à meuler, à raboter ou à fraiser.

### 3.2.3. Découpage au chalumeau.

Tous les bords oxycoupés au chalumeau sont débarrassés des oxydes et des irrégularités de surface.

Dans une découpe à angle rentrant, les côtés de l'angle sont raccordés par un congé du plus grand rayon possible compatible avec la structure.

Pour les pièces soumises à fatigue, les stries inhérentes au meulage éventuel des bords oxycoupés doivent être parallèles à la direction des contraintes principales.

### 3.2.4. Sciage, fraisage, rabotage, meulage.

Normalement, la mise à longueur exacte des profilés est faite au moyen de la scie à froid, de la fraise ou de la raboteuse.

Le sciage ou le meulage ne peut par échauffement modifier les propriétés de l'acier.

L'usinage par machines-outils est admis à condition de procéder par petites passes successives au moyen d'outils appropriés et bien affûtés.

Les surfaces usinées doivent être bien nettes, unies, régulières et débarrassées de toute bavure.

### 3.2.5. Chanfreinage.

Le chanfreinage est exécuté par des machines-outils ou à l'aide d'un chalumeau automatique suivant les conditions indiquées ci-avant.

Les dimensions des chanfreins sont conformes aux indications des plans; leurs profils sont bien réguliers afin que les arêtes et les angles de chanfreinage permettent un accostage des pièces à souder qui soit dans les limites de tolérances prescrites.

### 3.2.6. Observation.

Les arêtes des bords des pièces doivent être vives lorsque les bords se trouvent dans les assemblages à réaliser au moyen de soudures d'angle. Par contre, les arêtes des bords libres des pièces doivent être enlevées.

## ARTICLE 4 - CONSTRUCTION SOUDEE.

### 4.1. Procédé de soudage.

Seul le soudage à l'arc est en principe autorisé. Tout autre procédé de soudage doit être préalablement approuvé par l'administration.

### 4.2. Matériel de soudage.

Le matériel de soudage doit être en parfait état de fonctionnement

Le courant peut être continu ou alternatif.

La puissance installée pour l'alimentation des postes doit être suffisante, compte tenu des pertes dans les lignes d'alimentation des postes. Au cours des travaux de soudage, la tension aux bornes des postes ne peut être inférieure aux 90 % de la tension nominale de raccordement indiquée sur ces bornes.

L'appareillage doit être pourvu de dispositifs permettant le réglage continu ou suffisamment progressif des caractéristiques de soudage (intensité du courant, tension, vitesse d'avancement) selon le procédé utilisé.

Le courant de soudage doit pouvoir être contrôlé par des appareils de mesure portatifs ou solidaires des machines de soudage, devant permettre de contrôler les caractéristiques de soudage, selon le procédé utilisé.

Le constructeur 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.

Au cours de la réalisation d'assemblage, de formes et de dimensions fixées, les caractéristiques de fonctionnement des machines ne peuvent varier pour :

- l'intensité : de plus de 10 % avec un maximum de 50 A;
- la tension : de plus de 2 V;
- la vitesse d'avancement : de plus de 10 %;
- la vitesse du fil : de plus de 10 %;
- le débit du gaz : de plus de 10 %;
- le stick-out : de plus de 5 mm;
- l'inclinaison du fil de soudage : de plus de 5 degrés.

Ces écarts sont comptés en plus ou en moins par rapport aux valeurs agréées.

L'apparition, en cours de soudage, de défauts imputables à l'irrégularité de fonctionnement à l'appareillage peut entraîner le refus de son utilisation jusqu'après remise en état et démonstration de sa qualité, sur d'autres pièces que celles de la construction.

### 4.3. Produits de soudage.

#### 4.3.1. Stockage.

Les produits de soudage (électrodes, fils et flux) sont conservés dans les conditionnements d'origine dans un local où l'humidité relative est inférieure à 75 %. Un hygromètre se trouve en permanence dans ce local; il doit être étalonné au moins une fois l'an.

#### 4.3.2. Conditions d'utilisation des électrodes basiques pour le soudage des aciers des nuances AE 255, AE 295 et AE 355.

a. Afin de garantir la teneur requise en hydrogène diffusible, les électrodes subissent en premier lieu, dans un four, le traitement thermique préconisé par le fournisseur (cfr le chapitre 8 "ELECTRODES ENROBÉES POUR LE SOUDAGE MANUEL A L'ARC") :

- le four est chauffé uniquement par une résistance électrique; il doit permettre l'évacuation de la vapeur d'eau. La température et le temps de fonctionnement doivent être réglables avec précision;
- les électrodes sont étalées sur des claies dans le four préalablement chauffé; un maximum de 4 lits d'électrodes est posé sur chaque claie et un espace libre d'au moins 2 cm avec la claie supérieure suivante est prévu;
- une fois la température au four stabilisée à la température retenue, les électrodes y sont maintenues pendant le temps prescrit.

N.B. : une électrode ne peut subir plus de trois traitements.

- b. A la fin du traitement précité, les électrodes sont immédiatement placées dans une étuve (120 - 180° C) située dans le hall où elles sont utilisées.
- c. Les électrodes sont prélevées dans cette étuve en vue de leur utilisation et sont maintenues chaudes (> 50° C) jusqu'au moment de l'emploi.
- d. Les appareils de réglage et de mesure des températures des fours et des étuves doivent être étalonnés au moins une fois l'an.

### 4.4. Qualification des modes opératoires de soudage.

#### 4.4.1.

Les programmes d'essais et spécifications relatifs à la qualification des modes opératoires sont fixés au chapitre 9 "SOUDAGE AUTOMATIQUE ET SEMI-AUTOMATIQUE".

#### 4.4.2.

Concernant le soudage manuel, il peut être demandé pour les aciers AE 235 et il est imposé pour les aciers AE 255, AE 295 et AE 355 que l'entrepreneur réalise des échantillons de certains joints types de la construction selon les modalités qu'il propose, afin de contrôler la qualité de celles-ci et leur compatibilité avec le métal de base.

Afin d'apprécier au mieux un mode opératoire donné, l'administration peut décider de procéder à l'examen d'échantillons comportant des assemblages incomplètement soudés.

Les coupons d'acier AE 255, AE 295 et AE 355 proviennent des fournitures destinées à l'ouvrage; l'administration peut imposer la même condition pour l'acier AE 235.

L'administration est seule juge de l'étude des essais concernés; elle détermine le programme des joints types à réaliser sur la base d'un document du constructeur mentionnant tous les types de joints rencontrés dans la construction.

Il appartient au constructeur de prévoir, lors de sa commande d'acier, des surlongueurs suffisantes pour l'exécution des essais.

Chaque échantillon est soumis à divers examens, notamment à un examen micrographique et à des mesures de dureté dans des coupes transversales aux soudures :

- l'examen micrographique ne peut révéler de fissures;
- la dureté maximale sous cordon, mesurée avec une surcharge de 500 g ne peut dépasser 420 unités. En fonction de la valeur de la dureté maximale mesurée, il y a lieu d'effectuer les travaux de soudage en appliquant une préchauffe éventuelle selon les directives du paragraphe 4.4.3. ci-après.

#### 4.4.3.

Quel que soit le mode de soudage, les directives suivantes sont d'application lors des travaux de soudage :

- si un mode opératoire proposé sans préchauffe ne conduit pas à découvrir des points dont la dureté Vickers est supérieure à 390 unités HV 0,5, un séchage destiné à éliminer l'humidité des zones à souder est seul imposé;
- si l'échantillon d'essais réalisé en vue de la qualification d'un mode opératoire a été soudé sans préchauffe ou avec une préchauffe inférieure à 75° C et que la dureté maximale sous cordon est comprise entre 390 et 420 HV 0,5, une préchauffe des zones à souder d'au moins 75° C est appliquée;
- si cet échantillon a été soudé avec une préchauffe égale ou supérieure à 75° C, cette préchauffe est appliquée.

N.B. : Toute opération de séchage implique que, momentanément, une température minimale de 100° C soit atteinte.

### 4.5. Exécution des soudures.

#### 4.5.1. Nettoyage des pièces.

Au moment du soudage, les zones à souder et leurs voisinages immédiats doivent être propres et secs, exempts de calamine, de rouille, graisse, huile, peinture ou autres impuretés diverses.

#### 4.5.2. Préparation des pièces.

Les pièces doivent être préparées suivant les indications des plans et du programme de soudage. Les tolérances admises sur les pièces préparées sont :

##### a. cas des joints bout à bout.

- sur les angles des chanfreins :  $\pm 5^\circ$ ;
- sur l'écartement des bords parallèles :  $\pm 1$  mm;
- sur la hauteur des méplats : + 0 à - 1,5 mm.

##### b. cas des joints d'angle.

Après assemblage par points de soudure ou gabarit de montage, les écartements sont limités à 0,5 mm avec toutefois des valeurs locales de 1 mm maximum.

Dans certains cas, l'auteur du projet peut exiger le contact parfait entre les pièces en vue d'une transmission directe des efforts de compression.

#### 4.5.3. Assemblage des pièces.

L'assemblage des pièces peut être réalisé par pointages et/ou par utilisation de gabarits de montage. Cet assemblage est conçu de manière à permettre le libre retrait des soudures bout à bout et, autant que possible, le retrait des soudures d'angle. Cette double préoccupation est d'ailleurs déterminante pour la conception du programme d'exécution des soudures.

Dans le cas d'assemblage des pièces par pointages, les soudures d'attache doivent être exécutées dans un ordre déterminé et à des distances choisies en fonction de la nature et de l'épaisseur des éléments à assembler. Il faut apporter une attention et un soin particulier lors de l'exécution de ces pointages.

En général, les soudures de pointage ne sont que provisoires et sont éliminées au fur et à mesure de l'avancement du travail (élimination mécanique ou fusion complète en cas de soudage automatique). Toutefois, elles peuvent être conservées pour autant qu'elles ne soient pas fissurées, qu'elles ne comportent aucun défaut de fusion et qu'elles présentent les caractéristiques requises pour les autres cordons.

Lorsque l'assemblage des pièces doit être réalisé au moyen d'éléments provisoires fixés par soudures d'angle, les dispositifs retenus doivent être conçus de manière à pouvoir être enlevés facilement sans dégradation du métal de base; de plus, les cordons de soudure doivent être enlevés soigneusement.

Tout montage provisoire qui nécessiterait dans les pièces à souder des trous à boucher ultérieurement par soudure est interdit.

#### 4.5.4. Soudage.

- Les soudures sont, autant que possible, exécutées dans la position la plus commode pour les soudeurs et la plus rationnelle pour le procédé de soudage utilisé. A cet effet, le constructeur doit disposer d'engins destinés à présenter convenablement les pièces aux soudeurs.



- Dans le cas des soudures en plusieurs passes, avant dépôt d'une passe ultérieure, la passe sous-jacente doit éventuellement, selon le procédé de soudage employé, être nettoyée énergiquement de façon à obtenir une surface propre.
- Avant d'effectuer la reprise à l'envers, le dos de la soudure doit recevoir une préparation de manière à atteindre partout le métal sain, le procédé utilisé ne pouvant altérer les caractéristiques du métal. Cette préparation peut ne pas être nécessaire lors de l'emploi de procédés de soudage assurant une forte pénétration.
- L'arc de soudage ne peut être amorcé en dehors du joint à souder.
- Les dispositions sont prises pour éviter les défauts d'amorçage et de fin de cordon.
- Si un préchauffage est prescrit, la température de préchauffage est maintenue pendant toute la durée du soudage; le préchauffage doit intéresser une zone suffisamment étendue de manière à éviter un refroidissement rapide et de réduire éventuellement les effets du bridage. Des mesures adéquates sont éventuellement prises pour retarder le refroidissement des assemblages.
- En cas d'utilisation de procédés de soudage sous protection gazeuse, les zones de soudage doivent se trouver à l'abri du vent et des courants d'air. (Il est à noter que des courants d'air de vitesse aussi réduite que 8 km/h peuvent souffler le gaz protecteur.)
- Tout travail de soudage est interdit lorsque la température ambiante est inférieure à 0° C.
- Les soudures bout à bout sur support en acier ne sont pas admises.

N.B. : Lorsque le constructeur envisage l'exécution de travaux de soudage sur chantier, il doit recevoir l'accord préalable de l'administration à qui il soumet le programme de ces travaux, ainsi que les mesures qui seront prises en vue de réaliser des assemblages remplissant les conditions requises pour les soudures d'atelier. Les soudeurs et les zones à souder seront donc protégés contre les intempéries.

#### 4.6. Contrôle.

##### 4.6.1. Prescriptions générales.

- L'administration est en droit d'effectuer tous les contrôles qu'elle estime nécessaires avant, pendant et après les opérations de soudage.
- Le contrôle radiographique par rayons X des soudures bout à bout est à charge de l'entrepreneur à concurrence du 1/3 de la longueur totale de ces soudures, y compris les soudures à exécuter éventuellement sur chantier. Lorsque le contrôle radiographique est impossible, il est remplacé par un contrôle par ultrasons dans les mêmes conditions que celles prévues par le contrôle radiographique. Les contrôles sont exécutés conformément aux directives de l'administration et en présence de son délégué.

- Le contrôle radiographique doit répondre aux prescriptions des normes NBN F51-002 (1986), F51-004 (1986), F51-005 (1986), F51-006 (1986) et F51-008 (1986) précisées comme suit:
  - la sensibilité de l'I.Q.I. requise est celle du tableau 1 de la NBN F51-002; l'I.Q.I. doit être placé en travers de la soudure aux deux extrémités du film;
  - l'utilisation de rayons X est obligatoire pour des épaisseurs inférieures ou égales à 50 mm;
  - la technique radiographique doit répondre à la classe B de la NBN F51-006.

#### 4.6.2. Dimensions, aspect et forme des soudures.

- Les cordons de soudure doivent avoir les dimensions minimales fixées aux plans. Ils présentent un aspect sain et régulier. Les soudures ne peuvent présenter de défauts de surface tels que morsures d'arc, caniveaux, manques de matières, sillons entre passes superficielles, reprises incorrectes (pas de cratères, ni de surépaisseur exagérée). Aucune dénivellation brusque ne peut exister entre les soudures et le métal de base.
- Les joints bout à bout sont exécutés avec une surépaisseur comprise entre 1 et 3 mm (pour des assemblages sollicités en fatigue, le meulage de ces surépaisseurs peut être demandé sur les plans d'exécution).
- La hauteur de gorge des soudures d'angle ne peut différer de plus de - 0 à + 2 mm par rapport aux dimensions indiquées aux plans. Les longueurs des deux côtés de l'angle droit d'une soudure d'angle sont telles que le rapport entre le plus grand et le plus petit côté reste inférieur à 1,4. Une convexité supérieure au quart de la hauteur de gorge réelle n'est pas admise.  
L'angle de raccordement d'une soudure d'angle au métal de base est d'au moins 120°.
- Les goujons connecteurs sont perpendiculaires à leur support. Le bourrelet de métal fondu doit être de forme régulière sur tout le pourtour du goujon. Il ne peut présenter de manque de matière, ni de crevasse. Aucune morsure n'est tolérée.

#### 4.6.3. Défauts internes des soudures.

- Les fissures, les manques de pénétration ainsi que les manques de fusion sont inacceptables. Toutefois, en ce qui concerne les deux derniers types de défauts (manques de pénétration et/ou de fusion), l'administration peut les tolérer, lorsqu'ils sont limités et situés dans des assemblages sollicités en compression ou faiblement sollicités en traction statique.
- Les inclusions gazeuses et les inclusions de laitier (de forme non aiguë) sont admises pour toute sollicitation si elles sont petites et dispersées, appréciation dont l'administration est seule juge.

#### 4.7. Réparation éventuelle des soudures.

- Tout défaut de soudure, identifié lors des contrôles visuels ou lors des essais non destructifs et considéré comme non acceptable par l'administration, doit être éliminé de la construction.

- Le constructeur soumet à l'approbation de l'administration un mode opératoire détaillant les différentes phases d'élimination du défaut et de réparation de la zone concernée. Ce mode opératoire est établi de manière telle que les contraintes de bridage soient minimales. Si la réparation consiste, en fait, en une nouvelle exécution complète selon les directives du programme de soudage approuvé et, dans le respect des procédures qualifiées, celle-ci peut être réalisée sans l'accord de l'administration.
- Les endroits où les défauts ont été détectés sont soumis à un nouveau contrôle après réparation, afin de s'assurer de l'efficacité de celle-ci.

#### 4.8. Elimination éventuelle des déformations après soudage.

Les déformations angulaires et les variations de forme qui sont inacceptables pour la bonne utilisation de l'ouvrage sont corrigées par des opérations qui n'altèrent pas la qualité du matériau et qui n'introduisent pas de tensions parasites anormalement élevées.

Après correction, les pièces sont soumises à un examen approprié.

#### 4.9. Recuit de détente.

En cas de recuit de détensionnement d'éléments soudés, les températures aux différents endroits de ceux-ci ne diffèrent pas de plus de 50° C pendant tout le cycle du recuit. Les vitesses de montée et de descente de la température du four sont donc fixées en conséquence; dans tous les cas, elles ne sont pas supérieures à 55° C par heure.

Lorsque la température choisie pour le recuit de détente, généralement comprise entre 550 et 580° C suivant le type d'acier, est atteinte, elle est maintenue dans les limites spécifiées ci-avant pendant une durée correspondant à 2 min. par mm d'épaisseur de l'élément le plus épais.

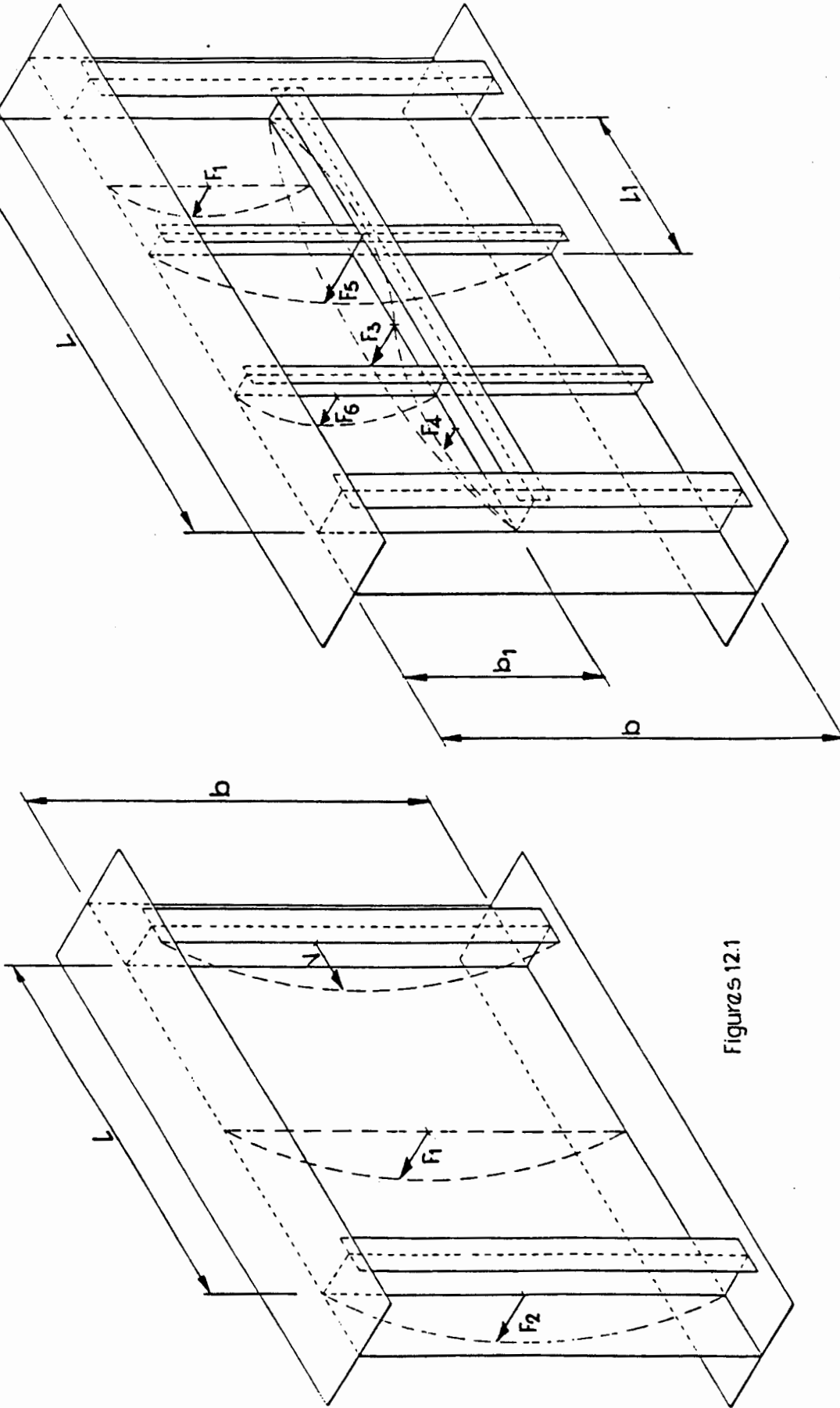
Dès que la température est redescendue à 300° C, la pièce peut être enlevée du four et continuer à refroidir à l'air calme à moins qu'un maintien sur la sole du four à une température plus basse ne s'avère nécessaire pour éviter une distorsion.

Les diagrammes d'enregistrement des températures sont remis à l'administration.

Un traitement thermique après soudage, bien qu'avantageux à plusieurs points de vue, peut avoir des effets négatifs, par exemple en réduisant la limite d'élasticité du métal de base. Dans les aciers à dispersoïdes, des effets de vieillissement particulier peuvent se produire ainsi qu'une fragilisation locale dans les zones affectées thermiquement par l'opération de soudage. Il est indiqué d'être informé préalablement par le fabricant d'acier ou par expérimentation directe.

Il est toujours à conseiller de réduire la durée et la température des traitements aux valeurs minimales permettant d'atteindre le but poursuivi.

# Tolérances d'exécution



Figures 12.1

## 1. Donneaux entre semelles et raidisseurs.

$$F_1 \leq \frac{L}{250} \text{ resp. } \frac{b}{250}$$

$$\text{ou } F_1 \leq \frac{L_1}{250} \text{ resp. } \frac{b_1}{250}$$

avec un maximum de 4 mm

## 2. Raidisseurs principaux.

a) Raidisseurs principaux transversaux

$$F_2 \leq \frac{b}{500} \quad V \leq \frac{b}{1000}$$

b) Raidisseurs principaux longitudinaux

$$F_3 \leq \frac{L}{500} \text{ ou } F_4 \leq \frac{L/2}{500}$$

avec un maximum de 6 mm

## 3. Grillage de raidisseurs ou raidisseurs individuels entre raidisseurs principaux resp. entre les raidisseurs principaux et les semelles.

$$F_5 \leq \frac{b}{500}$$

$$F_6 \leq \frac{b_1}{500}$$

#### 4.10. Tolérances de fabrication des panneaux à âme pleine raidie.

La théorie du voilement est valable à condition que les tolérances sur la planéité des panneaux d'âme et la rectitude des raidisseurs données ci-avant (figures 12.1 p. 12.3) soient respectées.

Ces tolérances sont valables pour des déformations présentant une seule demi-onde entre les points considérés. Dans le cas de deux ou de plusieurs demi-ondes, la distance dont dépendent les tolérances est la distance entre deux points de rencontre successifs de la déformée et la droite théorique joignant les deux points extrêmes considérés initialement.

Pour les panneaux courbes, l'influence de la courbure augmentée des tolérances de fabrication doit satisfaire aux figures 12.1, p. 12.3.

#### 4.11. Dispositions technologiques.

Les plans d'exécution sont dressés en tenant compte des dispositions technologiques suivantes :

##### 4.11.1. Distance minimale entre le bord d'une soudure d'angle et les bords des pièces.

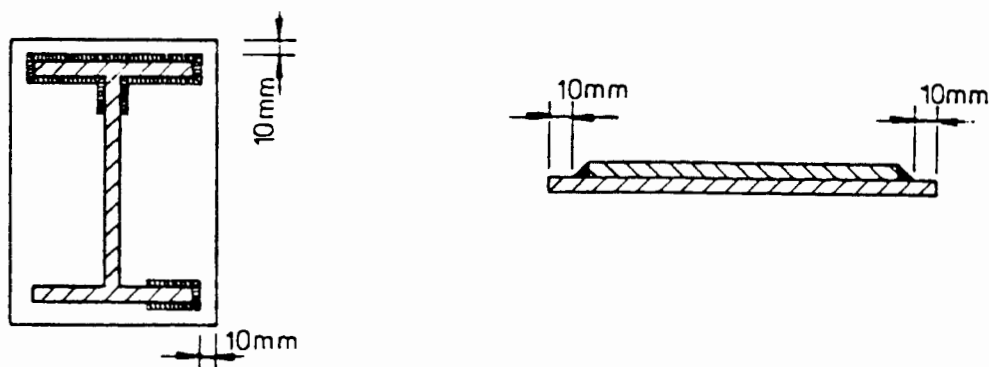


Figure 12.2

##### 4.11.2. Distance minimale $d$ entre bord de soudure et bord d'un trou lorsque la soudure est réalisée après l'exécution du trou.

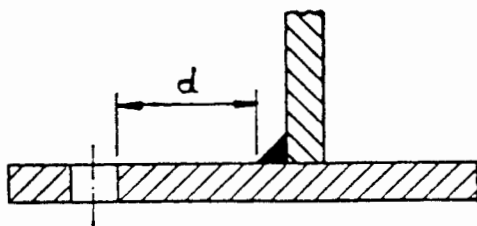


Figure 12.3

Si  $d$  est inférieur à 50 mm, il y a lieu de mentionner sur le plan, qu'une broche ajustée doit être placée dans le trou pendant le soudage, afin de faciliter la dissipation de la chaleur.

#### 4.11.3. Ouvertures évitant la rencontre des soudures d'angle.

$$R \geq 20 \text{ mm} + 1,5 a$$

a étant la hauteur de gorge du cordon le plus épais.

Lorsqu'il s'agit d'une ouverture à pratiquer dans une tôle épaisse, cette prescription est éventuellement adaptée.

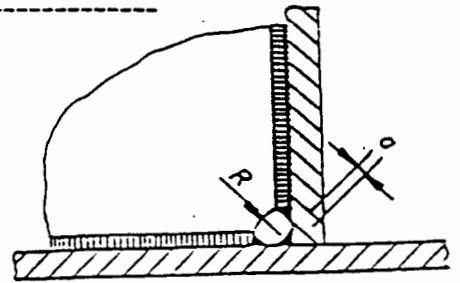


Figure 12.4

#### 4.11.4. Assemblage par soudure bout à bout de tôles d'épaisseurs différentes.

La règle générale à respecter est la suivante :

les changements d'épaisseur doivent être progressifs sur la longueur d avec  
 $d \geq 5 (e_1 - e_2)$  (fig. 12.5 et 12.6)

Ces changements d'épaisseur peuvent être réalisés de deux manières :

a) Cas 1 : conserver dans un même plan les plans médians des deux tôles.  
 L'excentricité est ainsi nulle (fig. 12.5).

b) Cas 2 : conserver dans un même plan l'une des faces des tôles.  
 L'excentricité est dans ce cas égale à  $0,5 (e_1 - e_2)$  (fig. 12.6).

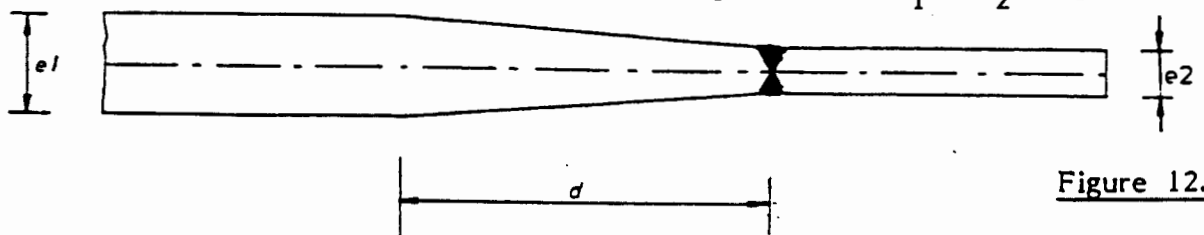


Figure 12.5

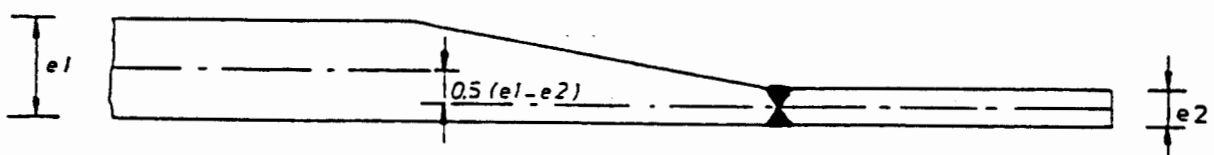


Figure 12.6

#### 4.11.5. Assemblage par soudure bout à bout de deux tôles de largeurs différentes ou variation de largeur d'une tôle unique.

$$g \geq 2,5(a-f)$$

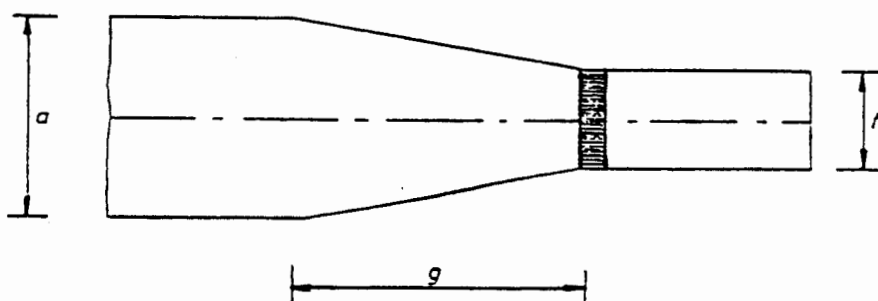


Figure 12.7

#### 4.11.6. Éléments de renfort sur les semelles des poutres en double T.

Dans le choix des sections, largeurs et épaisseurs des éléments de renfort, il y a lieu de veiller à :

- éviter des variations d'inertie trop brusques;
- éviter d'utiliser des éléments de renfort de faible épaisseur et de grande largeur sur des semelles étroites et de forte épaisseur (danger de déformation).

La conception des extrémités des éléments de renfort en section courante est réalisée comme suit :

a) Extrémité en ogive (entièrement contournée par le cordon de soudure).

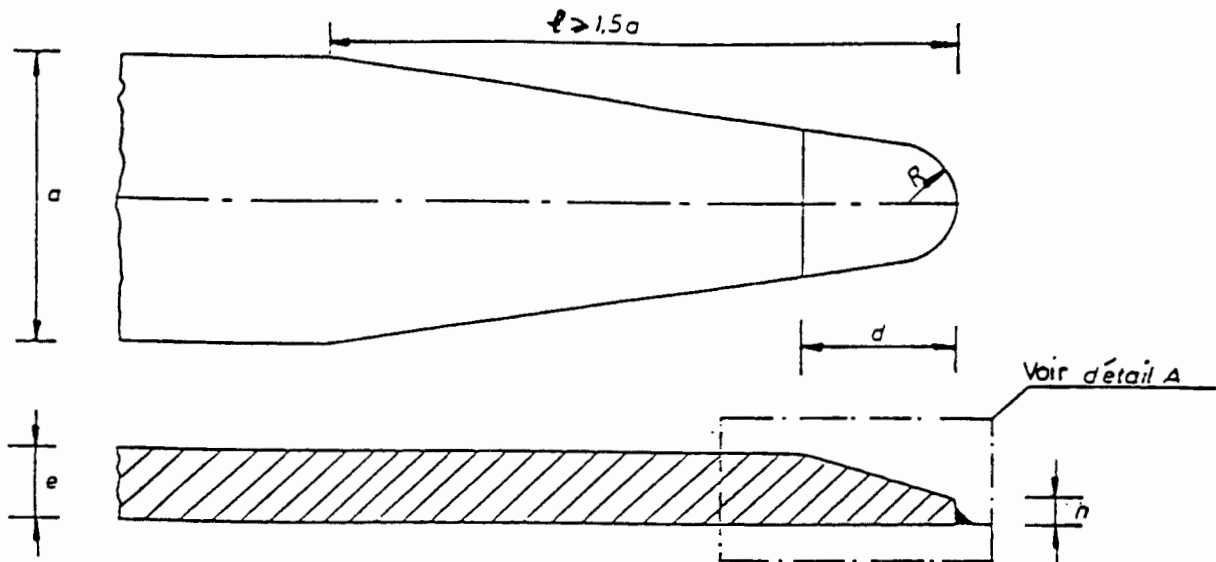
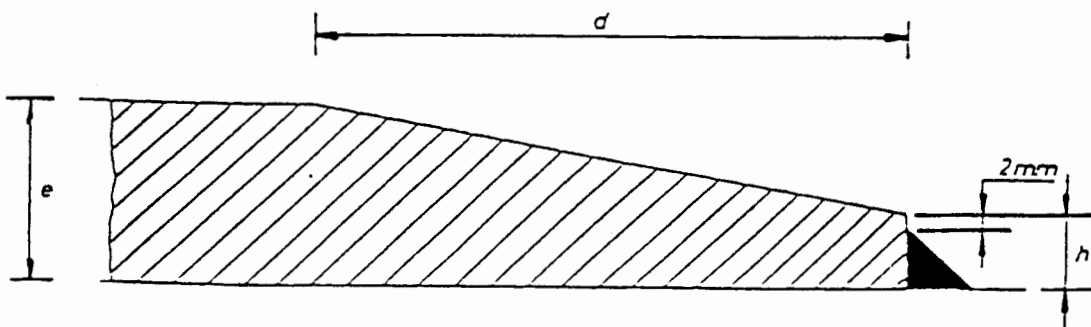


Figure 12.8

$R = 0,15 a$  avec  $R$  minimum égal à 50 mm.

N.B. : Aucune reprise du cordon de soudure n'est permise sur la partie arrondie de l'extrémité de renfort.



Détail A

$d \geq 5 (e - h)$

$h =$  côté du cordon d'angle + 2 mm.

## b) Extrémité en trapèze :

Ce type d'extrémité ne peut être adopté que si tout risque de corrosion est évité à l'extrémité du ou des éléments de renfort, par exemple, quand la semelle est noyée dans le béton.

L'élément de renfort ne peut pas être soudé sur sa face transversale.

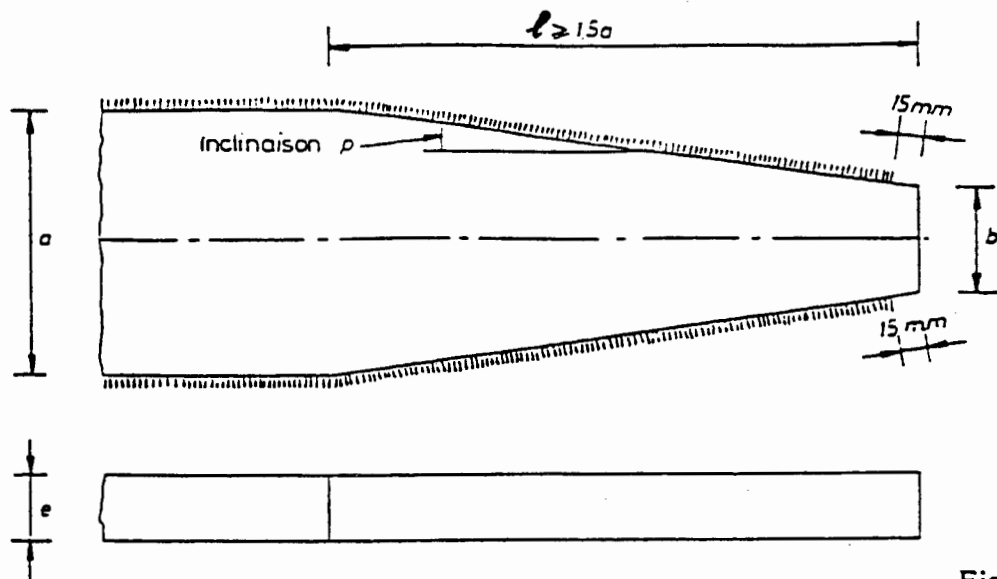


Figure 12.9

- $b = 0,4a$  mais en tout cas,  $b \geq 50$  mm
- les cordons de soudure sont arrêtés à 15 mm de l'extrémité.

c) Dans le cas d'un renfort de largeur supérieure à celle de la semelle sur laquelle il est soudé, il y a lieu d'adopter la disposition de la figure 12.10 ci-après.

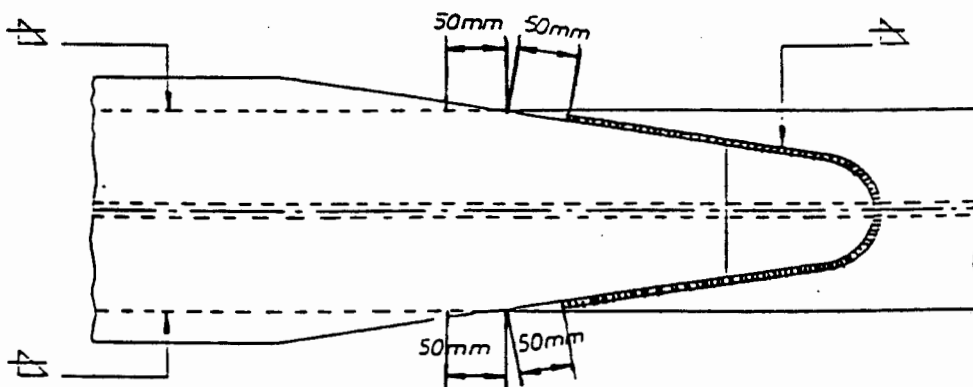


Figure 12.10



#### 4.11.7. Soudage des raidisseurs fermés des dalles orthotropes.

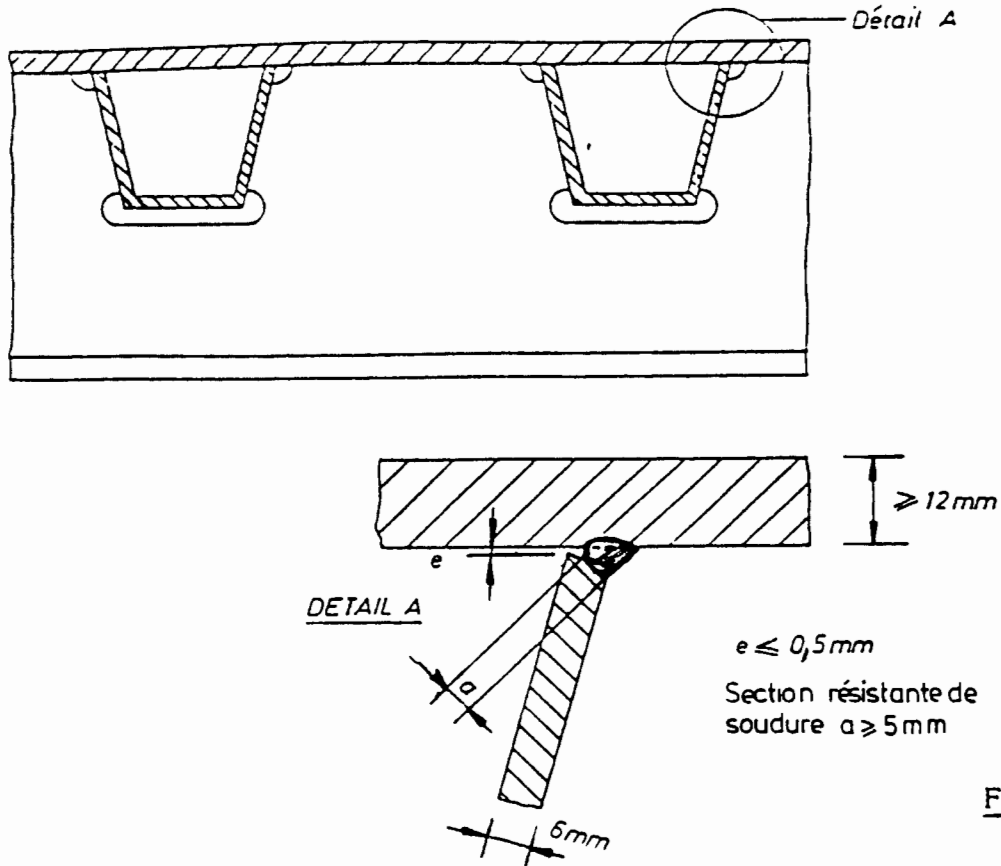


Figure 12.11

#### 4.11.8. Soudage des raidisseurs de poutres à âme pleine.

- a) Les changements  $\Delta h$  dans la section droite des raidisseurs doivent être progressifs sur une longueur  $d$  telle que  $\Delta h \leq \frac{d}{5}$

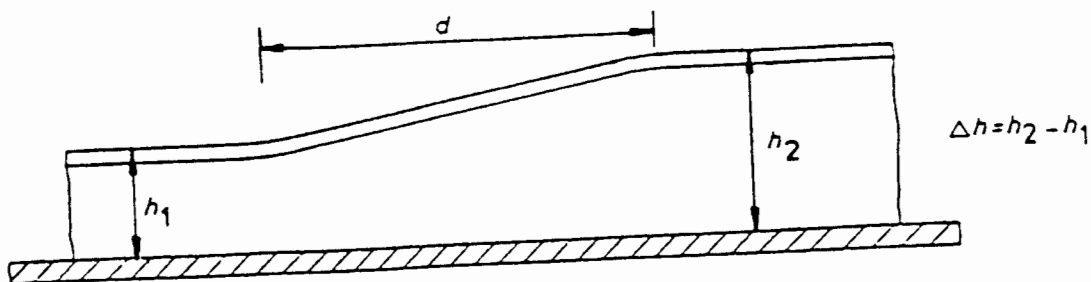


Figure 12.12

- b) Les raidisseurs longitudinaux d'une zone de plaque comprimée ne peuvent avoir des découpes à travers le joint soudé excédant  $6a$ .

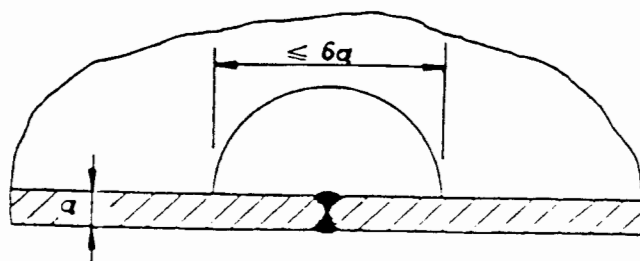


Figure 12.13

- c) Les âmes des raidisseurs transversaux qui présentent des découpes pour la continuité des raidisseurs longitudinaux doivent avoir une hauteur minimale de  $1,75 c$ , si  $c$  est la hauteur de la découpe. (Le mode de liaison entre les âmes des deux raidisseurs est donné à titre exemplatif; d'autres modes d'assemblages peuvent également être retenus).

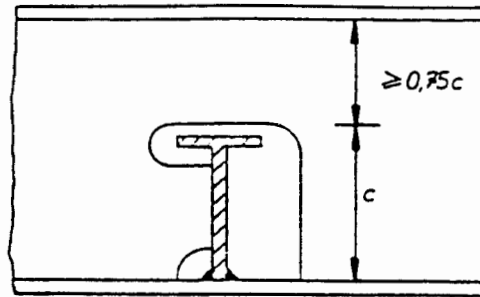


Figure 12.14

#### 4.11.9. Soudage bout à bout de deux tôles orthogonales.

Afin d'obtenir un raccord progressif entre les deux tôles, il y a lieu d'adopter une des deux dispositions suivantes :

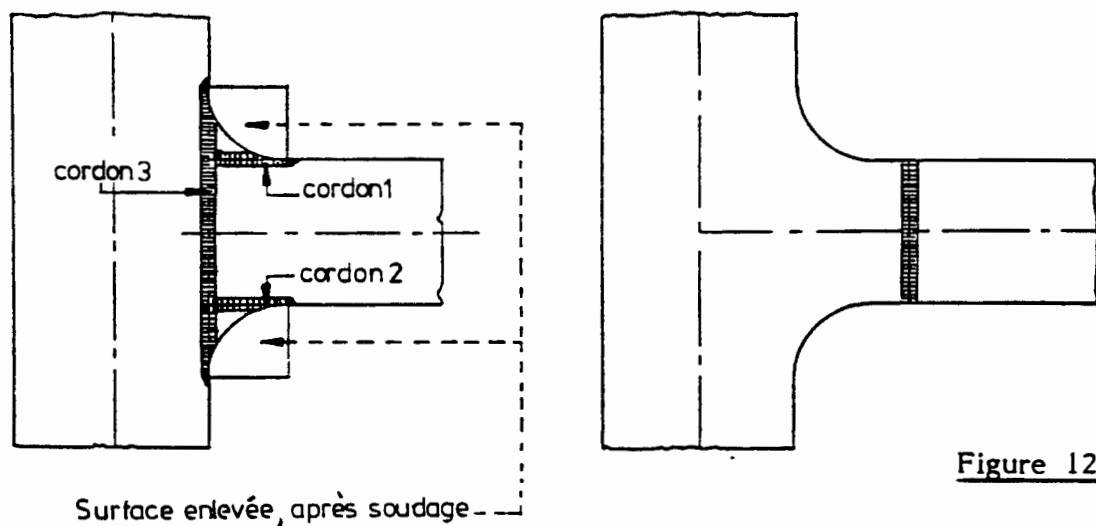


Figure 12.15

### ARTICLE 5 - CONSTRUCTIONS BOULONNEES.

#### 5.1. Ajustage des pièces dans les assemblages.

##### 5.1.1.

Le contact entre les sections terminales des pièces se trouvant dans le prolongement l'une de l'autre est assuré :

- lorsque ce contact est nécessaire à la stabilité de l'assemblage (p.ex. : certains éléments soumis à des sollicitations de compression);

- lorsque la géométrie de l'assemblage ne permet pas une application efficace de la protection anti-corrosion de ces sections.

Lorsque, dans le second cas, il s'agit d'assemblages à double couvre-joints, le contact n'est pas exigé dans les parties des pièces qui sont entièrement recouvertes par les couvre-joints et qui se trouvent à plus de 100 mm des bords de ceux-ci.

#### 5.1.2.

Lorsque la conception de l'assemblage le permet, un jeu d'au moins 10 mm est prévu entre les sections terminales des pièces afin de permettre une mise en peinture correcte.

L'extrémité d'une pièce à assembler à une autre pièce orientée dans une autre direction (assemblage longeron - entretoise par exemple) est :

- soit ajustée de manière à assurer le contact sur toute la surface de jonction;
- soit conçue de manière à permettre l'application de la protection anti-corrosion de sa surface terminale.

#### 5.1.3.

Les raidisseurs placés au droit des appuis, au droit des entretoises et autres points où sont appliquées des charges concentrées, de même que les raidisseurs s'opposant au flambage ou au déversement des membrures, sont parfaitement ajustés aux éléments qu'ils raidissent.

#### 5.1.4.

Les cornières, fourrures, couvre-joints, etc ... doivent être parfaitement appliqués sur les pièces qu'ils recouvrent même dans les parties où se présentent des changements d'épaisseur. Dans ce but, toutes les pièces sont, avant assemblage, bien dressées, planées et débarrassées de toute bavure de forage. Si des vides subsistent entre pièces rigides, il faut y glisser des fourrures ajustées dont les surfaces sont traitées de la même manière que les pièces à assembler (cfr point 5.2. ci-après).

L'épaisseur minimale des fourrures est de 5 mm, sauf lorsque l'assemblage ne risque pas d'être soumis aux effets de la corrosion; dans ce cas, l'épaisseur minimale des fourrures peut être de 2 mm.

La compensation de l'écart entre éléments peut être obtenue par le placement de plusieurs fourrures dont la différence des épaisseurs est égale à l'écart à compenser.

#### 5.1.5.

Les surfaces d'appui des colonnes, barres ou supports qui servent à la transmission directe de charges sont parfaitement dressées, par exemple par fraisage.

Après assemblage, le bon contact doit être assuré entre les éléments assemblés.

## 5.2. Traitement des surfaces en contact.

### 5.2.1. Cas des assemblages autres que ceux résistant par friction.

Sauf en ce qui concerne les assemblages qui seront complètement enrobés de béton, les pièces reçoivent, au moment de leur assemblage, une couche de peinture anti-corrosion sur toute l'étendue des surfaces devant rester en contact. Cette peinture est la même que celle de la première couche retenue pour la construction.

### 5.2.2. Cas des assemblages résistant par friction.

Au moment de l'assemblage des pièces, les surfaces devant venir en contact présentent l'état requis pour garantir le coefficient conventionnel de friction retenu pour l'étude du projet à savoir, sauf indication contraire au cahier spécial des charges,  $\mu = 0,50$  l'acier étant sablé ou grenailé (cfr le point 5.2.3. de la NBN E27-071 de 1987).

## 5.3. Exécution des trous de boulons.

### 5.3.1. Généralités.

- a. Le poinçonnage est admis, sans parachèvement ultérieur, pour les éléments d'une épaisseur inférieure ou égale à 12 mm et n'intervenant pas dans la sécurité de l'ouvrage, à condition d'employer un outillage en bon état afin d'éviter toute dégradation mécanique et de réduire au minimum les déformations sur le pourtour du trou.
- b. Dans les autres cas, les trous sont en principe forés. Le poinçonnage n'est envisagé que moyennant le respect des conditions complémentaires suivantes:
  - accord préalable de l'administration;
  - exécution à un diamètre inférieur de 4 mm au diamètre définitif du trou, celui-ci étant obtenu par forage ou alésage ultérieur.
- c. Le forage est effectué, pour autant que la construction le permette, à l'aide de foreuses bien fixées. Avant forage, les pièces sont dressées et planées. Après forage, les pièces sont débarrassées des bavures éventuelles ainsi que des lubrifiants employés.

### 5.3.2. Méthodes de forage.

- a. Si les pièces à assembler ultérieurement sont forées en même temps, ce forage peut être fait au diamètre définitif. Si l'administration estime, après forage des premiers trous, que les parois de ceux-ci ne sont pas suffisamment lisses, il a le droit d'exiger que tous les forages ultérieurs soient effectués à un diamètre inférieur de 1 mm environ au diamètre définitif et que les trous soient parachevés ensuite à l'alésoir ou au foret.

Si le constructeur envisage de forer des pièces préassemblées qu'il souhaite ne plus démonter ultérieurement, il en fait part préalablement à l'administration et respecte les directives suivantes :

- Cas des assemblages ne résistant pas par friction.

Le constructeur doit prendre les dispositions nécessaires pour éviter qu'une quantité trop importante de lubrifiant, de saletés ou de bavures métalliques puisse s'introduire entre les pièces.

- Cas des assemblages résistant par friction.

Le forage doit être exécuté à sec; exceptionnellement, dans le cas de pièces déjà sablées ou grenillées, le forage à l'eau peut être admis à condition d'en avoir tenu compte lors de l'élaboration du projet (cfr, le point 5.4. de la NBN E27-071 de 1987). De toute façon, le constructeur doit prendre les dispositions nécessaires pour éviter toute introduction de saletés ou de bavures métalliques entre les pièces.

L'administration a le droit de s'assurer en tout temps, par un démontage de pièces forées en même temps, de la bonne exécution du travail. S'il est constaté, à l'occasion de ce démontage, que les directives précitées n'ont pas été respectées, toutes les pièces forées en même temps doivent être démontées et convenablement nettoyées.

- b. Là où il n'est pas possible de forer en même temps toutes les pièces à assembler ultérieurement, les trous sont forés suivant un diamètre inférieur de 3 mm au moins au diamètre définitif. Pour les assemblages au moyen de boulons calibrés, la concordance parfaite de tous les trous, au diamètre prescrit, est réalisée à l'alésoir ou au foret lors de l'assemblage ultérieur; dans le cas d'assemblages au moyen de boulons non calibrés (ordinaires ou à haute résistance), la concordance parfaite des trous n'est toutefois pas exigée, mais les vis doivent toutefois y pénétrer librement.
- c. Les pièces identiques peuvent être "mises en paquets" et forées simultanément. Leur superposition se fait exactement de manière que leurs axes coïncident. Les pièces ainsi réglées sont fixées solidement afin d'éviter tout déplacement relatif au cours du forage. La mèche doit avoir une direction rigoureusement perpendiculaire aux pièces. L'administration a le droit d'interdire le forage "en paquets" si les résultats obtenus ne sont pas satisfaisants.

5.3.3. Diamètre définitif et écartements des trous.

- a. Le jeu entre la partie non filetée des vis et des trous destinés à les recevoir ne peut être supérieur aux valeurs mentionnées ci-après :

Type de boulons	Diamètre de la vis (d)	Jeu maximal
Boulons ordinaires non calibrés	d < 16 mm d ≥ 16 mm	1 mm 2 mm
Boulons ordinaires calibrés	tous les diamètres	0,2 ou 0,3 mm (*)
Boulons à haute résistance non calibrés, placés sans serrage contrôlé	d < 16 mm d ≥ 16 mm	1 mm 2 mm
Boulons à haute résistance non calibrés, placés avec serrage contrôlé	d ≤ 24 mm d > 24 mm	2 mm 3 mm
Boulons à haute résistance calibrés, placés avec ou sans serrage contrôlé	tous les diamètres	0,2 ou 0,3 mm (*)

(\*) 0,2 ou 0,3 mm selon que les sollicitations variables sont très importantes ou pas; dans le cas particulier où la direction de l'effort agissant sur l'assemblage est parallèle à l'axe des boulons, le jeu maximal est toujours égal à 0,3 mm.

- b. Les prescriptions relatives à l'écartement des trous tant pour les boulons ordinaires que pour les boulons H.R. sont celles prévues au paragraphe 6.2. de la NBN E27-071 de 1987 modifiées comme suit en ce qui concerne le point 6.2.1. de cette norme : pour les assemblages dont les boulons sont placés en quinconce, l'écartement maximum "e" entre deux boulons d'une même file du contour extérieur est limité à la plus petite des deux valeurs  $7d$  et  $14 t_{\min}$  ( $t_{\min}$  : épaisseur de la pièce extérieure la plus mince de l'assemblage).

#### 5.4. Mise en œuvre des boulons.

##### 5.4.1. Généralités.

Dans les assemblages avec boulons travaillant au cisaillement, la partie non filetée des vis doit pénétrer au moins jusqu'aux  $2/3$  de l'épaisseur du dernier plat assemblé.

Après serrage, la partie filetée doit sortir de l'écrou sur au moins deux pas.

Quand les têtes ou les écrous s'appliquent sur un dévers, on utilise des fourrures biaises en acier de sorte que les têtes ou les écrous soient en contact avec les rondelles sur toute leur surface d'appui. Le trou dans la cale braise a un diamètre égal à celui du trou de la rondelle normalisée correspondante.

5.4.2. Prescriptions particulières pour les assemblages avec boulons à haute résistance à serrer avec précontrainte contrôlée.

Les prescriptions de la norme NBN E27-072 (1987) sont d'application moyennant les précisions, modifications et compléments suivants.

Paragraphe 3 : La directive de la dernière phrase du 6ème alinéa n'est pas admise. ("Lorsque l'écart est inférieur à 2mm, ...")

Paragraphe 5.1.2. : Méthodes de réglage du serrage.

Seules sont admises l'application d'un couple de valeur imposée et l'application à la vis et selon son axe d'un effort extérieur de valeur imposée.

Paragraphe 5.1.6. : Lubrification des filets.

Les boulons sont traités de la manière suivante :

- les filets des vis et des écrous ainsi que les rondelles sont nettoyées avec un solvant (white-spirit, trichloréthylène) puis séchés;
- les filets des écrous et leur face portante sont ensuite lubrifiés avec un produit à agréer par l'administration et ce, au moins 24 heures et au plus tard 15 jours avant la mise en œuvre.

N.B. : Tout autre état de lubrification dûment justifié peut être soumis par l'entrepreneur à l'approbation de l'administration qui reste seul juge en la matière.

Paragraphe 5.1.10. : Délai maximal entre phases de serrage.

Ajouter le texte suivant :

Sauf dérogation spéciale, un assemblage doit être complètement terminé au plus tard le lendemain du début du travail.

Paragraphe 5.1.11.1. : Etalonnage en laboratoire.

Ajouter le texte suivant :

Lors de chaque étalonnage, il est procédé au moins à 3 cycles de sollicitations.

Paragraphe 5.3.2. : Conduite du serrage.

Ecrire comme suit le début du texte du second tiret : "serrage définitif au couple égal à  $(\bar{k} \cdot d \cdot 0,75 \cdot f_{0,2} \cdot A_s)$  qui est indiqué au procès-verbal de réception du lot de boulons concernés".

Paragraphe 5.6.4.3. : Contrôle du serrage par application d'un couple.

Seule la méthode avec déserrage-resserrage est admise.

Article 7 : Protection contre la corrosion.

Pour la protection des bords des pièces assemblées, seul l'emploi d'un mastic, préalablement approuvé par l'administration, est utilisé.

ARTICLE 6 - CONSTRUCTIONS RIVEES.6.1. Généralités.

Les prescriptions des points 5.1., 5.2. et 5.3. ci-avant sont d'application à l'exception des points 5.2.2. et 5.3.3. Ce dernier point est remplacé par :

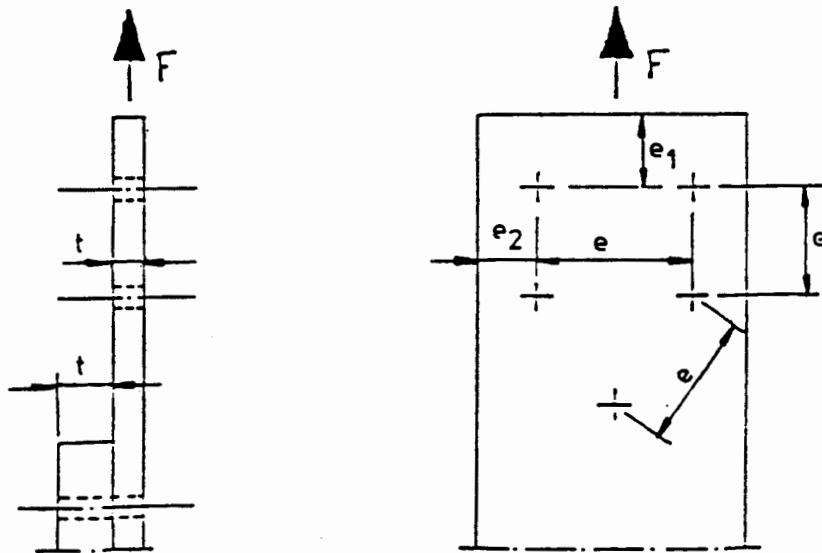
- Le diamètre du trou est égal au diamètre du corps du rivet après mise en place.
- Les écartements des trous sont donnés ci-après.

## Distance rivet - bord de pièce.

Distance minimale	dans le sens de l'effort	$e_1$	$2d_1$
	dans le sens en travers de l'effort	$e_2$	$1,5d_1$
Distance maximale		$e_1$	$3d_1$ ou $6t$

Ecartement des rivets :  $e$ .

Ecartement minimal	$3d_1$
Ecartement maximal	$6d_1$ ou $12t$



$d_1$  : diamètre du trou (mm)

$t$  : épaisseur minimale (mm)



## 6.2. Chauffage des rivets.

### 6.2.1.

Les rivets sont chauffés graduellement et entièrement au four, y compris la tête primitive, et uniformément dans toute leur masse, jusqu'à une température ne dépassant pas celle correspondant au rouge cerise clair (950° C pour les rivets en acier A 34 m et 1.050° C pour les rivets en acier A 45 m). Ils doivent être encore au rouge sombre à la fin de leur mise en place.

Les fours de chauffage des rivets sont conditionnés de façon à ce que les rivets ne soient en contact, ni avec le combustible, ni avec les gaz imparfaitement brûlés. Les surfaces des rivets doivent être bien nettes avant leur mise en place et notamment débarrassées des oxydes formés au cours du chauffage.

Toutes les précautions voulues doivent être prises pour ne pas modifier la qualité du métal des rivets.

Les fours en question doivent se trouver aussi près que possible des pièces à river, pour éviter qu'on refroidisse les rivets en les transportant ou en les jetant à de trop grandes distances.

### 6.2.2.

Les chauffe-rivets électriques peuvent être utilisés pour autant que ces appareils permettent un réglage de l'intensité du courant, afin d'assurer un échauffement progressif des rivets de manière à éviter des températures inégales entre le noyau et les bords.

Les surfaces des blocs-électrodes entre lesquels les rivets sont pincés, sont maintenues en parfait état de propreté et débarrassées des oxydes adhérents. Après un certain temps d'utilisation, les contacts de chauffe-rivets s'usent et se creusent, occasionnant ainsi une fusion partielle de la tête primitive, ce qui nuit au bon aspect du rivet et constitue une amorce de corrosion. Ces surfaces de contact doivent être rendues à nouveau bien planes sinon, les blocs-électrodes eux-mêmes doivent être remplacés.

Si ces appareils ne donnent pas entière satisfaction ou sont utilisés de manière défectueuse, leur usage est proscrit.

### 6.2.3.

Les rivets qui, à la sortie du chauffe-rivets électrique, présentent des traces de brûlure ou dont la tête est rongée ou corrodée (cratères) sont écartés.

## 6.3. Mise en place des rivets.

Il ne peut être procédé au rivetage d'un élément quelconque qu'après autorisation accordée par l'administration.

Le contact des divers éléments à assembler est assuré par des boulons de montage, de diamètre approprié, en nombre suffisant pour empêcher tout déplacement relatif des éléments pendant le rivetage.

Le rivetage est conduit de manière à éviter la création de contraintes parasites, le baillement ou le gondolage des pièces.

Les rivets sont posés à la presse ou au marteau pneumatique.

Après placement, les rivets doivent remplir leurs trous sans aucun jeu; leurs têtes doivent faire parfaitement corps avec la tige, lui être suffisamment bien concentriques, porter sur toute leur étendue, être bien nourries à leur naissance et ne présenter ni gerçures, ni déchirures, ni traces de brûlure. Les dimensions de têtes de rivets obtenues lors du rivetage sont identiques à celles des têtes estampées venant de forge.

Les marques de bouterolles sur les pièces assemblées ne sont pas tolérées.

Le constructeur doit restreindre autant que possible le nombre de rivures à faire au lieu du montage, les pièces étant expédiées aussi complètes que le permettent les exigences du transport.

Pour le contrôle du rivetage, les rivets peuvent être sondés au marteau léger.

## ARTICLE 7 - MONTAGE PROVISOIRE.

### 7.1. Généralités.

Sauf stipulations contraires au cahier spécial des charges, toute construction métallique est montée entièrement en atelier.

Ce montage est réalisé de façon que l'administration puisse se rendre compte:

- de l'exactitude des dimensions;
- de la bonne exécution des assemblages;
- de la concordance des trous de boulons et de rivets à poser sur chantier;
- de l'importance des déformations éventuelles des pièces soudées;
- de la préparation correcte des pièces à souder sur chantier.

On doit tout particulièrement éviter qu'il se produise des sollicitations anormales dans les pièces pendant ce montage.

Sauf impératif technique dûment justifié, tout montage provisoire est réalisé avec des éléments dont les soudures à effectuer en atelier sont complètement exécutées.

### 7.2. Phases d'assemblage.

#### 7.2.1.

Pour autant que sa conception et ses dimensions le permettent, toute construction métallique est montée en une seule phase. Sur proposition détaillée du constructeur, dûment justifiée, l'administration peut admettre que le montage provisoire soit exécuté en plusieurs phases.

Quel que soit le mode de montage retenu, l'ossature repose sur une série d'appuis qui doivent être disposés de telle sorte que toute influence de poids mort soit nulle ou négligeable. A ce moment, le profil en long des maîtresses-poutres (voire celui des entretoises) doit respecter le profil de fabrication.

Sauf cas particuliers tels que ponts en caisson, chaque maîtresse-poutre comportant au moins un joint de montage est montée préalablement en position couchée afin de contrôler la préparation des joints de montage.

#### 7.2.2.

Si la construction est de faible portée, elle peut prendre appui comme après son montage ultérieur sur site. Dans ce cas, le profil des maîtresses-poutres lors du montage en atelier doit correspondre au profil théorique calculé pour les sollicitations de poids mort agissant en ce moment.

#### 7.2.3.

Si le montage provisoire est exécuté en plusieurs phases, chaque phase est réalisée de manière à respecter le profil de fabrication, c'est-à-dire en excluant toute influence du poids mort. La succession des différentes phases est conduite de telle sorte que le dernier tronçon de l'ossature intervenant dans une phase devienne le premier tronçon de la phase suivante.

Le démontage de pièces intervenant dans une phase de montage ne peut avoir lieu que si le montage des pièces intervenant dans la phase suivante est suffisamment avancé pour assurer l'indéformabilité des éléments intervenant dans cette dernière phase (accord à donner par l'administration).

#### 7.2.4.

En fonction de la nature de la construction, de la qualification de l'atelier ainsi que des méthodes et moyens de contrôle de la fabrication appliqués, l'administration peut accepter, moyennant un décompte en moins pour les travaux non exécutés, que le montage provisoire ne soit que partiel.

#### 7.2.5.

Toute phase de montage provisoire est soumise à l'approbation de l'administration.

### 7.3. Repérages en vue du montage sur site.

L'administration reçoit, en double exemplaire, un plan avec les repères apposés sur les diverses pièces de manière à être en mesure de vérifier, lors du montage sur site, que chaque pièce occupe bien la même position que celle qui lui a été donnée lors du montage provisoire en atelier.

NOTES COMMENTAIRESARTICLE 4 - CONSTRUCTION SOUDEE.4.11. Dispositions technologiques.Assemblages bout à bout de tôles d'âme ou de semelles d'épaisseurs différentes.

Quelques cas courants peuvent être cités à titre d'exemple :

- 1) La disposition de la figure 12.16 est souvent adoptée lorsque la semelle ne comporte pas de renfort sur sa face extérieure.  
On conserve dans un même plan la face située du côté de l'âme.

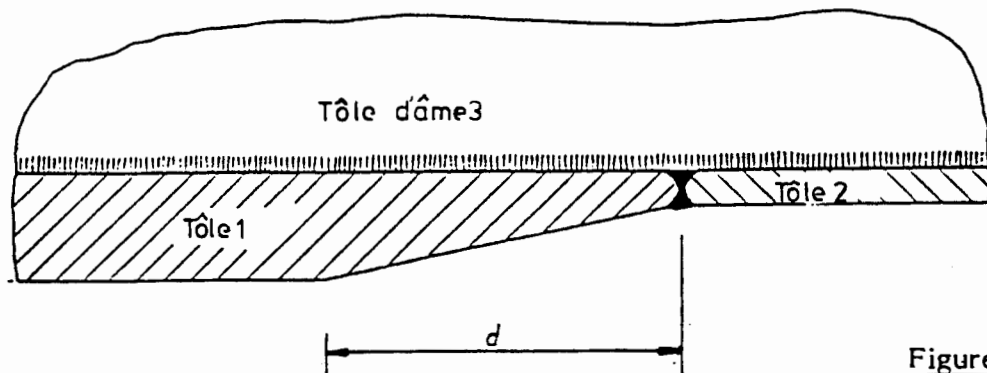


Figure 12.16

La tôle d'âme 3 est assemblée par des cordons d'angle continus à la semelle constituée par des tôles 1 et 2 préalablement soudées bout à bout.

- 2) Lorsque la différence d'épaisseur des semelles doit être située du côté de la tôle d'âme 3, on évite des ajustages difficiles à réaliser et coûteux en adoptant la disposition suivante :

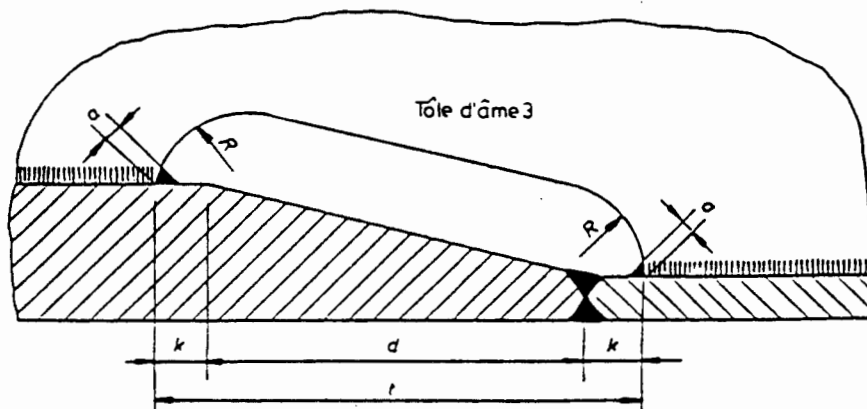


Figure 12.17

$$R \geq 20 \text{ mm} + 1,5 a$$

$$k \approx 2,5 a + 5 \text{ mm}$$

Il faut s'assurer si, au point de vue de la stabilité, la semelle peut ne pas être soutenue sur la longueur  $t$ .

- 3) Les âmes des poutres sont réalisées selon les dispositions des figures 12.5 ou 12.6 (p.12.15). La disposition représentée à la figure 12.18 est cependant adoptée quand on désire maintenir fixe l'entredistance entre les faces intérieures des âmes de deux poutres voisines de manière à standardiser la longueur des entretoisements ou quand on veut faciliter le soudage des raidisseurs horizontaux et standardiser les raidisseurs verticaux.

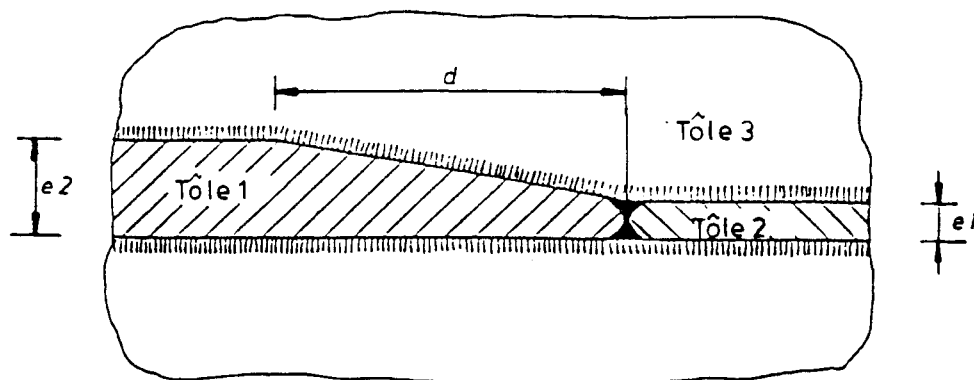


Figure 12.18

La tôle n° 3 (semelle) est assemblée par des cordons d'angle continus aux tôles 1 et 2 (âme) qui ont préalablement été soudées bout à bout.

## CHAPITRE 13

MONTAGE DEFINITIF A PIED D'OEUVRE.ARTICLE 1 - TRANSPORT ET MANUTENTION DES PIECES.

Les pièces sont chargées, amarrées, transportées et déchargées de manière à éviter toute déformation ou dégradation quelconque.

On évite l'emploi de crochets, de griffes et de chaînes en acier. Pour le levage, on se sert, de préférence, de câbles métalliques.

La conception des attaches de manutention (définitives ou provisoires) à fixer sur les éléments de l'ouvrage (pièces boulonnées ou soudées) doit recevoir l'accord de l'administration. Ces pièces sont mentionnées sur les plans d'exécution ou font l'objet de croquis séparés. Tous les travaux relatifs à la fixation de ces pièces seront faits dans le respect des conditions imposées pour les travaux en atelier. L'enlèvement des pièces provisoires soudées doit être effectué suivant un mode de travail à convenir avec l'administration.

L'attention est attirée sur le fait que ces attaches peuvent avoir une influence défavorable sur la résistance en fatigue des éléments sur lesquels elles sont fixées.

ARTICLE 2 - MISE EN PLACE DES PIECES.

Au moment de mettre les pièces en place pour leur assemblage définitif, on a soin de nettoyer les surfaces qui viennent en contact :

- dans le cas des assemblages boulonnés ou rivés travaillant par cisaillement, il y a lieu d'appliquer sur ces surfaces une nouvelle couche de peinture primaire;
- dans le cas des assemblages travaillant par friction avec boulons à haute résistance, le nettoyage des surfaces de contact est opéré de manière à maintenir ou à obtenir le coefficient de frottement imposé.

Au fur et à mesure que les pièces ont été juxtaposées, on maintient les assemblages par des boulons, serrés à bloc et par des broches avec partie centrale cylindrique. Le diamètre de ces broches et boulons sera ajusté au mieux aux trous de rivets et de boulons. Chaque assemblage comporte un nombre suffisant de boulons et de broches permettant le maintien des pièces dans leur position relative requise; dans le cas d'un assemblage par rivets, il faut au moins un boulon par groupe de quatre trous. L'alésage éventuel de trous sur chantier doit être fait avec des mèches à entrée tronconique et corps cylindrique.

Les trous qui ont été alésés au diamètre définitif en atelier ne peuvent être réalésés sur chantier.

Lors du forage et de l'alésage de trous, il y a lieu d'employer autant que possible, des machines bien fixées.

La construction repose sur des supports stables et rigides qui répartissent les charges transmises au sol sur une surface suffisante pour limiter les tassements.

Les chevalets de montage, les échafaudages, les calages, etc ... sont conçus et disposés de façon à permettre de rectifier facilement la position des éléments de la construction, au fur et à mesure des tassements du sol ou des supports, d'assurer une bonne concordance des trous des éléments d'assemblage et, in fine, d'assurer la contreflèche éventuellement prescrite.

### ARTICLE 3 - TRAVAUX DE SOUDAGE.

Avant qu'il soit envisagé de procéder à des travaux de soudage sur chantier, l'administration doit avoir préalablement donné son accord. Ces travaux de soudage (par exemple : le soudage partiel ou complet de joints de montage) doivent être exécutés selon les mêmes modalités que celles prescrites pour les travaux d'atelier. Les prescriptions de l'article 4 du chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER" sont donc d'application.

### ARTICLE 4 - EXECUTION DES ASSEMBLAGES BOULONNES.

Les prescriptions de l'article 5 du chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER" sont d'application.

### ARTICLE 5 - EXECUTION DES ASSEMBLAGES RIVES.

Les opérations ne peuvent être commencées que si les pièces sont entièrement montées, parfaitement réglées et maintenues au moyen des broches et des boulons provisoires.

Les prescriptions de l'article 6 du chapitre 12 "FABRICATION EN ATELIER" sont d'application.

### ARTICLE 6 - ACCESSIBILITE DE TOUS LES ELEMENTS DE LA STRUCTURE.

Le personnel de surveillance doit pouvoir vérifier sans danger tous les détails du montage; le constructeur place donc les moyens d'accès nécessaires (échelles, passerelles, ...) là où l'administration le demande.

### ARTICLE 7 - MISE EN PLACE ET REGLAGE.

Si le montage proprement dit est exécuté sur une aire de montage autre que l'emplacement définitif, la mise en place de la construction (par lancement, flottage, ripage) et la descente sur appuis sont conduites avec toutes les précautions que requièrent semblables manipulations, en vue d'éviter toutes les sollicitations ou déformations qui sont incompatibles avec la note de calculs.

Le réglage de la construction comporte :

- 1) la mise en place des divers appuis aux cotes imposées, la vérification des cotes après le montage complet, la fixation définitive des appuis;
- 2) la mise en place des dispositifs de dilatation;
- 3) la mise en place et le réglage des articulations ou éventuellement des dispositifs particuliers (p. ex. : contre-poids des ponts mobiles).

Les appareils d'appuis mobiles et les joints de dilatation sont réglés de manière qu'ils occupent leur position moyenne lorsque la température est d'environ 10° C, à moins qu'il ne soit prévu sur les plans que les appareils d'appui sont placés avec un préréglage.

Approuvé:

Bruxelles, le 10.11.1988

Le Ministre,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'P' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

P. D'HONDT - VAN OPDENBOSCH



2 ème PARTIE  
CLAUSES ADMINISTRATIVES GENERALES  
RECOMMANDATIONS

Note

Les numéros des articles rappelés dans les clauses administratives correspondent à la numérotation des articles de l'arrêté ministériel du 10.08.1977 établissant le cahier général des charges des marchés publics de travaux, de fournitures et de services.

Suivant les cas, les textes repris au présent document complètent, modifient, remplacent ou coordonnent certaines dispositions de l'arrêté ministériel prérappelé.

## CHAPITRE 14

CLAUSES ADMINISTRATIVES GENERALES1 - RECOMMANDATIONSArticle 1er - Documents.

Pour autant qu'il n'y soit pas dérogé par les prescriptions du présent cahier des charges, l'entreprise est soumise aux clauses et conditions :

Pour l'Administration des Voies hydrauliques:

## 1. du cahier des charges-type n° 103 de 1984 (1);

Le point 4) de la page 5 du cahier des charges-type n° 103 de 1984 traitant de l'application des normes belges, est à compléter par :

" pour autant toutefois que ces normes ne soient pas en contradiction avec les prescriptions du fascicule VII (Constructions métalliques). En cas de contradiction, seules les prescriptions du fascicule VII sont d'application ";

Le point 6) de la page 6 du cahier des charges-type n° 103 de 1984 est à supprimer et à remplacer par :

" 6) du fascicule X - clauses techniques - 1ère partie (Protection des métaux ferreux contre la corrosion - Peintures à formule imposée - Métallisation par projection - Galvanisation), approuvé le 11.12.1980 (2) "

Les points suivants sont à ajouter à la page 6 du cahier des charges-type n° 103 de 1984:

6bis) du fascicule X-2ème partie (Protection des métaux ferreux contre la corrosion - Peintures à performances) édition 1986 (3);

8) du fascicule VII - 1ère partie (Constructions métalliques - Spécifications techniques) édition 1988 approuvé le ... (4);

9) de la circulaire n° 576-58 du 24 avril 1981 (Prescriptions pour épreuves de ponts) (5). (\*)

Pour l'Administration des Routes:

## 1. du cahier des charges-type n° 150 de 1988 (1)

Le point 3.3 de la page A03 du cahier des charges-type n° 150 de 1988, traitant de l'application des normes belges, est à compléter par :

" pour autant toutefois que ces normes ne soient pas en contradiction avec les prescriptions du fascicule VII (Constructions métalliques). En cas de contradiction, seules les prescriptions du fascicule VII sont d'application ";

## 2. de la circulaire n° 576-58 du 24 avril 1981 (Prescriptions pour épreuves de ponts) (2). (\*)

---

(\*) A mentionner en fonction de la nature de l'ouvrage.

Pour l'Administration des Bâtiments:

## 1. du cahier des charges-type n° 100 de 1984 (1)

Le point 4 de la page 4 est à compléter par :

4.4. Fascicule X - 2ème partie - édition 1986  
Protection des métaux ferreux contre la corrosion  
Peintures à performances (2)

4.5. Fascicule VII - 1ère partie - édition 1988  
Constructions métalliques - Spécifications techniques (3)

Le point 8 de la page 5 - Remarque générale - traitant de l'ordre de priorité entre les documents en vigueur, est à compléter par :

"Toutefois, le fascicule VII est prioritaire par rapport aux normes belges".

Pour l'Administration de l'Electricité et de l'Electromécanique:

## 1. du cahier des charges-type n° 101 de 1987 (1)

Le point 6 de la page 2 du cahier des charges-type n° 101 de 1987, traitant de l'application des normes belges, est à compléter par :

"pour autant toutefois que ces normes ne soient pas en contradiction avec les prescriptions du fascicule VII (constructions métalliques). En cas de contradiction, seules les prescriptions du fascicule VII sont d'application";

## 2. du fascicule VII - 1ère partie (Constructions métalliques - Spécifications techniques) édition 1988 approuvé le ... (2);

## 3. du fascicule X - clauses techniques - 1ère partie (protection des métaux ferreux contre la corrosion - Peinture à formule imposée - Métallisation par projection - Galvanisation), édition 1981 (3);

## 4. du fascicule X-2ème partie (Protection des métaux ferreux contre la corrosion - peintures à performances) édition de 1986 (4);

## 5. du fascicule XII (Joints en caoutchouc vulcanisé pour éléments rigides contenant de l'eau froide, du gaz de ville ou de l'air comprimé) édition de 1962, approuvé le 2.7.1962 (5). (\*)

---

Prix des documents :

A.V.H. (1): 180,-F; (2): 40,-F; (3): 150,-F; (4): ..., -F; (5): ..., -F.

A.R. (1): ..., -F; (2): ..., -F.

A.B. (1): 100,-F; (2): 150,-F; (3): ... , -F.

A.E.E. (1): 180,-F; (2): ..., -F; (3): 40,-F; (4): 150,-F; (5): 20,-F.

Ces documents sont en vente et peuvent être consultés au "Bureau de vente et de consultation des cahiers de charges et autres documents concernant les adjudications publiques", W.T.C. tour 3, 2ème étage, Boulevard Simon Bolivar 30, 1210 Bruxelles (tél. : 02/212.34.96 à 98).

(\*) A mentionner en fonction de la nature de l'ouvrage.

Article 1er - Documents à joindre à la soumission

Le soumissionnaire doit joindre à sa soumission une note indiquant:

- 1a- le prix unitaire pour le contrôle radiographique par rayons X des joints soudés bout à bout (F par mct de contrôle radiographique);
- 1b- le prix unitaire pour le contrôle par ultra-sons des joints soudés bout à bout (F par mct de contrôle par ultra-sons).

Ces prix unitaires sont valables pendant toute la durée du marché et ne sont pas sujet à révision.

2 - Les renseignements techniques relatifs aux peintures à performances, conformément aux modèles des annexes 1 et 2 du fascicule X - 2ème partie de 1986, si le soumissionnaire prévoit l'utilisation de ces peintures pour l'exécution du marché. (\*)

Article 3 § 3 - Plans de détail et d'exécution et autres documents d'exécution.1. Plans de détail et d'exécution

L'adjudicataire soumet à l'approbation de l'administration les plans de détail et d'exécution concernant la construction métallique; ces plans qui sont datés et signés, sont dressés à une échelle bien lisible et soigneusement cotés de telle sorte qu'ils donnent toutes les dimensions nécessaires à l'exécution des différentes parties de la construction.

Ces documents sont fournis par l'adjudicataire au plus tard ...(\*\*) mois avant la date d'exécution des travaux correspondants, c'est-à-dire le traçage des aciers de construction.

Si l'administration l'exige, l'adjudicataire précise les dates de début des travaux correspondant aux documents transmis, à moins qu'elles ne soient clairement renseignées au planning des travaux.

Pour l'établissement des plans d'exécution, l'adjudicataire doit tenir compte des prescriptions ci-après :

1. toutes les pièces sont numérotées et cotées, un même numéro ne pouvant affecter que des pièces en acier de même nuance et de même qualité ayant les mêmes dimensions;
2. les aciers sont définis en nuance et qualité;
3. les joints sont indiqués clairement et sont parfaitement repérés; les joints de montage à pied d'oeuvre sont nettement définis;
4. Tous les assemblages indistinctement sont définis complètement et cotés :
  - la position, le diamètre des rivets et boulons sont indiqués; pour les rivets, le diamètre indiqué est le diamètre nominal de boulonnerie du rivet;
  - les rivets et boulons à placer au chantier, les rivets à tête fraisée, les boulons calibrés remplaçant les rivets dans certaines parties inaccessibles sont indiqués par des signes distinctifs.

(\*) A mentionner uniquement lorsque la possibilité d'utilisation des peintures à performances est prévue au cahier spécial des charges.

(\*\*) A remplir par l'auteur du projet.

Les diamètres des trous sont clairement indiqués;

- les soudures sont représentées et cotées en utilisant les signes conventionnels usuels;
  - les différents types de joints à souder font l'objet de dessins à grande échelle, éventuellement en grandeur nature;
5. la contre flèche éventuelle de fabrication est indiquée. Cette contre flèche est fixée de manière à obtenir les profils en long, voire les profils en travers, prescrits pour l'ouvrage terminé;
  6. toute modification apportée sur un plan doit être clairement repérée. Les repérages des modifications successives éventuelles doivent être maintenues sur la dernière version du plan.

## 2. Autres documents d'exécution.

a1) L'adjudicataire est tenu de fournir à l'administration, au plus tard dans les 10 jours qui suivent toute commande de produits métalliques, la copie conforme de la lettre de commande. Chaque copie d'une telle lettre doit être accompagnée d'un document mentionnant, pour chaque élément commandé, le numéro du poste ou du sous-poste concerné.

Ces informations doivent permettre à l'administration de s'assurer au mieux que chaque commande a été introduite dans le respect des prescriptions du cahier spécial des charges et des plans. Cette disposition ne dégage aucunement la responsabilité de l'adjudicataire.

a2) Lors de l'envoi des plans de détail et d'exécution visés au point 1 ci-dessus, l'adjudicataire transmet simultanément le relevé complet avec quantités et masses de tous les éléments correspondant entrant dans la construction.

b) En même temps que les plans d'exécution, l'adjudicataire transmet à l'administration un programme de soudage, un programme de montage provisoire à l'atelier, et un programme de montage à pied d'oeuvre.

### b1) Programme de soudage.

Ce programme donne d'une manière détaillée :

1. L'ordre de succession de confection des joints soudés.
2. Pour chaque joint type : le mode de soudage et ses différents paramètres (position de soudage, paramètres électriques, vitesse, température de préchauffe ...), la disposition des différentes passes, les produits de soudage à utiliser.
3. Les précautions spéciales qui seront prises pour réduire au minimum les tensions et les déformations résultant du soudage.
4. Le moment où les contrôles non-destructifs seront effectués.

L'administration approuve le programme de soudage; toutefois, elle admet qu'il soit modifié au cours des travaux lorsque ces modifications sont justifiées; les modifications doivent être préalablement proposées à l'administration et agréées par cette dernière.

b2) Programme de montage provisoire à l'atelier.

Ce programme mentionne, suivant un plan chronologique, les modalités d'exécution du montage provisoire à l'atelier. Cette note, qui doit être approuvée par l'administration, doit permettre à celle-ci de vérifier que les dispositions prévues conduisent à satisfaire aux buts du montage provisoire et aux conditions imposées pour sa réalisation (cfr le chapitre 12 - "FABRICATION EN ATELIER" - du fascicule VII).

b3) Programme de montage au chantier.

Ce programme précise, suivant un plan chronologique, les modalités d'exécution du montage au chantier.

Il contient la description de la méthode de montage avec plans détaillés, indications de tout le matériel, tant fixe que flottant ou roulant, nécessaire pour la mise en place de l'ouvrage, son réglage et la réalisation des assemblages.

Les dispositions prévues doivent permettre le réglage des différents éléments de manière à obtenir la réalisation des assemblages sans forçage sur ces éléments et éviter qu'au cours des opérations, les éléments ne subissent des sollicitations exagérées. En outre, le procédé de montage proposé doit garantir toute sécurité contre les accidents et doit de plus être compatible avec les conditions particulières du chantier.

Le programme de montage est accompagné d'une note de calculs justifiant les dispositions prévues.

Tous les documents nécessaires au montage sur chantier sont transmis, pour visa, à l'administration.

Article 10 § 1 - Sous-traitants.

Tout sous-traitant doit être agréé dans la classe et catégorie ou sous-catégorie de travaux correspondant à l'importance et à la nature du travail qu'il est appelé à exécuter.

L'adjudicataire communique à l'administration le nom des sous-traitants éventuels au moins 15 jours de calendrier avant le début des travaux correspondants. (1)

Article 12 § 2 - Vérification des produits.

Toutes les opérations exigées pour les examens prévus ainsi que les réparations à exécuter après le contrôle sont à charge de l'adjudicataire.

---

(1) Pour les constructions métalliques soumises à l'application d'un système d'assurance de la qualité, voir circulaire n° 512-111 du ...

Article 12 § 5 - Réception technique préalable. (\*)

La demande de réception technique préalable est adressée en trois exemplaires à l'administration (deux de ces exemplaires étant destinés au service chargé de la réception) et comporte notamment les informations suivantes :

- ouvrage;
- adjudicataire;
- numéro du cahier spécial des charges;
- firme qui a passé la commande au fournisseur;
- référence et date de la commande;
- conditions de qualité imposées;
- référence du fournisseur;
- numéro du lot;
- matériaux à réceptionner : profils - quantités - postes du mètre (éventuellement joindre bordereau);
- date à laquelle la fourniture est prête pour réception;
- lieu où la réception est à effectuer (usine, division, chantier).

Article 13 § 2 - Salaires.

Sont applicables à l'entreprise, les clauses et conditions d'emploi de la main-d'oeuvre fixées, soit par la convention collective de la Commission Paritaire Nationale de l'Industrie de la Construction, soit par la Commission Paritaire nationale des Constructions Métallique, Mécanique et Electrique, chacune pour les travaux relevant de leurs attributions.

Article 13 § 3 - Révision des prix.

A. Révision des prix de la construction métallique en usine.

- a. Acier laminé et acier forgé, y compris les boulons et les rivets à mettre en œuvre en atelier et lors du montage sur chantier.

Les clauses de révision ci-après s'appliquent aux postes suivants du mètre :  
postes n° ... (\*\*)

---

(\*) Cet article figure déjà dans le cahier des charges-type n° 103 de 1984. Il n'est donc à mentionner au cahier spécial des charges que lorsque les cahiers des charges-types n°100 de 1984, n°101 de 1987 ou n°150 de 1988 sont d'application.



Les modalités de révision du montant du marché pour tenir compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé dans les ateliers et les charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que des prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en œuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes :

- la révision est appliquée lors de chaque acompte;
- les sommes à payer sont déterminées par l'application d'une des formules suivantes au montant de chaque état d'avancement ou partie d'état d'avancement des prestations citées ci-après, établi sur la base du contrat.

1) sur les matériaux réceptionnés et approvisionnés à l'atelier conformément à l'art. 15 § 1er a.1.

$$p = P \left( 0,80 \frac{m}{M} + 0,20 \right)$$

2) sur les travaux proprement dits, à l'atelier tels que prévus à l'art. 15 § 1 a.2. - a.3. et a.4.

$$p = P \left( 0,80 \frac{s}{S} + 0,20 \right)$$

dans lesquelles :

- P: représente le montant de l'état établi sur la base du contrat;
- p: représente le montant ajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires, ainsi que du prix des matériaux, matières et produits de consommation;
- S: est le salaire de référence national pour les constructions métalliques, mécaniques et électriques : usine et atelier, augmenté des charges sociales et assurances globales admises par le Ministère des Travaux publics en vigueur à une date qui précède de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions;
- s: est le même salaire horaire en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte (majoré des mêmes charges sociales et assurances globales);
- M: est égal à la somme de
  - x % du prix à la tonne des profilés en acier de qualité (T.P. 210)
  - y % du prix à la tonne des aciers marchands de qualité (T.P. 211)
  - z % du prix à la tonne des tôles fortes en acier de qualité (T.P. 212).

Ces prix étant ceux se rapportant au mois de calendrier précédant l'ouverture des soumissions;

- m: représente la même moyenne des prix des mêmes produits en vigueur durant le mois de calendrier précédant la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte.

Au cas où le cahier spécial des charges ne prévoit pas les valeurs des coefficients x, y et z, ceux-ci sont fixés forfaitairement comme suit :

$$x = 0,25$$

$$y = 0,25$$

$$z = 0,50$$

b. Acier moulé et fonte, y compris l'usinage, les frais de modèle, les boulons de fixation, etc...

Les clauses de révision ci-après s'appliquent aux postes suivants du métré : postes n° ... (\*)

Les modalités de révision du montant du marché pour tenir compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé dans les ateliers et des charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que les prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en œuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes :

- la révision est appliquée lors de chaque acompte;
- les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux proprement dits, établi sur la base du contrat, de la formule :

$$p = P \left( 0,45 \frac{s}{S} + 0,35 \frac{m}{M} + 0,2 \right)$$

dans laquelle :

- P: représente le montant de l'état établi sur la base du contrat;
- p: le montant ajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires, ainsi que du prix des matériaux, matières et produits de consommation;
- S: est le salaire de référence national pour les constructions métalliques, mécaniques et électriques : usine et atelier, augmenté des charges sociales et assurances globales admises par le Ministère des Travaux publics en vigueur à une date qui précède de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions;
- s: est le même salaire horaire en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte (majoré des mêmes charges sociales et assurances globales);
- M: est le prix de référence T.P.228 en vigueur durant le mois de calendrier précédant la date fixée pour l'ouverture des soumissions de la tonne de fonte hématite de moulage (Si : 2,5 à 3 % - P = 0,5 à 0,7 %);
- m: est le prix de référence T.P. du produit défini ci-avant en vigueur durant le mois de calendrier précédant la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte.

c. Révision du prix du montage provisoire de la construction en atelier. (\*\*)

Les clauses de révision ci-après s'appliquent aux postes suivants du métré : postes n° ... (\*)

---

(\*) A remplir par l'auteur du projet.

(\*\*) A mentionner uniquement lorsque le montage provisoire en atelier fait

Les modalités de révision du montant du marché pour tenir compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé dans les ateliers et des charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que des prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en oeuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes :

- la révision est appliquée lors de chaque acompte;
- les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux proprement dits, établi sur la base du contrat, de la formule :

$$p = P \left( 0,80 \frac{s}{S} + 0,20 \right)$$

dans laquelle :

- P: représente le montant de l'état établi sur la base du contrat;
- p: représente le montant ajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires;
- S: est le salaire de référence national pour les constructions métalliques, mécaniques et électriques: usine et atelier, augmenté des charges sociales et assurances globales admises par le Ministère des Travaux publics en vigueur à une date qui précède de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions;
- s: est le même salaire horaire en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte (majoré des mêmes charges sociales et assurances globales).

#### B. Révision du prix du montage de la construction sur chantier.

Les clauses de révision ci-après s'appliquent aux postes suivants du métré : postes n° ... (\*)

Les modalités de révision du montant du marché pour tenir compte des fluctuations des taux de salaires du personnel ouvrier occupé sur les chantiers et les charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que des prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en oeuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes :

- la révision est appliquée lors de chaque acompte;
- les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux proprement dits, établi sur base du contrat, de la formule :

$$p = P \left( 0,75 \frac{sm}{Sm} + 0,25 \right)$$

dans laquelle :

- P: représente le montant de l'état établi sur la base du contrat;
- p: représente le montant ajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires (y compris la prime de danger);

---

(\*) A remplir par l'auteur du projet.

- Sm: est la moyenne des salaires moyens (augmentés des charges sociales et assurances globales y compris la prime de danger admise par le Ministère des Travaux publics) des monteurs qualifiés, spécialisés et manœuvres. Les salaires moyens sont calculés sur la base des salaires fixés par la Commission paritaire nationale de la Construction métallique (Sous-Commission des Entreprises de montages de charpentes), en vigueur à une date précédant de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions;
- sm: est la même moyenne des salaires moyens majorés des mêmes charges et assurances en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte.

C. Fluctuations du prix pour la préparation des surfaces et pour les couches de revêtement anti-corrosion.

Les clauses de révision ci-après s'appliquent aux postes suivants du métré : postes n° ... (\*)

Les modalités de révision du montant du marché pour tenir compte des fluctuations des taux des salaires du personnel ouvrier occupé sur les chantiers et les charges sociales et assurances y afférentes, ainsi que des prix des matériaux, matières et produits utilisés ou mis en oeuvre dans l'ouvrage, sont les suivantes :

- la révision est appliquée lors de chaque acompte;
- les sommes à payer sont déterminées par l'application au montant de chaque état d'avancement des travaux proprement dits, établi sur la base du contrat, de la formule :

$$p = P \left( 0,70 \frac{sp}{Sp} + 0,10 \frac{i}{I} + 0,20 \right)$$

dans laquelle :

- P: représente le montant de l'état établi sur base du contrat;
- p: représente le montant ajusté compte tenu des fluctuations des salaires et des charges sociales et assurances afférentes aux salaires;
- Sp: est le salaire moyen (augmenté des charges sociales et assurances globales admises par le Ministère des Travaux publics) de l'ouvrier qualifié, fixé par la Commission paritaire nationale de la Construction, en vigueur à une date précédant de 10 jours la date fixée pour l'ouverture des soumissions;
- sp: est le même salaire moyen majoré des mêmes charges et assurances en vigueur à la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte;
- I: représente l'indice mensuel calculé sur la base d'une consommation annuelle des principaux matériaux et matières par l'Industrie de la construction sur le marché intérieur. Cet indice se rapporte au mois de calendrier qui précédant la date d'ouverture des soumissions;
- i: représente ce même indice pour le mois de calendrier qui précède la date initiale de la période mensuelle considérée dans l'acompte.

Remarques générales :

- Dans les formules de révision, chacun des rapports  $\frac{s}{S}$ ,  $\frac{m}{M}$ ,  $\frac{i}{I}$ ,  $\frac{sp}{Sp}$  et  $\frac{sm}{Sm}$  est réduit à un nombre comprenant 5 décimales, la cinquième étant majorée de 1 si la sixième est égale ou supérieure à 5.  
Les produits de la multiplication des quotients ainsi obtenus par la valeur du paramètre correspondant sont arrêtés à la cinquième décimale laquelle est également majorée de 1 si la sixième est égale ou supérieure à 5.
- Les travaux sont censés être classés dans la catégorie A.
- Les variations éventuelles des tarifs de transport par chemin de fer, par route ou par voie d'eau des matériaux, produits ou matières utilisés ou mis en œuvre ne donnent pas lieu à révision.
- Les valeurs affectées aux paramètres entrant dans les formules de révision ne peuvent subir aucune modification au cours du marché.
- Les prix de référence T.P. sont valables pour le mois entier. Les soumissionnaires doivent en tenir compte dans l'élaboration de leurs offres comme d'une convention établie entre parties.
- Les quantités sujettes à révision ne peuvent en aucun cas dépasser celles prévues aux postes concernés du métré, adaptées par celles prévues aux décomptes approuvés et aux devis estimatifs.

Le cas échéant, les révisions appliquées indûment sont rectifiées lors des paiements ultérieurs.

Article 15 § 1er - Paiement des travaux.

Les travaux sont payés par acomptes mensuels et solde.

La date de début des périodes mensuelles est immuable durant tout le marché et correspond à la date fixée, par l'administration, pour le début des travaux.

Toutefois, après le premier mois et sur demande de l'entrepreneur, le début de chaque période mensuelle peut être fixé au premier du mois.

La somme à payer comporte : le montant de l'acompte ou du solde, les révisions de prix, toutes majorations ou diminutions quelconques.

Les sommes figurant comme produits partiels ou montant total dans les documents comptables et pièces de liquidation relatives aux états d'avancement, aux acomptes et aux décomptes sont arrondies au franc supérieur ou inférieur selon que la fraction de franc atteint ou non 50 centimes.

Les sommes à payer relatives aux acomptes mensuels sont arrondies au millier de franc inférieur.

a. Exécution de la construction métallique en atelier.

Pour le paiement des parties métalliques à l'atelier de construction, notamment de l'acier laminé, de l'acier forgé et de l'acier moulé, les règles suivantes sont d'application :

1er cas - Les frais du montage provisoire en atelier font l'objet des postes séparés du métré.

1. La masse en kg des matériaux approvisionnés et réceptionnés à l'atelier sont portés en compte avec des prix unitaires égaux aux 4/10 des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission; ces quantités ne peuvent excéder celles prévues dans les métrés ou devis estimatifs et les décomptes approuvés.
  2. La masse en kg des pièces exécutées, c'est-à-dire coupées à dimensions, pliées ou cintrées, tous les assemblages soudés, boulonnés ou rivés d'atelier étant faits et agréés par l'administration sont portés en compte au prorata de 3/10 supplémentaires des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission; ces quantités ne peuvent excéder celles prévues dans les métrés ou devis estimatifs et les décomptes approuvés.
  3. Après l'application de la première couche du revêtement anti-corrosion, agréée par l'administration, la masse en kg des pièces concernées est portée en compte, au prorata de 1/10 supplémentaire des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission.
  4. Le solde est porté en compte après le transport à pied d'oeuvre, le déchargement et la mise en dépôt sur le chantier.
- N.B. : Si les matériaux sont portés en compte suivant prix global, suivant la longueur ou la surface, etc., les prescriptions ci-avant sont applicables mutatis mutandis.

2ème cas - Les frais du montage provisoire en atelier sont compris dans les postes relatifs aux fournitures et travaux en atelier.

1. La masse en kg des matériaux approvisionnés et réceptionnés à l'atelier sont portés en compte avec des prix unitaires égaux aux 4/10 des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission; ces quantités ne peuvent excéder celles prévues dans les métrés ou devis estimatifs et les décomptes approuvés.
2. La masse en kg des pièces exécutées, c'est-à-dire coupées à dimensions, pliées ou cintrées, tous les assemblages soudés, boulonnés et rivés d'atelier étant faits et agréés par l'administration sont portés en compte au prorata de 2/10 supplémentaires des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission; ces quantités ne peuvent excéder celles prévues dans les métrés ou devis estimatifs et les décomptes approuvés.

3. Après le montage provisoire à l'atelier y compris l'application de la première couche du revêtement anti-corrosion, la masse en kg des pièces concernées est portée en compte, après agréation par l'administration, au prorata de 2/10 supplémentaires des prix unitaires inscrits par l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission.
4. Le solde est porté en compte après le transport à pied d'oeuvre, le déchargement et la mise en dépôt sur le chantier.

N.B. : Si les matériaux sont portés en compte suivant prix global, suivant la longueur, ou la surface, etc., les prescriptions ci-avant sont applicables mutatis mutandis.

b. Montage à pied d'oeuvre.

Les paiements sont effectués par versements mensuels au prorata de l'avancement des travaux agréés par l'administration.

Article 25 § 2 - Autres éléments des prix.

A. Détermination de la masse à facturer des pièces métalliques.

1. Postes à quantités forfaitaires.

La masse totale à facturer est celle renseignée dans le métré joint à la soumission.

Les quantités qui sont mentionnées dans les états d'avancement sont déterminées conformément aux prescriptions du paragraphe 2 ci-dessous, sans pour autant dépasser la quantité totale renseignée dans le métré.

2. Postes à quantités présumées.

Pièces en acier laminé et leurs assemblages.

Seule la masse théorique conventionnelle est portée en compte.

Elle est établie sur base des nomenclatures dressées par le constructeur à partir des plans d'exécution approuvés, en tenant compte de la forme géométrique réelle des pièces finies moyennant les règles suivantes :

- toute ouverture intérieure située en pleine tôle (ou dans l'âme de profilés) et inférieure à une surface de 0,20 m<sup>2</sup> n'est pas soustraite;
- les petites découpes en quart ou demi-cercles évitant la rencontre des soudures ne sont pas déduites;
- aucun supplément de masse n'est pris en compte pour les soudures, les rivets, les boulons, les goujons de liaison, la protection anticorrosion et les tolérances de laminage;
- la masse volumique de l'acier est fixée à 7.850 kg/m<sup>3</sup>.

### B. Eléments de fixation (\*)

Le coût des cordons de soudure est toujours compris dans les prix unitaires des postes relatifs aux fournitures et travaux en atelier;

Il en est de même pour les rivets, les boulons et les goujons de liaison excepté lorsque ces éléments font l'objet des postes séparés du métré.

### C. Montage provisoire (\*\*)

Les frais de montage provisoire de la construction en atelier sont compris dans les prix unitaires des postes relatifs aux fournitures et travaux en atelier, excepté pour les constructions ou parties de construction pour lesquelles des postes spéciaux sont prévus au métré à cet effet.

D. D'une manière générale, les postes du métré comprennent toutes les prestations (fourniture, contrôles, usinage, parachèvements, revêtement anti-corrosion, transport, placement, etc.) nécessaires pour mener les travaux à bonne fin même si ces prestations ne sont pas précisées explicitement dans les libellés des postes du métré.

### Article 27 § 2 - Vérifications.

- Les aciers laminés de construction métallique, les aciers coulés, les aciers forgés, les fontes, les rivets, les boulons ordinaires et les boulons à haute résistance sont censés subir les vérifications aux usines du fabricant et par conséquent, tous les frais relatifs à ces essais sont à charge de l'adjudicataire.

- Les essais et les contrôles que comportent :

- a) la vérification des produits de soudage et des procédures de travail ou de soudage ;
- b) la vérification de la qualification des soudeurs et des opérateurs en soudage automatique ,

sont réalisés au choix de l'administration soit dans un laboratoire privé agréé par elle, soit dans ses propres laboratoires. Par conséquent, les frais qui résultent de la confection des échantillons en vue des essais et de leur expédition au laboratoire sont à charge de l'adjudicataire alors que les frais de préparation des éprouvettes et d'essai en laboratoire sont à charge de l'administration, à moins qu'il s'agisse des produits de remplacement pour lesquels ces derniers frais sont toujours à charges de l'adjudicataire.

- Lorsque des essais, à charge de l'adjudicataire, sont exécutés dans un laboratoire agréé par l'administration:

- la demande d'essais est envoyée au laboratoire par l'administration et la facture est établie en son nom;

(\*) A adapter par l'auteur de projet en fonction de la manière dont sont portés en compte les éléments de fixation.

(\*\*) A adapter par l'auteur de projet en fonction de la manière dont sont portés en compte les éléments de fixation.



- les frais sont donc liquidés en première instance par l'administration et sont ensuite récupérés sur les sommes à valoir du chef de l'exécution des travaux qu'ils concernent. Un double du procès-verbal des essais et de la facture du laboratoire sont transmis à l'adjudicataire en l'avisant de la déduction qui sera opérée.

#### Article 27 § 4 - Contre essais.

Lorsque les frais de laboratoire relatifs à des contre-essais sont à charge de l'adjudicataire, la procédure de demande d'essais au laboratoire et celle de liquidation de ces frais est identique à celle prévue au § 2 ci-avant.

#### Article 27 § 7 - Vérification et surveillance.

Contrôle non destructif des soudures.

Les frais pour le contrôle radiographique des joints soudés bout à bout sont à charge de l'entrepreneur à concurrence du 1/3 de la longueur totale de ces soudures, y compris les soudures à exécuter sur chantier.

L'administration se réserve cependant le droit soit d'augmenter, soit de réduire ce contrôle sans toutefois qu'il puisse être inférieur au 1/5 de la longueur des soudures bout à bout.

Lorsque le contrôle radiographique est impossible, il est remplacé par un contrôle par ultra-sons effectué dans les mêmes conditions que celles prévues par le contrôle radiographique.

Les contrôles sont exécutés en présence et conformément aux directives de l'administration.

Le soumissionnaire indique les prix unitaires pour l'exécution tant du contrôle radiographique que de celui par ultra-sons, par mètre courant de soudure à contrôler, afin qu'un décompte puisse être établi si le contrôle porte sur une longueur de soudure différente de celle prévue, à savoir 1/3 de la longueur totale des soudures bout à bout. Ces prix unitaires ne sont pas sujets à révision, ni selon l'art. 13 § 3, ni selon l'art. 42 § 6.

L'administration se réserve en outre le droit d'exécuter à ses propres frais d'autres contrôles non destructifs supplémentaires ou de les confier à un organisme de contrôle (y compris sur les assemblages comportant des soudures d'angle).

L'adjudicataire ne peut jamais se prévaloir d'un contrôle non destructif pour demander une prolongation de délai ou une indemnité.

Article 28 § 2 - Entreprises simultanées.A. Cas général - Constructions mobiles diverses.

1. L'adjudicataire prend à temps contact avec l'adjudicataire de l'équipement électromécanique en vue d'assurer une parfaite coordination des deux entreprises. Il s'informe notamment en ce qui concerne la localisation et les dimensions précises des trous à forer, autres ouvertures éventuelles à prévoir dans la structure en acier, évidements et ancrages à ménager dans la construction en béton pour la fixation et le passage des éléments de l'équipement électromécanique tels que conduites, axes, paliers, selles, etc...

Il établit un planning d'exécution en commun accord avec l'adjudicataire de l'équipement électromécanique et en informe l'administration.

2. Les évidements dans la construction en acier pour le placement des éléments de l'équipement électromécanique sont réalisés par l'entrepreneur de la construction en acier au diamètre définitif, moins 3 cm.

L'écart entre la position des ouvertures réalisées et celle déterminée par leurs axes théoriques, ne peut dépasser 1% de la plus grande dimension de l'ouverture pratiquée. Les points de repère et les traits d'axe qui ont servi à fixer la position de ces ouvertures doivent être matérialisés sur la structure en acier d'une manière indélébile. La position de ces repères doit être également indiquée par l'adjudicataire de la construction en acier sur les plans d'exécution correspondants.

3. L'adjudicataire de la construction en acier fournit à temps à l'administration et à l'adjudicataire de l'équipement électromécanique tous les renseignements concernant la localisation, les conditions de travail et la position de la construction en acier.

4. En particulier, il permet à l'adjudicataire de l'équipement électromécanique de relever toutes les données nécessaires pour une adaptation précise des éléments électromécaniques et ce, tant au cours de la réalisation de la construction en acier, en ses ateliers, que sur chantier.

5. L'adjudicataire de la construction en acier doit également permettre à l'adjudicataire de l'équipement électromécanique d'aléser les trous prévus, de monter sur la construction en acier toutes les pièces nécessaires de l'équipement électromécanique, ainsi que d'exécuter toutes les prestations nécessaires à la réalisation des liaisons entre la structure en acier et l'équipement électromécanique. Ces prestations peuvent impliquer une interruption de ses propres travaux.

6. Les mesurages et travaux que l'adjudicataire de l'équipement électromécanique doit effectuer sur la structure métallique ne débiteront que lorsque tous les travaux importants d'assemblage et de soudage sur la construction en acier seront terminés et approuvés par l'administration. Ces mesurages et travaux doivent pouvoir être réalisés dans de bonnes conditions de commodité et de sécurité.

B. Cas particulier - Ponts mobiles courants (portée < 30 m.).

---

Points 1 - 2 et 3 comme pour A. Cas général - Constructions mobiles diverses.

4. En particulier, il permet à l'adjudicataire de l'équipement électromécanique de relever toutes les données nécessaires pour une adaptation précise des éléments électromécaniques et ce, tant au cours de la réalisation de la construction en acier, en ses ateliers, que sur chantier.

Les mesurages que l'adjudicataire de l'équipement électromécanique doit effectuer sur la structure métallique, ne débuteront que lorsque tous les travaux importants d'assemblage et de soudage de la construction en acier seront terminés et approuvés par l'administration.

5. L'adjudicataire de la construction en acier doit également permettre à l'adjudicataire de l'équipement électromécanique d'aléser les trous prévus, de monter sur la construction en acier toutes les pièces nécessaires de l'équipement électromécanique, ainsi que d'exécuter toutes les prestations nécessaires à la réalisation des liaisons entre la structure en acier et l'équipement électromécanique.

Pour toutes ces prestations, l'adjudicataire de la construction en acier met le pont complètement assemblé à la disposition de l'adjudicataire de l'équipement électromécanique, et ce pendant un délai de 25 jours ouvrables. Ces travaux doivent se faire soit sur les terrains de l'adjudicataire de la construction en acier, soit sur le terrain de montage sur chantier.

6. Les mesurages et les travaux simultanés de l'adjudicataire de l'équipement électromécanique doivent pouvoir être réalisés dans de bonnes conditions de commodité et de sécurité.

Article 37 - Journal des travaux et documents pour la tenue des attachements.

En plus du journal des travaux, tenu au chantier, l'adjudicataire est tenu de mettre à la disposition de l'administration, un journal des travaux en atelier.

Ce journal et les éventuels attachements y afférents sont établis sous la forme et tenus selon une procédure à fixer par l'administration.

Article 42 § 6 - Révision des prix unitaires.

L'adjudicataire ne peut se prévaloir d'une augmentation ou diminution des contrôles radiographiques et ultra-sons des soudures, par rapport à la longueur prévue (1/3 de la longueur totale des soudures bout à bout) ou de l'exécution d'autres contrôles non destructifs supplémentaires, pour réclamer une révision des prix unitaires du marché ou des délais d'exécution initialement prévus.

Par conséquent, en cas de mise en adjudication d'une construction métallique avec application du fascicule VII, il est indispensable que la référence aux normes N.B.N. soit complétée par :

"pour autant toutefois que ces normes ne soient pas en contradiction avec les prescriptions du fascicule VII (constructions métalliques). En cas de contradiction, seules les prescriptions du fascicule VII sont d'application".

Pour l'Administration des Bâtiments, le point 8 - Remarque générale - traitant de l'ordre de priorité entre les documents en vigueur (pages 5 et 6 du cahier des charges-type 100 de 1984) est à compléter par :

"Toutefois, le fascicule VII a priorité sur les normes belges".

### Article 3 § 3 - Plans de détails et d'exécution et autres documents d'exécution.

#### 1 - Plans de détails et d'exécution

L'importance des documents à fournir par l'entrepreneur dépend essentiellement de l'état d'avancement du projet d'adjudication. Le cahier spécial des charges décrit exactement l'étendue de l'étude à faire et des plans à établir. Il contient en outre toutes les prescriptions nécessaires concernant le programme, le nombre d'exemplaires et les destinataires, les exigences de forme, l'approbation, la coordination avec les autres travaux (génie civil, équipement électromécanique, ...) etc. qui sont applicables à l'étude à fournir.

Quel que soit l'état d'avancement du projet d'adjudication, l'entrepreneur aura, pour la construction métallique, toujours une étude d'exécution à fournir et le texte de l'art. 3 § 3-1 se rapporte entre autres à cette étude d'exécution.

Pour ce qui concerne le délai d'introduction des plans de détail et d'exécution, outre une date limite "au plus tard" telle qu'elle est prévue au second alinéa du point 1, il peut parfois s'avérer utile de prévoir une date limite "au plus tôt".

Ce sera le cas, par exemple, pour une entreprise dont le délai d'exécution est très long et comprenant des ouvrages pratiquement indépendants les uns des autres.

#### 2 - Autres documents d'exécution

Ces documents sont nécessaires pour une construction métallique d'une certaine importance et/ou complexité. Ceci est en particulier le cas pour le montage provisoire en atelier (voir à ce sujet toutefois le commentaire au sujet de l'art. 25 § 2-B).

### Article 13 § 3 - Révision des prix.

#### 1 - Conditions d'application

- Dans le cas d'un marché où n'interviennent que des constructions métalliques, l'application de ces dispositions est subordonnée au fait que le montant présumé du marché atteigne au moins 2.000.000 F et que la durée d'exécution contractuelle soit au moins de 75 jours ouvrables.

- Dans le cas d'un marché comportant entre autres, un ensemble de postes relatifs à la fourniture de parties métalliques (acier laminé, acier moulé, acier forgé) à l'exclusion des armatures (barres, fils, torons) pour béton armé ou béton précontraint, l'application de ces dispositions peut avoir lieu pour ces postes si leur montant global présumé s'élève à 2.000.000 F au moins.

## 2 - Conception générale des formules

Les formules de révision prévues postulent une structure bien déterminée des postes du métré descriptif et du métré récapitulatif.

- A. la fourniture de l'acier et les travaux en atelier;
- B. le montage;
- C. la préparation des surfaces et les couches de revêtement anti-corrosion.

Les formules de révision pour ces prestations sont explicitées ci-après.

Par ailleurs, comme il est dit précédemment (0. Généralités), la construction métallique fait généralement partie d'une entreprise plus vaste.

Cela signifie notamment que d'autres formules de révision et manières de porter les travaux en compte seront prévues dans le cahier spécial des charges.

Par conséquent, il est impératif que le cahier spécial des charges cite explicitement les postes soumis à chacune des formules de révision.

Ceci peut évidemment aussi se faire par une indication au métré. Il peut être utile, pour des raisons de commodité, de grouper en chapitres les postes qui sont affectés par la même formule de révision (et éventuellement les mêmes modalités de paiement).

### A. La fourniture et les travaux en atelier

Afin de rencontrer certains griefs à l'encontre de la formule de révision, telle qu'elle était jusqu'à présent d'application pour les travaux en atelier, la formule de révision pour ce qui concerne l'acier laminé et l'acier forgé a été scindée en deux parties :

- d'une part, une formule de révision applicable aux états de paiement dressés suite à la réception des matériaux et à l'approvisionnement de ceux-ci dans l'atelier de construction

$$p = P \left( 0,80 \frac{m}{M} + 0,20 \right) ;$$

- d'autre part, une formule de révision applicable aux états de paiement dressés suite aux travaux proprement dits en atelier de construction

$$p = P \left( 0,80 \frac{s}{S} + 0,20 \right)$$

La première formule partielle ne comprend, à part le terme indépendant, qu'un terme "matériaux", tandis que la deuxième formule partielle ne comprend, à part le terme indépendant, qu'un terme "salaires".

Les avantages de ce système sont évidents :

- les révisions cernent immédiatement et d'une façon plus correcte l'influence

- les révisions se calculent très aisément, ce qui a surtout de l'importance aux cas où les commandes à l'intérieur de certains postes du métré sont faites à des périodes différentes, ce qui est souvent le cas pour des marchés importants.

Etant donné que la fourniture des aciers et les travaux en atelier font globalement l'objet des mêmes postes du métré, il est indispensable que le cahier spécial des charges définisse sans équivoque ce qu'il faut entendre par P, à savoir : le montant de l'état de paiement établi sur la base du contrat; cela se fait en se référant à l'art. 15 § 1.a - Paiement des travaux exécutés en atelier, qui fixe la valeur relative attribuée aux "matériaux réceptionnés et approvisionnés" et aux "travaux proprement dits en atelier" entrant dans chacune des deux formules partielles de révision. Par conséquent, il est absolument nécessaire que l'art. 15 § 1.a soit également repris au cahier spécial des charges, puisque c'est sur base de cet article que le montant P est établi.

Afin de démontrer la correspondance avec le système ancien, la formule de révision est écrite ci-après, à titre d'information, dans sa forme globale. Pour ce faire, on part de l'hypothèse que les matériaux approvisionnés et réceptionnés en atelier sont portés en compte avec des prix unitaires égaux aux  $\frac{4}{10}$  des prix unitaires inscrits par le l'adjudicataire dans le métré récapitulatif annexé à sa soumission et que les travaux proprement dits à l'atelier sont portés en compte au prorata de  $\frac{6}{10}$  des mêmes prix unitaires, tel qu'il est décrit d'une façon détaillée à l'art. 15 § 1.a .

$$\text{Forme globale : } p = P \left( 0,48 \frac{s}{S} + 0,32 \frac{m}{M} + 0,20 \right)$$

En effet,

- le terme "salaires" représente:  $\frac{6}{10} \times 0,80 = 0,48$
- le terme "matériaux" représente:  $\frac{4}{10} \times 0,80 = 0,32$

#### B. Montage

On distingue :

- le montage provisoire de la construction en atelier;
- le montage définitif de la construction in situ;

Le montage provisoire fait partie de la fabrication de la construction en atelier (voir chapitre 12 - "FABRICATION EN ATELIER" du fascicule VII).

Néanmoins, pour des raisons expliquées dans les commentaires relatifs à l'article 25 § 2.B, il est à conseiller pour les constructions importantes de prévoir au métré un ou plusieurs postes séparés pour le montage provisoire en atelier.

Dans un tel cas toutefois, d'une part une formule de révision est nécessaire pour ce ou ces poste(s) et d'autre part, les modalités de paiement de l'art. 15 § 1.a doivent être adaptées à cette disposition.

La formule de révision de l'art. 13 § 3.A.c n'est donc à reprendre au cahier spécial des charges que lorsque le métré comporte des postes séparés pour le montage provisoire à l'atelier, ce qui implique que les paiements par acomptes se font d'après l'art. 15 § 1.a. 1er cas.

Au cas où le métré ne comporte pas un ou des poste(s) séparé(s) pour le montage provisoire en atelier, ces prestations seront reprises aux postes relatifs à la fourniture des matériaux et aux travaux en atelier qui sont soumis aux formules de révision de l'art. 13 § 3.A.a. et 13 § 3 A.b . Les paiements se font dès lors suivant l'art. 15 § 1.a. 2ème cas.

### C. Préparation des surfaces et couches de revêtement anti-corrosion

Le fascicule X - 2ème partie relatif aux peintures à performances laisse à l'adjudicataire une grande liberté en ce qui concerne le système de protection (nature et nombre de couches). En plus, se pose, dans ce cas, le problème de l'assurance par une société d'assurances reconnue, de la garantie de durabilité.

Pour les constructions métalliques importantes, il n'est pas rare qu'une partie des prestations, y compris la protection anti-corrosion, s'exécute dans un endroit propice (cale sèche p.ex.), il en résulte que l'on ne peut que difficilement déterminer à l'avance les travaux de peinture qui seront exécutés sur chantier.

Pour ces raisons, il est conseillé de grouper toutes les prestations en rapport avec la protection anti-corrosion (galvanisation à chaud, métallisation, couches de peinture, y compris la préparation des surfaces, le sablage, le nettoyage, la réparation de la couche précédente, etc.) dans un ou plusieurs postes du métré et de ne plus faire de distinction entre les prestations à exécuter à l'atelier et sur chantier.

C'est dans ce sens que les formules de révision ont été établies.

#### 3 - Prescriptions diverses

- 1 - Le cahier spécial des charges renseignera explicitement les postes soumis à chacune des formules de révision.
- 2 - Il est évident que les coefficients des formules de révision peuvent varier d'un cahier des charges à l'autre en fonction des variations relatives du coût des salaires et du prix des matériaux.
- 3 - Quoique le cas où les révisions sont appliquées indûment puisse se présenter également pour les postes exprimés en quantités forfaitaires, ce risque est toutefois plus grand pour les postes exprimés en quantités présumées, puisque dans ces cas, la quantité exacte à payer n'est souvent connue que dans un stade ultérieur de l'exécution des travaux.

Article 15 § 1.a - Paiement de l'exécution de la construction métallique en atelier.

Il faut répéter que les prescriptions de l'art. 15 § 1.a sont intimement liées à l'application des formules de révision de l'art. 13 § 3 (Définition de P) et que par conséquent, il est absolument indispensable que ces deux articles soient repris simultanément aux cahiers spéciaux des charges.

C'est en fonction du fait que le montage provisoire fait ou non l'objet d'un ou de plusieurs postes séparés du métré, que l'on se trouve dans le 1er ou le 2ème cas.

Article 25 § 2.A. - Autres éléments des prix.

A. Détermination de la masse à facturer des pièces métalliques.

Pièces en acier moulé, en acier forgé ou en fonte.

Il est conseillé de reprendre ces éléments dans des postes pour lesquels la quantité sera exprimée à la pièce.

Au cas où l'unité quantitative serait la masse, l'auteur de projet devra spécifier au cahier spécial des charges, la manière dont celle-ci sera déterminée, par ex. dans les termes suivants :

" La masse des pièces usinées est déterminée par pesage contradictoire sur balance étalonnée. Les dispositifs de fixation (boulons, chevilles, etc.) sont pesés avec les pièces."

B. Eléments de fixation.

Il est conseillé de mentionner les goujons de liaison des constructions mixtes en acier-béton dans les postes séparés du métré.

Seront également mentionnés dans des postes séparés la protection anticorrosion (couches de peinture, galvanisation à chaud, métallisation, etc.), les appareils d'appui et les joints de dilatation.

Article 25 § 2.B. - Montage provisoire en atelier.

Le montage provisoire en atelier de l'ensemble de la construction est nécessaire pour une construction en acier de quelque importance ou de quelque complexité. Le chapitre 12 - "FABRICATION EN ATELIER", prévoit d'ailleurs, sauf stipulations contraires au cahier spécial des charges, le montage provisoire complet.

En fonction de la nature de la construction (plusieurs éléments identiques), de l'équipement et la qualification de l'atelier, ainsi que des méthodes et moyens de contrôle de la fabrication appliqués, l'administration peut, sur demande de l'adjudicataire, accepter que le montage provisoire ne soit réalisé que partiellement. Il est conseillé de prévoir au métré, un ou plusieurs postes à quantité présumée pour le montage provisoire en atelier. Ce travail est porté en compte d'après la quantité des pièces qui ont effectivement fait l'objet dudit montage provisoire. Il est ainsi plus simple de dresser le décompte en moins dont il est question au point 7.2.4. du chapitre 12 précité.



Article 28 § 2 - Entreprises simultanées.

L'intérêt de prévoir au cahier spécial des charges des prescriptions précises concernant les entreprises simultanées ne peut être assez souligné.

Ces prescriptions sont évidemment fonction de la nature et de l'importance de l'ouvrage, de sorte qu'il est malaisé de donner des stipulations applicables d'une façon générale.

Le texte proposé se rapporte à des ouvrages mobiles (portes d'écluse, vannes de barrage, ponts mobiles, etc.) et comprend des prescriptions minimales qui sont à adapter et à compléter à chaque cas particulier.

C'est ainsi qu'il peut être judicieux

- de fixer le délai pendant lequel la construction en acier sera mise à la disposition de l'adjudicataire de l'équipement électromécanique, pour lui permettre d'aléser les trous, d'en forer éventuellement d'autres, de monter les éléments indispensables de l'équipement électromécanique, etc.;

- de déterminer le moment et l'endroit (atelier ou terrain du constructeur, terrain de montage sur chantier, etc.) où les travaux doivent être réalisés, etc. Ces précisions ont d'ailleurs été apportées dans le cas particulier des ponts mobiles courants qui, pour la raison de leur fréquence d'apparition, ont été traités dans un texte à part.

En outre, on doit tenir compte du fait que la masse de la construction en acier peut augmenter sensiblement à cause de pièces de l'équipement électromécanique qui ont été montées sur elle, ce qui entraîne une répercussion sur les frais de transport et de montage définitif sur site.

Le cahier spécial des charges comprendra des clauses adéquates à ce sujet, signalant, par exemple, que ces frais supplémentaires constituent une charge de l'entreprise, ou prévoira des postes au métré.

Par ailleurs, pour des constructions mobiles importantes, il est conseillé de rédiger les clauses administratives de l'art. 28 § 2 ) Entreprises simultanées - en étroite collaboration avec l'Administration de l'Electricité et de l'Electromécanique.

3<sup>ème</sup> PARTIE  
AIDE-MEMOIRE A L'INTENTION  
DE L'AUTEUR DE PROJET

## CHAPITRE 15

AIDE-MEMOIRE A L'INTENTION DE L'AUTEUR DE PROJET.1. SPECIFICATIONS TECHNIQUESCHAPITRE 1 - ACIERS LAMINES.

Le cahier spécial des charges doit préciser :

- les nuances des aciers (AE 235, AE 255, AE 295 ou AE 355);
- les qualités des aciers (A, B, C, D ou DD); le choix sera fait en fonction du point 2 "Choix de la qualité";
- les produits pour lesquels des caractéristiques doivent être garanties dans le sens de l'épaisseur (cfr l'article 19 du point 1 "Nuances et qualités").

CHAPITRE 2 - ACIERS MOULES D'USAGE GENERAL.

Si l'auteur de projet ne retient pas l'acier AMGS 23-45, le cahier spécial des charges doit préciser la nuance retenue (cfr le paragraphe C de l'article 4.).

CHAPITRE 3 - ACIERS FORGES.

Le cahier spécial des charges doit préciser la nuance, la qualité et le niveau de soudabilité retenus (cfr l'article 3).

CHAPITRE 5 - FONTES.

a) Cas des fontes grises à graphite lamellaire.

Pour les pièces autres que les pièces de voirie, le cahier spécial des charges précise la classe de la fonte lorsque l'auteur de projet ne retient pas la classe F.G.G.20 (cfr l'article 8).

b) Cas des fontes grises à graphite sphéroïdal.

Le cahier spécial des charges précise la classe retenue (cfr l'article 10).

CHAPITRE 6 - RIVETS.

La nuance de l'acier des rivets des assemblages en acier AE255 et AE295 doit être précisée dans le cahier spécial des charges (cfr le paragraphe 1.2 de l'article 1).

CHAPITRE 7 - BOULONS.

Le cahier spécial des charges doit :

- mentionner le type de boulons (boulons ordinaires ou boulons à haute résistance) et la classe de qualité;
- indiquer éventuellement :
  - qu'il s'agit de boulons à placer avec serrage contrôlé,
  - qu'il s'agit de boulons calibrés.

## 2. CLAUSES ADMINISTRATIVES GENERALES

La liste non exhaustive ci-après reprend les points pour lesquels l'auteur du projet doit amender ou compléter le texte des clauses administratives.

Art. 1 : 1) Documents applicables au marché et prix: cfr renvoi ad hoc;  
 2) il y a lieu de rendre obligatoire la prépondérance des prescriptions du fascicule VII en cas de contradiction avec celles des normes belges (cfr notes commentaires art. 1er - Documents);  
 3) prix unitaires des contrôles radiographiques et par ultra-sons: insérer une annexe à la soumission dans laquelle le soumissionnaire n'aura qu'à remplir deux cases laissées libres pour le prix unitaire;  
 4) renseignements au sujet des peintures à performances : cfr renvoi ad hoc.

Art. 3 : Compléter les délais de fourniture des plans d'exécution;  
 Voir aussi à ce sujet le texte des notes commentaires.

Art. 10§1 : Sous-traitants.

A rédiger en fonction de l'imposition éventuelle d'un système d'assurance de la qualité - cfr renvoi ad hoc.

Art. 12§5 : Réception technique préalable.  
 Cfr renvoi ad hoc.

Art. 13§3 : Formules de révision: déterminer les formules à rendre applicables et préciser les postes auxquels elles se rapportent; cfr texte commentaire concerné.

Art. 15§1 : Paiement des travaux.

Frais de montage provisoire en atelier: opter pour le 1er ou le 2ème cas et rédiger le métré en conséquence.

Art. 25§2 : Autres éléments des prix.

- Cfr point A des notes commentaires;
- adapter les § B et C des clauses administratives en fonction de la manière dont sont portés en compte les éléments de fixation et le montage provisoire;
- cfr également le point B des notes commentaires.

Art. 28§2A : Entreprises simultanées.

Dès l'élaboration du cahier spécial des charges, il importe que l'auteur du projet prenne contact avec l'A.E.E., afin de définir, de commun accord, les mesures à prévoir dans le cadre d'entreprises simultanées et notamment de préciser, si possible, le délai pendant lequel l'adjudicataire électromécanicien peut intervenir, ainsi que l'endroit et l'époque de cette intervention.