Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

METALLURGIE
1. Procédures de soudage

Mise en situation

Un navire de recherche hydrographique de 80 m de long est soumis aux règlements IRCN 3.1.10/95 et aux règlements du Bureau Véritas.

Des pièces structurelles de bordé de fond, de 20 mm d'épaisseur en acier EH36 (du groupe 2 des aciers), sont soudées par le procédé fil fourré avec gaz.

Travail demandé

Les soudeurs et les modes opératoires de soudage (DMOS) sont qualifiés par un autre organisme agréé.

Le DMOS de l'assemblage du bordé de fond en EH 36 est joint page 3/8.

L'étude porte sur ce **descriptif du mode opératoire du soudage** :

1. Expliquer les rôles de la latte triangulaire montrée sur le croquis du profil du joint (rôles opératoire, qualitatif, économique).

2. Calculer la vitesse de soudage, « v », que l'opérateur devra utiliser pour obtenir une énergie de soudage de 25 kJ/cm dans les passes I et II, qui s'effectuent à plat, par le procédé FFAG (fil fourré avec gaz) (voir page 4/8).

3. Calculer la vitesse de soudage, « v », que l'opérateur devra utiliser pour obtenir une énergie de soudage de 25 kJ/cm dans la passe de reprise, effectuée au plafond, avec l'hypothèse d'un soudage par le procédé électrode enrobée de diamètre d = 4 mm (voir page 4/8).

4. Déterminer, pour cette énergie de 25 kJ/cm, sur la courbe de fissuration à froid de cet acier EH36 (voir page 5/8) :
   - le temps de passage entre 800 et 500 °C de cet assemblage,
   - la dureté sous cordon maximale tolérée mesurée par un essai destructif,
   - le risque de fissuration (ou de rupture) sur la première passe. On admettra des conditions opératoires similaires avec une contrainte de bridage maximale de Re.

5. Déterminer, sur le diagramme de transformation au refroidissement de cet acier EH36 (voir page 4/8) le temps de passage entre 800 et 500 °C pour lequel cet assemblage est en sécurité.

Nommer l'élément de la structure finale qui est alors éliminé.

METALLURGIE
1. Procédures de soudage

Travail demandé (suite)

L'hypothèse d'un changement d'acier est envisagée.

Une étude est demandée avec un **acier S 420** (du même groupe 2 (Re ≥ 360 MPa), mais de caractéristiques mécaniques meilleures)

6. Déterminer, pour cette énergie de 25 kJ/cm, sur la courbe de fissuration à froid de cet acier S 420 (voir page 6/8) :

- le temps de passage entre 800 et 500 °C de cet assemblage,
- la dureté sous cordon maximale tolérée mesurée par un essai destructif,
- les valeurs de contrainte de bridage acceptable sans risque de fissuration, dans les cas de soudage avec des électrodes enrobées :
  - basiques,
  - rutiles.

7. Déterminer, pour ces aciers du groupe 2 soudés en multipasses bout à bout, la dureté maximale admissible (voir page 4/8).

8. Indiquer où la valeur de la dureté maximale admissible sera située.

9. Dessiner et positionner un exemple de fissure à froid sur ce croquis.

Présentation de conclusions argumentées avec les critères des questions précédentes.

10. Donner un avis sur le choix du DMOS, avec acier EH36, et, avec un fil fourré basique (SD 400) en 1ère passe et un fil fourré rutile (SD 100) en 2ème passe.

11. Choisir le procédé de soudage pour effectuer la passe de reprise au plafond. Le choix sera entre les procédés étudiés : FFAG flux basique ou rutile, électrode enrobée basique ou rutile.

Le critère du taux de dépôt est à intégrer : 4 kg/h avec le FFAG et 1,5 kg/h avec l'électrode enrobée.

12. Expliquer la raison pour laquelle l'organisme de certification, Bureau Véritas, ne propose pas l'usage du S420 notamment dans les zones structurelles fortement sollicitées.

METALLURGIE DU SOUDAGE

Documents

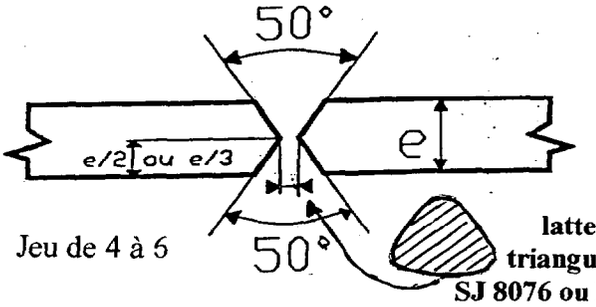
	SERVICE SOUDAGE	MODE OPÉRATOIRE DE SOUDAGE *WPS*	*MOS No.* SCN1810	1/1
			8-1-99 Rev	

PROCÉDÉ *Welding process*	METAL DE BASE *Base metal*	COUVERT PAR QMOS *Supporting by PQR*
FFAG (136)	*ACIERS COQUE A-B-D-E (GROUPE 1) AH36-DH36-EH36 (GROUPE 2)*	**0802751 0802681**

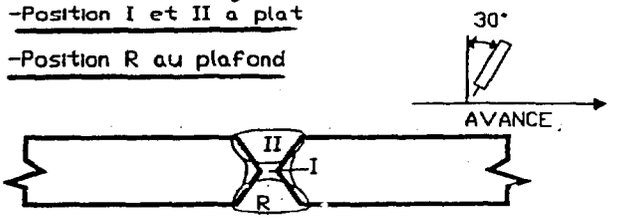
DOMAINE DE VALIDITE *Range permitted*		POSITION *Position*
	e supérieur à 16 *e inférieur ou égal à 50*	*Plat (PA) + Plafond (PE)*

	FIL *Wire*		GAZ
PRODUIT D'APPORT *Filler Material*	*-DSII 70 ultra (ALLOY-RODS)* *-PZ 6113 (FILARC)* *-SD 100 (SAF)* *-FF 16 (COMMERCY)* *-DWA 50 (KOBE-STEEL)* *diam 1,2*	*SD 400 (SAF)* *FB 10 (CY)* *DWA 51-B (KOBE)* *diam 1,2*	*ATAL 5 (80% Argon, 20%CO2)*

PROFIL DU JOINT *Form of Joint*



DISPOSITION DES PASSES *Pass distribution*



PHASE Phase			I	II					
TYPE ~~ELECT~~/FIL/~~FLUX~~			SD 400	SD 100					
ϕ		mm	1,2	1,2					
COURANT cc,ca Current			CC-	CC+					
+	I	Amp	220	290					
ou	U	Volt	28	29					
-	VITESSE FIL	m/mn	8	10					
15	LG FIL SORTI	mm	18	18					
%	Debit Gaz	L/mn	20	20					
Nbre de passes			1 à 2	1 à n					

GOUGEAGE ENVERS *Back Gouging*	*NON (ng)*	préchauffage : 80°C pour e ≥ 40 sur AH – EH 36

ETABLI PAR *Established by*	VERIFIE PAR *Checked by*	APPROUVE PAR

METALLURGIE DU SOUDAGE

Documents

Questions 2. et 3. : calculs de l'énergie de soudage :

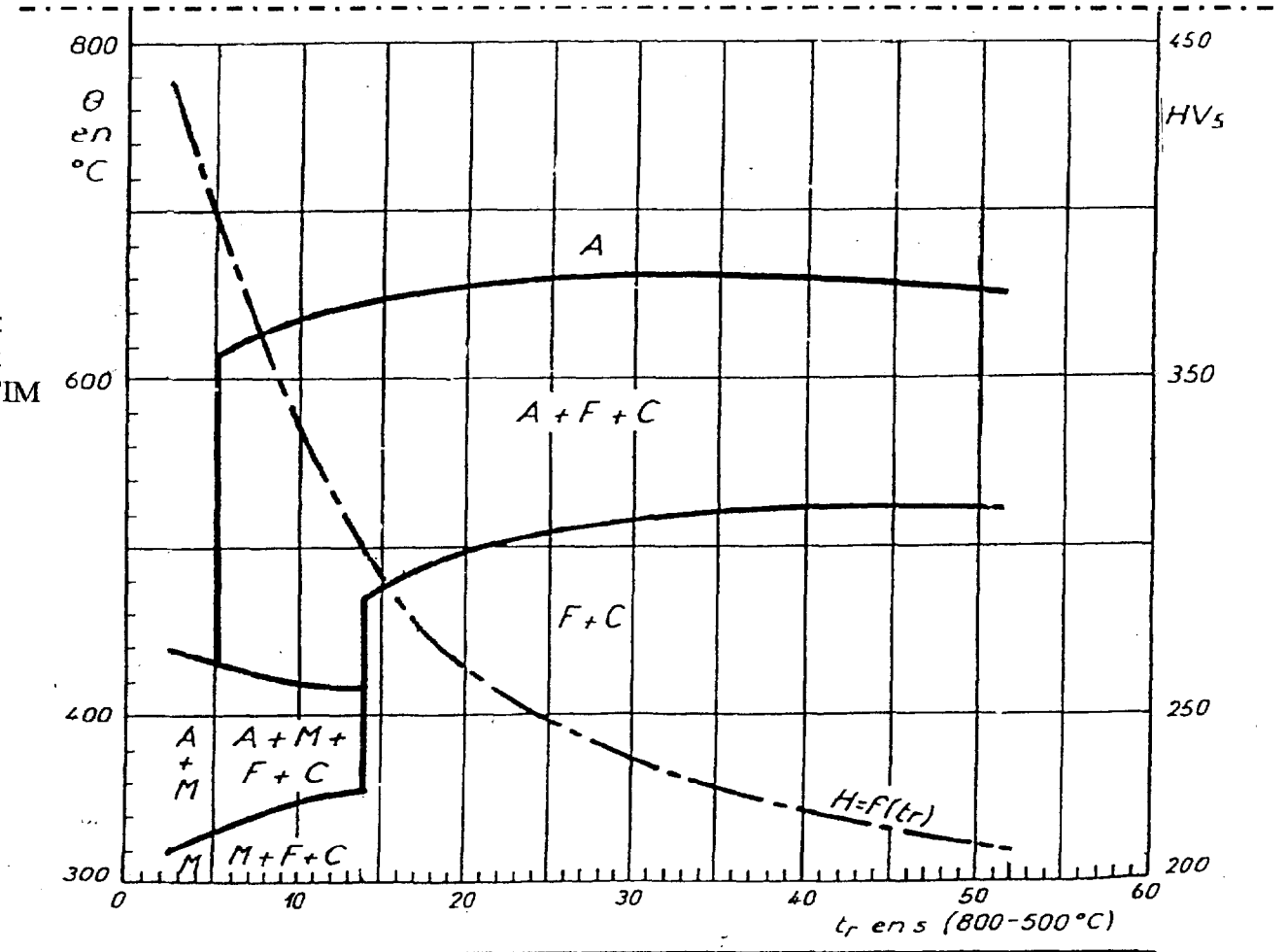
$$En = \frac{60\ U\ I}{1000\ v}$$

Avec : En : énergie nominale en kJ/cm
I : intensité de soudage en A
U : tension de soudage en V
v : vitesse de soudage de l'opérateur en cm/ min

Dans le cas du soudage à l'électrode enrobée, I = 50 (d – 1) et U = 20 + 0,04 I
Le soudage en position plafond utilise la même intensité que la position à plat.

Question 5. : diagramme de transformation au refroidissement de l'acier EH 36

doc : IS et CETIM



Questions 7. et 8.

Tableau : valeurs HV 10 maximales admissibles

doc : normes européenne : EN 288-3/A1, et française : A 89 010 –3/A1

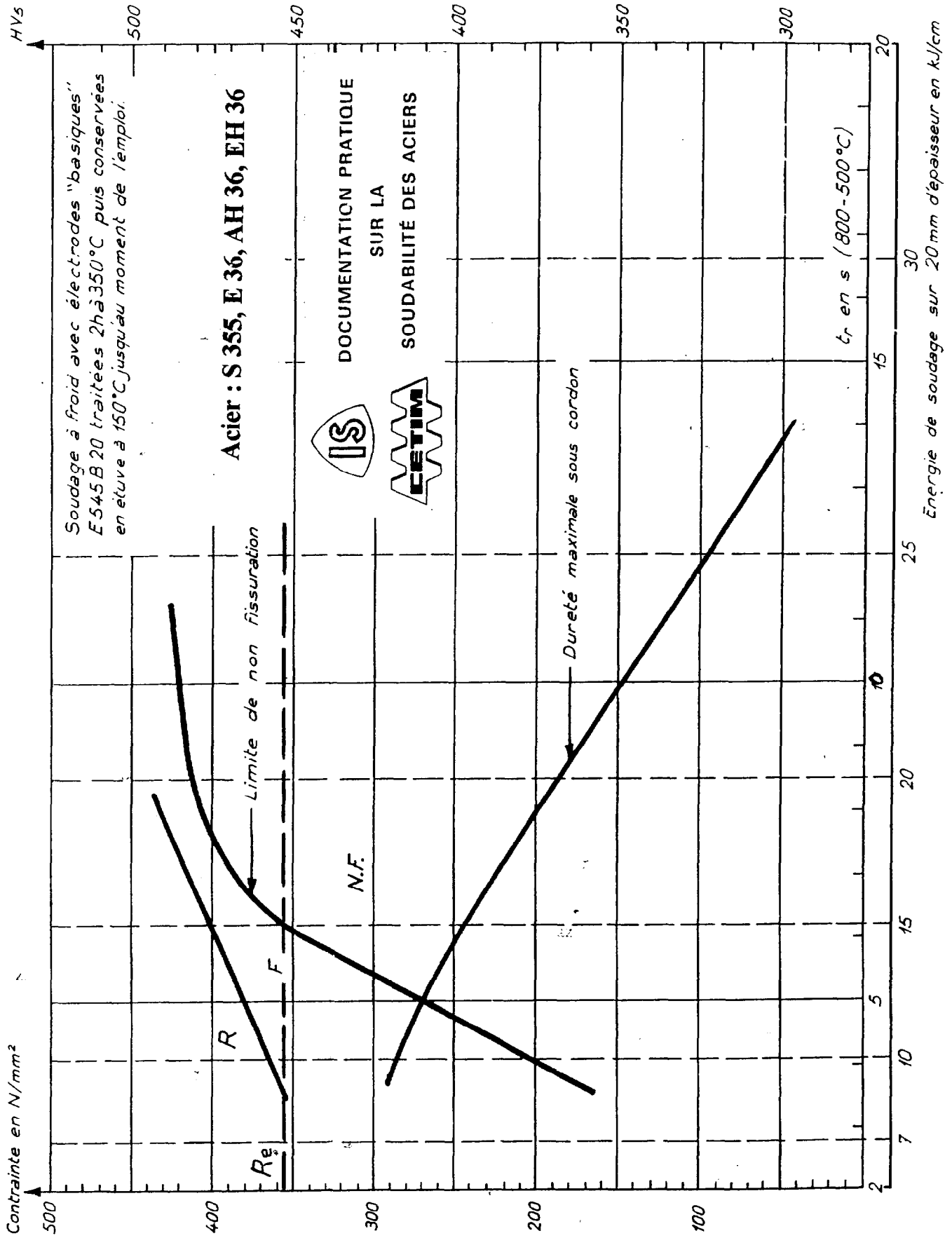
Groupes d'acier	Soudure monopasse bout à bout ou d'angle		Soudures multipasses bout à bout ou d'angle	
	Non traité thermiquement	Traité thermiquement	Non traité thermiquement	Traité thermiquement
1 (1), 2	380	320	350	320
3 (2)	450	(3)	420	(3)
4, 5	(3)	320	(3)	320
6	(3)	350	(3)	350
7 – Ni ≤ 4 % Ni > 4 %	(3) (3)	300 (3)	320 400	300 (3)
8	(3)	(3)	(3)	(3)

NOTE 1 : Si l'essai de dureté est requis.
NOTE 2 : Pour les aciers dont la limite élastique minimale R_e > 885 N/mm², une valeur spéciale doit être déterminée par agrément entre les parties.
NOTE 3 : Valeur à déterminer par agrément entre les parties.

METALLURGIE DU SOUDAGE

Documents

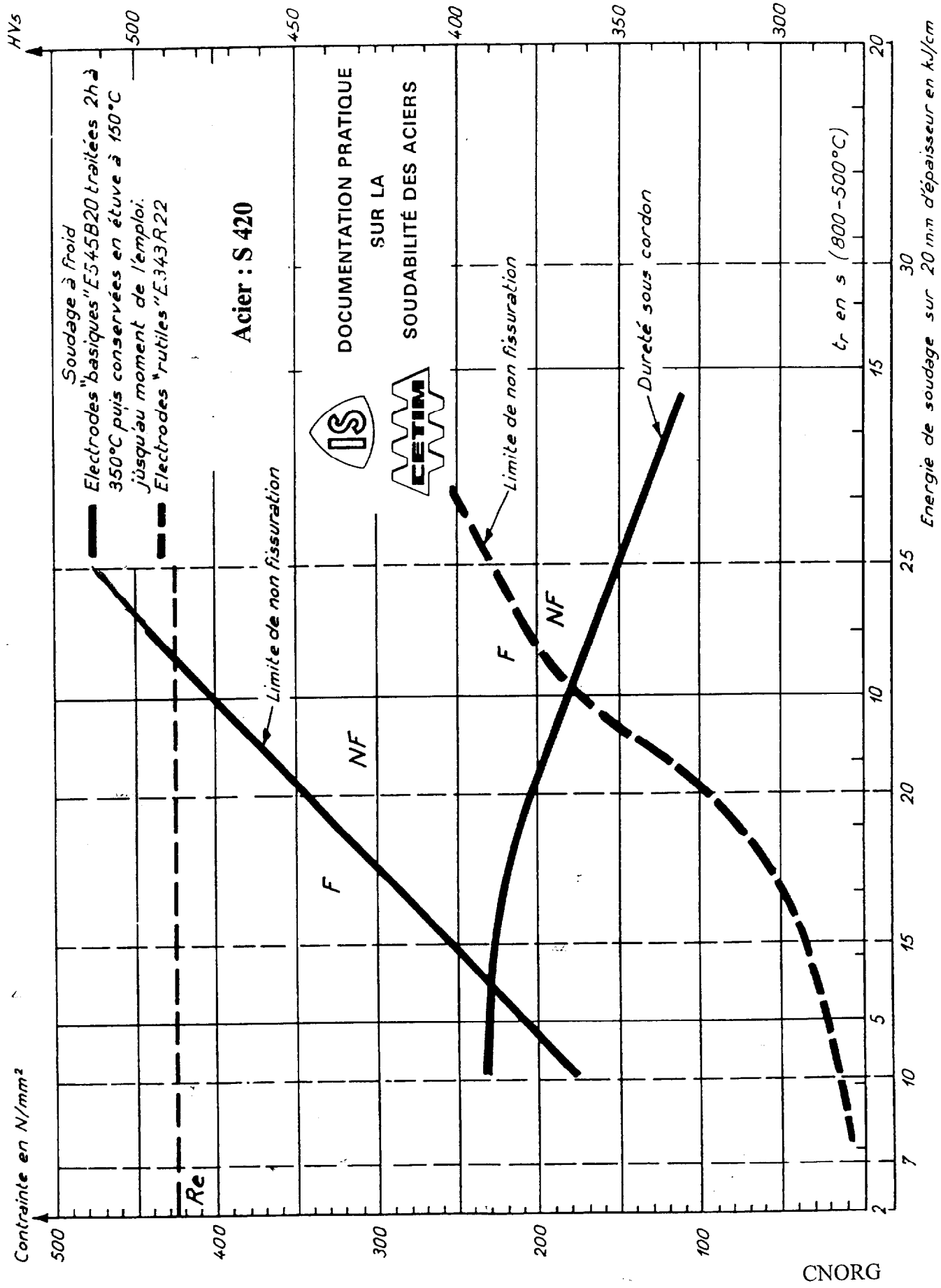
COURBE DE FISSURATION A FROID



METALLURGIE DU SOUDAGE

Documents

COURBE DE FISSURATION A FROID



CNORG

Académie : Session :

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option* : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : N° du candidat

Né(e) le :

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

METALLURGIE DU SOUDAGE
Document réponses

1. Explications des rôles de la latte triangulaire : .....
.....
.....
.....
.....

2. Calcul de la vitesse de soudage de l'opérateur par le procédé FFAG :
.....
.....
.....

3. Calcul de la vitesse de soudage de l'opérateur avec électrodes enrobées :
.....
.....
.....

4. Sur acier EH36, valeurs des :
   - temps de passage entre 800 et 500 °C : .....
   - dureté sous cordon maximale : .....

   Expression du risque ou non de fissuration à froid : .....
.....

5. Temps de passage entre 800 et 500 °C pour assemblage sur acier EH36 en sécurité : ..... Structure(s) finale(s) après soudage : .....

6. Sur acier S420, valeurs des :
   - temps de passage entre 800 et 500 °C : .....
   - dureté sous cordon maximale : .....
   - contrainte de bridage maximale avec :
     - électrodes basiques : .....
     - électrodes rutiles : .....

7. Valeur de la dureté maximale des aciers du groupe 2 soudés en multipasses
.....

Académie : Session :

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option* : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : N° du candidat

Né(e) le : (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

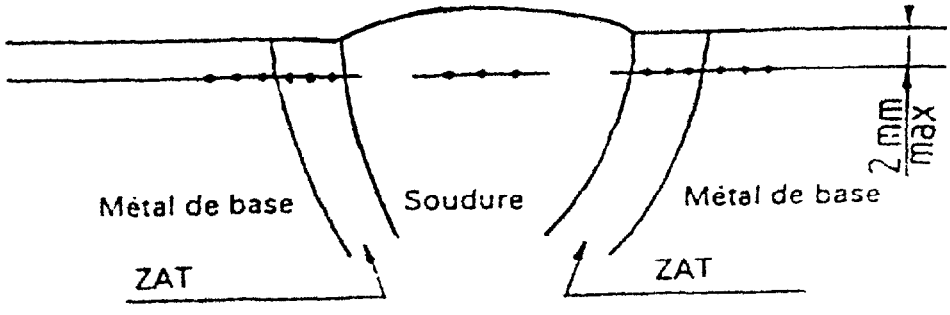
METALLURGIE DU SOUDAGE
Document réponses

8. Situation de la dureté maximale relevée sur le croquis ci-dessous:

.....

9. Dessin et situation d'une fissure à froid sur le croquis ci-dessous :

doc : normes européenne : EN 288-3/A1, et française : A 89 010 –3/A1



.....

.....

10. Avis argumentés du choix des fils fourrés de soudage FFAG : .....

.....

.....

.....

.....

11. Choix argumentés du procédé de soudage pour effectuer la reprise en position au plafond : .....

.....

.....

.....

.....

12. Raisons du choix du matériau EH36 par le Bureau Véritas pour construire les zones structurelles du navire : .....

.....

.....

.....

METALLURGIE
2. Contrôles et qualité en soudage

Mise en situation

Les méthodes de contrôle des soudures et de gestion de la qualité sont comparées dans deux chantiers navals

Le premier chantier fabrique un navire de recherche hydrographique de 80 m de long qui est soumis aux règlements IRCN 3.1.10/95 et du Bureau Véritas.

Le second chantier fabrique un paquebot de 345 m de long qui est soumis aux réglements Lloyd's Register of shipping.

Des pièces structurelles de bordé, de 7 à 40 mm d'épaisseur en acier EH36 (du groupe 2 des aciers), sont contrôlées après soudage.

Travail demandé

L'étude porte sur la compacité des soudures

1. Calculer le nombre minimal « n » de points de contrôle (voir page 2/6) sur :
   1.1. le bateau de 80 m avec Lpp = 72,1m, l = 25m et creux = 9,1m,
   1.2. le bateau de 345 m avec Lpp = 301,35m, l = 41m et creux = 33,94m.

2. Positionner les classes de qualité sur les croquis (voir page 2/6) pour :
   2.1. le bateau de 80 m de long,
   2.2. le bateau de 345 m de long.

3. Rechercher le point de contrôle de la tribord 6 sur le plan de compacité des soudures (voir page 3/6) du bateau de 80 m de long.

Ce point correspond à un croisement de lignes. Donner les numéros de ces lignes de soudure.

Ce point est à une jonction de 4 panneaux. Donner la (ou les) épaisseur(s) de ces panneaux.

4. Déterminer la conformité ou non du croisement de soudures 827 / 310 / Tb 6 (voir page 4/6). L'étude est faite à partir du descriptif de la radiographie effectuée par Rγ, et, de l'abaque des critères d'acceptation en fonction des classes de qualité.

5. Déterminer la conformité ou non de la soudure de la quille en épaisseur 40 mm soudure 827 / 307 / Q 1 (voir page 5/6). L'étude est faite à partir du descriptif de la radiographie effectuée par Rγ, du tableau de pondération du nombre de défauts, et, de l'abaque d'acceptation.

Par exemple : 2 défauts de Ø 1,5 mm et 1 défaut de Ø 3,5 donnent KT = 24

6. Les radiographies du bateau de 80 m sont effectuées par RX ou par Rγ; celles du bateau de 345 m par Rγ. Donner 3 différences des RX par rapport aux Rγ.

CONTROLE ET QUALITE EN SOUDAGE

Documents

Documents IRCN 3.1-10/95

2.3.2. Compacité

La compacité des soudures sera vérifiée notamment dans les zones prévues par les règlements. Les points de contrôle seront situés en particulier aux croisements sur les abouts de liaison des panneaux préfabriqués (quille, bouchain, carreau, gouttière, ainsi qu'aux croisements d'angles des tôles, renfort d'ouvertures de pont). Des sondages seront également prévus sur des soudures d'éléments de structure tels qu'abouts de cloisons longitudinales, hiloires, dans les zones fortement sollicitées ainsi que sur celles des joints encastrés ou de forte épaisseur (implantation des mâts, étambots, etc.).

a. Nombre de points de contrôle :

En dehors des cas particuliers le nombre minimal de points de contrôle prévu est déterminé par la formule : $n = \frac{L\,(l + c)}{46,5}$

n = nombre de points de contrôle, zones A et B, (figure ci-dessous).

L = longueur du navire entre pp avant et pp arrière, en mètres.

l = largeur maximale du navire, en mètres.

c = creux mesuré à 1/2 L, en mètres.

Les points de contrôle des structures internes sont définis en accord avec les représentants locaux des Sociétés de Classification.

d. Anomalies acceptables :

Deux classes de qualité (1) sont définies selon la position des joints : A et B (voir figure).

Le contrôle des régions C n'est pas prévu. L'importance des anomalies acceptables est définie par les abaques et tableaux de la page suivante.

Les fissures sont, dans tous les cas, inacceptables.

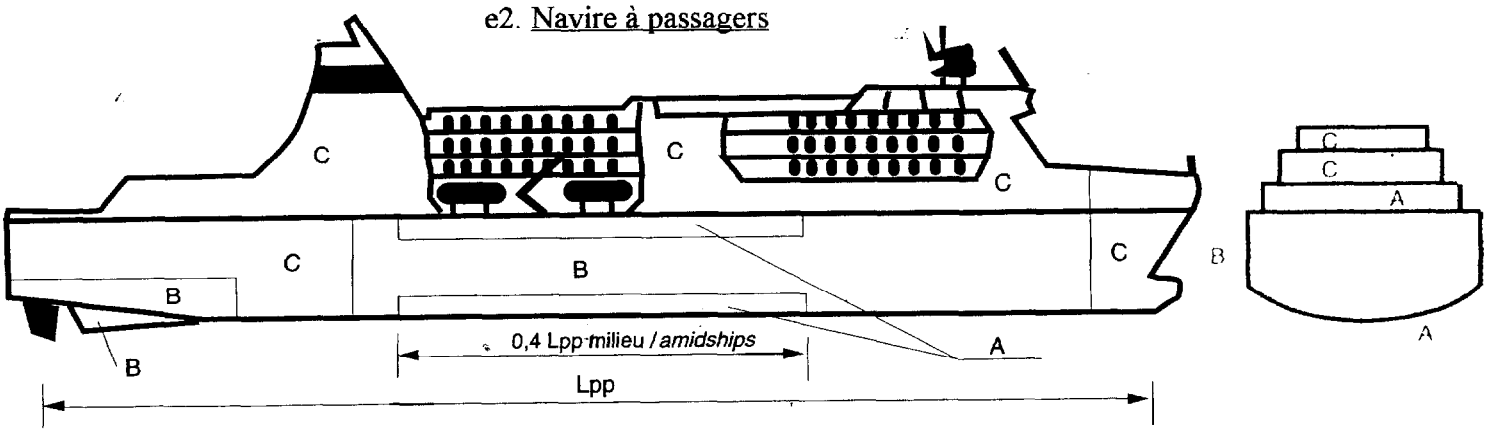
Les critères sont donnés pour les soudures d'abouts ; les soudures longitudinales, étant moins sollicitées, ne seront contrôlées que sur demande particulière.

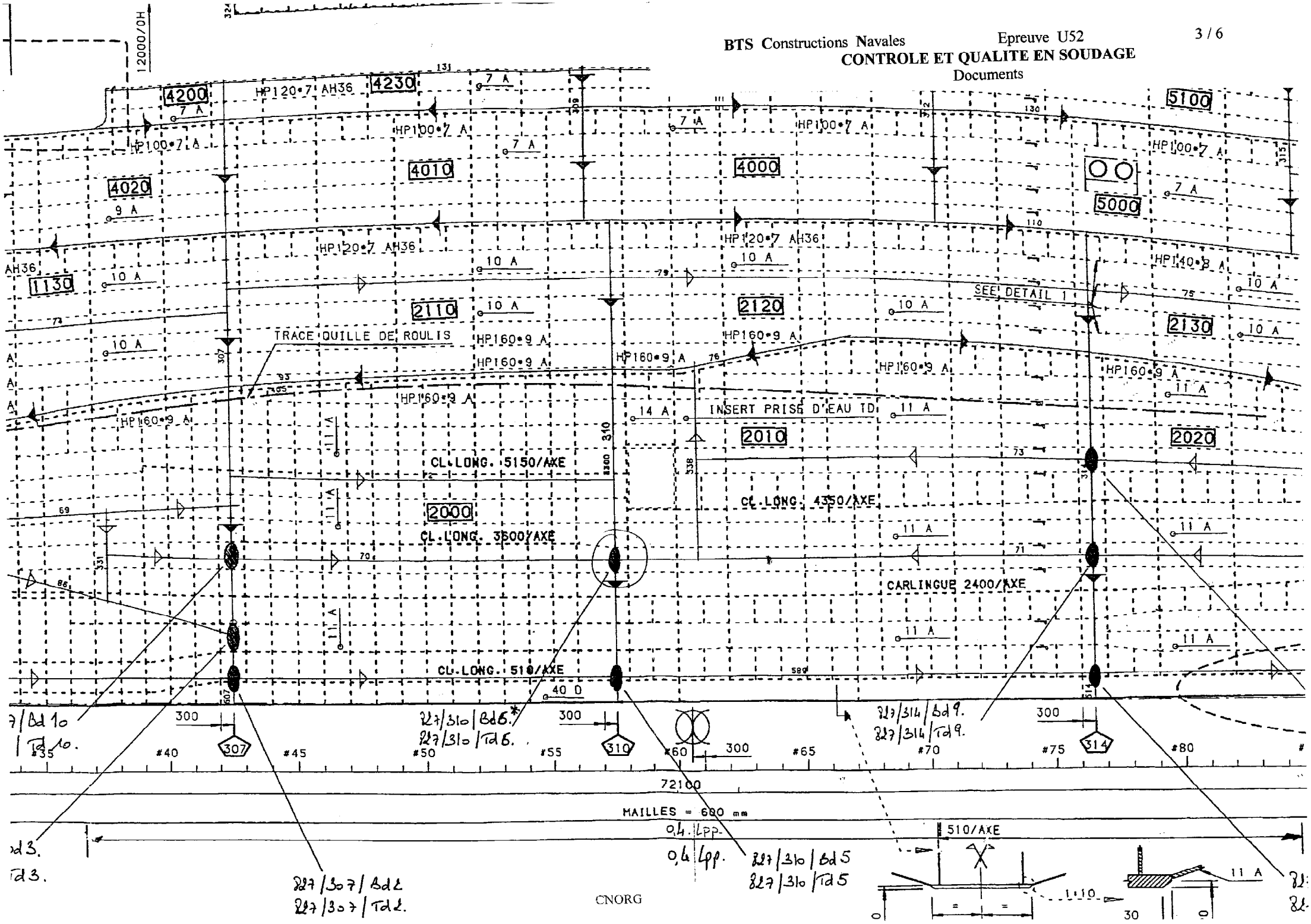
(1) Sauf cas particulier, pour les navires de longueur entre pp avant et pp arrière inférieure à 150 m, la classe A est remplacée par la classe B et la classe B par la classe C.

e. Répartition des classes de qualité dans le navire

Pour des navires particuliers, la répartition exacte des classes est définie par le bureau d'études en accord avec la société de classification.

e2. Navire à passagers




4200
4230
4010
4000
5100
5000
4020
1130
2110
2120
2130
2010
2020
2000
HP120*7 AH36
HP100*7 A
HP160*9 A
TRACE QUILLE DE ROULIS
INSERT PRISE D'EAU TD
SEE DETAIL 1
CL.LONG. 5150/AXE
CL.LONG. 4350/AXE
CL.LONG. 3500/AXE
CL.LONG. 510/AXE
CARLINGUE 2400/AXE
307
310
314
72100
MAILLES = 600 mm
227/307/Bd2
227/307/Td2.
227/310/Bd6.*
227/310/Td6.
227/310/Bd5
227/310/Td5
227/314/Bd9.
227/314/Td9.
510/AXE
CNORG

CONTROLE ET QUALITE EN SOUDAGE

Documents

Documents IRCN 3.1-10/95

2.3.2. Compacité

b. Technique de contrôle

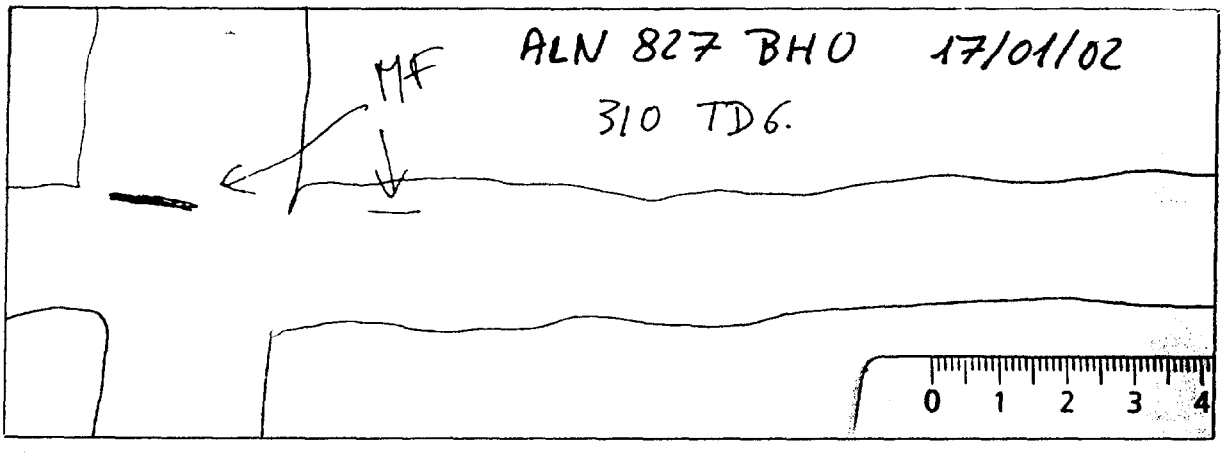
La radiographie ou le contrôle par ultra-sons sont utilisés.

c. Qualité de l'image radiographique

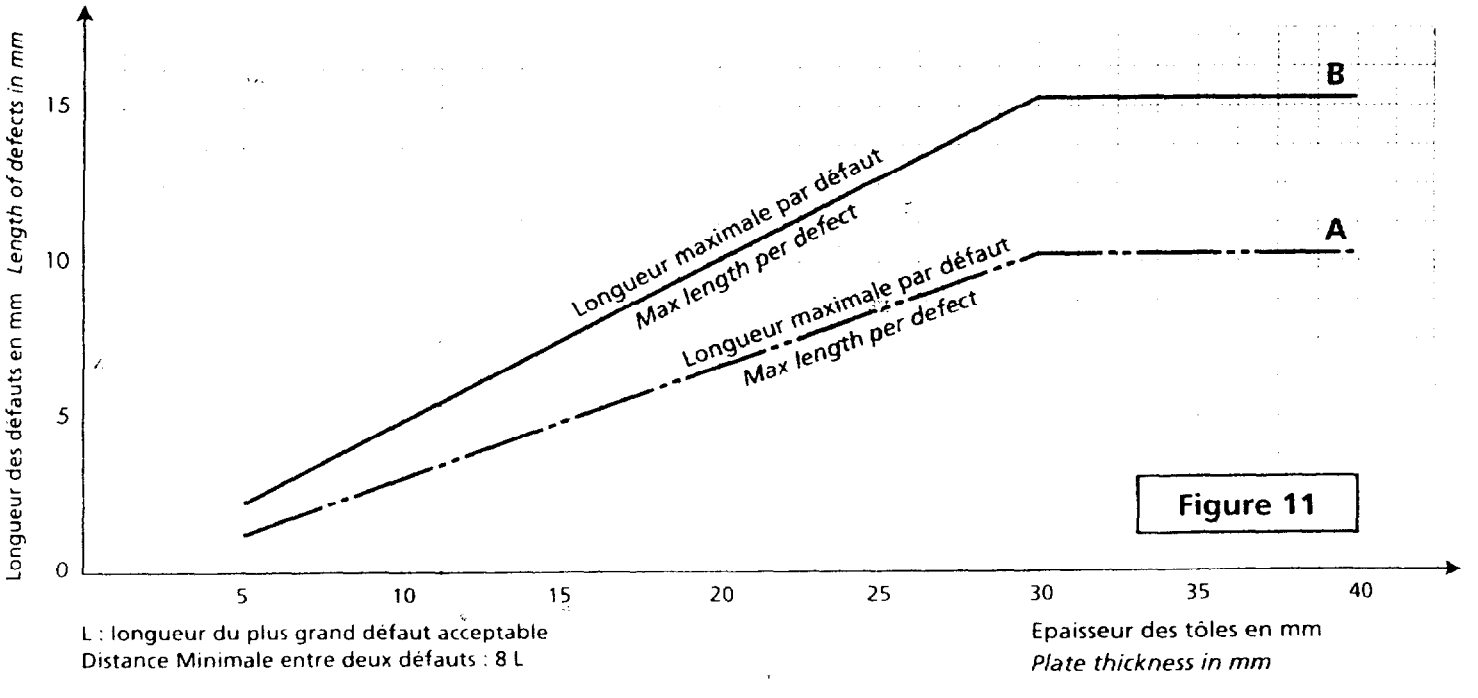
Les valeurs minimales de qualité d'image à obtenir sont mentionnées (...) selon les épaisseurs des tôles contrôlées. Les indicateurs de qualité d'image sont soit de type AFNOR ....

Ces valeurs étant respectées, la technique radiographique employée (rayonnements X ou γ, type de films et écrans, conditions opératoires) sera laissée au choix du constructeur.

Descriptif de la radiographie du point de compacité 827 / 310 / Td 6



Critères de conformité pour le défaut « manque de fusion »

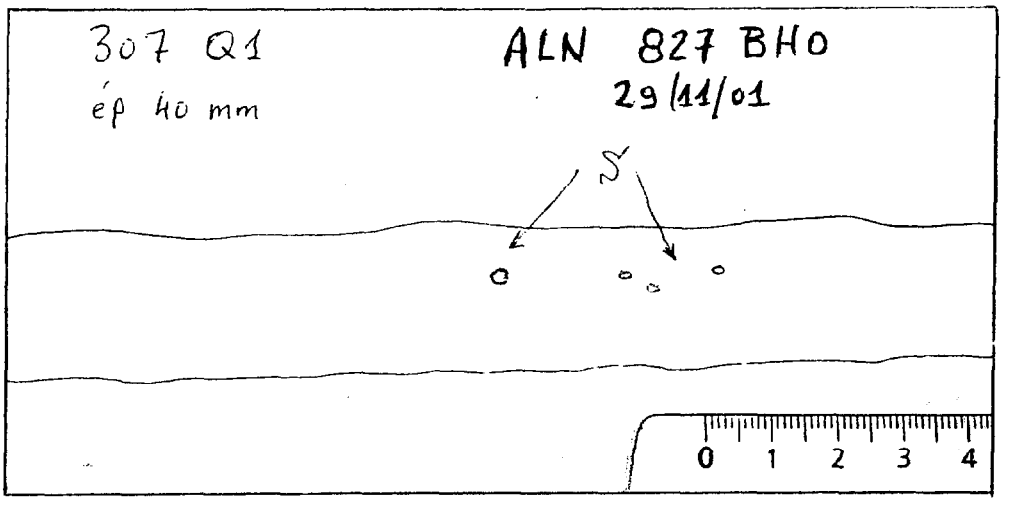


CONTROLE ET QUALITE EN SOUDAGE

Documents

Documents IRCN 3.1-10/95

Descriptif de la radiographie du point de compacité 827 / 310 / Td 6



Critères de conformité pour le défaut « soufflures sphériques »

3.2. Soufflures isolées

Le contrôle s'effectue sur une longueur de soudure égale à 100 mm, la plus chargée en défauts de ce type. Selon leur dimension, les soufflures sont affectées d'un coefficient K :

Calcul du coefficient KT :

$KT = N1 + 4N2 + 9N3 + 16N4$

Les valeurs admissibles de KT sont données par l'abaque suivant :

ø soufflure ø blowhole	K	Nombre de soufflures Number of blowholes
0,8 mm <ø s ≤ 1 mm	1	N1
1 < ø s ≤ 2 mm	4	N2
2 < ø s ≤ 3 mm	9	N3
3 < ø s ≤ 4 mm	16	N4

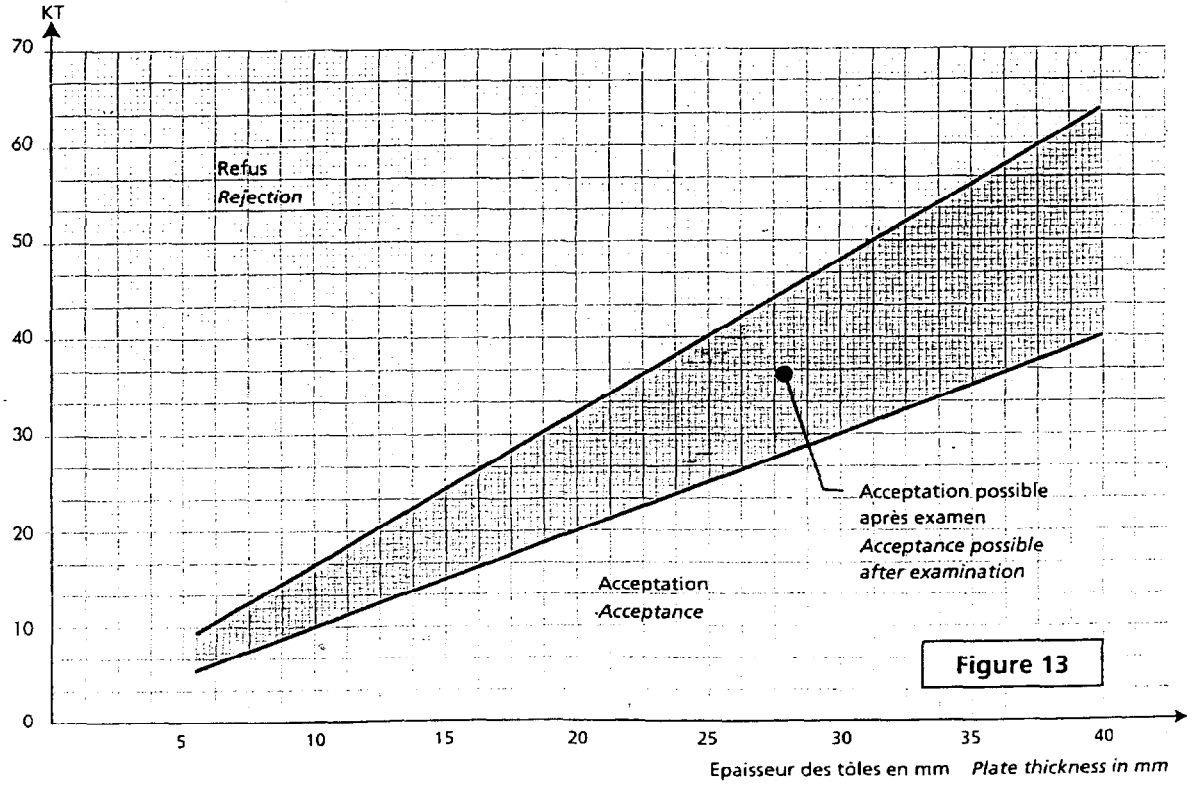


Figure 13

Académie : Session :

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option* : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : N° du candidat

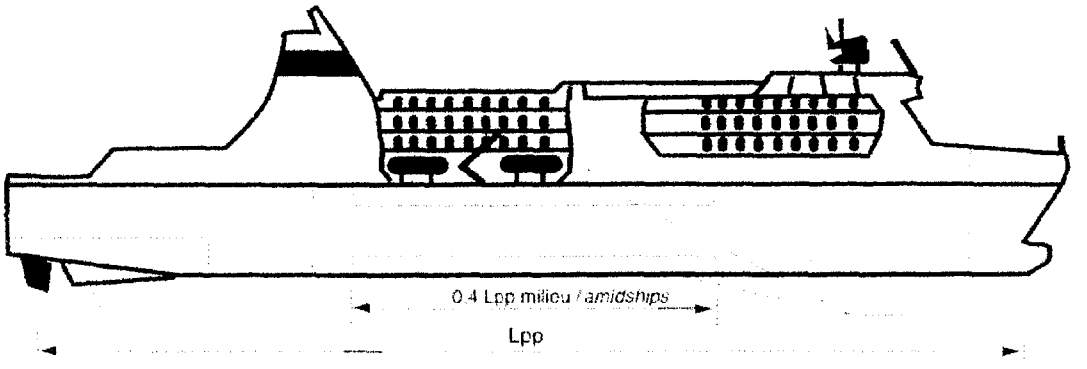
Né(e) le : (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

CONTROLE ET QUALITE EN SOUDAGE
Document réponses

1. Calcul du nombre minimal de points de contrôle de la compacité des soudures sur : 1.1. le bateau de 80 m : .....
.....

1.2. le bateau de 345 m : .....
.....

2. Positions des classes de qualité sur : 2.1. le bateau de 80 m :



2.2. le bateau de 345 m : .....
.....
.....

3. Numéros des 4 lignes de soudure de la tribord 6 : .....
Epaisseurs des 4 panneaux de jonction de la tribord 6 : .....

4. Conformité ou non conformité du croisement de soudures 827 / 310 / Tb 6 :
Explications : .....
.....

5. Conformité ou non conformité de la soudure de la quille : Explications :
.....
.....

6. Différences entre RX et Rγ : .....
.....

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.