

Appareil à pression suivant le CODAP



- Etude du dossier constructeur.
- Conséquences du code sur :
L'étude, la fabrication, les contrôles de l'appareil.
- Dimensionnements avec le CODAP didactique.
- Explication des formules utilisées pour les calculs.
- Conception :
(Calcul et Dessin automatique)
d'un appareil avec un logiciel

PREAMBULE :

Etat d'esprit dans lequel le dossier est réalisé.

Ce dossier devrait permettre au technicien supérieur C.R.C.I de visualiser à partir de documents industriels une problématique « de conception d'un appareil à pression ».

Ce dossier devrait apporter aux professeurs de construction et de fabrication en BTS C.R.C.I. de nouvelles idées pour construire des séances de type Cours - TD - TP .

Au final, les étudiants devraient comprendre que les codes tels que le CODAP ou l'ASME, sont indispensables au chaudronnier, depuis les premiers travaux de conception d'un appareil, lors de la fabrication, jusqu'à sa mise en service et sa maintenance.

Nous devons sensibiliser les étudiants sur le fait qu'un appareil contenant du gaz sous pression est un appareil potentiellement dangereux du fait de l'énergie cumulée. Les constructeurs ont mutualisé leurs savoir-faire et leurs expériences dans ces codes afin de rendre ces appareils fiables.

Les étudiants doivent s'approprier cette démarche globale de qualité qui, de plus, pourra être transposée aux ouvrages mécano - soudés à haute valeur ajoutée tels que les boggies de train, les mâts d'éoliennes (Structures où les soudures sont soumises à des sollicitations de Fatigue).

Objet de la production pour le Portail National de Ressources :

Développer des applications pédagogiques permettant de faire acquérir à des étudiants les compétences du BTS CRCI au travers d'activités liées aux codes de construction des appareils à pression (Savoirs S6.2.3):

- C1. Rédiger le cahier des charges fonctionnel d'ouvrages à réaliser.
- C2. Concevoir des solutions techniques.
- C3. Dimensionner et/ou vérifier la résistance des éléments d'un ouvrage.
- C4. Elaborer des dossiers de définition d'ouvrages.
- C15. Appliquer des procédures, proposer des améliorations d'un plan d'assurance qualité.

Cette liste n'est qu'indicative.

A Noter :

- Cette étude est menée à partir d'une affaire réelle.
- Ce dossier doit illustrer les propos tenus dans le CODAP DIDACTIQUE que chaque étudiant possède entre ses mains. Ainsi, toutes les informations se trouvant dans ce document ne seront pas reformulées dans ce dossier.
- Le professeur peut faire évoluer ce dossier à l'adresse suivante :
thierry.sancier@ac-dijon.fr

SOMMAIRE

1 Eléments du dossier Constructeur :

- 101 Etat descriptif. p5
- 102 Notice d'instruction. p7
- 103 Déclaration de conformité suivant DESP. p8
- 104 Attestation de Conformité. p9
- 105 Etat descriptif d'appareil à pression suivant DESP. p10
 - Attestation de conformité au Code Français des appareils à pression (CODAP). p11
 - Procès Verbal d'essai de résistance sous pression hydraulique. p12
 - Certificat d'inspection. p13
 - Rapports de contrôle « ultrason » et « ressuage ». p14
- 106 Coupons témoins. p20
 - Rapports d'essais mécaniques. p20
 - Examen métallographique. p21
 - Essai de dureté. p22
- 107 Notes de calculs. p25
 - Evaluation de la catégorie et détermination des modules – sollicitations. p26
 - Calcul des fonds elliptiques. p27
 - Calcul de l'enveloppe cylindrique. p29
 - Calcul d'une tubulure posée. p31
 - Calcul d'anneau renfort. p33
- 108 Certificats Matières. p36
- 109 Procédés de soudage. p43
- 110 Qualification des soudeurs. p47

2 Historique, intérêt et contenu des codes: p48

3 Choix d'une catégorie de construction, conséquences sur l'ensemble de la construction.

- 31 Choix de la catégorie. p49
- 32 Travail à faire. p50
- 33 Quelques conséquences. p51
- 34 Travail à faire. p52

4 Situation d'un appareil.

- 41 Travail à faire. p53

5-Caractéristiques du matériau en fonction de la température.

- 51 Travail à faire. p54

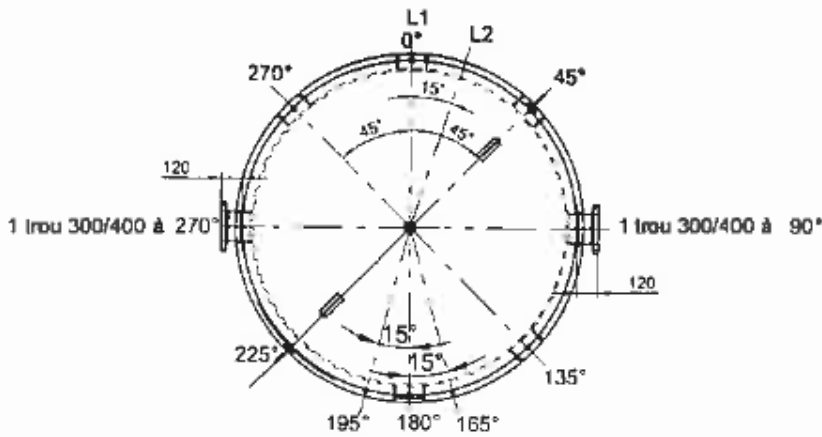
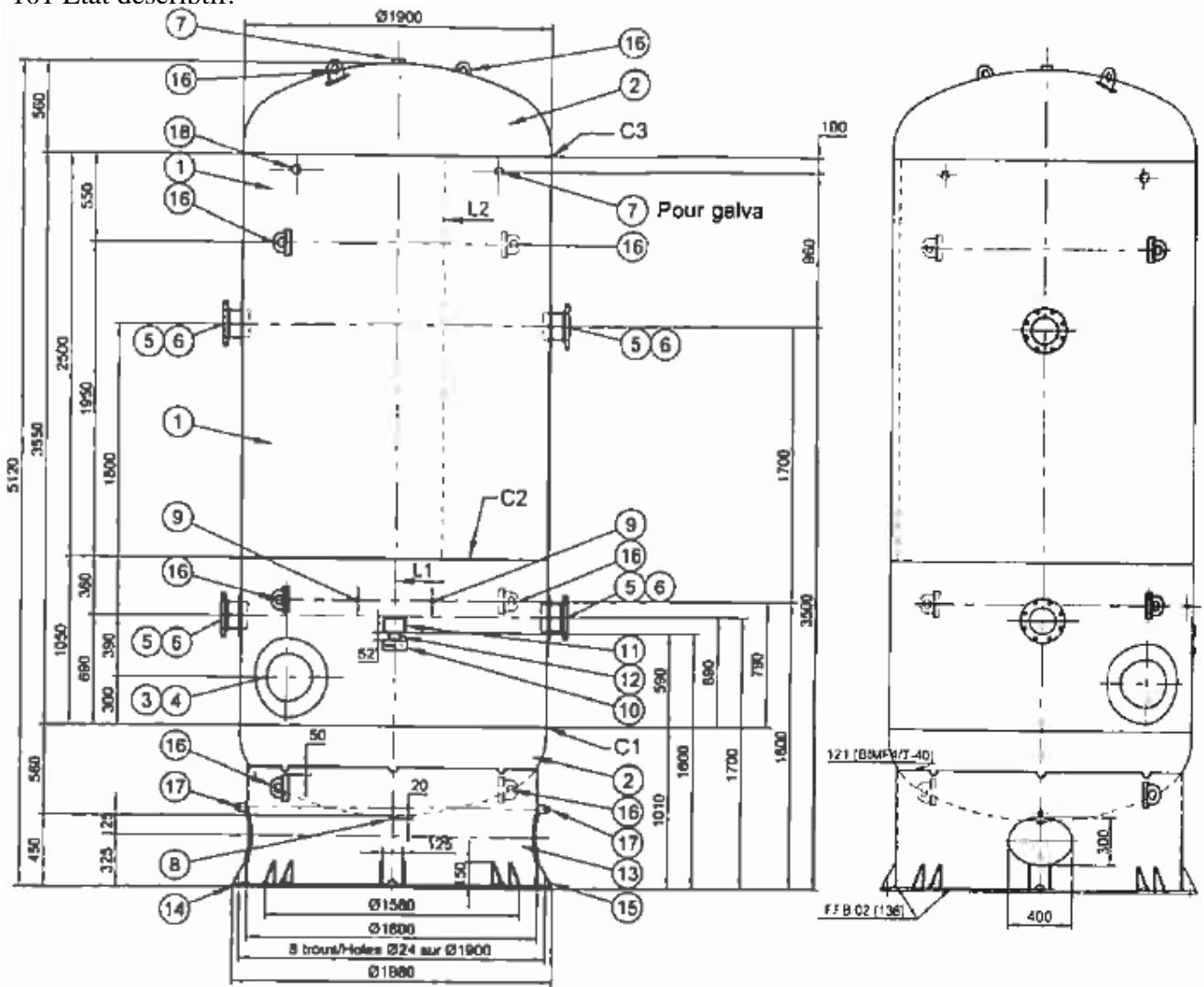
6 Calcul d'une enveloppe cylindrique soumise à pression intérieure.

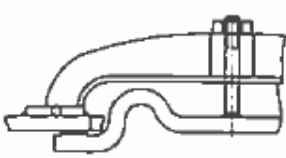
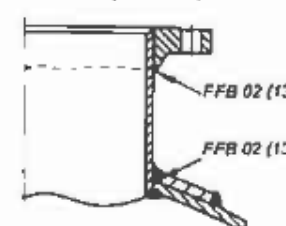
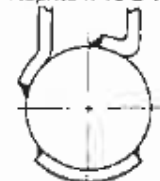
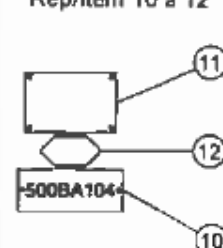
- 61 Contrainte transversale effective dans une enveloppe cylindrique. p56
- 62 Approximation de la contrainte transversale dans une **enveloppe mince**. p57
- 63 Comparaison Lamé - enveloppes minces. p58
- 64 Contrainte longitudinale dans une **enveloppe mince**. p59
- 65 Quelques conséquences technologiques. p59
- 66 Travail à faire avec le Codap Didactique 2010. p60

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| 7 Conception d'un fond soumis à pression intérieure. | p61 |
| •71 Rappels généraux sur les fonds. | p61 |
| •72 Calcul d'un fond GRC. | p63 |
| •73 Calcul d'un fond elliptiques. | p65 |
| •74 Travail à faire avec le Codap Didactique 2010. | p65 |
| 8 Conception et calcul d'une enveloppe comportant des ouvertures isolées. | p67 |
| •81 Rappel préalable sur la définition des épaisseurs : | p67 |
| •82 Limites du code : | p67 |
| •83 Principe de la vérification d'une ouverture. | p68 |
| •84 Renforcement d'une ouverture. | p69 |
| •85 Travail à faire avec le Codap Didactique 2010. | p70 |
| 9 Exploitation d'un logiciel de calcul spécifique « SICAPNET » : | p73 |
| Logiciel spécifique au calcul suivant CODAP ou ASME et représentation graphique 2D et 3D | |
| •91 Etude du fond elliptique. | p74 |
| •92 Etude de la virole. | p78 |
| •93 Etude de l'ouverture. | p81 |

101 Etat descriptif.



| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>Rep/Item 3,4 FFB 02 (136)</p>  | <p>Rep/Item 5,6</p>  <p>Trous hors axes</p> | <p>Rep/Item 10 à 17</p>  <p>FFB03(10 à 12,16,17) FFB 02 (13 à 15)</p> | <p>Rep/Item 10 à 12</p>  <p>500BA104</p> |
|--|--|---|---|

| SOUDAGE | | SPECIFICATIONS TECHNIQUES | |
|--|--|--|--|
| LEGENDE 111 Electrode enrobée - 121 Arc sous flux solide - 133 MAG - 138 Fils purs - 141 TIG L1, L2 = BIM-F4/T-40 (111B/121)-PV0060BFC C1, C2, C3 = BIM-F4/T-40 (111B/121)-PV0060BFC FFB03 (136) CND 100% des nœuds, 10% Longitudinales et circulaires Ultrasons (UT) + Ressuage CODAP, CAT. B2 - COEF 0,85 Application Agents CND Certification conforme NF EN 473 Niveau II Visuel 100% | | DESP Directive 97/23/CE du 29.05.1997 Unitaire, récipient de gaz - Groupe 2 Catégorie IV - Module G CODAP 2005 Cal. B2 - f 1 Surépaisseur de corrosion : 1.6mm Contrainte mini (Rm / 2.4 ; Rel / 1.5) Coefficient de joint : 0.85 Revêtement : Inter. : Galva - exter. : Galva Température de calcul (TS) : -20/60 °C Pression de calcul (PS) : 13 bars Pression d'épreuve (PT) : 18.6 bars Vérification et épreuve par organisme notifié Soudage suivant Aquap ou EN 288.3 ou EN 15614.1 Qualifications soudeurs/opérateurs : EN 287.1 | |
| Calculs : Vent et Seisme et neige | | | |

| | | | | |
|----|----|--|--------------|---------------|
| 18 | 1 | Bossage / Boss Rp 2 (50/60 - 2") - (Ø 73x10) Soupape / Safety valve | P 265 GH-TC1 | NF EN 10216.2 |
| 17 | 2 | Patte de mise à la terre /Earth connection 50x75x5 - trou / hole Ø 18 | P 265 GH | NF EN 10028.2 |
| 16 | 8 | Oreille de levage / Lifting lug | P 265 GH | NF EN 10028.2 |
| 15 | 16 | Gousset / Gusset 90/150 ép/Thk 12 | P 295 GH | NF EN 10028.2 |
| 14 | 1 | Disque / Disk Ø 1980/1580 ép/Thk 18 - 8 Trous / Hole Ø 24 sur Ø 1900 | P 295 GH | NF EN 10028.2 |
| 13 | 1 | Socle / Skirt Ø 1800 ép/Thk 12 - Découpes 300/400 sortie purge - 16 découpes R25 | P 295 GH | NF EN 10028.2 |
| 12 | 1 | Plaque CE / EC plate | / | / |
| 11 | 1 | Plaque d'identité / Name plate | / | / |
| 10 | 1 | Pontet acier 150x60x3 + Repère en noir "500BA104" H120mm - Inox 304L/ Support Item | / | / |
| 9 | 2 | Bossage / Boss Rp 1/2 (15/21 - 1/2") - (Ø 26.8x5.6) | P 265 GH-TC1 | NF EN 10216.2 |
| 8 | 1 | Bossage / Boss Rp 3/4 (20/27 - 3/4") - (Ø 33.7x6.3) | P 265 GH-TC1 | NF EN 10216.2 |
| 7 | 2 | Bossage / Boss Rp 2 (50/60 - 2") - (Ø 73x10) | P 265 GH-TC1 | NF EN 10216.2 |
| 6 | 4 | Tube / Pipe Ø 168.3x7.1 + Renfort 50x10 P295GH (event Ø8) | P 265 GH-TC1 | NF EN 10216.2 |
| 5 | 4 | Bride / Slip on RF/SF - PN20 DN150 / 4" # 150lbs - T12B1- NFE 29203 | BF 48 F | NFE 29204 |
| 4 | 1 | Renfort Trou d'homme 100x12 - event Ø 8 / Reinforcement | P 295 GH | NF EN 10028.2 |
| 3 | 1 | Trou d'homme 300/400/16 Cintré grand axe - Complet / Man Hole | P 265 GH | NF EN 10028.2 |
| 2 | 2 | Fond elliptique /Elliptic Head Ø 1900 ep 12 - NFE 81103/81100 | P 265 GH | NF EN 10028.2 |
| 1 | 1 | Virole roulée soudée / Shell Ø 1900 ép 12 | P 295 GH | NF EN 10028.2 |

| Rep. | Nb. | DESIGNATION | | MATERIAUX | NORMES |
|------|----------------|----------------|-----------------|--|--------|
| Item | AD | DESIGNATION | | MATERIALS | NORMS |
| d | MD 04/03/10 | ST04/87/10 | | Modif Client Soupape Rep18,vue supplémentaire | |
| c | MD 02/03/10 | | Cli 04/03/10 | Modif Client Soupape rep7,Decoupes socle 300/400 | |
| b | MD 17/02/10 | | | Bon pour execution | |
| a | MD 15/02/10 | | Cli 17/02/10 | Modification et plaque reference inox | |
| | MD 08/02/10 | | Cli 15/02/10 | Edition initiale | |
| Rev | Desainé / date | Vérifié / date | Approuvé / date | Observations | |
| | Drawn / date | Checked / date | approved / date | | |
| | visa | visa | visa | | |

| Echelle / scale | TOLERANCES | Air comprimé 12000L Vertical - PS 13b | Masse weight |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| 1/40 | sauf précisions particulières | | |
| | ± (1 mm + 2%) | | 3650kg |

| DETAILS DE SOUDAGE | | | A3N° : 43214d | CP 35654 |
|---------------------------------|---|----------------------|---------------|-------------|
| Soudure(s) longitudinale(s) | Soudures Circulaires (sans support) | Soudures piquées | | |

NOTICE D'INSTRUCTIONS
pour réservoirs soumis à la directive 97/23/CE du 29 mai 1997
et au décret 99-1046 du 13 décembre 1999

Fabricant :**Année de fabrication :** 2010

| Conditions de service | | |
|--|--------------------|--|
| Pression maximale de service P.S. | : 13 bars | Pression d'épreuve PT : 18.6 bars |
| Température minimale/maximale admissible TS | : -20 °C / + 60 °C | |
| Volume intérieur ou capacité | : 12000 Litres | |

| Domaine d'utilisation |
|--|
| Réservoir à pression destiné à contenir de l'air dans les limites des conditions de service ci-dessus. Les variations de pression et leurs fréquences doivent rester dans les limites d'un usage normal (environ 50000 cycles de 15% par an). |

| Conditions d'installation |
|--|
| Le réservoir doit être installé en atmosphère neutre, normale et courante et qui ne risque pas d'entraîner une température continue et globale de l'appareil en service non comprise dans la fourchette des températures admissibles; il doit être relié à une prise de terre. Il doit être purgé régulièrement pour éviter les condensats favorisant la corrosion. Des incidents pouvant toujours être envisageables (échappement de soupape, fuite sur canalisation ou sur vanne, etc ...) il est préférable d'éviter l'installation d'un appareil dans un emplacement très fréquenté, ou à proximité d'appareils fragiles. Son accès pour vérification doit être aisé. Le réservoir doit également être directement relié à un manomètre permettant de visualiser sa pression intérieure. La valeur de la pression maximale de service (13 bars) doit être indiquée par un trait rouge sur le manomètre Des ruptures pouvant intervenir par suite de l'action de tensions ou de vibrations, il est important de veiller à installer et à raccorder le réservoir afin qu'il ne soit pas affecté par ces phénomènes. La fixation et le bridage des réservoirs doivent donc être faits en veillant à éviter toutes contraintes et tensions et à amortir toutes vibrations, même non apparentes. L'assise du réservoir devra supporter le poids du réservoir, y compris en situation de réépreuve. |

| Maintenance |
|--|
| Le réservoir est livré avec protection contre la corrosion : galvanisation à chaud ; cette protection disparaîtra progressivement dans le temps, il conviendra donc de surveiller l'état interne et externe du réservoir. Pour limiter les risques de corrosion interne, il est conseillé d'utiliser un air le plus sec possible et de veiller aux purges régulières. Un contrôle du serrage des écrous de fermeture du système autoclave est recommandé au cours de l'exploitation du réservoir (suite à compression du joint). Aucune modification ou réparation du réservoir n'est autorisée sans accord préalable du fabricant. |

| Sécurité |
|--|
| L'utilisateur doit vérifier qu'un dispositif de sécurité (conforme à la directive 97/23/CE du 29/05/1997 - catégorie supérieure ou équivalente à celle de l'appareil) assure la protection contre les excès de pression et est directement raccordé au réservoir. Ce dispositif ou soupape de sécurité doit être réglé pour se déclencher dès que la pression dépasse la pression maxi de service du réservoir, en tenant compte d'une certaine tolérance due à l'imprécision relative des différents organes de régulations. Ce dispositif doit être dimensionné de sorte que son débit soit supérieur à celui du compresseur dès son ouverture. Attention, en aucun cas un démontage des orifices ne doit être effectué quand une pression existe encore dans l'enceinte. |

| Contrôles |
|---|
| En tout état de cause, le réservoir devra faire l'objet de visites régulières, et selon la réglementation en vigueur du pays dans lequel il est installé, pour vérifier son état intérieur ; après visite, l'utilisateur devra vérifier le bon état du joint et veiller à la remise en place soigneuse du tampon de trou d'homme. Lors de la mise en service, il y a lieu de vérifier la bonne étanchéité de l'orifice de visites, l'épreuve ayant eu lieu avant l'application du revêtement et la repose du tampon. L'orifice de visite étant un système autoclave, il y a lieu de vérifier le serrage des écrous de fermeture après mise en pression afin d'éviter un éventuel glissement et fuage du joint lors des variations de pression ultérieures. Utiliser la mise en pression progressive pour assurer le serrage et l'étanchéité, et affiner la position du joint et du tampon tout en resserrant progressivement les étriers de maintien. Un contrôle d'épaisseur doit être pratiqué régulièrement avec des moyens adéquats (ultrason, magnétique, ...). En aucun cas, l'épaisseur mesurée ne devra être inférieure à : 7.8 mm pour la partie cylindrique et à 7.4 mm pour les fonds. En sus des instructions ci-dessus, l'utilisateur devra se conformer à la législation en vigueur dans le pays utilisateur. |

2010-061

OBJET : Déclaration de conformité d'un appareil aux exigences essentielles de la DESP 97/23/CE
OBJECT : Declaration of conformity for pressure equipment satisfying to essential requirement of 97/23/CE Directive

Nous soussignés, Société _____, certifions que le récipient sous pression identifié ci-dessous a été conçu, fabriqué et contrôlé conformément aux exigences de la directive équipements sous pression N° 97/23/CE, l'évaluation de la conformité ayant été effectuée par l'organisme notifié N° 0062 :

We undersigned, Réservoirs) certify that the vessels under pressure identified below was conceived, made and controlled according to the requirement of Pressure Equipment Directive N° 97/23/CE, the conformity assessment having been made by notified body N° 0062 :

BUREAU VERITAS
67/71 Boulevard du Chateau
92571 NEUILLY SUR SEINE - FRANCE

Caractéristiques du récipient :
Description of pressure equipment :

Capacité (Volume) : **12000** Litres

Code P. /OF (Product Code/OF) : **35654/711**

Fluide (Fluid) : **AIR**

Pression Service (Max Allowable Pressure) : **13** Bars

Plan (Drawing) : **43214d**

Procédure d'évaluation (Conformity assessment procedure) : **G**

Appareil(s) N° (Vessel(s) identification) : **F8473**

Année (Year) : **2010**

Attestation de conformité (EC Certificate of conformity) : CE-PED-G-RXP-234-10-FRA

La Direction
General Manager

- 2 JUIN 2010




**BUREAU
VERITAS**

**ATTESTATION DE CONFORMITE
CERTIFICATE OF CONFORMITY**

selon Module G de la directive équipements sous pression 97/23/CE transposée en droit français par le décret n° 99-1046 du 13 décembre 1999 modifié
as per Module G of pressure equipment directive 97/23/EC transposed in the French law by the modified decree n° 99-1046 of 13 December 1999

N° CE-PED-G-RXP 234-10-FRA

Fabricant (nom) / Manufacturer (name):
Adresse / Address:

EQUIPEMENT / EQUIPMENT

Item: Réservoir d'air
Description: Appareil cylindrique vertical selon plan 43214 d

ESSAIS EFFECTUÉS / TESTS CARRIED OUT

Liste des essais / List of tests:

Coupen témoin de production, examen visuel, dimensionnel, éprouve hydraulique

Remarques - Liste des pièces portées / Remarks - List of enclosure

INFORMATIONS / INFORMATION

Identification du fabricant / Identification of the manufacturer

Identification du mandataire / Identification of the authorized representative

Marquage / Marking

CE 0062 (numéro d'organisme notifié du Bureau Veritas SA / Bureau Veritas SA notified body number)

Année de fabrication / Year of manufacturing
Numéro de série / Serial number

2010
F8473

Limites essentielles maximales/minimales admissibles / essential maximum/minimum allowable limits

Pression maximale admissible / Maximum allowable pressure

Température minimale/maximale admissible / Minimum/maximum allowable temperature

PS 13 bar - PT 18.6 bar

-20/60°C

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES (le cas échéant) / FURTHER INFORMATION (where applicable)

Volume V de l'équipement sous pression (l) / Volume V of the pressure equipment (l)

Dimension nominale de la tuyauterie DN / Nominal size for piping DN

pression d'essai PT appliquée (bar) et date / Test pressure PT applied (bar) and date

12000 / 18.6 - 13 April 2010



N° CE-PED-G-RXP 234-10-FRA

pression de début de détachement du dispositif de sécurité (bar) / Safety device set pressure (bar)

puissance de l'équipement sous pression (kW) / Output of the pressure equipment (kW)

tension d'alimentation (volts) / Supply voltage (volts)

usage prévu / Intended use

taux de chargement (kg/l) / Filling ratio (kg/l)

masse de remplissage maximale (kg) / Maximum filling mass (kg)

type (kg) / Type mass (kg)

groupe de produits / Product group

autres informations / Other information:

Les caractéristiques du dispositif de sécurité sont définies dans les instructions de Service.

Mode d'apposition et emplacement du marquage de l'équipement / Nature and location of the affixing of the marking of the equipment

sur plaque d'identification soudeée

| | | | |
|---|----------------|--------------|-----------------------|
| Etat et / ou Marque / | Le (MM/AAAA) / | Adresse et / | Signature autorisée / |
| LE CREUSOT | 05/10/2010 | France | Yann Morlaix |
| Code d'identification / Identification code: 2010/41 15 1046P | | | |

Le présent attestation est soumise aux Conditions Générales de Service de Bureau Veritas, jointes à la demande d'impression (à joindre par le demandeur). The certificate is subject to the terms of Bureau Veritas General Conditions of Service 0032 and to the agreement signed by the applicant.

Directive Equipements sous Pression

Etat descriptif d'appareil à pression

(Soumis à la directive 97/23/CE du 29 Mai 1997 et au Décret 99-1046 du 13/12/1999).

FABRICANT :

LIEU DE FABRICATION :

ANNEE DE FABRICATION : 2010

DATE DE 1^{re} EPREUVE : 13/04/10

N° DE FABRICATION(S) : F 8473.

PLAN D'EXECUTION : 4 3214 d CP : 35654

DESTINATAIRE :

I/Caractéristiques de l'appareil

- Genre et destination : Appareil fixe
- Forme générale : cylindrique - roulée - soudée
- Position d'utilisation : Horizontale - Verticale
- Désignation du ou des fluides contenus : Air (Groupe 2)
- Pression de calcul : 13 bar
- Pression d'épreuve : 18,6 bar
- Volume intérieur : 12000 Litres
- Température de service minimale : -20 °C
Température de service maximale : 60 °C
- Température de calcul : 60 °C
- Dimensions hors tout de l'appareil : Ø 1300 mm
Longueur : 5120 mm

II/Description de l'appareil

A/Partie courante : Virole

- Forme de la section : cylindrique, conique, sphérique
- Nombre d'éléments constituant la partie courante : 2.
- Données techniques de base :
 - diamètre extérieur : Ø 1300 mm
 - épaisseur calculée : 7,708 mm
 - épaisseur nominale : 12 mm
 - surépaisseur théorique : 3,792 mm
 - matières : P235GH NF EN 10.028-2.

B/Fonds :

- ⊗ Fonds G.R.C. Elliptiques conformes à la norme NF E 81-103
- ⊗ Fonds hémisphériques, fonds plats
- Provenance : XP/CEREC/Voest Alpine/Bénier/
- mode de fabrication : emboutis à froid - chaud - Repoussé
- diamètre extérieur : Ø 1300 mm
- épaisseur calculée : 7,318 mm
- épaisseur nominale : 12 mm
- surépaisseur théorique : 2,882 mm
- matières : P235GH NF EN 10.028-2.

III/ Contraintes utilisées pour le calcul des parties principales de l'appareil.

Code de calcul : CODAP2005 - B2.

| | Contraintes | | | | | |
|--------|-------------|-----|---------|-------|-----|---------|
| | Rm | X1 | Rm/X1 | Ret | X2 | Ret/X2 |
| Virole | 460 | 2,4 | 191,667 | 289,6 | 1,5 | 187,733 |
| Fonds | 440 | 2,4 | 183,333 | 253 | 1,5 | 168,667 |

R_{el} : Limite élastique à 1% pour les aciers austénitiques et au non alliés ou à 0.2% pour les autres aciers.

R_m : Résistance à la traction à la T° de calcul pour les aciers austénitiques et à 20°C pour les autres aciers

C/Tubulure, piquages, brides, pièces renforts d'orifice, supports :

| Eléments | Tubulures | Brides |
|-------------|---------------|----------------|
| Nbre/Fonds | 0 | 0 |
| Nbre/Virole | 4 | 4 |
| Dimensions | (168,3 x 7,1) | (PN 20 DN 150) |
| Acier | P265GH TC1. | BF48F |

| Eléments | Piquages | Renforts |
|-------------|------------------------|------------------|
| Nbre/Fonds | 2 | 0 |
| Nbre/Virole | 4 | 1 |
| Dimensions | (50x60)(20x27)(15x11). | (100x12) (50x10) |
| Acier | P265GH TC1 | P235GH |

| Eléments | Supports |
|-------------|----------------|
| Nbre/Fonds | 1 |
| Nbre/Virole | 0 |
| Dimensions | Soudé Ep 12 mm |
| Acier | P235GH. |

IV/Orifices de visite et de nettoyage

- Nombre : 1
Emplacement : Sur la virole - Sur les fonds
Dimensions : TH 300 x 400

D/Revêtements intérieurs et revêtements extérieurs :

Inter : Galva. Exter : Galva.

V/Caractéristiques des métaux utilisés

Voir l'annexe 8912

VI/Soudage

- Coefficient de joint : ~~0,7~~ - 0,85 - ~~X~~ - SANS
- Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel pour l'assemblage permanent :
Annexe 8911 + plan de fabrication + annexe 8910
- Contrôle des assemblages soudés : Instruction 8802

| Contrôle visuel | Contrôle destructif | Autres contrôles |
|--------------------------------|---|---|
| PV N° : 27028 Du : 13/04/10 | Témoin : B1NF4/740 PV N° : L7140/0275 Du : 07/09/10 | CND UT + PT PV N° : 10/12/28/UT 10/12/28/PT Du : 07/09/10 13/04/10 |

Po/MS

ATTESTATION DE CONFORMITÉ AU CODE FRANÇAIS DE CONSTRUCTION DES APPAREILS À PRESSION (CODAP)

Le soussigné _____, agissant en tant que responsable qualité représentant la Société

atteste que le(s) appareil(s) décrit ci-dessous a(ont) été étudié(s), construit(s), contrôlé(s), inspecté(s), et a(ont) subi l'essai de résistance suivant l'ensemble des règles du CODAP 2005 révision 03/09

Description : **Appareil fixe**

Type : **Réservoir**

Numéro(s) de(s) appareil(s) : **F8473**

Année de construction : **2010**

Catégorie de construction : **B2**

Classe : **/**

Fluides contenus en service : **Air**

Volume : **12 m³**

Température minimale admissible

TMA = -20 °C

Situation de service : 1) Pression max : **13Bar**

Température : **-20 °C**

2) Pression : **13 Bar**

Température Max : **+60 °C**

Essai de résistance : Pression **18.6 bar**


Température d'essai **Ambiante °C**

Numéro du certificat d'inspection :

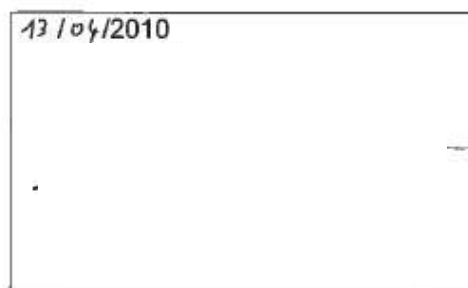
Date, Nom et Visa de la personne
habilité par l'Organisme d'Inspection.

Date, Nom et visa de la personne
habilitée par le Fabricant.

13/04/2010



13/04/2010



PROCES VERBAL D'ESSAI DE RESISTANCE SOUS PRESSION
HYDRAULIQUE
(Hydrostatic test report)

CONSTRUCTEUR (Manufacturer):

Destinataire (Customer) :

N° du PV (Report N°) : 27028

N° d'appareil(s) (Tank number) : F8473

OF N° : 711/CP35654

Plan N° (drawing N°) : 43214d

Date de l'essai (test date) : 13/04/10

Fluide de l'essai (Fluid used for test): EAU (Water)

Température de l'essai (Test temperature) : Ambiante (ambient)

Pression de l'essai (test pressure) : 18.6 bars

Manomètres N° : 14 / 16

Capacité (Volume) : 12000 Litres

Anomalies constatées (Defaults) : /

Je soussigné, _____, constructeur, certifie que l'(les) appareil(s) ci-dessus visé(s) a(ont) été exécuté(s) conformément aux dispositions réglementaires en vigueur et aux indications du présent état et des documents et plans qui lui sont annexés. (*I undersigned, manufacturer certifies that the fore mentioned have been performed according to instate rules, and files and drawing enclosed.*)

Durant toute la durée de l'épreuve, il n'a pas été constaté de fuites ou de suintements. (*During all the time of the hydrostatic test, nether dripping or leakage have been find out.*)

Nom de l'inspecteur : M.
(*Name of inspector*)

Visa de l'inspecteur :
(*signature of inspector*)

CERTIFICAT D'INSPECTION (*Inspection Report*)

CONSTRUCTEUR (*Manufacturer*):

Destinataire (*Customer*) : S

N° du PV (*Report N°*) : 27028

N° d'appareil(s) (*Tanks numbers*) : F8473

OF/CP N° : 711/35654

Plan N° (*drawing N°*) : 43214d

Pression de service/Epreuve (*Design pressure/test*) : 13/18.6 bars.

Capacité (*Volume*) : 12000 Litres

Anomalies constatées (*Defaults*) : ✓

Essais réalisés (*Controls*) : Contrôle visuel intérieur et extérieur 100% des soudures.
(*Visual examination 100% of inside & outside welds*).
Contrôle dimensionnel.
(*Dimensional Check*).
Ultrasons + Ressuage suivant CODAP 2005.

Je soussigné, _____ constructeur, certifie que l'(les) appareil(s) ci-dessus visé(s) a(ont) été exécuté(s) conformément aux dispositions réglementaires en vigueur et aux indications du présent état et des documents et plans qui lui sont annexés.

(*I undersigned, _____ certifies to have visited internally and outside in all its parts, as well in the course of construction as after its completion, it (them) apparatus above noted. This visit did not raise of visual defects, consequently, it can be subjected to the lawful hydraulic test.*)

Nota : Relevé des épaisseurs sur les parties principales sous pression, avant revêtement (Si applicable) :

(*Thicknesses on the principal parts under pressure, before coating if applicable*)

| | F8473 |
|--------------------------------|---------------|
| Virole (<i>Shell</i>) | 11.65 / 11.63 |
| Fond Haut (<i>Upper End</i>) | 11.05 / 11.67 |
| Fond Bas (<i>Lower End</i>) | 11.36 / 11.17 |

Nom de l'inspecteur :
(*Name of inspector*)

Visa de l'inspecteur :
(*signature of inspector*)



CERTIFICAT D'INSPECTION (Inspection Report)

CONSTRUCTEUR (Manufacturer):

Destinataire (Customer) : S

N° du PV (Report N°) : 27028

N° d'appareil(s) (Tanks numbers) : F8473

OF/CP N° : 711/35654

Plan N° (drawing N°) : 43214d

Pression de service/Epreuve (Design pressure/test) : 13/18.6 bars.

Capacité (Volume) : 12000 Litres

Anomalies constatées (Defaults) : /

Essais réalisés (Controls) : Contrôle visuel intérieur et extérieur, 100% des soudures.

(Visual examination 100% of inside & outside welds).

Contrôle dimensionnel.

(Dimensional Check).

Ultrasons + Ressuage suivant CODAP 2005.

Je soussigné, _____ constructeur, certifie que l'(les) appareil(s) ci-dessus visé(s) a(ont) été exécuté(s) conformément aux dispositions réglementaires en vigueur et aux indications du présent état et des documents et plans qui lui sont annexés.

(I undersigned, manufacturer _____, certifies to have visited internally and outside in all its parts, as well in the course of construction as after its completion, it (them) apparatus above noted. This visit did not raise of visual defects, consequently, it can be subjected to the lawful hydraulic test).

Nota : Relevé des épaisseurs sur les parties principales sous pression, avant revêtement (Si applicable) :

(Thicknesses on the principal parts under pressure, before coating if applicable)

| | F8473 |
|-------------------------------------|---------------|
| <u>Virole (Shell)</u> | 11,65 / 11,63 |
| <u>Fond Haut (Upper End)</u> | 11,05 / 11,67 |
| <u>Fond Bas (Lower End)</u> | 11,36 / 11,13 |

Nom de l'inspecteur

(Name of inspector)

MARLIER S.A.

Les Plaines - Route de Billom

63800 Pérignat-sur-Allier

Tél. : 04 73 69 59 65

Fax : 04 73 69 57 82

e.mail : marlier.sa@marlier.com

Site : http://www.marlier.com

N° page : 1 / 3

DD 57 13-A

Chalon sur Saône le 07.04.2010

Agence

Rue Eugène Sue

03100 Montluçon

Tél. : 04 70 64 58 15

Fax : 04 70 64 76 38

Filiales :

- Congo

- Maroc

- Angola

CONTROLES NON DESTRUCTIFS

Rayons x

Rayons Gamma

Ultrasons

Magnétoscopie

Courants de Foucault

Visuel
Endoscopie

Ressuage coloré
et Fluorescent

Corrélation
accoustique

Étanchéité

Techniciens

- COFREND

Plurisectoriel

- COSAC

- ASNT-TC-1A

Agrément PART 145

FR.145.438

ISO 9001 v 2000

n° 140774

RAPPORT DE CONTROLE

Testing report

| | |
|--|-------------|
| N° de rapport / Report no : | 10/12378/UT |
| Nombre de page(s) / Number of page(s) : | 3 |
| Nombre de d'annexe(s) / Number of appendice(s) : | 0 |
| Nombre de film(s) / Number of film(s) : | 0 |
| Nombre d' AESA form 1 / Number of EASA Form 1 : | 0 |
| Nombre d'exemplaire(s) / Number of copie(s) : | 2 |

| | |
|---|---|
| COMMANDE N° : Order no | Cde 19251 |
| AFFAIRE : Concern | |
| SOCIETE : Company | |
| DATE et LIEU : Date and place | |
| MATERIEL(S) CONTRÔLE(S) : Equipment tested | Circulaires , longis et nœuds + socle |
| PROCEDE(S) DE CONTRÔLE : Test process | ULTRASONS Ultrasonic Testing |
| NORME(S) APPLIQUEE(S) : Applied standards | CODAP B2 |
| CRITERE(S) D'ACCEPTATION(S) : Criteria(s) | Coéff. 0.85 |
| ZONE(S) CONTRÔLÉE(S) Inspected areas | 10% soudures longitudinales 100% nœuds circulaires/longis 10% des soudures circulaires 10% socle |
| N° DE PLAN : Plan no | 43214 d |
| OBSERVATIONS : Comments | Soudeurs N° 130 et N° 103 |

| | |
|-----------------------|--|
| Résultats / Results : | Conforme aux spécifications citées ci-dessus |
|-----------------------|--|

Inspecteur

Date / Date

MARLIER SA

S.A. AU CAPITAL DE 79 200 Euros - SIRET 379 433 626 000 23 - APE 7120B



Sciences et Techniques Industrielles

Portail national de ressources - éducos

| | | |
|--|---|---|
| Client (Customer) | Affaire (Concern) Réservoir F8473 | N° de commande (Order N°) Cde 19251 |
| Pièce(s) (Parts) Circulaires , longis et nœuds + socle | N° du plan (Plan N°) 43214 d | Zone contrôlée (Inspected area) 10% soudures longitudinales 100% nœuds circulaires/longis 10% des soudures circulaires 10% socle |
| Spécification (Specification) CODAP B2 | Critères (Criteria) Coéff. 0.85 | Observations (Comments) Soudeurs N° 130 et N° 103 |
| ULTRASONS | | |

I. OBJET / SUBJECT

Contrôle non destructif par ultrasons sur les soudures circulaires , longitudinales, sur les nœuds de soudure et sur le socle.

Non destructive testing by ultrasonic testing on ...

II. BUT DU CONTRÔLE / TESTING PURPOSE

Recherche de défauts linéaires ou non linéaires pouvant être assimilés à des criques, fissures...

Research on internal defects such as fissures, cracks and surface opened cavities

III. LIMITE ET ETENDUE DU CONTRÔLE / LIMITS AND EXTENT OF TESTING

A. Limites / Limits

100% des zones accessibles

B. Étendue / Extent

10% soudures longitudinales
100% nœuds circulaires/longis
10% des soudures circulaires
10% socle

| | | |
|--|----------------------------------|-------------------------|
| Inspecteur / Inspector's name Niveau 2 UT-MT-PT Carte cofrend N° B02-007550 | Date / Date 07.04.2010 | Visa / Signature |
|--|----------------------------------|-------------------------|

| | | |
|---|---|---|
| Client (Customer) | Affaire (Concern) Réservoir F8473 | N° de commande (Order N°) Cde 19251 |
| Pièce(s) (Parts) Circulaires, longis et nœuds + socle | N° du plan (Plan N°) 43214 d | Zone contrôlée (Inspected area) 10% soudures longitudinales 100% nœuds circulaires/longis 10% des soudures circulaires 10% socle |
| Spécification (Specification) CODAP B2 | Critères (Criteria) Coéff. 0.85 | Observations (Comments) Soudeurs N° 130 et N° 103 |

ULTRASONS

III. CONDITIONS OPERATOIRES / OPERATING CONDITIONS

| | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|--------------|-------|
| État de surface / surface state of material | <input checked="" type="checkbox"/> Brut / untreated | <input type="checkbox"/> Usiné / machined | <input type="checkbox"/> grenailé / shot-peent | <input type="checkbox"/> Peint / painted | | | |
| | <input type="checkbox"/> Sablé / Sanded | <input checked="" type="checkbox"/> Brossé / brushed | <input type="checkbox"/> Poli / Polished | <input type="checkbox"/> Moulé / Grounded | | | |
| | <input type="checkbox"/> Autre / Other : | | <input type="checkbox"/> Rugosité / Roughness | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Matière / material | | |
| Condition / Condition | <input checked="" type="checkbox"/> Manuel / manual | <input type="checkbox"/> Semi automatique / semi-automatic | | <input type="checkbox"/> Automatique / Automatic | | | |
| Examen visuel : | <input checked="" type="checkbox"/> conforme | | | Température pièce : ambiante | | | |
| Matériel utilisé / equipment used | Poste marque / Mark : SONATEST | | N° de série | UT AUS 010-140 | | | |
| | Désignation : SITESCAN 140 | | Célérité | 5950 m/s | | | |
| | Onde / Waves | | Fréquence / Frequency | Surface pastille / Input put area | | | |
| | L | T | Angle dans l'acier / Angle through steel | Retard µs / Delay µs | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0° | Ø 10 mm | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 45° | 8x9 mm | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 60° | 8x9 mm | | | | |
| Couplant / couplant | <input checked="" type="checkbox"/> Eau + Colle / Water + paste | <input type="checkbox"/> Pâte de contact / Contact paste | <input type="checkbox"/> Eau / Water | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Mince / milk : | <input type="checkbox"/> Huile / Oil | <input type="checkbox"/> Autre / Other : | | | | |
| Sens de sondage / orientation | <input type="checkbox"/> Sur la pièce / On part | | <input checked="" type="checkbox"/> 2 Sens perpendiculaires / 2 perpendicular ways | | | | |
| | <input type="checkbox"/> En bout / On end | | <input type="checkbox"/> Sur ... Génératrice(s) / On ... generating line | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Sur soudure / On weld | | <input type="checkbox"/> Plan de Sondage / Scanning Plane | | | | |
| | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> Maillage / Squaring : mm | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> Voir entête | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> En périphérie / On peripher : mm | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> Voir annexe / See appendix : | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | Épaisseur contrôlée : 16/16.6 mm | | | | | |
| Étalonnage de l'appareil / equipment calibration | Onde / Waves | Palpeur / Search unit | Étalonnage / Calibration | Puissance / Power | Réglage / Adjustment | Seuil | |
| | L | T | Distance / Distance | Amplitude / Amplification | AE | ANE | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 25 mm | géné Ø 1.5 mm | 1 | +12 dB | 44 dB |
| | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 50 mm | géné Ø 1.5 mm | 1 | +12 dB | 47 dB |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 50 mm | géné Ø 1.5 mm | 1 | +12 dB | 49 dB | |
| ANE : Amplification non étalonnée / Non calibrated gain | | | AE : Amplification étalonnée / Calibrated gain | | | | |
| (Cale étalon (standard) : type A ou H selon NF A 09-310 et bloc de vérification NF A 89-611 | | | | | | | |

IV. RESULTATS / RESULTS:

Conforme a la spécification citée ci-dessus

| | | |
|--|----------------------------------|-------------------------|
| Inspecteur / Inspector's name Niveau 2 UT-MT-PT Carte cofrend N° B02-007550 | Date / Date 07.04.2010 | Visa / Signature |
|--|----------------------------------|-------------------------|



MARLIER S.A.

Les Plaines - Route de Billom

63800 Pérignat-sur-Allier

Tél. : 04 73 69 59 65

Fax : 04 73 69 57 82

e.mail : marlier.sa@marlier.com

Site : http://www.marlier.com

N° page : 1 / 3
DO PT 01-A

CHALON S/S LE 09 AVRIL 2010

Agence

Rue Eugène Sue

03100 Montluçon

Tél. : 04 70 64 58 15

Fax : 04 70 64 76 38

RAPPORT DE CONTROLE

Testing report

Filiales :

- Congo
- Maroc
- Angola

**CONTROLES
NON
DESTRUCTIFS**

Rayons x

Rayons Gamma

Ultrasons

Magnétoscopie

Courants de Foucault

Visuel
Endoscopie

Ressuage coloré
et Fluorescent

Corrélation
accoustique

Étanchéité

Techniciens

- COFREND
Plurisectoriel
- COSAC
- ASNT-TC-1A

Agrément PART 145
FR.145.438

ISO 9001 v 2000
n° 140774

| | |
|--|------------|
| N° de rapport / Report no : | 1012378/PT |
| Nombre de page(s) / Number of page(s) : | 3 |
| Nombre de d'annexe(s) / Number of appendice(s) : | 0 |
| Nombre d' AESA form 1 / Number of EASA Form 1 : | 0 |
| Nombre d'exemplaire(s) / Number of copie(s) : | 2 |

| | |
|---|---|
| COMMANDE N° : Order no | 19251 |
| AFFAIRE : Concern | 1 RESERVOIR 12000 L F.8473 |
| SOCIETE : Company | |
| DATE et LIEU : Date and place | |
| MATERIEL(S) CONTRÔLE(S) : Equipment tested | 1 RESERVOIR F.8473 |
| PROCEDE(S) DE CONTRÔLE : Test process | RESSUAGE Penetrant Testing |
| NORME(S) APPLIQUEE(S) : Applied standards | CODAP 2005 CAT B2 Z=0,85 |
| CRITERE(S) D'ACCEPTATION(S) : Criteria(s) | CODAP 2005 CAT B2 Z=0,85 |
| ZONE(S) CONTRÔLÉE(S) Inspected areas | 10% DES SOUDURES DES SOUDURES ANGULAIRES ET 10% DES SOUDURES SOCLES |
| N° DE PLAN : Plan no | Plan N° 432.14 d |
| OBSERVATIONS : Comments | Soudeurs 103/130 |

Résultats / Results : VOIR FEUILLES ANNEXES

Inspecteur
Inspector's name

Date / Date

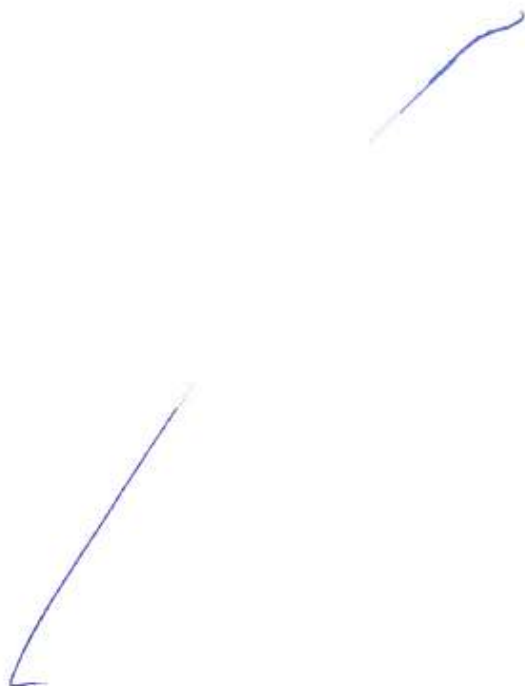
MARLIER SA
MARLIER COMPANY

09 AVRIL 2010



| | | |
|--|--|---|
| <u>Cliant</u> (Customer) | <u>Affaire</u> (Concern) 1 RESERVOIR 12000L | <u>N° de commande</u> (Order N°) 19251 |
| <u>Pièce(s)</u> (Parts) 1 RESERVOIR F 8473 | <u>N° du plan</u> (Plan N°) 43214 d | <u>Zone contrôlée</u> (Inspected area) 10% DES SOUDURES SOUDURES ANGULAIRES ET 10% SOUDURES SOCLE |
| <u>Spécification</u> (Specification) CODAP 2005 CAT B2 Z= 0,85 | <u>Critères</u> (Criteria) CODAP 2005 CAT B2 Z= 0,85 | <u>Observations</u> (Comments) SOUDEURS 103/130 |
| RESSUAGE | | |

I. CARTOGRAPHIE



| | | |
|---|---|--|
| Opérateur(s) / operator's name : P.PLATRET | Date / Date 09/04/2010 | Visa / Signature [Signature] |
| Niveau / level : 2 CIFM PT/MT/RT carte B1205213 | | |
| Superviseur / supervisor's name : | | |
| Niveau / level : | | |

RAPPORT D'ESSAI / TESTING REPORT
N° EMS/LY/10/0279 (1/1)

ESSAIS MÉCANIQUES / MECHANICAL TESTS

Client : BENTON & BOWLES
N° Commande : 19268
Repère client : BIMF4 / T-40
Repère labo : 0279
Objet : Coupon témoin BW tôle ép. 12 mm
Matériau de base : A48AP P295GH
Spécification : CODAP 2005 Coef. 0,85

RÉSULTATS / RESULTS

| TRACTION | | | Machine d'essai : S-MTR-005 | | | | | Conditions imposées : / | | | | | | |
|---------------------------|--|---|-----------------------------|------------|-----------------|----------|---------------|-------------------------|------------|---------|---------|----|----|--|
| Tensile Test / Zugversuch | | | Testing device | | | | | Requirements | | | | | | |
| | | | Méthode d'essai : NF EN 895 | | | | | | | | | | | |
| | | | Standard / Norm | | | | | | | | | | | |
| Type (1) | Dimensions (mm) / Dimensions / Abmessung | Section (mm²) / Cross Section / Querschnitt | T (°C) | F 0,2% (N) | Rp 0,2% (N/mm²) | F 1% (N) | Rp 1% (N/mm²) | Fm (kN) | Rm (N/mm²) | Lo (mm) | Lu (mm) | A% | Z% | Position rupture (2) / Fracture location / Bruchlage |
| TP | 25,3x11,8 | 298,5 | Amb. | / | / | / | / | 145,9 | 489 | / | / | / | / | MB |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

(1) TP : traction prismatique / trapezoidal tension test specimen; TC : traction cylindrique / round tension test specimen; TD : traction générale / JGJ specimen
 (2) S : rupture en state soudain / in yield; ZL : rupture en zone de liaison / in bond area; MB : rupture en métal de base / in base material

| PLIAGE | | | Machine d'essai : S-MTR-005 | | | | | Conditions imposées : / | | |
|-------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|---------|---------|----|--------------------------------|-------------------------|--|--|
| Bend Test / Falzversuch | | | Testing device | | | | | Requirements | | |
| | | | Méthode d'essai : NF EN 910 | | | | | | | |
| | | | Standard / Norm | | | | | | | |
| Type (3) | Dimensions (mm) / Dimension / Abmessung | α mandrin (mm) / Former Dia | Angle (°) / Angle / Bogenwinkel | Lo (mm) | Lu (mm) | A% | Résultats / Results / Ergebnis | | | |
| ED | 20 x 12 | 48 | 180° | / | / | / | Aucun défaut apparent. | | | |
| EV | 20 x 12 | 48 | 180° | / | / | / | Aucun défaut apparent. | | | |
| / | / | / | / | / | / | / | / | | | |
| / | / | / | / | / | / | / | / | | | |

(3) ED : Endra (Pant - Die); EV : Innen (Inset / Ring); C : Coué (Side / Side); L : Long (Long / Length)

| FLEXION PAR CHOC | | | Machine d'essai : S-KVU-002 | | | Type : KV | | Mini imposé : / | |
|---------------------------------|--------|---|-----------------------------|--------|-------|--------------------------------|--|-------------------|---------------|
| Impact Test / Kerbschlagversuch | | | Testing device | | | Shape | | Min required | |
| Energie nominale : 300 J | | | Méthode d'essai : NF EN 875 | | | Dimensions (mm) : 10 x 10 | | Moy. imposées : / | |
| Nominal energy | | | Standard / Norm | | | Dimension | | Average required | |
| N° | T (°C) | Position entaille / Notch location / Kerblage | J | S (mm) | J/cm² | Moyenne / Average / Mittelwert | Expansion latérale / Lateral expansion / seitl. Ausdehnung | | Ductilité (N) |
| 1 | -20 | VWT 0/1 (Soudure) | 38 | 0,80 | / | 41 J | / | | / |
| 2 | -20 | VWT 0/1 (Soudure) | 50 | 0,80 | / | | / | | / |
| 3 | -20 | VWT 0/1 (Soudure) | 35 | 0,80 | / | | / | | / |
| 4 | / | / | / | / | / | / | / | | / |
| 5 | / | / | / | / | / | | / | | / |
| 6 | / | / | / | / | / | | / | | / |
| 7 | / | / | / | / | / | | / | | / |
| 8 | / | / | / | / | / | | / | | / |
| 9 | / | / | / | / | / | | / | | / |

Date essai(s) / Test(s) Date: 06/04/10
 Caractère(s) d'essai / Testing Signf.: M. CARNEVALE

Observation(s) :

Tous les résultats de ce rapport sont soumis à l'approbation écrite du laboratoire.
 This report concerns only the object being tested. No copyright can be granted without written approval of the laboratory.

EMS-MEC-0001-019



REPORT D'ESSAI / TESTING REPORT
N° EXM/LY/10/0279 (1/1)

EXAMEN MÉTALLOGRAPHIQUE / METALLOGRAPHIC EXAMINATION

Client :
Customer

N° Commande : 19268
Order

Repère :

Repère labo : 0279
Internal Reference

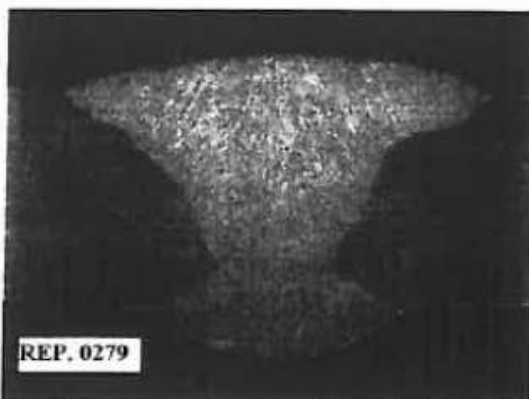
Customer reference

Objet : Coupon témoin BW tôle ép. 12 mm
Object

Matériau de base : A48AP P295GH
Base Material

Spécification : CODAP 2005 Coef. 0,85
Specification

RÉSULTATS / RESULTS



Micrographie 1

Grossissement / Magnification : $\times 1,8$

Réactif : Nital

Etching Reagent

Résultats examens / Results of Examinations :

Bonne fusion de la soudure sur les bords (Good melting of the weld on the sides).

Absence de défauts types fissures et collages (No crack, no lack of fusion).

Bonne compacité (Good compactness).

Date examen : 06/04/2010

Examination date

Chef de l'essai / Testing Staff: A. AUBIN

Ce rapport comporte 1 page(s)

This report has

Date Emission : 06/04/2010

Emission date

Page 2 / 3

Clauses particulières : Seul l'objet soumis à l'essai est concerné par ce rapport. Reproduction partielle interdite sans l'approbation écrite du laboratoire.
This report concerns only the object being tested. No copyright can be granted without written approval of the laboratory.

KSS-MELO-DOP-004

RAPPORT D'ESSAI / TESTING REPORT
N° ED/LY/10/0279 (1/1)
ESSAI DE DURETÉ / HARDNESS TEST

Clauses particulières : Seul l'objet soumis à l'essai est concerné par ce rapport. Reproduction partielle interdite sans l'approbation écrite du laboratoire.
 This report concerns only the object being tested. No copyright can be granted without written approval of the laboratory.

| | |
|---|--|
| <u>Client :</u> <small>Customer</small> | <u>N° Commande :</u> 19268 <small>Order Nr</small> |
| <u>Repère client :</u> BIMF4 / T-40 <small>Customer reference</small> | <u>Repère labo :</u> 0279 <small>Internal reference</small> |
| <u>Objet :</u> Coupon témoin BW tôle ép. 12 mm <small>Object</small> | |
| <u>Matériau de base :</u> A48AP P295GH <small>Base material</small> | |
| <u>Spécification :</u> CODAP 2005 Coef. 0,85 <small>Specification</small> | |
| RÉSULTATS / RESULTS | |
| <u>Méthode d'essai :</u> Vickers HV10 selon NF EN ISO 6507-1 <small>Standard Test Method</small> | |
| Méthode des empreintes isolées | |
| | |
| <u>Date essai(s) / Test(s) Date :</u> 06/04/2010 | <u>Chargé(e) d'essai / Testing Staff :</u> |
| <u>Observation(s) :</u> | |

Ce rapport comporte | page(s)
 This report has

Technicien

Date Emission : 07/04/2010
 Emission date

1)- Fabricant : **MECASEM** N° Commande : **CF10PA00028**
 Customer Order N°
 Lieu de Fabrication : **EN VOS ATELIERS**
 Place of Manufacture
 Repère d'identification : **CF10PA00028 CT BIMF4/T-40** Matière : **A48AP / P265GH**
 Identification mark
 Procédé de soudage : **141 TIG** Etendue d'examen : **SONDAGE**
 Welding process
 Scope of Review

2)- Spécification(s) de Référence : **CODAP 2005 CAT.B COEF 0,85**
 Specification (S) of Reference

3)- Désignation de l'appareil : **CMA** Dimensions, foyer ou radioélément : **3,5 x 3,5 mm**
 Designation of Apparatus Dimensions, focus or radioisotope

Ry - IR 192 - Ry - Co 60 - Ry - Se 75 - Activité : TBq ou **0,0 Ci**

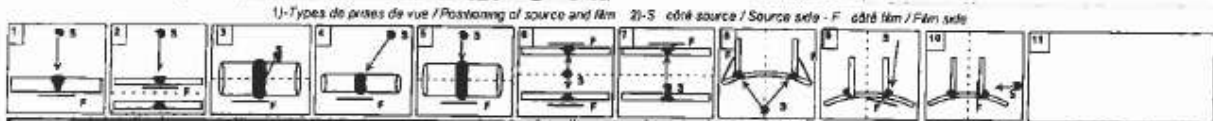
Rayon X V max : **300 Kv** I max : **6 mA**
 X rays Max Voltage Max Intensity

4)- Traitement radiogramme : Manuel - Automatique
 Film processing Manual Automatic

5)- Caractéristiques des films, écrans renforceurs, filtres et IQI / Conditions de prises de vues :
 Characteristics of films, intensifying screens, filters and IQI / Operating conditions

| Repère pièce Repère soudure Workpiece mark Weld mark | FILM Type Simple Film Single Film Double Film Double Film | Type de prise de vue (1) Positioning of source and film | | | EPAISSEUR ECRAN SHIELD THICKNESS (mm) | | | QUALITE D'IMAGE (IQI) Image quality IQI | | | CONDITIONS DES PRISES DE VUES CONDITIONS OF SHOTS | | | | | |
|---|--|--|---|---|--|-------------------------------|------------------------|--|---------------|-----------------------------------|--|--|--|---|---------------------------------------|---|
| | | Nombre de prise de vue Number of exposures | Nombre de films par prise de vue Number of film per shot | Filtre antérieur Thickness of front filter | Antérieur Frontside | Intermédiaire Intermediate | Postérieur Backside | Blocage Backscattering barrier | Type NF EN | Caractéristique Characteristic | Position (2) | Epaisseur Contrôlée (mm) Controlled Thickness | Distance Source - Objet (mm) Source-Object Distance | Distance Source - Film (mm) Source-Film Distance | Tension utilisée (Kv) Voltage used | Intensité utilisée (mA) Intensity used |
| CF10PA00028 CT BIMF4/T-40 | MX 125 X | 1 | 1 | 1 | 0,10 | 0,10 | 2 | 462-1 | 10 Fe S | | 12 | 688 | 700 | 280 | 5 | 1'40 |
| COUPELON TEMOIN | | | | | | | | | | | | | | | | |

Densité Moyenne Δ : **3,2** Flou Géométrique Mini : **0,06** - Maxi : **0,06**
 Average density Geometrical Blurriness



ACCEPTÉ / ACCEPTED

OUI / Yes NON / No

Croquis en Annexe / Sketch of Appendix Page

Fiche d'interprétation / Card-index Interpretation Page **2**

Date du Contrôle / Date from control : **30 mars 2010**

Date de l'interprétation / Date from Card-index Interpretation : **30 mars 2010**

NOM, SIGNATURE DU CONTRÔLEUR :
 NAME, SIGNATURE OF THE CONTROLLER

NOM et SIGNATURE DU NIVEAU 2 ou 3
 NAME and SIGNATURE OF LEVEL II or III

CONTRÔLE CLIENT
 Date & Visa
 SUPERVISION OF CUSTOMER
 Date and Signature

NOM et SIGNATURE DU NIVEAU 2 ou 3 du 2ème VÉRIFICATEURS
 NAME and SIGNATURE OF LEVEL 2 or 3 of the 2nd INSPECTORS

DEKRA Equipement **DEKRA** appétition 91120 Gx 302 Les des frères bureau - 69680 - CHASSIEU - Tel : 04 78 79 20 68 - Fax : 04 78 40 11 57
 Siège social : 19 rue Stuart Mill, PA Sud Orange, BP 308, 87008 LIMOGES CEDEX 1 - Tél 05 55 58 44 45

Repère d'identification : **CF10PA00028 CT BIMF4/T-40**
Identification mark

Matériau : **A48AP / P265GH**
Material

Méthode de Soudage : **141 TIG**
Method of Welding

Type de Chanfrein : **" V "**
Type of Groove

Spécification(s) de Référence : **CODAP 2005 CAT.B COEF 0,85**
Specification (s) of Reference

| REFERENCE | | | | TYPE DE DEFAULTS / TYPE OF DEFECT | | | | | | | | | | | | | | Conclusion(s) / Result(s) | |
|---|------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| N° de Soudure ou Pièce Weld / N° or Production | Repère Film Landmark Film | Densité Moyenne du Film Average Density Film | Ø du Trou ou Fil Ø hole or wire | Fissure Crack | Manque de Fusion Lack of Fusion | Manque de Pénétration Lack of Penetration | Soufflure(s) Porosity | Nid de Soufflures Nest of Porosity | Vermiculaires Vermicular | Inclusion de Latier Slag Inclusion | Inclusion de Tungstène (W) Inclusion of Tungsten (W) | Démouillage Unsharpness | Carbure / Morsure Galley / Bite | Défaut de Surface Felon Surface | Défaut Film Fehler Film | Jeux Non Nul Space not no one | Conforme Accordance | NON-conforme Not Accordance | Observation(s) Remark(s) |
| CT BIMF4/T40 | 0-1 | 3,2 | 0,16 | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOM, SIGNATURE DU
CONTRÔLEUR :
NAME, SIGNATURE OF THE
CONTROLLER

NOM, NIVEAU et SIGNATURE DE
L'INTERPRETATION :
NAME, LEVEL, SIGNATURE OF THE
INTERPRETATION

- EVALUATION DE LA CATEGORIE ET DETERMINATION DES MODULES -
- SOLLICITATIONS -

Client : **OF711 / CP35654**

EVALUATION DE LA CATEGORIE DE RISQUES ET DETERMINATION DES MODULES :

Réceptif à pression d'air (gaz du groupe 2).

Capacité : 12000 Litres

Pression PS : 13 bars

Pression PT : 18.6 bars

PS x V : 156000 Bars.Litres

- Donc d'après le tableau G6.4.2 : Catégorie de risque selon DESP 97/23/CE : **IV**.
- Etude de risques : Voir page 2
- Module(s) à appliquer : G (Unitaire).

SITUATION D' ETUDE :

Codes de calcul : CODAP 2005 – R03/09, contraintes CODAP 2005
Réglementation : DESP – 97/23/CE
Type de contrainte : DESP (Annexe I § 7.1) : Min { $R_m/2.4$; $R_{eH}/1.5$ }
Coefficient de joint : DESP (Annexe I § 7.2) : 0.85
Catégorie de construction : CODAP Catégorie B2
Surépaisseur de corrosion : 1.6 mm

| Révision | Date | Emetteur | Commentaires |
|----------|------------------|----------|--------------|
| 0 | Créé Le 04/02/10 | | Création |
| | | | |

But - Objet : Apprécier globalement les niveaux de risques potentiels de défaillance et des conséquences d'une défaillance éventuelle afin de déterminer la catégorie de construction des réservoirs.

Facteurs potentiels de défaillance :

| Critères | Evaluation des niveaux | | | |
|--|------------------------|----------------------------|---------------|---------------------------|
| | faible | modérée | importante | très importante |
| La variabilité des sollicitations autour des points de consigne est-elle ? | faible | modérée | importante | très importante |
| La fréquence des démarrages et des arrêts est-elle ? | faible | modérée | importante | très importante |
| La variabilité très brutale de température ou de pression est-elle ? | faible | modérée | importante | très importante |
| La surveillance de l'appareil en service est-elle ? | continue | périodique et systématique | occasionnelle | inexistante ou impossible |
| L'inspection de l'appareil en service est-elle ? | continue | périodique et systématique | occasionnelle | inexistante ou non prévue |
| La complexité de l'appareil est-elle ? | faible | moyenne | grande | très grande |
| La possibilité de dégradation liée à la corrosion et ou l'érosion est-elle ? | faible | moyenne | élevée | très élevée |
| La possibilité de dégradation en service liée à la température est-elle ? | faible | moyenne | élevée | très élevée |

Conséquences d'une défaillance :

| Critères | Evaluation des niveaux | | | |
|---|------------------------|---------------|------------|-----------------|
| | nul | faible | moyen | important |
| La température du produit, en cas de fuite, présente-t-elle un danger pour le personnel ? | nul | faible | moyen | important |
| La population concernée en cas de défaillance est-elle ? | très faible | faible | importante | très importante |
| La présence du personnel d'exploitation à proximité de l'appareil est-elle ? | rare | occasionnelle | fréquente | permanente |
| L'incidence économique d'une défaillance serait-elle ? | faible | modérée | importante | très importante |
| La défaillance de l'appareil peut-elle entraîner la défaillance d'un appareil voisin dont les conséquences seraient ? | faible | moyenne | importante | très importante |

Résultat de l'analyse : Tableau G8.3.2
(Détermination de la catégorie de construction pour les appareils spécifiques)

| | | CATEGORIE DE RISQUE | | | | |
|---|----------------|---------------------|----|----|-----|----|
| | | Sans catégorie | I | II | III | IV |
| Niveau global d'évaluation des conséquences humaines, environnementales et économiques d'une défaillance éventuelle | Faible | B2 | B2 | B2 | B2 | B2 |
| | Moyen | B2 | B2 | B2 | B2 | B1 |
| | Important | B2 | B2 | B2 | B2 | A |
| | Très important | B2 | B2 | B2 | B1 | A |

| Révision | Date | Emetteur | Commentaires |
|----------|------------------|----------|--------------|
| 0 | Créé Le 04/02/10 | | Création |

Repère : **Fond Supérieur/Inférieur**

Référence :

Matériaux : Norme : **NF EN 10028-2**Nuance : **P265GH (+N)**

No de courbes suivant CODAP 2005

C4-2

Revision :

Fond elliptique : Fond Supérieur**SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1**

Codes de calcul : pression CODAP 2005 - E2005/03-09 Div.2, contrainte Inox avec f calculée avec Rtp1% et Rtm (Rtm en épreuve)

Réglementation française : Européenne

Type de contrainte : Π

Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Coefficients de soudure | 1.0000 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10028-2 P265GH (+N) C4-2

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles

Contrainte à l'ambiante : 170.000 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--|-------------------------------------|----------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 253.000 MPa | 255.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 410.000 MPa | |
| A% | 22.0000 | 22.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation x 10 ⁶ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 168.667 MPa | 242.250 MPa | |
| coefficients de sécurité | Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp02/1.052630 Rtp0,2 : 1.052630 | |



Repère : Fond Supérieur/Inférieur Référence :
 Matériaux : Norme : NF EN 10028-2 Nuance : P265GH (+N)
 No de courbes suivant CODAP 2005 C4-2 Revision :

FOND ELLIPTIQUE svt CODAP 2005 / Edition E2005/03-09 Div.2
 C3.1 / C4.2.3

CALCUL CONFORME AU CODAP

1. DONNEES DE CALCUL

Caractéristiques : Fond conforme NFE 81-103

Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) = 1900.000 mm Intérieur (Di) = 1882.800 mm
 Rapport des axes (Di/2hi) = 1.900000 Rapport (r/Di) = 0.183000
 Hauteur du bord droit (hc) = 50.000 mm (Re) = 1624.500 mm C1*De
 C4.2.3.4(b)
 Coefficient de soudure (z) = Sans
 Rayon suivant C3.1.4.3 (r) = 344.552 mm 0.183*Di
 Rayon intérieur de la calotte C3.1.4.4 (R) = 1611.677 mm 0.856*Di
 Type d'assemblage Autre ou sans assemblage
 Longueur svt C3.1.7.3 (l) = 0.000 mm

Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Coefficient de soudure | 1.0000 C2.1.3 | 1.0000 C2.1.3 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Température | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (Ambiante 170.000 MPa) | 168.667 MPa | 242.250 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |
| Corrosion | Interne = 1.600 mm | Externe = 0.000 mm | |

2. RESULTATS

Calcul en pression intérieure svt C3.1

| | | | |
|------------------------------------|--|--|---------------------------|
| Coefficient Y C3.1.5.1c6 | 0.0045 MIN[(e/R),(0.04)] | 0.0045 MIN[(e/R),(0.04)] | |
| Coefficient Z C3.1.5.1c7 | 2.3434 -log(Y) | 2.3450 -log(Y) | |
| Coefficient N C3.1.5.1c8 | 0.8454 1.006-(1/(6.2+(90*Y)^4)) | 0.8454 1.006-(1/(6.2+(90*Y)^4)) | |
| Coefficient beta01 C3.1.5.1c3 | 0.9697 N*(0.1833*Z^3+1.0383*Z^2- 1.2943*Z+0.8370) | 0.9704 N*(0.1833*Z^3+1.0383*Z^2- 1.2943*Z+0.8370) | |
| Coefficient beta02 C3.1.5.1c5 | 0.5220 MAX[(0.532-1.843*Y- 78.375*Y^2),(0.5)] | 0.5221 MAX[(0.532-1.843*Y- 78.375*Y^2),(0.5)] | |
| Coefficient beta C3.1.5.1c4 | 0.5981 10*[(0.2-r/Di)*beta01+(r/Di- 0.1)*beta02] | 0.5983 10*[(0.2-r/Di)*beta01+(r/Di- 0.1)*beta02] | |
| Epaisseur mini es C3.1.5.1b | 6.231 mm (P*R)/(2*f*z-0.5*P) | 6.208 mm (P*R)/(2*f*z-0.5*P) | |
| Epaisseur mini ey C3.1.5.1c | 7.318 mm beta*(0.75*R+0.2*Di)*(P/f) | 7.293 mm beta*(0.75*R+0.2*Di)*(P/f) | |
| Epaisseur mini eb C3.1.5.1d | 6.814 mm 0.0433*(0.75*R+0.2*Di)*(Di/r) ^0.55*(P/f)^0.667 | 6.797 mm 0.0433*(0.75*R+0.2*Di)*(Di/r) ^0.55*(P/f)^0.667 | |
| Ep.mini Pint.C3.1.5.1a | 7.318 mm MAX(es,ey,eb) | 7.293 mm MAX(es,ey,eb) | 0.000 mm MAX(es,ey,eb) |
| Epaisseur (ec0) C3.1.7.3.1 | 7.284 mm (P*Di)/(2*f*P) | 7.256 mm (P*Di)/(2*f*P) | |
| Longueur calculée (l) C3.1.7.3e | 23.467 mm 0.2*sqrt((Di*ec0)*ec0)) | 23.421 mm 0.2*sqrt((Di*ec0)*ec0)) | |

Fabrication

| | | |
|--|---------------------------------------|-------------|
| Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) | = 1.800 mm (15.0000 % de ép.commande) | |
| Epaisseur nominale de commande (en) | 12.000 mm | |
| Epaisseur nominale de fabrication (ef) | 10.200 mm en-tol.fab | |
| Epaisseur admise (e) | 8.600 mm | |
| P.int maxi admissible | 1.549 MPa | 2.225 MPa |
| Contrainte mini en P.int | 141.564 MPa | 202.545 MPa |

Repère : Virole
 Matériaux : Norme : NF EN 10028-2
 No de courbes suivant CODAP 2005

Référence :
 Nuance : P295GH (+N)
 C4-2

Revision :

Enveloppe cylindrique : Virole

SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1

Codes de calcul : pression CODAP 2005 - E2005/03-09 Div.2, contrainte Inox avec f calculée avec Rtp1% et Rtm (Rtm en épreuve)
 Réglementation française : Européenne
 Type de contrainte : fl
 Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Coefficients de soudure | 0.8500 Sv C2.1.3 | 1.0000 Sv C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10028-2 P295GH (+N) C4-2

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles
 Contrainte à l'ambiante : 190.000 MPa Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|---|-------------------------------------|----------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 281.600 MPa | 285.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 460.000 MPa | |
| A% | 21.0000 | 21.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation x 10 ⁶ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |
| coefficients de sécurité | Min(Rtp02/1.500000,Rtm/2.400000) Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp02/1.052630 Rtp0,2 : 1.052630 | |

Repère : Virole

Référence :

Matériaux : Norme : NF EN 10028-2

Nuance : P295GH (+N)

No de courbes suivant CODAP 2005

C4-2

Revision :

ENVELOPPE CYLINDRIQUE svt CODAP 2005 / Edition E2005/03-09 Div.2
C2.1 / C4.2.1

CALCUL CONFORME AU CODAP

1. DONNEES DE CALCUL

Caractéristiques :

Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) = 1900.000 mm Intérieur (Di) = 1880.200 mm
 Longueur enveloppe (Lréelle) = 3550.000 mm Moyen (Dm) = 1890.100 mm
 Coefficient de soudure (z) = 0.85

Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--------------------|--------------------|----------------|
| Coefficient de soudure | 0.8500 svt C2.1.3 | 1.0000 svt C2.1.3 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Température | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (f) (Ambiante 190.000 MPa) | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |
| Corrosion | Interne = 1.600 mm | Externe = 0.000 mm | |

2. RESULTATS

Calcul en pression intérieure svt C2.1

| | | | |
|--|---|---|--|
| Epaisseur mini en pression intérieure (e) | 7.708 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot z \cdot P_i)$ C2.1.4.3 | 6.504 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot z \cdot P_i)$ C2.1.4.3 | |
| Epaisseur mini (e0) au raccordement sur la longueur mini (l) | 6.533 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot z \cdot P)$ C2.1.5 22.204 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e0) \cdot e0}$ C2.1.5(b) | 6.481 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot z \cdot P)$ C2.1.5 22.115 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e0) \cdot e0}$ C2.1.5(b) | |

Fabrication

Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) = 0.500 mm
 Epaisseur nominale de commande (en) = **12.000** mm
 Epaisseur nominale de fabrication (ef) = 11.500 mm en-tol.fab.
 Epaisseur admise (ea) = 9.900 mm (5*ea) = 49.500 mm

| | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|--|
| P.int maxi admissible | 1.672 MPa | 2.836 MPa | |
| Contrainte mini en P.int | 145.997 MPa | 177.555 MPa | |

Repère : Tube 168.3x7.1(Rep6)

Référence :

Matériaux : Norme : NF EN 10216-2

Nuance : P265GH

No de courbes suivant CODAP 2005

C4-2

Revision :

Enveloppe cylindrique : Tube 168.3x7.1(Rep6)**SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1**Codes de calcul : pression CODAP 2005 - E2005/03-09 Div.2, contrainte Inox avec f calculée avec $R_{tp1\%}$ et R_{tm} (R_{tm} en éprouve)

Réglementation française : Européenne

Type de contrainte : fl

Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Coefficients de soudure | 1.0000 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10216-2**P265GH****C4-2**

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Tubes

Contrainte à l'ambiante : 170.833 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|------------------------------------|---|---|----------------|
| Limite élastique $R_{tp0.2\%}$ | 245.500 MPa | 265.000 MPa | |
| Limite élastique $R_{tp1.0\%}$ | | | |
| Résistance à la traction R_{tm} | | 410.000 MPa | |
| A% | 23.0000 | 23.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation $\times 10^6$ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 163.667 MPa | 251.750 MPa | |
| coefficients de sécurité | Min($R_{tp02}/1.500000, R_{tm}/2.400000$) $R_{tp0,2} : 1.500000$ | $R_{tp02}/1.052630$ $R_{tp0,2} : 1.052630$ | |

ENVELOPPE CYLINDRIQUE (TUBULURE) svt CODAP 2005 / Edition E2005/03-09

Div.2
C2.1 / C4.2.1

CALCUL CONFORME AU CODAP

1. DONNEES DE CALCUL

Caractéristiques :

| | | |
|--|--------------|-----------------------------|
| Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) | = 169.983 mm | Intérieur (Di) = 160.759 mm |
| Longueur enveloppe (Lréelle) | = 70.000 mm | Moyen (Dm) = 165.371 mm |
| Coefficient de soudure (z) | = Sans | |

Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---|-------------------|-------------------|----------------|
| Coefficient de soudure | 1.0000 svt C2.1.3 | 1.0000 svt C2.1.3 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Température | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (ft) (Ambiante 170.833 MPa) | 163.667 MPa | 251.750 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |

Corrosion Interne = 1.600 mm Externe = 0.000 mm

2. RESULTATS

Calcul en pression intérieure svt C2.1

| | | | |
|---|--|--|--|
| Epaisseur mini en pression intérieure (e) | 0.672 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | 0.626 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | |
| Epaisseur mini (e0) au raccordement | 0.641 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f \cdot P)$ C2.1.5 | 0.596 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f \cdot P)$ C2.1.5 | |
| sur la longueur mini (l) | 2.034 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e0) \cdot e0}$ C2.1.5(b) | 1.961 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e0) \cdot e0}$ C2.1.5(b) | |

Fabrication

| | |
|---|---------------------------------------|
| Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) | = 0.888 mm (12.5000 % de ép.commande) |
| Epaisseur nominale de commande (etn) | = 7.100 mm |
| Epaisseur nominale de fabrication (etf) | = 6.212 mm en-tol.fab. |
| Epaisseur admise (et) | = 4.612 mm (5*ea) = 23.060 mm |

| | | | |
|--------------------------|------------|------------|--|
| P.int maxi admissible | 9.129 MPa | 14.042 MPa | |
| Contrainte mini en P.int | 23.307 MPa | 33.347 MPa | |

Anneau renfort(Rep6)

| | | | |
|------------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| FICHE MATIERE : | NF EN 10028-2 | P295GH (+N) | C4-2 |
|------------------------|----------------------|--------------------|-------------|

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles

Contrainte à l'ambiante : 190.000 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 281.600 MPa | 285.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 460.000 MPa | |
| A% | 21.0000 | 21.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Contraintes | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |
| coefficients de sécurité | Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp02/1.052630 Rtp0,2 : 1.052630 | |

TUBULURE pénétrante svt CODAP 2005 / Edition E2005/03-09 Div.2
C5.1 / C5.2

CALCUL CONFORME AU CODAP

1 . DONNEES DE CALCUL

Caractéristiques du support : Virole

Type : Enveloppe cylindrique

Rayon intérieur du support au droit de l'ouverture (Ri) = 940.100 mm

Caractéristiques de la tubulure :

Placement et Orientation

Position de placement (X) = 690.000 mm

Angle de placement (β) = 90.000 deg

Orientation de la tubulure : Quelconque

Angle d'inclinaison dans le plan du corps (β1) = 0.000 deg

Angle d'inclinaison dans le plan perpendiculaire (β2) = 0.000 deg

La tubulure n'est pas autorenforcée

La tubulure n'est pas extrudée

Autre Dimensionnel

Pleine tôle

Longueur de tubulure disponible selon C5.1.3 (lt) = 50.100 mm Lreelle-e-lt

Longueur du dépassement intérieur (l't) = 10.000 mm

Epaisseur du dépassement intérieur (e't) = 4.612 mm

Caractéristiques de l'anneau renfort :

Matière : NF, Norme : NF EN 10028-2, Nuance : P295GH (+N)

Epaisseur de l'anneau renfort (er) = 9.500 mm

Largeur de l'anneau renfort (lr) = 50.000 mm

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---|-------------|-------------|----------------|
| Contrainte (fr) (Ambiante 190.000 MPa) | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |

Situations d'études : SOLLICITATION-1

2 . RESULTATS

| | | | |
|--|---|-------------|-----------------------|
| Diamètre d'ouverture (d) | = | 160.759 mm | |
| Diamètre d'ouverture maxi selon C5.1.2.1 (dmaxi) | = | 1890.100 mm | MIN(Dm;16*SQRT(Dm*e)) |
| Epaisseur admise moyenne sur la longueur l (etm) | = | 4.612 mm | C5.1.3h |
| Distance x0 (x0) | = | 0.000 mm | C5.1.3h |
| Coefficient k0 (k0) | = | 1.0000 | C5.1.3 |
| Coefficient kt (kt) | = | 2.0000 | C5.1.2.3 |
| Epaisseur admise maxi de tubulure (etmaxi) | = | 19.800 mm | kt*e C5.1.2.3b |

Vérification de la position de l'ouverture selon C5.1.2.2(a) (Discontinuité)

Longueur d'enveloppe participante (L) = 136.792 mm

Longueur extérieure de tubulure participante (l) = 27.617 mm

Longueur intérieure de tubulure participante (l') = 10.000 mm

Vérification de l'ouverture en isolé svt C5.1

Diamètre d'ouverture mini conditionnant la vérification (dmini) = 19.151 mm 0.14*sqrt(Dm*e)

| | | | |
|--------------------------------|------|---|----------------------------|
| Section de l'enveloppe | (S) | = | 1354.239 mm ² |
| Section de la tubulure | (St) | = | 219.148 mm ² |
| Section du renfort | (Sr) | = | 475.000 mm ² |
| Section interne de l'enveloppe | (Ge) | = | 208498.458 mm ² |
| Section interne de la tubulure | (Gt) | = | 3015.587 mm ² |
| Section interne globale | (G) | = | 211514.044 mm ² |

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---------------------------------------|---|---|----------------|
| S(f-0.5P) + St(fr-0.5P) + Sr(fr-0.5P) | 377944.253 N S*(f-0.5*P)+St*(fr-0.5*P)+Sr*(fr-0.5*P) | 548531.797 N S*(f-0.5*P)+St*(fr-0.5*P)+Sr*(fr-0.5*P) | |
| P.G | 274968.258 N | 393416.123 N | |

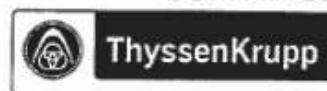
RESUME DES CERTIFICATS DE CONTRÔLE MATIERE ET PRODUITS D' APPORT
SUM UP OF CONTROL MATERIAL CERTIFICATE AND FILLER MATERIAL

Affaire : – 12000 litres

OF N° : 711 CP : 35654 Plan : 43214d Appareil (serial vessel) N° : F8473

| <u>Désignation (Description)</u> | <u>Rep</u> | <u>N° Coulée ou lot</u> <u>Identification N°</u> | <u>Commande N°</u> <u>Custom order</u> | <u>Fournisseur</u> <u>Supplier</u> | <u>Ordre</u> <u>Order</u> |
|---|------------|---|---|---------------------------------------|------------------------------|
| Tôle corps (Shell) Ep.12 (P295GH) | 1 | 88163101 616597 | 19179.10 | THYSSENKRUPP | 1->3/38 |
| Fonds (Head) Ø1900 Ep.12 (P265GH) | 2 | 604735 | 19165.10 | BENIERE PERRIN | 4-5/38 |
| Trou d'homme (Man hole) | 3 | 501906 E4 | 17098.08 | CEREC | 6-7/38 |
| Renfort TH (Reinforcement) | 4 | 88163101 616597 | 19179.10 | THYSSENKRUPP | 1->3/38 |
| Bride PN20DN150 (Flange) | 5 | 8155 | 19202.10 | LOIRE INDUSTRIE | 8/38 |
| Tube (pipe) Ø168.3x7.1 | 6 | 87859 | 17077.07 | KDI | 9->11/38 |
| Renfort tube (Reinforcement) | | 542064 1 39224 | 18776.09 | UNIVERSAL ACIER | 12->15/38 |
| Bossage (Boss) 2" | 7-18 | 102840 | 19204.10 | VAN LEEUWEN | 16->18/38 |
| Bossage (Boss) 3/4" | 8 | 370108 | 18242.09 | KDI | 19->22/38 |
| Bossage (Boss) 1/2" | 9 | 320637 | 17432.08 | KDI | 23->26/38 |
| Socle (Skirt) Ø1800x12 | 13 | 88163101 616597 | 19179.10 | THYSSENKRUPP | 1->3/38 |
| Disque (Disk) Ep.18 | 14 | 915179917 | 11806.03 | GTS INDUSTRIES | 27/38 |
| Gousset (Gusset) Ep.12 | 15 | 88163101 616597 | 19179.10 | THYSSENKRUPP | 1->3/38 |
| Oreilles de levage (Lifting lug) | 16 | 922023 | 17823.08 | GTS INDUSTRIES | 28->30/38 |
| Semelle oreilles de levage (Lifting lug support) | | 922026 | 17600.08 | GTS INDUSTRIES | 31->33/38 |
| Flux 860 | | f1fx90159b | 18994.09 | LINCOLN | 34/38 |
| Fil Ø 3.2 LNS140A | | f1sw90515 | 18994.09 | LINCOLN | 35/38 |
| Fil OS MC710-H 12/10 ^e | | P1FC90081 | 18807.09 | LINCOLN | 36/38 |
| Electrode basique Ø 4 | | 8356808 | 17665.08 | SELECTARC | 37/38 |
| Electrode basique Ø 5 | | 9321941 | 19113.10 | SELECTARC | 38/38 |

1/38
Vireo. Renfort TH



Socle. Goussiers

ThyssenKrupp Steel Europe

| Werkst.-Nr. Werkst.-No. No de l'usine | A08 8278651 | Zugst.-Nr. Certificate-No. No de certificat | A03 1298015001 | Dispo.-Nr. Dispo.-No. No de disposition | 40787572 | Seite-Nr. Page-No. Page-No | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---|---|---|----------------------------------|----------|------|----------------------------------|--|---|---|---|-----|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------|-----|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|-----|----------------------------|----------|--------|---|-------|-----|----------------------------|----------|--------|---|-------|
| ThyssenKrupp Steel Europe AG - 47161 Duisburg | | | A01 | BESCHEINIGUNG ÜBER MATERIALPRÜFUNGEN DOCUMENT ON MATERIAL TESTS DOCUMENT DE CONTROL DES MATERIAUX | | EN 10204 EN 10204 EN 10204 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A06 JEAN GUILLE SA ZONE ACTYPOLE FR 57974 YUTZ CEDEX | | | A02 ABNAHMEPRUEFZEUGNIS 3.1 INSPECTION CERTIFICATE 3.1 CERTIFICAT DE RECEPTION 3.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bestell-Nr. Order-No. No de commande | 779.038 309654/P1CP / 19178.10 | A07.1-A07.5 | | 22.1.2010 | to | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0203 52 75220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0203 52 75213 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | abnahme_zeugnisse.grobblech@thyssenkrupp.com | | A05 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Werkstoff ; Quality ; Matériau / Lieferbedingungen ; Specification ; Conditions de livraison B02/B03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P295GH EN10028-2 09.03 TOL:EN 10029 KLA:AN OB EN 10163 KLA:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kennzeichnung: WERKSTOFF; SCHMELZ-NR.; FERTIGUNGS-/PROBE-NR. Marking: MATERIAL, HEAT-NO., MANUFACTURING/SAMPLE-NO. Marque: B06: MATÉRIEL, NO. DE COULEE, NO. DE FABRICATION/D'ÉPROUVETTE | | | | Zeichen des Lieferanten: Supplier's mark: A04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>A01 ERZEUGNISFORM TYPE OF PRODUCT DESIGNATION DU PRODUIT</p> <p>GROBBLECH, BESAEUMTE KANTEN HEAVY PLATES, TRIMMED EDGES TOLES A CHAUD, RIVES CISAILLEES</p> <p>LISTE DER MATERIALIDENTEN LIST OF MATERIAL IDENTIS LISTE DES IDENTIFICATION MATÉRIAU</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>POS.</th> <th>B07 PAKET BUNDLE PAQUET</th> <th>B07 BLECH-NR. PLATE-NO. NO. DE TOLE</th> <th>B07 SCHMELZ-NR. HEAT-NO. NO. DE COULEE</th> <th>B08 STUECK ZAHL PIECES PIECES</th> <th>B13 GEWICHT GEWOG. WEIGHT POIDS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>001</td> <td>12,0 x 2500,0 x 12000 [mm]</td> <td>88163101 88163202 88163303</td> <td>616597 616597 616597</td> <td>1 1 1</td> <td>Kg 2.840 2.840 2.840</td> </tr> <tr> <td>003</td> <td>15,0 x 2500,0 x 12000 [mm]</td> <td>88187101 88187202 88187303</td> <td>616597 616597 616597</td> <td>1 1 1</td> <td>3.526 3.526 3.526</td> </tr> <tr> <td>006</td> <td>25,0 x 2000,0 x 12000 [mm]</td> <td>88613101</td> <td>616597</td> <td>1</td> <td>4.714</td> </tr> <tr> <td>008</td> <td>25,0 x 3000,0 x 12000 [mm]</td> <td>88091101</td> <td>616597</td> <td>1</td> <td>7.074</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | POS. | B07 PAKET BUNDLE PAQUET | B07 BLECH-NR. PLATE-NO. NO. DE TOLE | B07 SCHMELZ-NR. HEAT-NO. NO. DE COULEE | B08 STUECK ZAHL PIECES PIECES | B13 GEWICHT GEWOG. WEIGHT POIDS | 001 | 12,0 x 2500,0 x 12000 [mm] | 88163101 88163202 88163303 | 616597 616597 616597 | 1 1 1 | Kg 2.840 2.840 2.840 | 003 | 15,0 x 2500,0 x 12000 [mm] | 88187101 88187202 88187303 | 616597 616597 616597 | 1 1 1 | 3.526 3.526 3.526 | 006 | 25,0 x 2000,0 x 12000 [mm] | 88613101 | 616597 | 1 | 4.714 | 008 | 25,0 x 3000,0 x 12000 [mm] | 88091101 | 616597 | 1 | 7.074 |
| POS. | B07 PAKET BUNDLE PAQUET | B07 BLECH-NR. PLATE-NO. NO. DE TOLE | B07 SCHMELZ-NR. HEAT-NO. NO. DE COULEE | B08 STUECK ZAHL PIECES PIECES | B13 GEWICHT GEWOG. WEIGHT POIDS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | 12,0 x 2500,0 x 12000 [mm] | 88163101 88163202 88163303 | 616597 616597 616597 | 1 1 1 | Kg 2.840 2.840 2.840 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 003 | 15,0 x 2500,0 x 12000 [mm] | 88187101 88187202 88187303 | 616597 616597 616597 | 1 1 1 | 3.526 3.526 3.526 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 006 | 25,0 x 2000,0 x 12000 [mm] | 88613101 | 616597 | 1 | 4.714 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 008 | 25,0 x 3000,0 x 12000 [mm] | 88091101 | 616597 | 1 | 7.074 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ThyssenKrupp Steel Europe AG

Abnahme

-FOLGESEITE-



| Werkz-Nr. Werkz-No. No de l'usine | A08 8278651 | | Zaugs-Nr. Certificat-No. No de certificat | A03 1298015001 | | Dispo-Nr. Dispo-No. No de disposition | 40787572 | | Seite-Nr. Page-No Page-No | 2 | | | |
|---|----------------|------------------|---|---|------------------------------------|---|-------------|----------------|---------------------------------|-----|-----|----|-------|
| POS. | B07 PAKET | B07 BLECH-NR. | B07 SCHMELZ-NR. | B08 STUECK ZAHL NUMBER PIECES | B12 GEWICHT GEWOG. WEIGHT | | | | | | | | |
| ITEM | BUNDLE | PLATE-NO. | HEAT-NO. | NUMBER | WEIGHT | | | | | | | | |
| POS. | PAQUET | NO. DE TOLE | NO. DE COULEE | NOMBRE PIECES | POIDS | | | | | | | | |
| | | | | * | 1 | 7.074 | | | | | | | |
| | | | | ** | 8 | 30.886 | | | | | | | |
| TRANSPORT-NR. TRANSPORT-NO. NO. DE TRANSPORT 318048638262 | | | | | | | | | | | | | |
| CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG DER SCHMELZE IN % C71-C99 CHEMICAL COMPOSITION OF THE LADLE SAMPLES % COMPOSITION CHIMIQUE SUR ECHANTILLONS DE COULEE % | | | | | | | | | | | | | |
| B07 SCHMELZ-NR C SI MN P S AL-G B-G CR CU MO N 616597 ,130 ,230 1,070 ,008 ,0010 ,037 ,0002 ,080 ,150 ,020 ,0049 NB NI TI V 66 88 616597 ,013 ,210 ,004 ,000 ,460 7,551 66 = NI+CU+MO+CR 88 = AL/N C70 SCHMELZVERFAHREN OXYGENSTAHL C70 HEAT PROCESS OXYGEN STEEL C70 COULEE LABORAT. OXYGEN FUR | | | | | | | | | | | | | |
| MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN ZUGVERSUCH MECHANICAL CHARACTERISTICS TENSILE TEST CARACTERISTIQUES MECANIQUES ESSAI DE TRACTION | | | | | | | | | | | | | |
| B07 | C00 | C01/ | | C03 | C11 | C12 | C13 | | | | | | |
| SCHM.-NR. | PROBE-NR. | LAGE | ZUST. | FORM | ALTER | TEMP. | R | R | Rm | R/ | L0 | A | Rm*A |
| | | | | | | | MPa | Art | MPa | % | mm | % | |
| 616597 | 88091 | 0401 | 0004 | 0023 | 0006 | +400 | 224 | RP0,2% | 488 | 72 | 155 | 34 | 16592 |
| | | 0401 | 0004 | 0002 | 0006 | +20 | 353 | RE H | | | 203 | 29 | 14152 |
| 616597 | 88163 | 0401 | 0004 | 0002 | 0006 | +20 | 349 | RP0,2% | 503 | 75 | 105 | 35 | 17605 |
| | | | | | | | 377 | RE H | | | 203 | 26 | 13078 |
| 616597 | 88187 | 0401 | 0004 | 0002 | 0006 | +20 | 359 | RP0,2% | 497 | 74 | 120 | 34 | 16898 |
| | | | | | | | 370 | RE H | | | 203 | 27 | 13419 |
| 616597 | 88613 | 0401 | 0004 | 0002 | 0006 | +20 | 354 | RP0,2% | 487 | 71 | 155 | 36 | 17532 |
| | | | | | | | 348 | RE H | | | 203 | 31 | 15097 |
| 616597*88618 | | 0401 | 0004 | 0023 | 0006 | +400 | 346 | RP0,2% | | | | | |
| | | | | | | | 195 | RP0,2% | | | | | |
| MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN KERBSCHLAG BIEGEVERSUCH MECHANICAL CHARACTERISTICS IMPACT TEST CARACTERISTIQUES MECANIQUES ESSAI DE RESILIENCE | | | | | | | | | | | | | |
| B07 | C00 | C01/ | | C41 | C03 | C42 | C42 | C42 | C43 | | | | |
| SCHM.-NR. | PROBE-NR. | LAGE | ZUST. | FORM | B mm | ALTER | PRUEF-TEMP. | ARBEIT [Joule] | | | | | |
| | | | | | | | °C | 1 | 2 | 3 | M | | |
| 616597 | 88091 | 0404 | 0004 | 0010 | | 0006 | -51 | 215 | 194 | 215 | 208 | | |
| | | 0401 | 0004 | 0007 | | 0006 | -20 | 226 | 245 | 275 | 249 | | |
| 616597 | 88163 | 0401 | 0004 | 0010 | | 0006 | -51 | 187 | 158 | 175 | 173 | | |
| | | 0401 | 0004 | 0007 | | 0006 | -20 | 222 | 255 | 206 | 228 | | |
| 616597 | 88187 | 0401 | 0004 | 0010 | | 0006 | -51 | 173 | 194 | 190 | 186 | | |
| | | 0401 | 0004 | 0007 | | 0006 | -20 | 203 | 245 | 279 | 242 | | |
| 616597 | 88613 | 0404 | 0004 | 0010 | | 0006 | -51 | 164 | 186 | 163 | 171 | | |
| | | 0401 | 0004 | 0007 | | 0006 | -20 | 226 | 239 | 197 | 221 | | |
| * PROBLEBLECH NICHT IN LIEFERUNG ENTHALTEN * SAMPLE PLATE NOT INCLUDED IN DELIVERY | | | | | | | | | | | | | |

ThyssenKrupp Steel Europe AG

Abnahme

-FOLGESEITE-



| | | | |
|---|--|---|--|
| Werks-Nr. Works-No. No de usine 8278651 | AOB Zeugnis-Nr. Certificate-No. No de certificat 1298015001 | A03 Dispo-Nr. Dispo-No. No de disposition 40787572 | Seite-Nr. Page-No. Page-No 3 |
|---|--|---|--|

* L'ECHANTILLON NE FAIT PAS PART DE LA LIVRAISON

LEGENDEN
LEGENDS
LEGENDES

| | | | |
|--|--|--|--|
| PROBENZUSTAND STAT. ETAT 0004 = NORMALISIERT NORMALIZED NORMALISE | PROBENZUSTAND STAT. ETAT 0004 = NORMALISIERT NORMALIZED NORMALISE | PROBENZUSTAND STAT. ETAT 0004 = NORMALISIERT NORMALIZED NORMALISE | PROBENZUSTAND STAT. ETAT 0004 = NORMALISIERT NORMALIZED NORMALISE |
|--|--|--|--|

ALTERUNG
 AGED
 VIEILLE
 0006 = UNGEALERT
 NOT AGED
 NON VIEILLE

PROBENFORM KERBSCHLAG
 TYPE IMPACT TEST
 TYPE ESSAI DE RESILIENCE
 0010 = CHARPY- V ASME
 CHARPY- V ASME
 CHARPY- V ASME
 0007 = CHARPY- V
 CHARPY- V
 CHARPY- V

PROBENLAGE (IST)
 POSIT (IST)
 POSIT (IST)
 0401 = QUER KOPF OBERFLAECHE
 TRANS. TOP S.
 TRANS. TETE S.
 0404 = QUER KOPF 1/4 T.
 TRANS. TOP 1/4 T.
 TRANS. TETE 1/4 T.

PROBENFORM ZUGVERSUCH
 TYPE TENSILE TEST
 TYPE ESSAI DE TRACTION
 0002 = FLACHZUG
 FLAT TENSILE TEST
 EPROUVETTE PLATE DE D'ECHINEMENT
 0023 = RUNDZUG
 ROUND TENSILE TEST
 EPROUVETTE ROND

LIEFERZUSTAND PRODUKT
STATUS PRODUCT
ÉTAT PRODUIT

001, NORMALISIERT
 003, NORMALIZED
 006, NORMALISE
 008

ERGEBNIS DER BESICHTIGUNG UND MASSPRUEFUNG: KEINE BEANSTANDUNG
 RESULT OF SURFACE CONTROL AND DIMENSIONAL CHECK: SATISFACTORY
 RESULTAT DE L'EXAMEN VISUEL ET DIMENSIONNEL: SATISFAISANT

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE VERFUEGT UEBER EIN UEBERPRUEFTES QM-SYSTEM NACH PED 97/23/EG (ZERTIFIKAT 07 202 2 440 06 10003).
 THYSSENKRUPP STEEL EUROPE IST ANERKANNTER WERKSTOFFHERSTELLER GEMAESS AD2000-W0 (ZERTIFIKAT 07-202-1411-WP-0899/07).

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE DISPOSES OF AN APPROVED QM-SYSTEM ACC. TO PED 97/23/EC (CERTIFICATE 07 202 2 440 06 10003).
 THYSSENKRUPP STEEL EUROPE IS AN ACCEPTED STEEL MANUFACTURER ACCORDING TO AD2000-W0 (CERTIFICATE 07-202-1411-WP-0899/07).

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE DISPOSE D'UN SYSTEME CONTROLE DE GESTION DE LA QUALITE SELON PED 97/23/EC (CERTIFICAT 07 202 2 440 06 10003).
 THYSSENKRUPP STEEL EUROPE EST UN PRODUCTEUR DE MATERIAUX RECONNU SELON PRECRIPTIONS AD2000-W0 (CERTIFICAT 07-202-1411-WP-0899/07).

ThyssenKrupp Steel Europe AG
 Abnahme

-FOLGESEITE-



benière Perrin
 Place Neyrand - BP 12
 42420 LORETTE - FRANCE
 Tél. 04 77 73 24 75 - Télécopie 04 77 73 18 20
 E-mail : beniere.perrin@orange.f
 www.beniere-perrin.com

FABRICATION DE FONDS ET TOUS TRAVAUX D'EMBOUTISSAGE A CHAUD

TRAITEMENTS THERMIQUES
 Stabilisation / Revenu / Normalisation / Hypertrempe... *Fonds*

TRAITEMENTS DE SURFACE
 Grenallage / Décapage Inox
 Peintures diverses en cabine

Certifié ISO 9001 / ver. 2000 par TÜV Cert. N°

CERTIFICAT D'EMBOUTISSAGE

Works Certificate / Abnahmeprüfzeugnis 3,1 EN 10204 / 01-20
 Mit Zustimmung des TÜV Rheinland E.V.F 95 3034 vom 7,7,1997

Acheteur : PAUCHARD
 Purchaser / Besteller

Commande acheteur N° 19165.10
 Purchase order N° / Kundenbestell Nr

N° du document : 2465-1
 Document N° / Dokument Nr

| Qté | Type et dimensions: | Nuance: | Provenance: | Coulée: | CCPU N°: |
|-----|-----------------------------|--------------------|--------------|----------|---------------------|
| Qty | Designation and dimensions | Grade and quality | Origin | Heat | Work certificate Nr |
| Nr | Bezeichnung und Abmessungen | Stahlsorte und Typ | Ursprung | Schmelze | Zertifikat Nr |
| 2 | FONDS ELL D. 1900 EP. 12 MM | P265 GH | DUFERCO CLAB | 604735 | 7719 |

CODAP
 GRC : NFE 81102/97 - DIN 28011/93 - NFA 49185/79 - ELL. NFE 81103/97 - DIN 28013/93 - NFA 49285/82
 PRC : NFE 81101/97 - MRC : 81104/97 Tolérances : NFE 81100/97 Chanfreins : NFE 8110/97

Tôles : Norme : EN 10028 Edition : 2003
 Plate Standard issue
 Blech(e) Norm Ausgabe

Traitement thermique final des produits avant livraison Final heat treatment of ends before delivery / Letzte wärme behandlung der Böden vor lieferung

Normalisation à 910°C **Revenu** **Hypertrempe > 1050°C**
 Normalizing Normaligthen Tempering Anlassen Solution annealing Lösungslühen

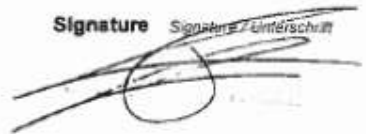
Formage à froid Cold forming / Kaltverformung **Contrôle dimensionnel : aucune remarque**
 Formage à température de normalisation Inspection and dimensional : without objection
 Forming at normalizing temp. / verformung bei Normalisierungstemperat Mass- und Sesichyngungsprüfung : ohne Beanstandung

Formage à chaud Hot forming / Warmformgebung

Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande
 We certify that the delivered products comply with the prescriptions of the order
 Wir bestätigen dass die gelieferten Erzeugnisse den Vorschriften der Bestellung entsprechen

Nom et qualité : Name and position / Name und Stellung
service contrôle Inspection department / Kontrollabteilung

Date Date / Datum 15/03/2010
 CE11 Rev. 4 06/01

Signature *Signature / Unterschrift*




ATTESTATION EMBOUTISSAGE A CHAUD

HOT PRESSING ATTESTATION

WARMPRESSBESCHEINIGUNG

CLIENT :
Customer
Besteller

COMMANDE CLIENT : 17098.08
Customer Order
Kundbestell Nr

NOTRE REFERENCE : 741375/3
Our reference
Unsere Kom. Nr

OBJET : 1 Tampons Ø 300 x 400 x 16 init
Subject
Gegenstand
Nuance P 265 GH
Coulée 501906 tôle E4

Nous soussignés, **COMPAGNIE D'EMBOUTISSAGE DE RECQUIGNIES**, certifions que les pièces citées en objet ont été embouties à chaud à température de normalisation.

Garantie à 29 bars en épreuve maxi pour température de 20° C

Garantie à 14 bars en service maxi pour température de -20° à 60° C

We, undersigned, **COMPAGNIE D'EMBOUTISSAGE DE RECQUIGNIES**, certify that pieces mentioned above have been hot pressed at temperature of normalisation.

Wir, die unterzeichnete **COMPAGNIE D'EMBOUTISSAGE DE RECQUIGNIES**, bestätigen, dass die obenerwähnten Stücke bei Normalisation Temperatur warmgepresst wurden.

03/03/2010

Service Gestion de la Qualité
Quality Assurance Department
Qualitätsabteilung

CAO 0520-92 - Rév : 0 1/4

AQUAP

ASSOCIATION POUR LA QUALITÉ DES APPAREILS À PRESSION

Bureau de la CAO
10 rue de la République
92000 Nanterre
Tél : 01 47 37 11 00
Fax : 01 47 37 11 01
E-mail : aquap@cao.fr

QUALIFICATION D'UN MODE OPÉRATOIRE DE SOUDAGE

Suivant NF EN 288-3

PROCÈS VERBAL

Délivré au constructeur ou fabricant : _____

à la suite de l'exécution d'un assemblage d'essai effectué

le : 05 Septembre 1996 à : _____

en présence de M. : _____

appartenant à l'organisme d'inspection : _____

Bureau VERITAS

lequel certifie que le mode opératoire de soudage présenté suivant le descriptif de mode opératoire préliminaire (DMOSP) en annexe établi par le constructeur ou le fabricant a donné des résultats conformes aux exigences de la norme NF EN 288-3 Edition 92.

Procès-verbal établi le : 23 septembre 1996

Sous la référence (PV QMOS N°) : 0060 BFC

Nom et signature de la personne autorisée au nom de l'organisme d'inspection

C. JEUNET

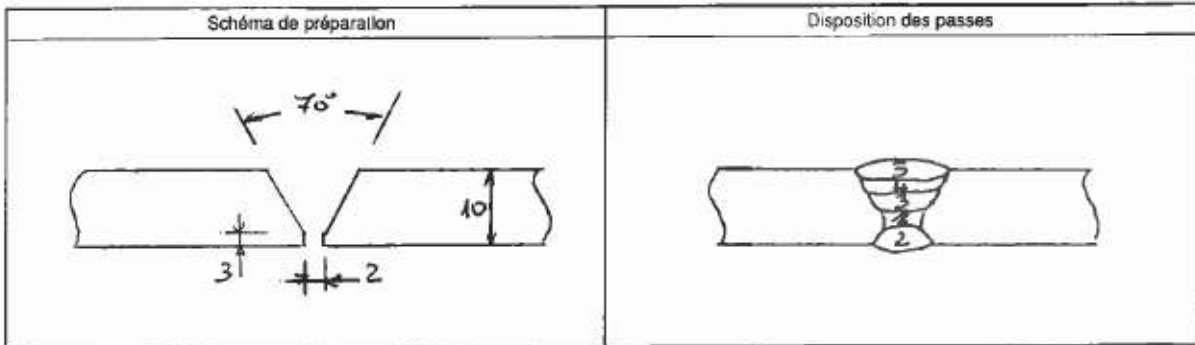


**I. DESCRIPTIF DU MODE OPÉRATOIRE DE SOUDAGE
DU CONSTRUCTEUR OU DU FABRICANT : PARAMÈTRES RELEVÉS LORS DE L'ESSAI**

DMOSP N°: B1MF4 T-40
Type de joint: Bout à Bout
Méthode de préparation et nettoyage:
Usinage + meulage

Spécification matériau de base : Nuance 1
N° coulée : AL8FP 312411
Groupe de matériau : 1
Épaisseur du matériau de base (mm) : 10
Diamètre du matériau de base (mm) : /

Nuance 2



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-------------------------|-------|----------------------|-------------|-------|
| N° des passes : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Procédé de soudage : | MA | MA | 12 | 12 | 12 |
| Position de soudage : | PA | PA | PA | PA | PA |
| Soudage auto. nb. de têtes | / | / | 1 | 1 | 1 |
| balayage* | / | / | / | / | / |
| fréquence oscillations | / | / | / | / | / |
| temporisation | / | / | / | / | / |
| Soudeur ou soudeur opérateur : | M DESSILVE | | M ROLLOT | | |
| Produit d'apport : Fil (F) ou Électrode (E) | E | E | F | F | F |
| - Codification (Désignation normalisée) : | ES15/4 G120 203H | | SABZO | | |
| - Marque et type : | ESAB 048/10 | | LINCOLN LNS 160A | | |
| - Diamètre : | 4 | 5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| - Conservation ou étuvage : | Étuvage 300° Cons. 125° | | Flux conservé à 120° | | |
| Gaz de protection - flux | | | FP | B5 AG1 | |
| - Pulvérulent - codification (Dés. norma.) : | / | / | / | 860 LINCOLN | / |
| - marque et type : | / | / | / | / | / |
| - Gazeux - codification (Dés. norma.) : | / | / | / | / | / |
| - marque et type : | / | / | / | / | / |
| - Envers - débit /min. : | / | / | / | / | / |
| - Endroit - débit /min. : | / | / | / | / | / |
| - Plasmagène : | / | / | / | / | / |
| Électrode réfractaire/ type et diamètre : | CC | CC | CC | CC | CC |
| Nature du courant : | + | + | + | + | + |
| Polarité de l'électrode ou du fil : | 140 | 230 | 425 | 450 | 475 |
| Intensité I en Ampères : | 22 | 22 | 27 | 27 | 27 |
| Tension U en Volts : | 26 | 24 | 52 | 40 | 40 |
| Soudage pulsé : | / | / | / | / | / |
| Vitesse d'exécution V d'une passe : cm/min. | 7107 | 12650 | 13240 | 18225 | 19237 |
| Vitesse de déroulement du fil : cm/min. | / | / | / | / | / |
| Énergie en Joules / cm = $\frac{U \times I \times 60}{V}$ en cm/min. | / | / | / | / | / |
| T° mini. préchauffage en °C | / | 50 | 70 | 110 | 150 |
| T° maxi. entre passes en °C | / | / | / | / | / |
| Matériel de soudage - Machine | KEMPA 35312 | | 332 | | |
| - Poste | PS 5000 | | LINCOLN | | |
| Support envers (nature) : | / | / | Passes MA | / | / |
| Gougeage (nature) : | / | / | meulage | / | / |

Post chauffage : Non Oui Température °C : _____ Durée du maintien : _____
 Traitement thermique après soudage : Non Oui Réf. : _____ Vitesse de montée en température en °C/h : _____
 Température max en °C et durée du maintien : _____ Vitesse de refroidissement en °C/h : de à _____

AUTRES INFORMATIONS :

*balayage (largeur maximale) oscillation : _____
 Fréquence, temporisation : _____
 Angle de torche : _____

Soudage pulsé détails : _____
 Distance de maintien : _____

Détail du plasma : _____

II. RÉSULTATS DES CONTRÔLES, EXAMENS ET ESSAIS

| | | |
|--|----------------|----------------------|
| 1 - CONTRÔLES NON DESTRUCTIFS (EN 288-3 ET ANNEXE III À L'ARRÊTÉ DU 24 MARS 1978) | Exécuté par : | N° PV et date |
| Visuel : | Bureau Veritas | 0509962 du 27/09/96 |
| Ressuage : | Bureau Veritas | 365271/3 du 11/09/96 |
| Magnétoscopique : | | |
| Radiographique : | Bureau Veritas | 365271/2 du 11/09/96 |

2 - ESSAIS DE TRACTION : exécutés par : Bureau Veritas le : 18 septembre 1996

| Repère de l'éprouvette | Dimensions de la section de l'éprouvette mm | | Rm N/mm ² | Re N/mm ² | A % | Z % | Localisation de la cassure | | REMARQUES |
|------------------------|---|-----------------------------|----------------------|----------------------|-----|-----|----------------------------|-------------|-----------|
| | transversale intéressante | | Valeurs à obtenir | | | | Métal de base | Métal fondu | |
| | toute l'épaisseur | une fraction de l'épaisseur | ≥ 470 | | | | | | |
| T1 | 25x9,7 | - | 519 | / | / | / | X | - | conforme |
| T2 | 25x9,7 | - | 513 | / | / | / | X | - | |

3 - ESSAIS DE PLIAGE : exécutés par : Bureau Veritas le : 18 septembre 1996

| Repère de l'éprouvette | Éprouvette | | Ø Poinçon (4 "r") mm | Sens du pliage et dimensions de la section mm | | | | REMARQUES |
|------------------------|--------------|---------------|----------------------|---|--------|------------------|-----------------|-----------|
| | Transversale | Longitudinale | | Endroit | Envers | Côté intéressant | | |
| | | | | | | toute "t" | fraction de "t" | |
| P1 | X | - | 40 | 35x10 | - | / | / | conforme |
| P2 | X | - | 40 | 35x10 | - | / | / | |
| P3 | X | - | 40 | / | 35x10 | / | / | |
| P4 | X | - | 40 | / | 35x10 | / | / | |

* t = épaisseur

4 - ESSAIS DE RÉSILIENCE :

exécutés par : Bureau Veritas

le : 18 septembre 1996

| Valeurs à obtenir KCV J/cm ² | Nuance ① | Nuance ② |
|---|----------|----------|
| Minimale | 19,5 | |
| Moyenne | 26 | |

Dimensions des éprouvettes : 10x7,5

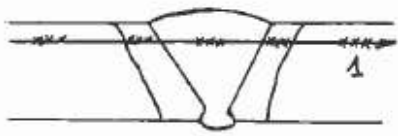
| Repère de l'éprouvette | °C | Position de l'éprouvette Peau = P Mi-épaisseur = e Racine = r | KCV J/cm ² Emplacement de l'entaille | | | | | | REMARQUES |
|------------------------|-----|--|--|-------|----------|--------|----------|----------|-----------|
| | | | MF(VWT) | | ZAT(VHT) | | | | |
| | | | | | Nuance ① | | Nuance ② | | |
| | | | Ind. | Moy. | Ind. | Moy. | Ind. | Moy. | |
| K1 | -40 | P | / | / | 121,70 | 153,91 | / | conforme | |
| K2 | -40 | P | / | / | 220,2 | | / | | |
| K3 | -40 | P | / | / | 137,85 | | / | | |
| K4 | -40 | P | 54,28 | 52,34 | / | / | / | | |
| K5 | -40 | P | 45,36 | | / | / | / | | |
| K6 | -40 | P | 57,38 | | / | / | / | | |

PV. QMOS N°: 00 60 BFC

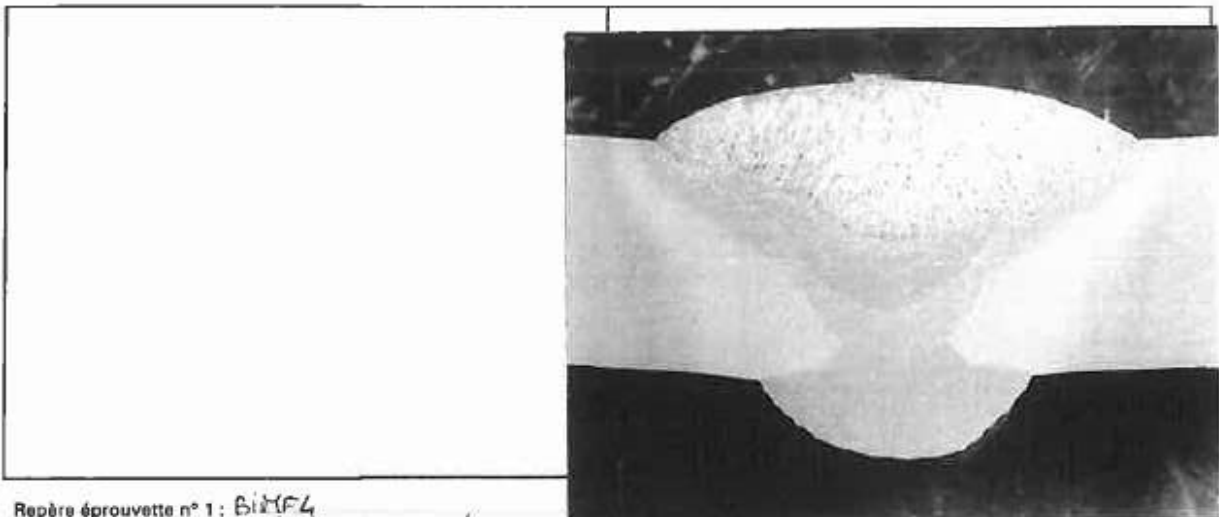
CAQ 0520-92 - Rév: 0 4/4

5 - DURETÉS HV10 :

Essais exécutés oui non par: Bureau Veritas le: 18 septembre 1936
 Valeur maximale acceptable sur soudure monopasse: sur soudure multipasse: 350HV10

| Emplacement des mesures | N° filiation | Résultats |
|---|--------------|-------------------------|
|  | 1 | 151 151 151 156 165 187 |
| | | 193 193 199 193 167 156 |
| | | 151 151 151 |


6 - EXAMEN MACROGRAPHIQUE exécuté par: Bureau Veritas le: 18 septembre 1936
 Réactif d'attaque: NITAL Grandissement: 3,5



Repère éprouvette n° 1: BIMF4
 Résultat: Fusion correcte. Absence de défaut de compacité. Conforme ISO 5817 DB

BIMF 4

7 - AUTRES EXAMENS OU ESSAIS

| Désignation des annexes | Nom et signature de l'examineur de l'organisme d'inspection | Nom et signature du représentant du constructeur ou fabricant |
|---|---|---|
| Annexe 1: D1125 Annexe 2: PV contrôle visuel Annexe 3: PV Ressuage Annexe 4: PV Radio Annexe 5: PV Nivel de Base Annexe 6: PV Nivel d'appart de flux |  | A |

110 Qualification des soudeurs.

Tél : 03.85.55.13.44
 Fax : 03.85.78.76.55
 Bureau : LE CREUSOT



Region
 Certificat n° : DJN.05.A.321
 Numéro Interne : LCS 405055/042
 Internal n°
 Page 1 / 2

CERTIFICAT DE QUALIFICATION DE SOUDEUR SUIVANT
WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE IN ACCORDANCE WITH
NF EN 287-1 : 2004

SYMBOLISATION : A EN 287-1,111,T,BW,1.1,B,t06,D048,PA,ss,nb
 DESIGNATION

N° référence du DMOS : STBM-01

WPS reference N°

Repère de l'assemblage : 03

Marking of test piece

Soudeur : Nom /Name :

Numéro S.S. : /Identification : 1.58.11.99.139.364.

Welder Prénom /Christian name :

Date de naissance /Date of birth 58

Repère d'identification /Identification method : 03

Lieu de :

Employeur /Employ

Lieu de soudage :

Welded at :

Compétence technologique

/Job knowledge :

Non vérifiées / Not tested

Code Interne /Internal code : 123

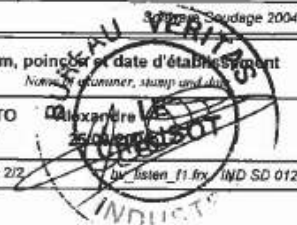
| Variables de qualification <i>Variables</i> | Détails de l'épreuve pratique <i>Weld test details</i> | | Domaine de validité de la qualification <i>Approval and range of approval</i> | |
|--|---|---|--|---|
| | Passes de pénétration <i>Root pass</i> | Passes de remplissage <i>Fill passes</i> | Passes de pénétration <i>Root pass</i> | Passes de remplissage <i>Fill passes</i> |
| Procédé(s) de soudage <i>Welding process</i> Multipasses | A 111 B / | MANUEL | 111 | |
| Tôle (P) ou tube (T) <i>Plate or pipe</i> | T | Tubes | (Angle >= 60°) | |
| Type d'assemblage <i>Joint type</i> | BW | Butt Weld | BW - FW (Voir 5.4.b) | |
| Gougeage - Support envers <i>Gouging - Backing</i> | A ss,nb B / | | ss,mb - ss,nb - bs (FW : sl, ml) | |
| Groupe(s) matériau(x) de base <i>Parent metal group</i> (Voir notes au verso) <i>(See notes overleaf)</i> | 1.1 | P265GH | 1.1-1.2-1.4 | |
| Type(s) des métau(x) d'apport <i>Filler metal type</i> | A B B / | BDE 7016S | A-RA-RB-RC-RR-R-B | |
| Gaz de protection ou flux <i>Designation shielding gases or flux</i> | A B / | | / | |
| Dimensions <i>Dimensions</i> | | | | |
| Epaisseur en mm <i>Thickness (mm)</i> | 6.30 | | De 3.00 mm mini à 12.60 mm maxi | |
| Métal déposé procédé A <i>Deposited metal thickness</i> | A 6.30 | | De 3.00 mm mini à 12.60 mm maxi | |
| Métal déposé procédé B <i>Deposited metal thickness</i> | B / | | / | |
| Diamètre extérieur tube en mm <i>Pipe outside diameter</i> | 48.30 | | De diam. ext. 25.0 mm à tous diam. sup. | |
| Position de soudage <i>Welding position</i> | PA | | [P.BW] : PA [P.FW] : PA - PB [T.BW] : PA [T.FW] : PA - PB | |

| Type de contrôle, d'examen ou d'essais <i>Type of test</i> | Effectué et accepté <i>Performed and acceptable</i> | Non requis <i>Not required</i> |
|---|--|-----------------------------------|
| Visuel <i>Visual</i> | OUI - Visuel sur place | / |
| Radiographie <i>Radiography</i> | OUI - | / |
| Ultrasons <i>Ultrasonic test</i> | / | N.R. |
| Magnétoscopie <i>Magnetic particle test</i> | / | N.R. |
| Ressuage <i>Dye penetrant test</i> | / | N.R. |
| Macroscopie <i>Macroscopic examination</i> | / | N.R. |
| Texture <i>Fracture test</i> | / | N.R. |
| Pliage ou Traction (alu.) <i>Bend or Tensile test (alu.)</i> | / | N.R. |
| Examen ou essai complémentaire (**) <i>Additional tests (**)</i> | | |

*) Annexer les fiches de résultats (si requis) *Append separate sheet (if required)*

| Lieu d'établissement <i>Issued at</i> | Date de départ de validité <i>Date of issue</i> | Date de fin de validité (**) <i>Valid until (date) (**)</i> | Nom, poing et date d'établissement <i>Name of examiner, stamp and date</i> |
|--|--|--|---|
| LE CREUSOT | 03/01/2005 | 02/01/2007 | TOSETTO BV 743 |

**): Sous réserve que le certificat soit signé tous les 6 mois par l'employeur, le coordonnateur ou le superviseur sur la page 2/2



BUREAU VERITAS - LE CREUSOT - 3 AVENUE FRANCOIS MITTERRAND - - 71200 - LE CREUSOT - FRANCE - 03.85.55.13.44



2 Historique, intérêt et contenu des codes:

Il faut tout d'abord comprendre qu'un appareil contenant un gaz ou de la vapeur d'eau sous pression est un appareil excessivement dangereux si un certain nombre de précautions ne sont pas prises à chaque niveau, **depuis la conception jusqu'au suivi en service et sa maintenance.**

Ce risque potentiel est dû essentiellement à l'énergie souvent considérable que peut libérer le gaz ou la vapeur lors d'une rupture accidentelle de l'enveloppe soumise à la pression. L'existence de cette **énergie potentielle** $P \cdot V$ (Pression * Volume) est due à la propriété de compressibilité des gaz (voir cours de physique). Cette énergie se libérant généralement dans un temps très court lorsqu'une défaillance survient (rupture de l'enveloppe), la puissance développée peut être considérable.

A la fin du XIX^e siècle, au fait de l'essor industriel, de nombreux réservoirs, ou d'autres appareils à pression de gaz, ainsi que des générateurs de vapeur (chaudières) ont été construits.

Des accidents graves, spectaculaires et meurtriers, d'abord aux Etats-Unis, mais aussi en Europe, ont conduit les législateurs à établir une réglementation et ont fait prendre conscience aux Fabricants de la nécessité de **rassembler leur « savoir faire » et leur expérience.**

Ainsi, aux États Unis, en 1887, l'Association Américaine des Fabricants de Chaudières crée les premières règles de construction des chaudières (3 pages à l'époque!), puis en 1915 le premier Code ASME (American Society of Mechanical Engineers) voit le jour.

REMARQUES IMPORTANTES CONCERNANT LES CODES.

Ce sont, comme nous l'avons déjà dit, des **recueils du « savoir-faire » des Fabricants**, ce qui, pour bien comprendre leur « esprit », amène à plusieurs remarques :

- **Les règles données tiennent compte de l'expérience** acquise par la profession et par les utilisateurs, des connaissances du comportement des matériaux et de la répartition des contraintes, ainsi que de l'état des techniques de mise en œuvre et d'assemblage au moment de la rédaction du Code et de ses mises à jour.

- **Dans l'esprit des auteurs**, les règles présentées dans le Code sont des règles minimales à respecter, compte tenu de l'état des techniques au moment de leur publication. Elles sont données comme guide de recommandations pour servir de base technique à des contrats.

- Il existe de nombreux codes, les Fabricants se regroupant pour les éditer.

Exemples :

- France CODAP (Appareils non soumis à l'action de la flamme),
CODETI (Tuyauteries), COVAP (Appareil soumis à l'action de la flamme),
RCC-M (Règles de Conception et de construction des Matériels Nucléaires)
- Allemagne AD. Merkblater.
- Etats-Unis Code ASME

- **Fabrication unitaire, forme complexe.**

Les appareils chaudronnés sous pression, souvent de dimensions importantes, sont la plupart du temps construits à l'unité ou en très petite série : on ne peut donc pratiquement jamais faire d'essais de rupture sur un appareil réel. Il faut utiliser des règles de dimensionnement et de conception aussi simples que possible, applicables facilement.

Les appareils comportent, du fait de leur utilisation, des formes fonctionnelles qui ne sont pas forcément modélisables simplement pour vérifier leur résistance mécanique. Il est donc intéressant que toute la corporation profite des résultats acquis antérieurement sur les constructions réalisées.

- **Ces appareils métalliques sont assemblés par soudage.**

Comme dans tous les domaines faisant appel à la technologie du soudage, il ne suffit pas de bien calculer et de bien concevoir les assemblages, encore faut-il utiliser des matériaux compatibles avec ces assemblages soudés, les mettre en œuvre correctement, et contrôler sérieusement l'appareil avant de le livrer. C'est la raison d'être des chapitres Matériaux, Fabrication et Inspection du Codap.

Il est donc important de comprendre que le code doit être appliqué dans son intégralité, et que le dimensionnement ne suffit pas.

3 Choix d'une catégorie de construction, conséquences sur l'ensemble de la construction.

31 Choix :

C'est un des tout premiers renseignements indispensables pour concevoir un appareil. Le Codap propose dans l'annexe GA5 une méthode pour choisir la catégorie de construction de l'appareil. On la détermine à l'aide du tableau GA5.3, en fonction de 2 critères : les facteurs potentiels de défaillance que présente l'appareil, et les conséquences qu'entraînerait une défaillance de l'appareil. L'acheteur ou le Donneur d'ordre doit choisir la catégorie ou fournir au constructeur les renseignements permettant d'évaluer les deux critères ci-dessus.

Pour construire un appareil suivant le CODAP, il est nécessaire de connaître au préalable :

- Le produit contenu (toxicité).
- Sa nature (gaz ou liquide).
- La pression maximale admissible.
- Le volume.

Dans le cadre de la réglementation européenne, l'ensemble de ces conditions permet de déterminer l'une des 4 **catégories de risque** (GA5) puis par **l'évaluation des facteurs potentiels de défaillance et des conséquences d'une défaillance éventuelle** (GA5.3), de choisir la catégorie de construction (GA5.4.1).

A noter :

Le CODAP est divisé en 2 divisions.

La Division 1 concerne les appareils de catégorie de risque suivant articles 3.3 et 1, pour lesquels les matériaux peuvent ne pas faire l'objet d'une réception spécifique.

Ces appareils peuvent être fabriqués en acier carbone (avec limite d'élasticité < 295 Mpa) ou nuance d'aciers inoxydables austénitiques (hors réfractaires) ou d'alliages d'aluminium.

Les autres appareils, de conception et de fabrication plus complexes, doivent être construits selon la Division 2.

Dans le cadre de la réglementation européenne, on peut synthétiser les différences entre les deux divisions de la manière suivante :

| | Division 1 | Division 2 |
|---------------------------|--|--|
| Matériau | Acier au C -Inox austénitique -Aluminium et alliages Cuivre | En plus : - aciers faiblement alliés, aciers alliés - nickel et alliages, - cuivre et alliages, - titane, zirconium. |
| Contrôle matériau | Non spécifique | Spécifique |
| Catégorie de construction | B2, C | A, B1, B2 |
| | Pas de fluage Pas de fatigue | Fluage. Fatigue. Dimensionnement par analyse des contraintes (C10) |

L'utilisation de matériaux répondant aux exigences de normes américaines peut être acceptable moyennant certains amendements.

Les schémas de la Partie CE «Contrôles, Essais et Inspection» (Section CE1) sont identiques à ceux de l'Annexe FA1, ce qui en facilite la compréhension.

32 Travail :

Effectuer la démarche avec la cuve d'air comprimé afin de déterminer la catégorie de construction.

33 Quelques Conséquences.

La définition générale des catégories et les conséquences du choix sont données en GA5.4. Le tableau GA5.4-2 donne la correspondance entre catégorie, contrainte nominale de calcul « f », et coefficient de soudure « z ».

Catégorie A : contrainte f1, z=1

Catégorie B1 et B2 : contrainte f1, z = 0,85 ;

Catégorie C : contrainte f2, z = 0,7 ;

Les appareils de catégorie A présentant les risques les plus élevés et dont la défaillance entraînerait des conséquences graves, sont soumis à des contrôles très sévères (donc très onéreux) avant, en cours et après fabrication. On peut donc se permettre de réduire un peu le coefficient de sécurité, de ne pas tenir compte des soudures (coefficient de soudure z=1), donc de construire plus « fin ».

Par contre, pour les appareils de catégorie C, « aux conditions de service modérées, ne contenant pas de fluide dangereux », on contrôlera moins, mais on prendra un coefficient de sécurité plus élevé, ainsi qu'un coefficient de soudure plus « prudent » (le coefficient z apparaît au dénominateur dans les formules de calcul d'épaisseur où on le trouve ; un z = 0,7 correspond donc à un coefficient de sécurité supplémentaire de $1/0,7=1,43$ pour tenir compte du risque supplémentaire dû à la soudure).

Si l'on prend pour exemple un appareil en acier inoxydable austénitique : **PARTIE G Généralité**

- en catégorie A, le coefficient de sécurité est de 3 par rapport à la résistance à rupture à température de calcul (tableau **GA5.6.1 - 1**), et le coefficient de soudure est 1.

- en catégorie C, le coefficient de sécurité est de 3,25, et le coefficient de soudure est 0,7. L'épaisseur sera donc multipliée par : $(3,25/3) \times (1/0,7) = 1,54$ par rapport à la catégorie A.

Dans la **PARTIE M Matériau**, on note la limitation de certains matériaux suivant la catégorie de construction.

Dans la **PARTIE F Fabrication** et plus particulièrement aux chapitres **FA1-4.2.1 et FA1-4.2.2**, les joints soudés sont la plupart du temps exigés à pénétration complète en catégorie A, alors qu'une pénétration partielle est souvent suffisante en B1, B2 et C.

Dans la **PARTIE CE Contrôle Essais et Inspection**, le tableau **CE1.2.2.1** montre la nécessité de coupons témoins suivant la catégorie de construction. .

Le nombre des documents constituant le dossier constructeur (**CE 2.5**) est beaucoup plus important en catégorie A qu'en catégorie C.

Le nombre des contrôles non destructifs des assemblages soudés est différent (**CEA 1**).

Les critères d'acceptation des imperfections visuelles des soudures sont plus ou moins sévères suivant la catégorie de construction. (**CEA2.2**).

La qualification du soudeur est différente.

En conclusion, lorsqu'on a le choix, on se trouve face à une alternative : construire « fin » en contrôlant « beaucoup », ou construire « épais », en contrôlant « moins ».

Ceci étant, un appareil à pression, même en catégorie C reste un appareil dangereux, et ne peut être construit n'importe comment, ou par n'importe qui. Il en est pour preuve un nombre d'exigences du code qui valent pour toutes les catégories.

34 Travail :

Vérifier pour la cuve d'air comprimé que :

- Les préparations de bords à souder sont conformes à la catégorie choisie pour la cuve. (Soudures longitudinales, circulaires, piquages, brides et anneau renfort).

Voir **FA1**

- Enoncer les assemblages qui nécessitent des coupons témoins. Voir **CE1.2**

- Enoncer les essais destructifs nécessaires. Voir **CE1.2**

- Enoncer les contrôles non destructifs nécessaires. Voir **CE1.3**

- Le matériau est- il conforme aux exigences de la catégorie de construction ?

Voir **M1.2** et **M2.2-1a**

4 Situation d'un appareil

Afin de dimensionner un appareil, c'est-à-dire de déterminer les épaisseurs à donner au métal constituant les différents éléments, il faut connaître :

- les actions mécaniques exercées sur l'élément : pression, poids des accessoires, efforts exercés par les tuyauteries, le vent, la neige, les séismes, etc ...
- la contrainte admissible dans le métal. Celle-ci dépend : des caractéristiques du métal à la température à laquelle se trouve l'élément considéré (voir chapitre 5 de ce dossier), et du coefficient de sécurité adopté.

Deux méthodes peuvent alors être mises en œuvre :

- soit on calcule l'épaisseur minimale nécessaire au moyen de formules (viroles, fonds ...) ;
- soit on vérifie que l'épaisseur admise (sous-entendu « que l'on admet pour faire le calcul »), sollicitée par la contrainte admissible, est suffisante pour tenir les efforts appliqués (cas de la vérification des ouvertures par exemple).

Les paramètres énumérés ci-dessus vont varier :

- selon la phase de fonctionnement (en général, on a au moins trois phases : démarrage, fonctionnement, arrêt de l'installation) ;
- si survient un incident prévisible pendant le fonctionnement ;
- si on effectue une opération particulière sur l'appareil (épreuve hydraulique par exemple).

On conçoit donc que l'on ne puisse effectuer un seul calcul, mais plusieurs, correspondant à des combinaisons de paramètres associés pour des conditions de fonctionnement appelées « situations » dans le code.

Le code distingue 3 types de situations : voir paragraphe **C1.1.5** du Codap.

41 Travail :

Définir dans un tableau toutes les données relatives à chaque situation de service pour la cuve d'air comprimé.

5-Caractéristiques du matériau en fonction de la température.

Pour la détermination de la contrainte nominale de calcul (GA5.6.1), on prend en compte la température de la paroi dans la situation étudiée.

En effet, les caractéristiques du matériau dépendent directement de la température à laquelle il se trouve : les courbes de la page suivante, tracées à partir des normes citées en référence, montrent l'évolution de la limite élastique en fonction de la température.

On déterminera donc une contrainte nominale de calcul pour chaque situation de l'appareil, en prenant en compte les caractéristiques du matériau à **la température correspondant à la situation envisagée.**

Remarque :

-Pour la situation d'essai de résistance (épreuve hydraulique), on considère que l'eau, et donc l'enveloppe de l'appareil, sont à température ambiante: il serait onéreux et sans intérêt de chauffer l'eau. En revanche, pour une situation exceptionnelle de service, la température sera la température effective du métal de l'élément considéré lors de cette situation.

-Comme pour le coefficient de sécurité, le code donne des exigences minimales, et le constructeur peut adopter une température de calcul supérieure à celle de la situation considérée.

-Pour les appareils pouvant se trouver à basse température, on prend les caractéristiques à la température ambiante, mais on exige une résilience minimale.

C'est pour cette raison que beaucoup d'appareils utilisés en cryogénie sont construits en acier inoxydable, non pas parce qu'ils risquent la corrosion, mais parce que ces alliages ont une bonne résilience, même à très basse température. **Voir M 1.2.**

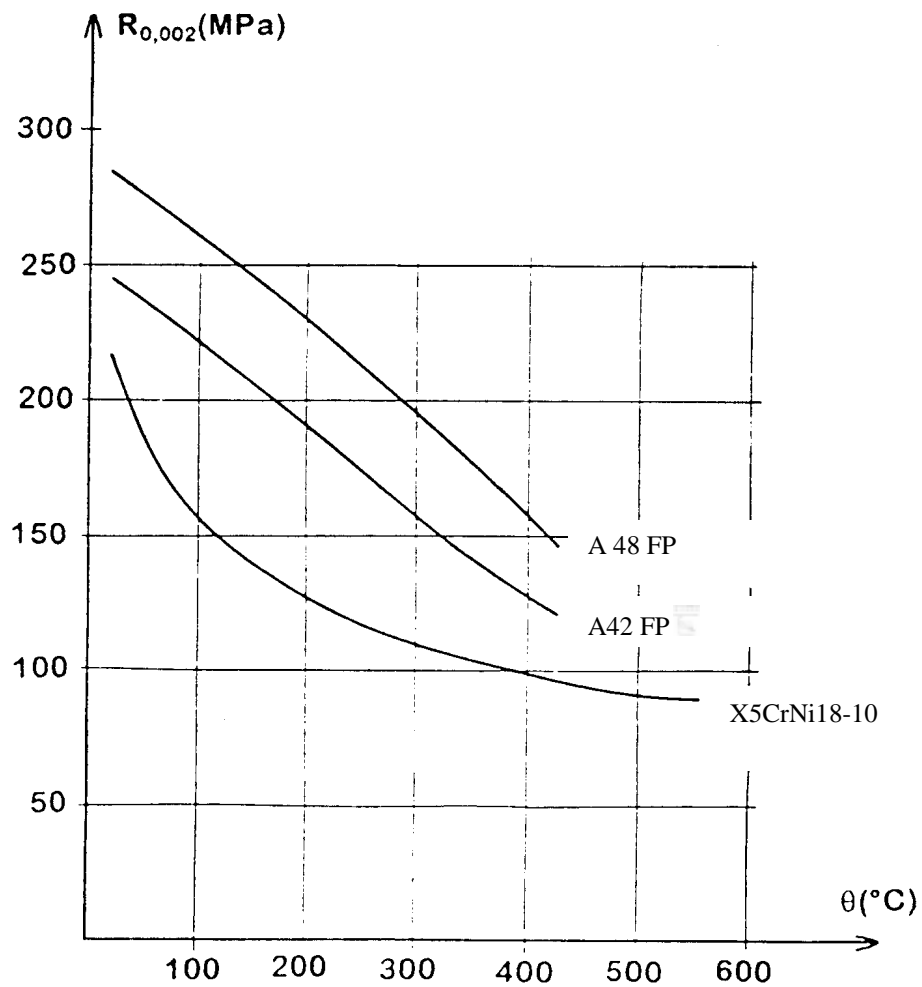
Si on trouve dans des caractéristiques par exemple : « température métal : $-10^{\circ}\text{C} / + 100^{\circ}\text{C}$ » : cela signifie qu'on a estimé qu'il fallait garantir la résilience à -10°C , l'appareil pouvant se trouver à cette température lors d'un arrêt de fonctionnement en hiver par exemple.

-Pour ce qui concerne les brides, la norme E 29-203 (voir tableau ci-dessous), donne directement les Pressions Maximales Admissibles (PMA) en fonction de la température de fonctionnement, et de la Pression Nominale (PN) de la bride pour les nuances d'acier les plus couramment employées.

On voit par exemple que des brides ISO PN 10, 16, 25 et 40 sont utilisables respectivement à 10, 16, 25, et 40 bars à la température ambiante, et ne résistent plus respectivement qu'à 8, 12,8, 20, et 32 bars à 200°C .

| Température °C | PMA pour ISO PN en bars | | | |
|-------------------|-------------------------|------|------|----|
| | 10 | 16 | 25 | 40 |
| 20 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| 110 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| 150 | 9 | 14,4 | 22,5 | 36 |
| 183 | - | - | - | - |
| 200 | 8 | 12,8 | 20 | 32 |
| 250 | 7 | 11,2 | 17,5 | 28 |
| 300 | 6 | 9,6 | 15 | 24 |

Evolution de la limite élastique en fonction de la température



51 Travail :

Définir par interpolation linéaire $R_{p0,2}^{60^\circ}$ du matériau de la cuve à partir du tableau M2.2 1b et des éléments du dossier constructeur.

6 Calcul d'une enveloppe cylindrique soumise à pression intérieure.

61 Contrainte transversale effective dans une enveloppe cylindrique.

Dans le paragraphe C2.1.2.I du Codap, il est précisé que les règles énoncées dans la section C2 ne s'appliquent que si : $D_m > 5e$.

Pourquoi cette limite ?

L'expression de la contrainte transversale (sous-entendu par rapport à l'axe de la virole, donc appliquée sur une génératrice du cylindre) dans une enveloppe cylindrique, quelle qu'en soit l'épaisseur, est donnée par les formules de Lamé :

$$\sigma = p * \frac{D_i^2}{D_e^2 - D_i^2} * \left(1 + \frac{D_e^2}{4 * r^2}\right)$$

σ : contrainte sur le rayon r de l'enveloppe cylindrique ;

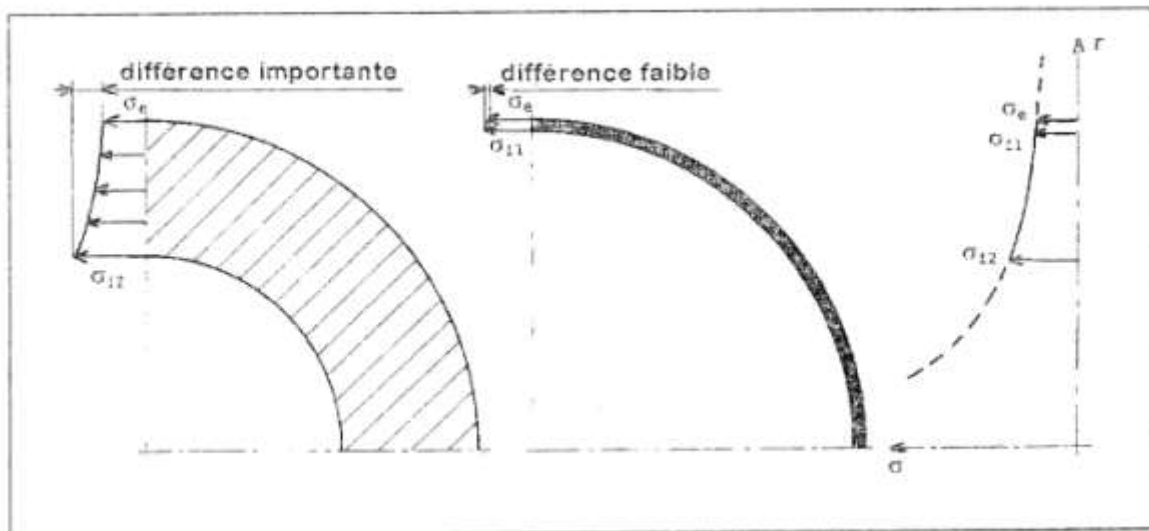
p : pression intérieure ;

D_i : diamètre intérieur de l'enveloppe ;

D_e : diamètre extérieur de l'enveloppe.

La contrainte n'est donc pas uniforme dans l'épaisseur de la paroi. Si l'on trace la courbe représentant l'allure des contraintes en fonction du rayon r , la fonction est de la forme : $y = a + b/r^2$ (voir schémas ci-dessous)

Ces schémas montrent que plus l'épaisseur est faible par rapport au rayon (donc aussi au diamètre), plus la variation de la contrainte est faible au sein même de l'épaisseur de la virole.



En posant $D_e = k.D_i$, on obtient :

- contrainte sur la paroi interne de l'enveloppe : $\sigma_i = p * \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1}$

- contrainte sur la paroi externe de l'enveloppe : $\sigma_e = p * \frac{2}{k^2 - 1}$

On calcule le rapport $R = \frac{\sigma_e}{\sigma_i} = \frac{2}{k^2 + 1}$ qui permettra de comparer σ_e , à σ_i : et quantifier l'approximation des enveloppes minces décrite ci-après (63).

62 Approximation :

Contrainte transversale (appliquée sur une génératrice) dans une enveloppe mince.

On considère que si l'épaisseur est faible par rapport au rayon de la virole, la variation de la contrainte est faible sur l'épaisseur de la paroi de virole. On fait donc l'approximation de considérer la contrainte comme constante dans l'épaisseur, et, dans un premier temps, de confondre les diamètres extérieurs et intérieurs avec le diamètre moyen.

L'équilibre d'un tronçon de demi-virole de longueur l s'écrit :

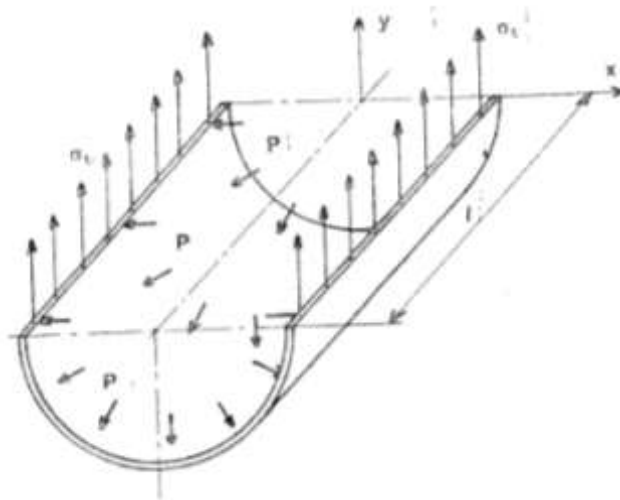
Sur l'axe x : $(p \cdot R \cdot l) - (p \cdot R \cdot l) = 0$ (Même démonstration qu'un calcul au matage
(Surface projetée))

Sur l'axe y : $(\sigma_t \cdot 2 \cdot e \cdot l) - (p \cdot D_m \cdot l) = 0$

$$\text{donc : } \sigma_t = \frac{p \cdot D_m}{2 \cdot e}$$

La contrainte réelle dans le matériau devant rester inférieure à la contrainte admissible, (Condition de résistance) $\sigma_t < f$, on en déduit l'expression de l'épaisseur minimale :

$$e = \frac{p \cdot D_m}{2 \cdot f}$$



Si on prend en compte le coefficient de soudure z (inférieur à 1), celui-ci vient minorer la contrainte admissible f ou majorer e :

$$e = \frac{p \cdot D_m}{2 \cdot f \cdot z} \text{ formule C2.1.4.2 du Codap.}$$

Si le diamètre intérieur est fonctionnel, on remplace D_m par $(D_e - e)$; il devient :

$$e = \frac{p \cdot D_i}{2 \cdot f \cdot z - p} \text{ formule C2.1.4.1 du Codap.}$$

Si le diamètre extérieur est fonctionnel, on remplace D_m par $(D_i + e)$; il devient :

$$e = \frac{p \cdot D_e}{2 \cdot f \cdot z + p} \text{ formule C2.1.4.3 du Codap.}$$

63 Comparaison Lamé - enveloppes minces

Nous allons comparer les contraintes extérieures et intérieures calculées par les formules de Lamé. Ce calcul est effectué en déterminant l'épaisseur par l'approximation des enveloppes minces :

$$- e = \frac{p \cdot D_m}{2 \cdot f}$$

- diamètre moyen de virole : 1m;

- contrainte admissible dans le métal: $f = \sigma_t = 100$ Mpa (correspondant à la contrainte transversale constante des enveloppes minces) ;

- coefficient de soudure : 1

- pressions choisies pour faire varier l'épaisseur.

Le tableau ci-dessous et le graphique montrent les résultats obtenus : On constate une divergence des contraintes réelles (Lamé) avec l'augmentation d'épaisseur. On voit que la limite imposée par le Codap permet de rester avec une erreur raisonnable, tout en permettant un calcul simple. Il est à noter que les très fortes épaisseurs ont été prises pour illustrer le propos, mais ne correspondent pas à des réalisations de viroles dont l'épaisseur est obtenue à partir d'une seule tôle. Dans les très fortes épaisseurs, on utilise la technologie des multi-couches ou des frettes, qui sont hors Codap (GI).

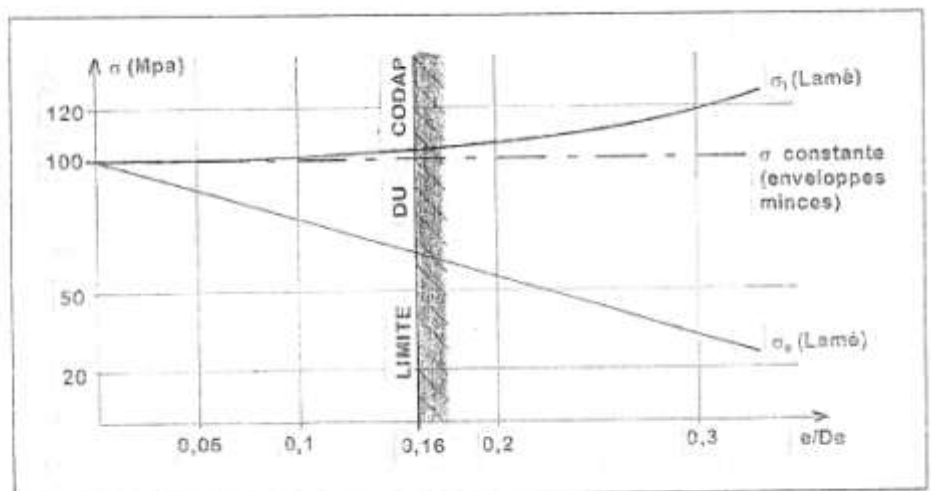
Jusqu'au Codap 95, la limite e/D_e était fixée à 0,16. Depuis le Codap 2000, la formulation est devenue $D_m > 5e$ (écart minime).

| | | | | | | | | |
|---------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| p (Mpa) | 1 | 10 | 20 | 25 | 38 | 50 | 70 | 100 |
| e (mm) | 5 | 50 | 100 | 125 | 190 | 250 | 350 | 500 |
| D_e (mm) | 1005 | 1050 | 1100 | 1125 | 1190 | 1250 | 1350 | 1500 |
| D_m (mm) | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| D_i (mm) | 995 | 950 | 900 | 875 | 810 | 750 | 650 | 500 |
| e/D_e | 0,005 | 0,047 | 0,091 | 0,111 | 0,16 | 0,20 | 0,26 | 0,333 |
| e/D_m | 0,005 | 0,05 | 0,1 | 0,125 | 0,19 | 0,25 | 0,35 | 0,5 |
| σ_i | 100,002 | 100,25 | 101 | 101,6 | 103,6 | 106,25 | 112,25 | 125 |
| σ_e | 99 | 90,25 | 81 | 76,56 | 65,6 | 56,25 | 42,25 | 25 |
| σ_e/σ_i | 0,990 | 0,900 | 0,802 | 0,754 | 0,633 | 0,529 | 0,376 | 0,2 |

On voit qu'avec cette approximation, dans le cas extrême où $e/D_e = 0,16$ (Codap jusqu'en 95), ou $e/D_m = 0,2$ (Codap depuis 2000), l'erreur en minoration sur la contrainte réelle reste inférieure à 4% : 103,6MPa pour 100 Mpa pris en compte.

**D'où les conditions
d'application des
règles : C2.1.2**

$$D_m > 5e$$



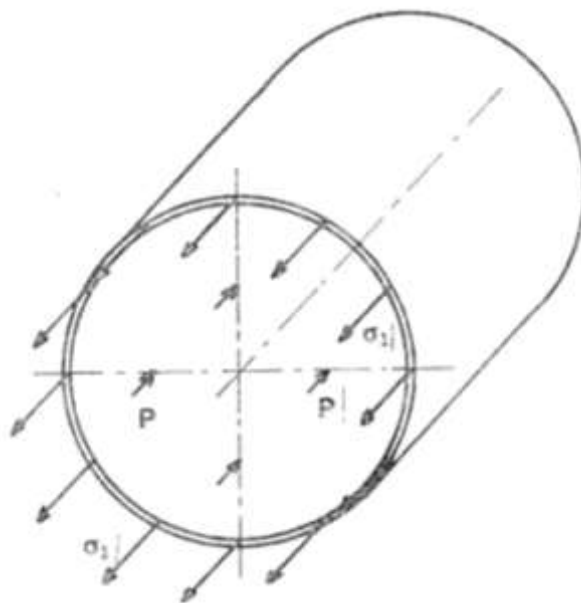
64 Contrainte longitudinale (appliquée sur une circonférence) dans une **enveloppe mince**.

Si on écrit l'équilibre d'un tronçon de virole coupée transversalement, on obtient :

$$(\sigma_l * \pi * D_m * e) = \left(p * \frac{\pi * D_m^2}{4} \right) = 0$$

D'où :

$$\sigma_l = \frac{p * D_m}{4e}$$



65 Quelques conséquences technologiques

Les résultats ci-dessus montrent que **la contrainte transversale est deux fois plus importante que la contrainte longitudinale**. Ceci est vrai en pleine tôle comme dans les soudures, et explique donc que les exigences soient plus draconiennes pour les soudures longitudinales (supportant la contrainte transversale), que pour les soudures circulaires (supportant la contrainte longitudinale).

On comprend pourquoi AREVA CREUSOT FORGE élabore des viroles sans soudeure longitudinale pour les générateurs de vapeur des centrales nucléaires.

Pour les assemblages non-circulaires (longitudinaux: **FA1 1.1**), on exige l'alignement des fibres moyennes des tôles, avec, en cas de différence d'épaisseur, un délardage.

Pour les assemblages circulaires (transversaux : **FA1 1.2.1**), il est autorisé de décaler les fibres moyennes ; la pente de délardage peut aller jusqu'à 1/3 ; on autorise les assemblages par emboîtement (**FA1 1.2.2**). Toutes ces dispositions génèrent des concentrations de contraintes plus fortes, mais la contrainte de départ étant de moitié, l'ensemble est satisfaisant.

Ce qu'il faut entendre par assemblage circulaire (C) ou non circulaire (NC) est défini par la figure **CE1.2**

Pour ce qui concerne les coupons-témoins d'assemblages soudés (tableau **CE1.2.2.1**) ;

- d'une part, ils ne sont exigés qu'en catégorie A pour les joints circulaires ;
- d'autre part, un coupon-témoin qualifie une longueur de soudure double en circulaire de ce qu'elle est en non-circulaire.

66 Travail : (Avec le Codap Didactique 2010).

Déterminer pour la virole principale Ø1900 de la cuve l'épaisseur minimale, l'épaisseur nominale de commande, l'épaisseur utile dans toutes les situations de service de la cuve.

| Virole soudée Rep1 | | | |
|--|---------|-----------------------|-----------------------|
| SITUATION DE CALCUL | | | |
| Catégorie de construction | | | |
| Division | | | |
| | Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| PRESSION | | Voir CE2.1.2 | |
| TEMPÉRATURE | | | |
| MATÉRIAU - DÉSIGNATION | | | |
| Résistance à la traction | | | |
| A la température ambiante : | | | |
| Résistance à la traction (à la rupture) R_m . | | | |
| Résistance élastique (limite conventionnelle d'élasticité à 0.2%) $R_{p0.2}$ | | | |
| A la température de calcul | | Voir M2.2-1b | |
| Résistance à la traction (à la rupture) R_m^t | | | |
| Résistance élastique (limite conventionnelle d'élasticité à 0.2%) $R_{p0.2}^t$ | | | |
| DONNÉES DE CALCUL | | | |
| Contrainte nominale de calcul | f | Voir GA5.6.1-1 | Voir GA5.6.1-3 |
| | | * | |
| Coefficient de soudure | z | | |
| EPAISSEURS Voir C19 | | | |
| ÉPAISSEUR MINIMALE NÉCESSAIRE Voir C2.1.4 | | | |
| D_e | | | |
| e | | | |
| épaisseur minimale nécessaire : e = | | | |
| Conditions d'application des règles | | | |
| $D_m > 5e$ | | | |
| ÉPAISSEUR NOMINALE DE COMMANDE | | | |
| Sur épaisseur de corrosion | | | |
| Tolérance en moins sur épaisseur du brut | | | |
| Réduction d'épaisseur en cours de fabrication | | | |
| $e_n > e + c + c_1 + c_2$ | | | |
| épaisseur nominale de commande $e_n =$ | | | |
| ÉPAISSEUR UTILE | | | |
| eu = | | | |

7 Conception d'un fond soumis à pression intérieure.

LES FONDS : POURQUOI CALCULER 3 ÉPAISSEURS ?

71 Rappels généraux sur les fonds.

Les appareils chaudronnés les plus simples à réaliser sont constitués d'une virole cylindrique (développable, contrairement à la sphère) et de deux fonds (il est à noter que les proportions diamètre-longueur de ces appareils sont définies par la norme NF F. 86-021), en fonction de leur capacité.

Or mis les fonds plats qui résistent très mal aux pressions, même faibles, les fonds normalisés sont définis par leur méridienne. On en trouve 3 familles : les fonds dits en anse de panier (ou encore torisphériques), les fonds à méridienne elliptique, et les fonds hémisphériques.

Pourquoi avoir tant de formes de fonds ?

Les fonds sont obtenus à partir de tôles planes embouties. Le fond hémisphérique est celui qui résiste le mieux à la pression, mais nécessite un embouti profond ; à l'inverse, les fonds en anse de panier dits « à petit rayon de carre » (la carre est la zone torique du fond raccordant la partie sphérique à la manchette cylindrique), ou « PRC » ont un embouti peu profond, mais résistent mal à la pression. On doit donc faire un compromis entre une faible profondeur d'embouti qui réduira le coût de fabrication du fond, et un embouti profond qui coûtera plus cher, mais sera plus mince pour résister à la même pression. Classés par ordre croissant de profondeur d'embouti, les fonds normalisés ont les formes suivantes : PRC, MRC, GRC, elliptique, hémisphérique.

Pour les appareils à pression de gaz, on n'utilise que les trois derniers types: les normes E 81-101 et 104 précisent : « pour offrir des garanties satisfaisantes de sécurité dans la fabrication d'appareils à pression, ces fonds devraient avoir une épaisseur qui les rendrait plus coûteux que les GRC ou elliptiques ». Par conséquent, en règle générale, ils ne sont pas utilisés dans la fabrication d'appareils à pression ». Les GRC sont les plus courants, les elliptiques étant utilisés pour les pressions plus élevées. Les hémisphériques sont seulement utilisés pour les très fortes pressions, ou lorsque l'on veut économiser de la matière (gain de poids ou coût intrinsèque).

Comparaison de la profondeur des différents fonds

La profondeur est donnée à l'intérieur du fond entre la ligne de tangence (matérialisée par un trait mixte fin sur les plans, et repérée LT), et le pôle intérieur du fond.

Pour un diamètre de 750mm, on a une profondeur de :

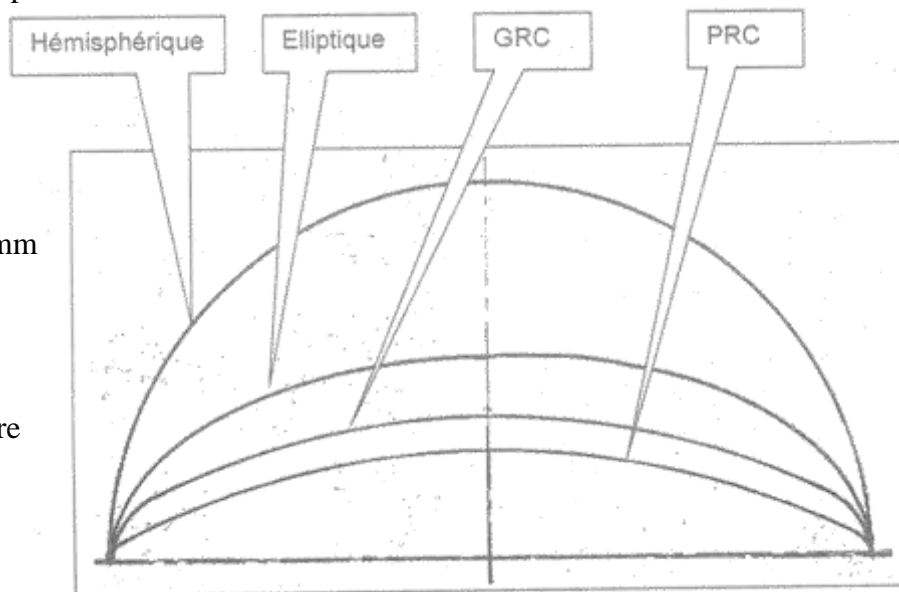
Hémisphérique : 375mm

Elliptique (NF E 81-103) : 161 à 195mm

GRC (NF E 81-102) : 134 à 144mm

MRC (NF E 81-104) : non normalisé
pour ce diamètre

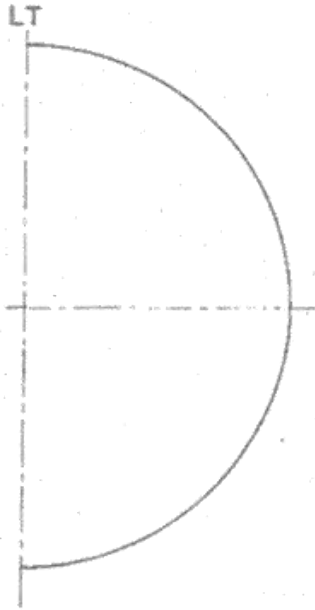
PRC (NF E 81-101) : 108 à 110mm



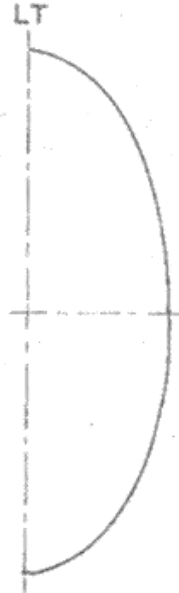
La page suivante donne la comparaison entre les méridiennes, les profondeurs et l'épaisseur pour un même diamètre et une même pression.

Méridiennes de fonds $\Phi 750\text{mm}$ Pour une même pression

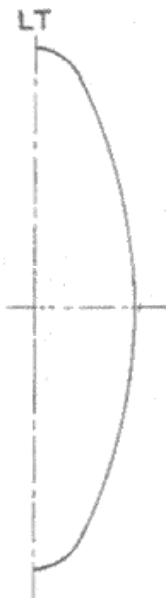
Hémisphérique:
profondeur 375mm
épaisseur 3,8mm



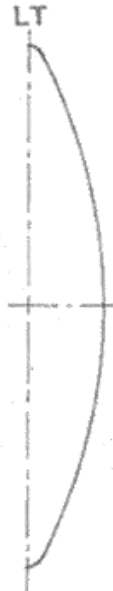
Elliptique
profondeur 161 à 195mm
épaisseur 8mm



GRC
profondeur 134 à 144mm
épaisseur 12,4mm



PRC
profondeur 108 à 110mm
non utilisable sous pression



72 Calcul d'un fond GRC.

Le tracé de l'anse de panier montre qu'un tel fond comporte 3 zones :

L'une centrale qui est une calotte sphérique.

L'autre périphérique qui est une portion de tore.

La manchette cylindrique, qui se comporte comme une virole (chapitre précédent).

On peut donc admettre que le calcul du fond nécessite de déterminer l'épaisseur de chacune de ces 3 zones. Dans les fonds de grand diamètre réalisés en plusieurs parties, il arrive que la calotte ne soit pas réalisée de la même épaisseur que la carre : voir Fig. **C3.1.5.2**.

De plus, l'expérience montre qu'il faut aussi vérifier la zone de raccordement tore-sphère.

On va donc successivement calculer l'épaisseur de toutes ces zones (Toutes sauf la manchette). Si le fond est en une seule partie, on prendra la plus forte des trois épaisseurs trouvées (relation **C3.1.5.1a**).

Calotte sphérique :

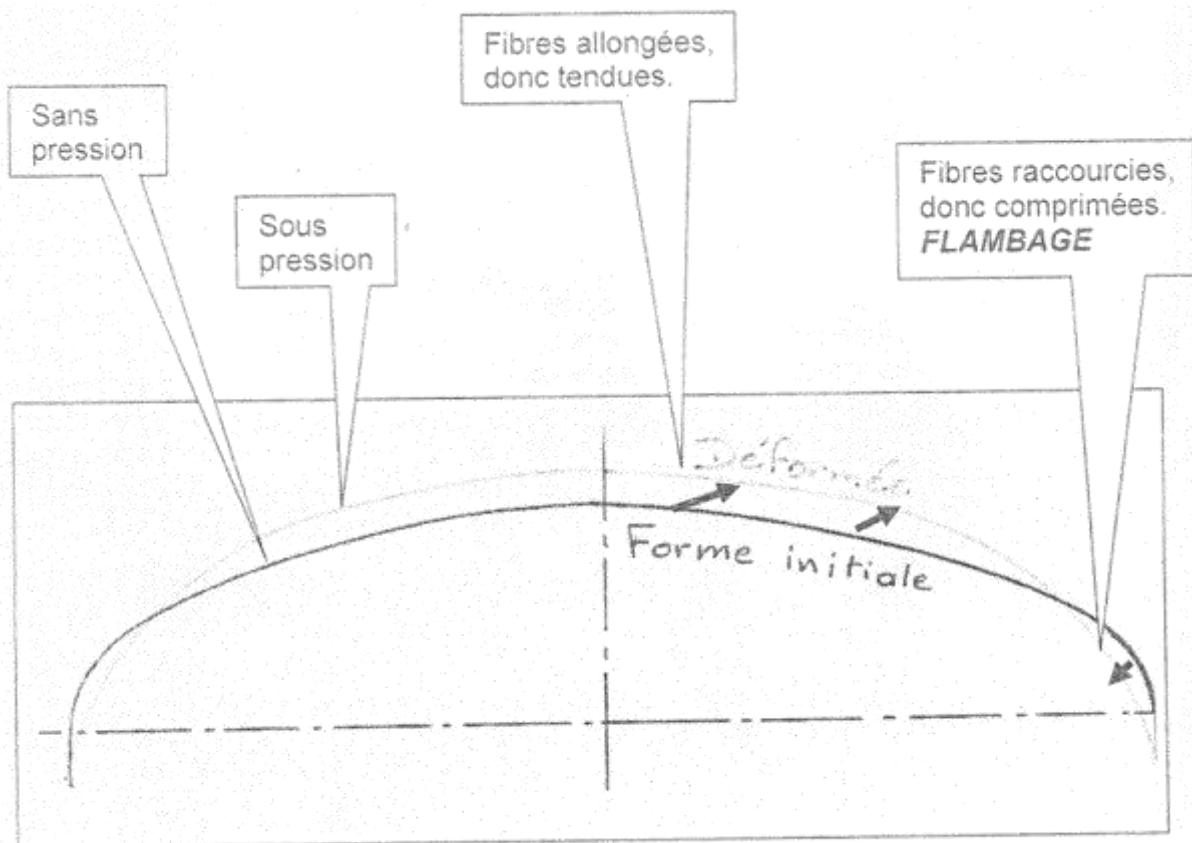
Formule **C3.1.5.1b** : L'épaisseur est calculée à partir du rayon intérieur.

Raccordement tore-sphère :

Formule **C3.1.5.1c** La valeur de l'épaisseur utilise le graphique **C3.1.5**.

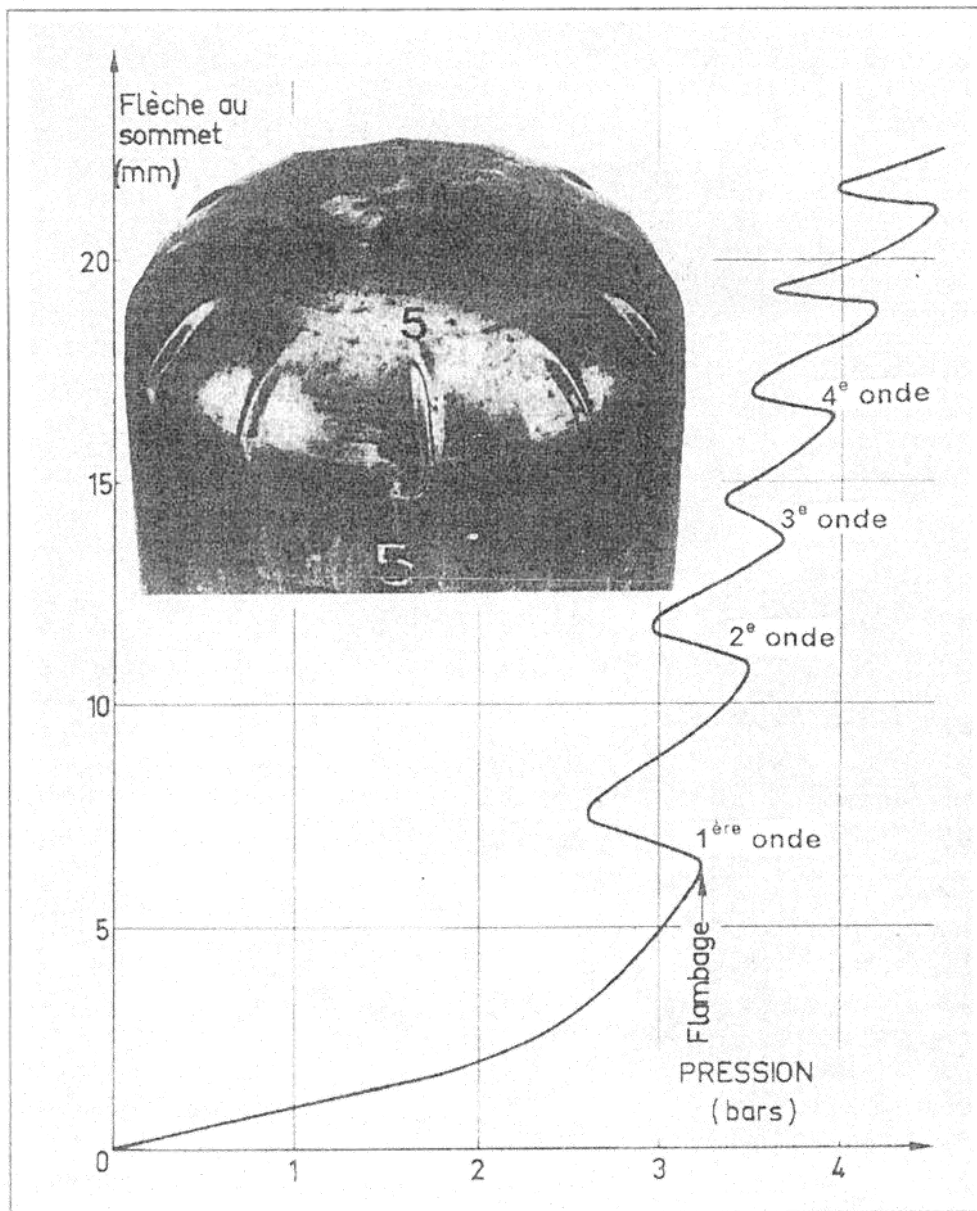
Carre :

On va déterminer l'épaisseur de la carre par rapport au risque de flambage : lorsque le fond est mis sous pression, il a tendance naturellement à prendre la forme d'une calotte sphérique : les fibres de la zone centrale du fond sont allongées (donc tendues), mais celles de la carre sont raccourcies (donc comprimées).



Compte-tenu de la longueur circonférentielle par rapport à l'épaisseur, le risque de flambage existe bel et bien. Si on fait un essai, on voit apparaître successivement des plis de flambage dans la carre (voir photos pages suivantes). Il est à noter que ce problème est apparu fortuitement lors d'un essai hydraulique, aux Etats- Unis en 1956.

La valeur de l'épaisseur est donnée par la formule **C3.1.5.1d**.



Formation des ondes
(doc Alix et Roche, CEA)

73 Calcul d'un fond elliptiques.

Lorsqu'un fond est embouti avec une méridienne de ce type, on n'a plus de calotte sphérique ni de carre. On a néanmoins gardé la même méthode de calcul, avec des rayons équivalents approchés : les formules changent donc, mais le principe demeure : voir **C3.1.4**.

Pour les fonds normalisés $D_i/(2h_i) = 1,9$, le calcul est simplifié.

74 Travail : (Avec le Codap Didactique 2010).

Déterminer pour le fond principal $\varnothing 1900$ de la cuve l'épaisseur minimale, l'épaisseur nominale de commande, l'épaisseur utile dans toutes les situations de service de la cuve.

| Fond elliptique Rep2 conforme Norme NFE 81-103 | | | |
|--|--------------------|-----------------|----------------|
| SITUATION DE CALCUL | | | |
| Catégorie de construction | B2 | | |
| Division | 2 | | |
| | Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| PRESSION | 13 bars = Mpa | 18.6 bars = Mpa | |
| TEMPÉRATURE | 60° | 20° | |
| MATÉRIAU – DÉSIGNATION NF EN 10028-2 P265 GH (+N) | | | |
| Résistance à la traction | | | |
| A la température ambiante : | | | |
| Résistance à la traction (à la rupture) R_m : 410 Mpa | | | |
| Résistance élastique (limite conventionnelle d'élasticité à 0.2%) $R_{p0.2}$: 255 Mpa | | | |
| A la température de calcul | | | |
| Résistance à la traction (à la rupture) R_m^t | | | |
| Résistance élastique (limite conventionnelle d'élasticité à 0.2%) $R_{p0.2}^t$ | 253 Mpa | | |
| DONNÉES DE CALCUL | | | |
| Contrainte nominale de calcul | f | Voir GA5.6.1-1 | Voir GA5.6.1-3 |
| Coefficient de soudure | z | | |
| Rapport des axes | $\frac{D_i}{2h_i}$ | | |
| Diamètre extérieur | De | | |
| Rayon C3.1.4.3 | r | | |
| Rayon intérieur De la calotte C3.1.4.4 | R | | |

| ÉPAISSEURS Voir C3.1.5 | | | | |
|---|----------------|---------|---------|----------------|
| | | Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| Épaisseur Mini | es | | | |
| | P/f | | | |
| | β | | | |
| Épaisseur Mini | ey | | | |
| 0.005 Di = | | | | |
| Épaisseur Mini | e _b | | | |
| Épaisseur minimale nécessaire : e = | | | | |
| Conditions d'application des règles Voir C3.1.2 | | | | |
| $1.7 < \frac{Di}{2hi} < 2.2$? | | | | |
| De > 12.5e ? | | | | |
| Épaisseur utile > 0.001 De | | | | |
| ÉPAISSEUR NOMINALE DE COMMANDE | | | | |
| Sur épaisseur de corrosion | | | | |
| Tolérance en moins sur épaisseur du brut | | | | |
| Réduction d'épaisseur en cours de fabrication | | | | |
| $e_n > e + c + c_1 + c_2$ | | | | |
| épaisseur nominale de commande e _n = | | | | |
| ÉPAISSEUR UTILE | | | | |
| eu = | | | | |

VÉRIFICATION DES OUVERTURES.

Les ouvertures, parfois appelées « piquages », sont des éléments fonctionnels indispensables sur les appareils chaudronnés.

A part la nécessité de remplir et de vider l'appareil, il faut souvent prévoir d'accéder ou de pouvoir inspecter l'intérieur. On a également besoin d'informations sur l'état du produit contenu : pression, température, niveau du liquide, etc ...

Les ouvertures d'inspection et d'accès sont définies par la norme NF E 86-100.

Afin de simplifier, nous nous bornerons ici à commenter la vérification des ouvertures dans les viroles cylindriques, seule reprise dans le Codap didactique.

81 Rappel préalable sur la définition des épaisseurs :

Le calcul de la virole donne l'épaisseur minimale nécessaire de la tôle (**voir Codap Cl.9.1 et figure Cl.9**).

Pour diverses raisons (normalisation des épaisseurs des tôles le plus souvent), la plus faible épaisseur réelle possible après corrosion de la virole (donc, théoriquement, la veille de ferrailler l'appareil), est la plupart du temps supérieure à l'épaisseur minimale nécessaire. Cette épaisseur est appelée épaisseur utile dans le Codap, et notée e_u .

Pour vérifier la résistance d'un élément, lorsque des formules ne permettent pas d'en calculer l'épaisseur, on prendra la valeur que le Codap appelle épaisseur admise (sous-entendu « que l'on admet pour faire le calcul »), et qui sera au plus égal à e_u .

Pour vérifier la résistance d'un élément, lorsque des formules ne permettent pas d'en calculer l'épaisseur, on prendra la valeur que le Codap appelle épaisseur admise (sous-entendu « que l'on admet pour faire le calcul »), et qui sera au plus égal à e_u .

82 Limites du code :

1- on considère que **si le diamètre de l'ouverture excède $16\sqrt{Dm * e}$ (Codap C5.1.2.1)**, l'enveloppe ne se comporte plus comme une virole cylindrique, et il faut donc la dimensionner par d'autres moyens (par exemple chapitre C10 du code : *méthodes générales de calcul*, non repris dans le Codap didactique).

2- à l'inverse, **si le diamètre de l'ouverture est inférieur à $0.14\sqrt{Dm * e}$** , on considère qu'elle n'affaiblit pas l'enveloppe, et on ne la vérifie donc pas (**Codap C5.1.4.a**).

3- afin de ne pas concentrer les affaiblissements de résistance de la virole, **le code fixe des distances minimales « x » aux discontinuités** de l'enveloppe (**Codap C5.1.2.2**).

Lorsqu'il s'agit d'une autre ouverture (ou de plusieurs), **il faut vérifier si ces ouvertures sont considérées comme « voisines »** ou non par le code : une ouverture isolée peut résister à la pression, alors que la bande de métal entre 2 ouvertures (appelée ligament dans le code) peut ne pas résister. Cette vérification fait l'objet du chapitre **C5.2** du Codap et n'a pas été reprise dans le Codap Didactique.

4- pour les fonds, le code interdit de réaliser des ouvertures dans la zone de carre considérée comme « à risque » (**C5.1.2.2m**).

83 Principe de la vérification d'une ouverture.

Lorsqu'on crée une ouverture dans une virole, on enlève du métal à l'endroit du trou, lequel métal participait à la résistance mécanique de la virole sous pression. Mais on ne laisse jamais le trou béant : on y soude une tubulure, qui participe à la résistance mécanique de l'ouverture (et compense, au moins en partie, le métal enlevé).

Par rapport à l'épaisseur minimale nécessaire de la virole sans ouverture, on a donc le surplus de métal jusqu'à l'épaisseur admise, et aussi le métal du tube.

Ce métal « en plus », ne renforcera pas s'il est trop loin de l'ouverture : on a donc fixé des limites à l'intérieur desquelles on considère que le métal renforce l'ouverture (**voir figure C5.1.4b1 et définitions en C5.1.3**) :

L sur la virole ;

l sur la partie de tube dépassant à l'extérieur de la virole ;

l' sur la partie de tube dépassant à l'intérieur de la virole (le tube est parfois arasé pour des raisons fonctionnelles: purge ou vidange complète, introduction de plateaux ou de chicanes dans l'appareil...)

N.B. : il faudra effectuer une vérification pour chaque situation de l'appareil et prendre le cas le plus défavorable.

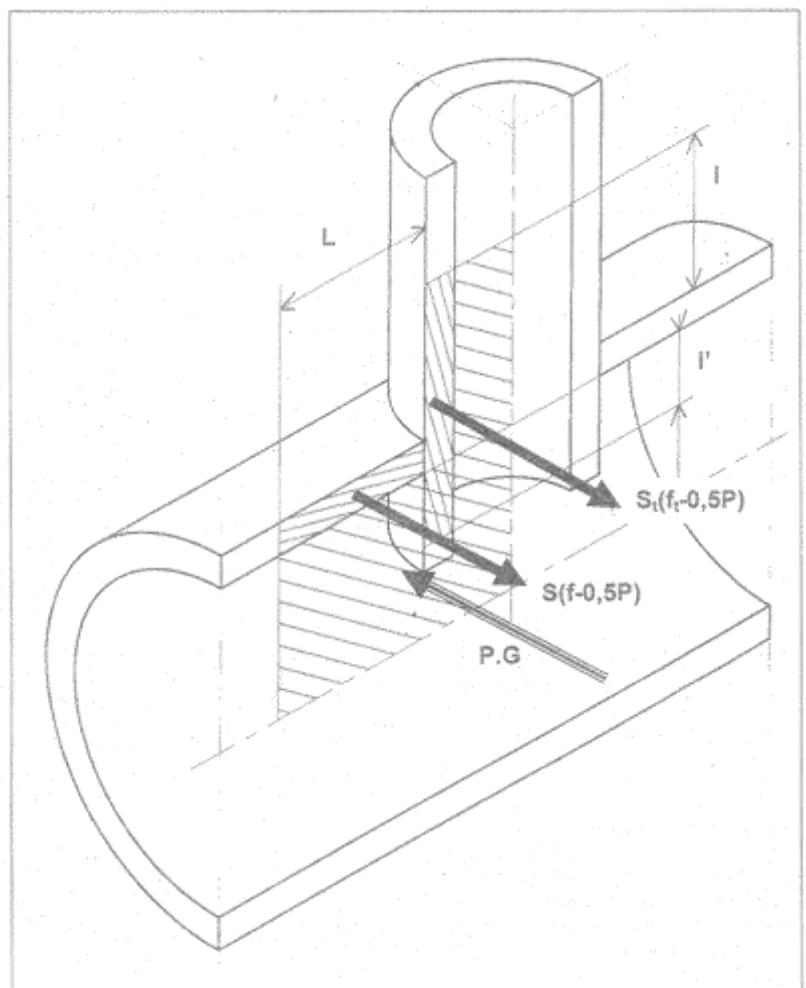
Équilibre statique de la zone de l'ouverture.

La surface G du tronçon de virole considéré (voir figure C5.1.4b1 et C5.1.4b2), est soumise à la pression du gaz, et subit donc une force égale à $P \times G$.

Pour que ce tronçon résiste à la pression, il faut que l'effort admissible dans le métal sur les surfaces S et S_t , soit au moins égal à $P \times G$.

Si cela est vérifié, le tube et la virole « compensent » l'ouverture.

Les solutions d'assemblage non renforcé figurent en **FA1-4** du Codap : **FA1-4.1** tubulure posée, **FA1-4.2** tubulure emmanchée. On peut remarquer que, selon la catégorie d'appareil, la tubulure et la virole peuvent être soudés à pénétration partielle, ou doivent être assemblés à pleine pénétration du cordon.



Équilibre pression – contraintes au voisinage d'une ouverture.
Voir Codap C5.1.4b1 et relation C5.1.4b2



Sciences et Techniques Industrielles

Portail national de ressources - éducol

84 Renforcement d'une ouverture.

Il faut « rajouter du métal » dans la zone où il sera efficace.

Pour ce faire, on pourra, soit utiliser un tube plus épais que celui prévu initialement, soit augmenter l'épaisseur de la virole (au moins localement par un anneau-renfort), soit faire les deux dans les cas extrêmes. La liaison à la virole doit être « résistante » (voir **C5.1.2.5a**), de manière que le métal participant au renforcement soit parfaitement solidaire de la virole et soit sollicité de la même manière.

Tube plus épais.

Cette solution a une limite : si le tube est trop épais, il va créer une « raideur locale » et modifier le comportement de la virole. Le Codap limite donc l'épaisseur du tube à $k_t \cdot e$ (voir **C5.1.2.3b**).

D'autre part, les tubes sont généralement vendus en longueurs de 6m : la solution n'est pas forcément économique si l'on n'a besoin que de quelques centaines de millimètres, d'autant que ce tube faisant partie de l'enveloppe soumise à pression, il faudra fournir les documents de réception... Par contre, si l'on a plusieurs piquages identiques ou si le tube plus épais est utilisé ailleurs sur l'appareil, la solution devient intéressante.

La solution d'un « forgé » épais dans lequel est réalisé le plateau de bride peut se révéler une solution intéressante au plan technico-économique.

Virole plus épaisse.

Si plusieurs piquages sont situés dans la même zone de la virole (attention conditions à vérifier sur les piquages « voisins »), on pourra réaliser un morceau de virole plus épais (pour assembler les épaisseurs différentes bord à bord, il faudra alors satisfaire les recommandations données en **F1.3**, ainsi que pages **FA1-1**).

Pour une ouverture isolée, on utilisera la solution de l'anneau renfort (surface S_r sur la figure **C5.1.4b1**). La largeur d'anneau participant au renforcement sera au maximum L . L'épaisseur de l'anneau sera limitée pour les mêmes raisons que le tube : au plus $1,5 \cdot e$ (voir **C5.1.2.5b**). Le minimum sera donné par les conditions métallurgiques de soudage. Dans la pratique, on prend chaque fois que possible la **même épaisseur que la virole** : cela permet de fabriquer l'anneau dans une tôle du même lot que la virole.

Les solutions d'assemblage figurent en **FA1-4.3** du Codap. On peut remarquer que, selon la catégorie d'appareil, l'anneau et la virole peuvent être soudés à pénétration partielle ou doivent être assemblés à pleine pénétration du cordon. La liaison de l'anneau à la virole est complétée, à sa périphérie, par une soudure d'angle. Le rayon de cambrage intérieur de l'anneau devra être ajusté sur le rayon extérieur de la virole. Malgré cela, de l'air ou du gaz peut être emprisonné entre la virole et l'anneau lors de la première passe d'assemblage. Les retraits de soudage peuvent alors conduire à une réduction importante du volume disponible, et donc à une pression très forte entre anneau et virole. Il est nécessaire de prévoir un **évent** pour évacuer le gaz.

Remarque importante :

Toutes les surfaces prises en compte pour le calcul de la résistance mécanique du métal autour de l'ouverture doivent être calculées corrosion déduite : si cette corrosion est seulement interne, on la déduira donc :

- sur la génératrice intérieure de virole ;
- sur la génératrice intérieure du tube ;
- sur la génératrice extérieure du tube pour la partie dépassant à l'intérieur de la virole ;
- sur l'extrémité du tube intérieur à la virole.

85 Travail : (Avec le Codap Didactique 2010 C5.1).

Pour la cuve d'air comprimé, vérifier l'ouverture engendrée par le piquage repère (5-6) ($\varnothing 168.3 * 7.1$) dans la virole principale ($\varnothing 1900$ ép 12mm). A noter : Toutes les données dépendent des études précédentes.

| Piquage repère (5-6). (Appareil en Catégorie de construction B2 de la division 2) | | | | |
|---|-----------------------------------|--|-----------------|----------------|
| SITUATION DE CALCUL | | | | |
| | | Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| PRESSION | | 13 bars = Mpa | 18.6 bars = Mpa | |
| TEMPÉRATURE | | 60° | 20° | |
| DONNÉES DE CALCUL à noter sur le schéma p72. | | | | |
| Contrainte nominale de calcul NF EN 10028-2 P295 GH (+N) | f _l f _{r1} | 187.73 Mpa | 270.75 Mpa | |
| Contrainte nominale de calcul NF EN 10216-2 P265 GH | f _{t1} | 163.66 Mpa | 251.75 Mpa | |
| Epaisseur admise de l'enveloppe | e | 9.9mm | | |
| Epaisseur admise de la tubulure | e _t | 4.612mm | | |
| Epaisseur admise du dépassement intérieure de la tubulure | e' _t | Voir C5.1.3 4.612mm | | |
| Longueur de tubulure disponible | l _t | Voir C5.1.3c 50.1mm | | |
| Longueur du dépassement intérieur de la tubulure | l' _t | Voir C5.1.3 10mm | | |
| Rayon intérieur de l'enveloppe | R _i | Voir C5.1.3-1 | | |
| Diamètre moyen de l'enveloppe | D _m | Voir C5.1.3-3 | | |
| Diamètre de l'ouverture | d | Voir C5.1.4b (A noter : tolérance de livraison du tube +/- 1% sur le diamètre extérieur.) | | |
| Diamètre moyen de l'ouverture | d _m | Voir C5.1.3-4 | | |
| Diamètre moyen du dépassement intérieur de la tubulure | d'm | Voir C5.1.3-5 | | |
| Longueur intérieure du tube participant à la résistance | l' | Voir C5.1.3-8 | | |
| Longueur du tube participant à la résistance | l | Voir C5.1.3-7 | | |
| Conditions d'application des règles Voir C5.1.2 | | | | |
| Diamètre de l'ouverture | | Voir C5.1.2.1 | | |
| Position de l'ouverture | X X ₀ | Voir C5.1.2.2a et plan Voir C5.1.3h Condition C5.1.2.1 | | |
| Orientation | | | | |
| Epaisseur maximale de la tubulure | k _t | Voir C5.1.2.3 | | |

| Règle de vérification de la résistance d'une enveloppe comportant une ouverture C5.1.4 | | | |
|---|----------------------|---------|----------------|
| | | Normale | Epreuve |
| | | | Exceptionnelle |
| Condition C5.1.4a | | | |
| Bilan | | | |
| Surface S Longueur d'enveloppe L k_0 Voir C5.1.3 δ | Voir C5.1.4b1 | | |
| Surface St | Voir C5.1.4b1 | | |
| Surface G | Voir C5.1.4b1 | | |
| Bilan C5.1.4b2 | | | |

| | | | |
|---|---------|---------|----------------|
| Choix de l'ajout d'un anneau renfort | | | |
| Conditions d'application des règles Voir C5.1.2.5 | | | |
| Epaisseur utile de l'anneau | 9.5 mm | | |
| Largeur maxi | 50 mm | | |
| Surface S_r | | | |
| Règle de vérification de la résistance d'une enveloppe comportant une ouverture avec un anneau C5.1.4 | | | |
| | Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| Bilan C5.1.4b2 | | | |

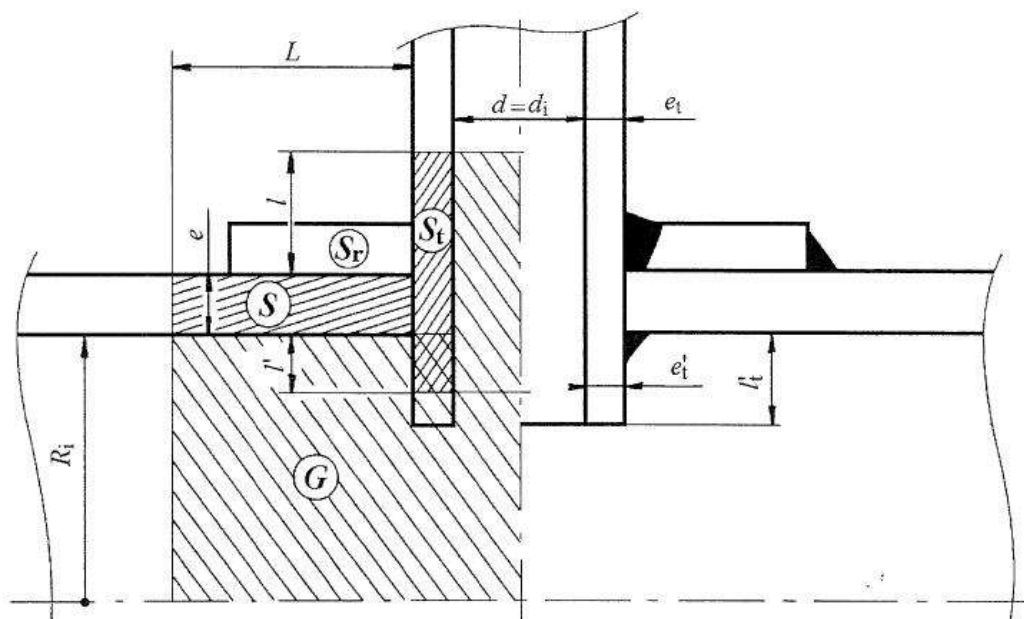
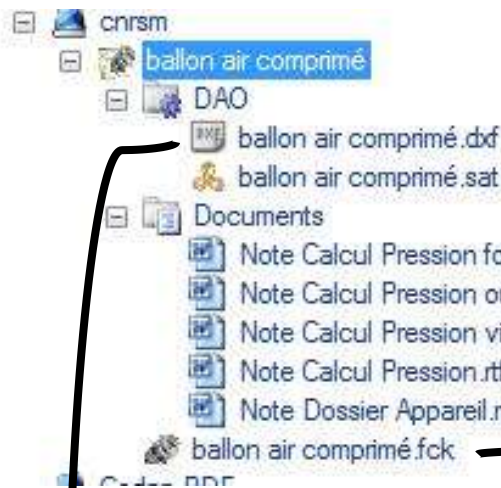
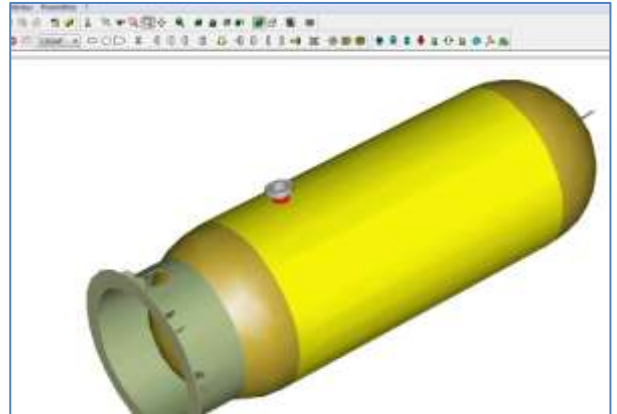


Figure C5.1.4b1 - Ouverture de tubulure soudée normale à la paroi d'une enveloppe cylindrique avec anneau-renfort rapporté et tubulure dépassante.

9 Exploitation du logiciel « SICAPNET »

Logiciel spécifique au calcul suivant CODAP ou ASME et représentation graphique 2D et 3D :



Enveloppe cylindrique: virole roulée repère 19

SITUATIONS D'ETUDES: SOLICITATION 19

Code de calcul: pression CODAP 2010 - E2000 A05-11 Div 2, contrainte Tira maximale w

Coefficients de situation: 0,8500 $w=0,11$ 1,0000 $w=0,11$ 0

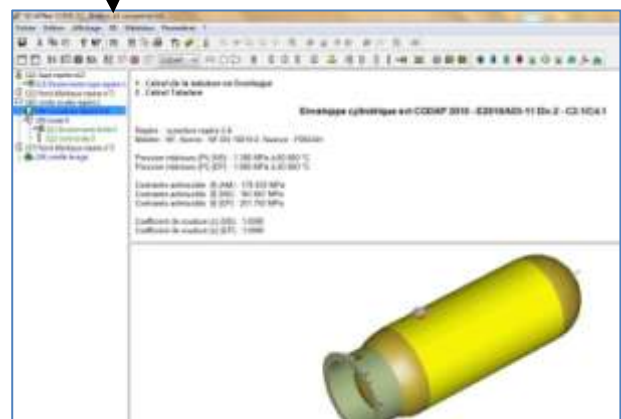
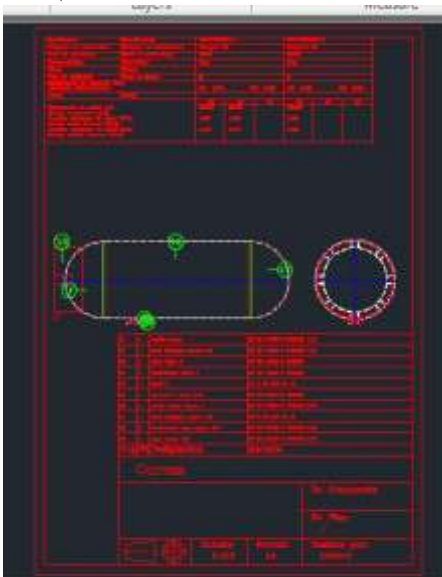
Pression admissible: 1,300 MPa 1,800 MPa

Pression réelle: 0 0

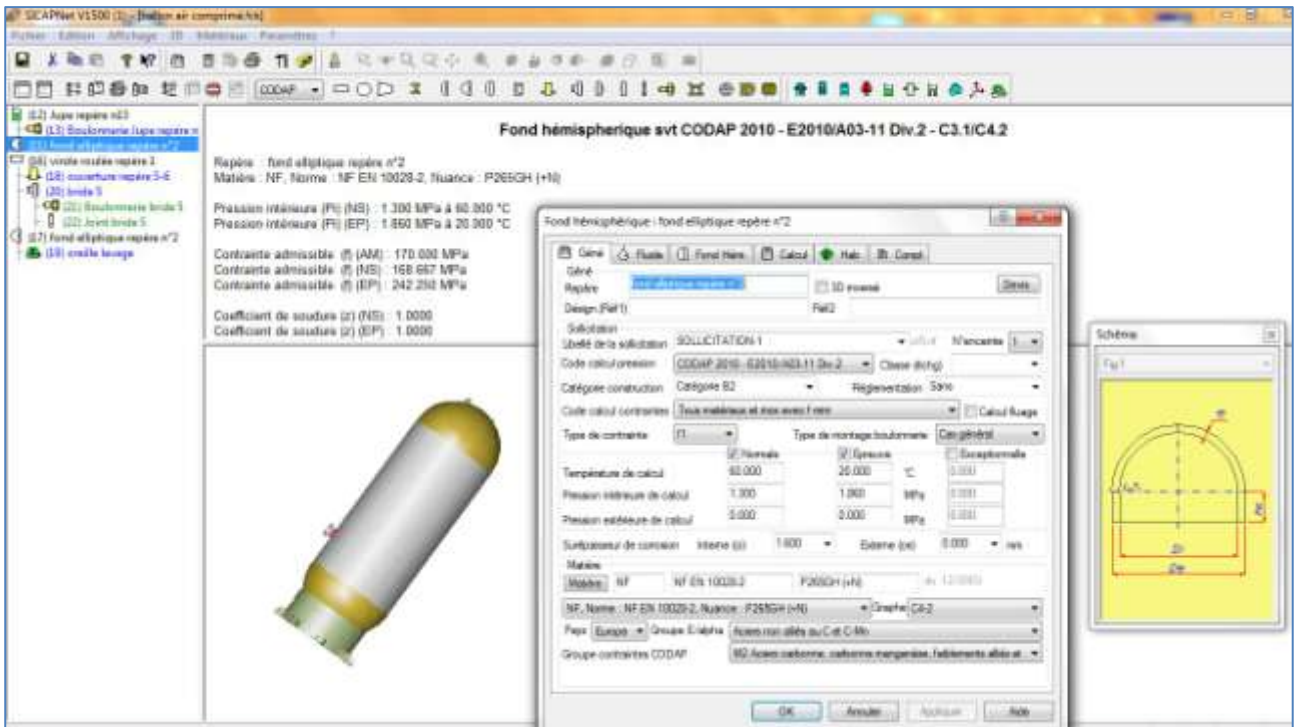
Température: 60,000 °C 20,000 °C

FICHE MATIERE: NF EN 10028-2 P295GH(+M) C4-2

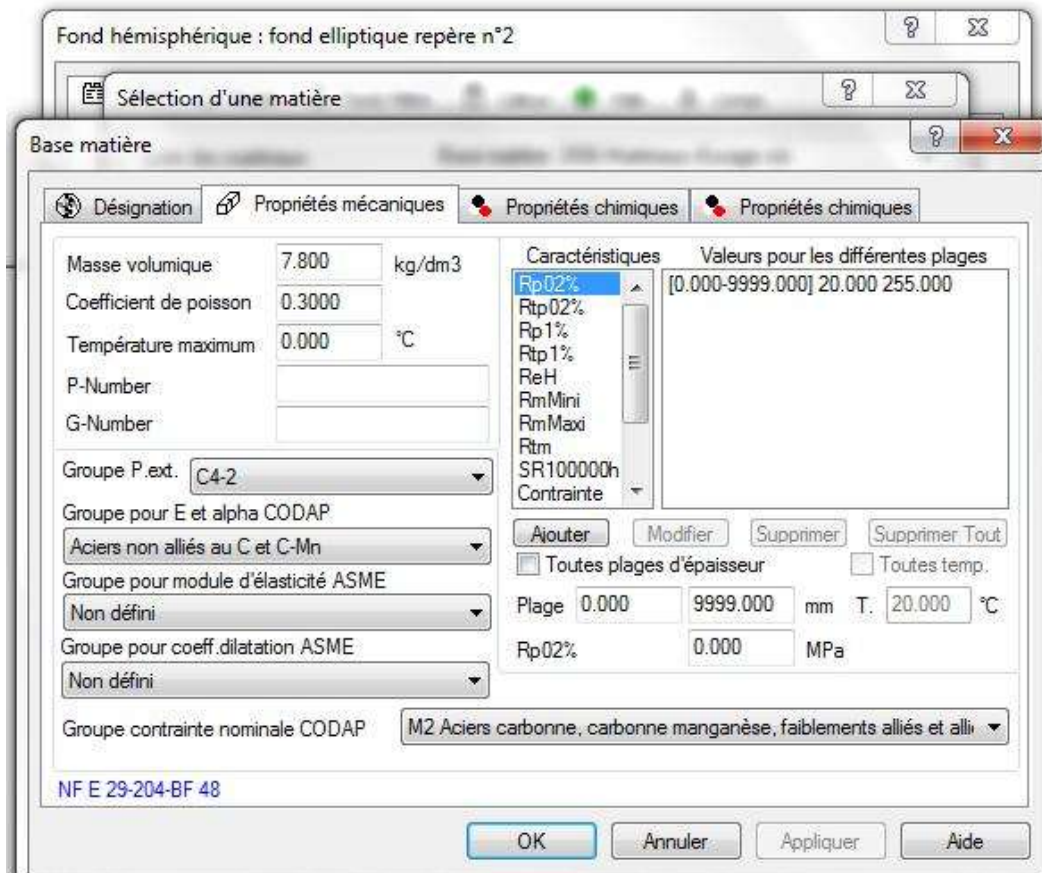
| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---|------------------|------------------|----------------|
| Limite élastique Rp0,2ac | 281,800 MPa | 281,000 MPa | |
| Limite élastique Rp0,01ac | | | |
| Résistance à la traction Rm | | 480,000 MPa | |
| APc | 21,0000 | 21,0000 | |
| Module d'élasticité | | | |
| Module d'élasticité à 100°C | 193,000 000 MPa | 200,000 000 MPa | |
| Coeff. de dilatation α (10 ⁻⁶) | 11,200 10-6 °C | 10,800 10-6 °C | |
| Contraintes | 187,753 MPa | 278,750 MPa | |
| Contraintes de sécurité | Rp0,2 / 1,300000 | Rp0,2 / 1,012650 | |



91 Etude du fond elliptique.



A noter une liste de matériau exhaustive et une multitude d'indications propres au matériau.



Fond hémisphérique : fond elliptique repère n°2

Géné Fluide Fond Hém. Calcul Hab. Compl.

Contraintes admissibles

Imposées par l'utilisateur en MPa

| | | | |
|----------|---------|---------|---------|
| Ambiante | Normale | Epreuve | Except. |
| 170.000 | 165.000 | 242.250 | 0.000 |

Coeff. sécurité

Coefficients de soudure

Fond avec soudure

Coefficient B

Coefficient de soudure 1.00 d'assemblage

Dimensionnel

Diamètre Extérieur corrodé (De) 1900.000 mm

Hauteur du bord cylindrique (hc) 50.000 mm

Epaisseurs

Tolérance fabrication en % ep.commande 15.000

Ep.commande (en) 12.000 mm

Ep.admise (utile) (e) 8.600 mm

Ep.mini.P.int. (eminPi) 3.735 mm

Ep.mini.P.ext. (eminPe) 0.000 mm

Pression extérieure maxi admissible

| | | |
|-----------------------------|---------|----------------|
| Normale | Epreuve | Exceptionnelle |
| P_ext. maxi admi (Pa) 0.000 | 0.000 | 0.000 |

MPa

[]

Schéma

Fond hémisphérique : fond elliptique repère n°2

Géné Fluide Fond Hém. Calcul Hab. Compl.

Calculer 0 Erreur(s), 3 Attention(s). Message Précédent Suivant Options Fonte

Calcul en pression intérieure svt C3.1

Epaisseur mini du fond (NS) : 3.735 mm
Epaisseur mini du fond (EP) : 3.640 mm

Contrainte fmin en Normale : 165.000 MPa
Contrainte fmin en Epreuve : 242.250 MPa

Epaisseur mini au voisinage de la soudure e1 (NS) : 3.716 mm
Epaisseur mini au voisinage de la soudure e1 (EP) : 3.621 mm

Epaisseur mini en pression intérieure (NS) : 3.735 mm
Epaisseur mini en pression intérieure (EP) : 3.640 mm

==> [Attention] La partie géométrique de l'assemblage doit être vérifiée svt C3.1.7.4

Epaisseur (es0) (NS) : 6.533 mm
Epaisseur (es0) (EP) : 6.481 mm

Longueur $0.2\sqrt{(D+es0)*es0}$ en Normale : 22.204 mm
==> [Attention] Selon C3.1.7.4(c), l'épaisseur utile de l'enveloppe cylindrique ne doit pas être inférieure à es0 sur une longueur $ls > 0.2\sqrt{(D+es0)*es0}$

Longueur $0.2\sqrt{(D+es0)*es0}$ en Epreuve : 22.115 mm
==> [Attention] Selon C3.1.7.4(c), l'épaisseur utile de l'enveloppe cylindrique ne doit pas être inférieure à es0 sur une longueur $ls > 0.2\sqrt{(D+es0)*es0}$

OK Annuler Appliquer Aide

Repère : **fond elliptique repère n°2**

Matériaux : Norme : **NF EN 10028-2**

No de courbes suivant CODAP 2010

Référence :

Nuance : **P265GH (+N)**

C4-2

Revision :

Fond hémisphérique : fond elliptique repère n°2

SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1

Codes de calcul : pression CODAP 2010 - E2010/A03-11 Div.2, contrainte Tous matériaux et inox avec f mini

Réglementation française : Sans

Type de contrainte : f1

Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Coefficients de soudure | 1.0000 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10028-2

P265GH (+N)

C4-2

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles

Contrainte à l'ambiante : 170.000 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 253.000 MPa | 255.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 410.000 MPa | |
| A% | 22.0000 | 22.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation x 10 ⁶ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 168.667 MPa Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) | 242.250 MPa Rtp02/1.052630 | |
| coefficients de sécurité | Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp0,2 : 1.052630 | |

Repère : **fond elliptique repère n°2** Référence :
 Matériaux : Norme : **NF EN 10028-2** Nuance : **P265GH (+N)**
 No de courbes suivant CODAP 2010 **C4-2** Revision :

FOND HEMISPHERIQUE svt CODAP 2010 / Edition E2010/A03-11 Div.2
 C3.1 / C4.2.2

CALCUL CONFORME AU CODAP

1 . DONNEES DE CALCUL

Caractéristiques géométriques :

Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) = 1900.000 mm Intérieur (Di) = 1882.800 mm
 Hauteur du bord droit (h1) = 50.000 mm
 Coefficient de soudure (z) du fond = Sans (z1) de la jonction = 0.00

Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Coefficient de soudure du fond | Svt C2.1.3 1.0000 | Svt C2.1.3 1.0000 | |
| de la jonction du fond | 1.0000 | 1.0000 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (Ambiante 170.000 MPa) | 168.667 MPa | 242.250 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |
| Corrosion | Interne = 1.600 mm | Externe = 0.000 mm | |

2 . RESULTATS

Calcul en pression intérieure svt C3.1

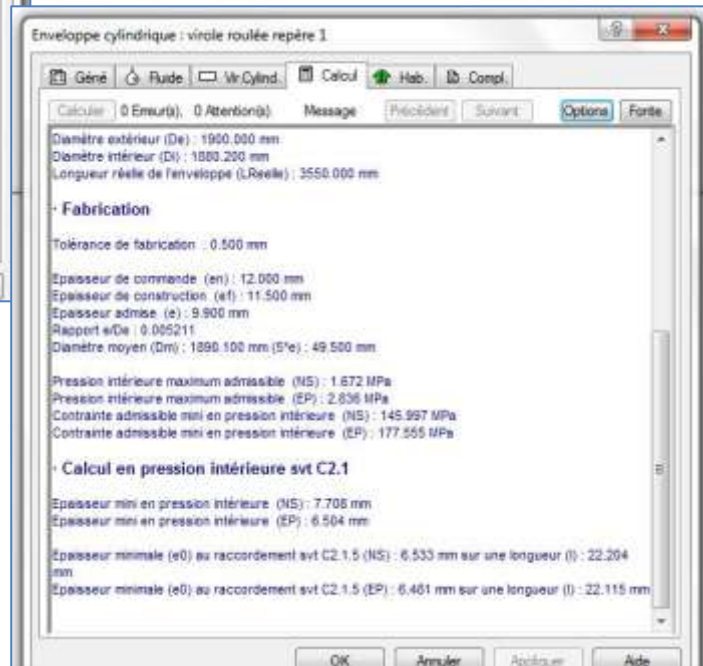
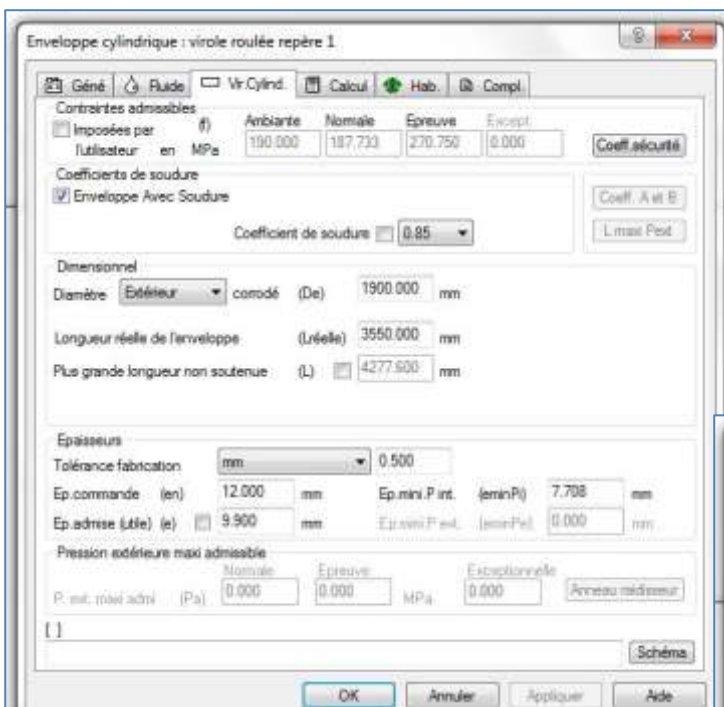
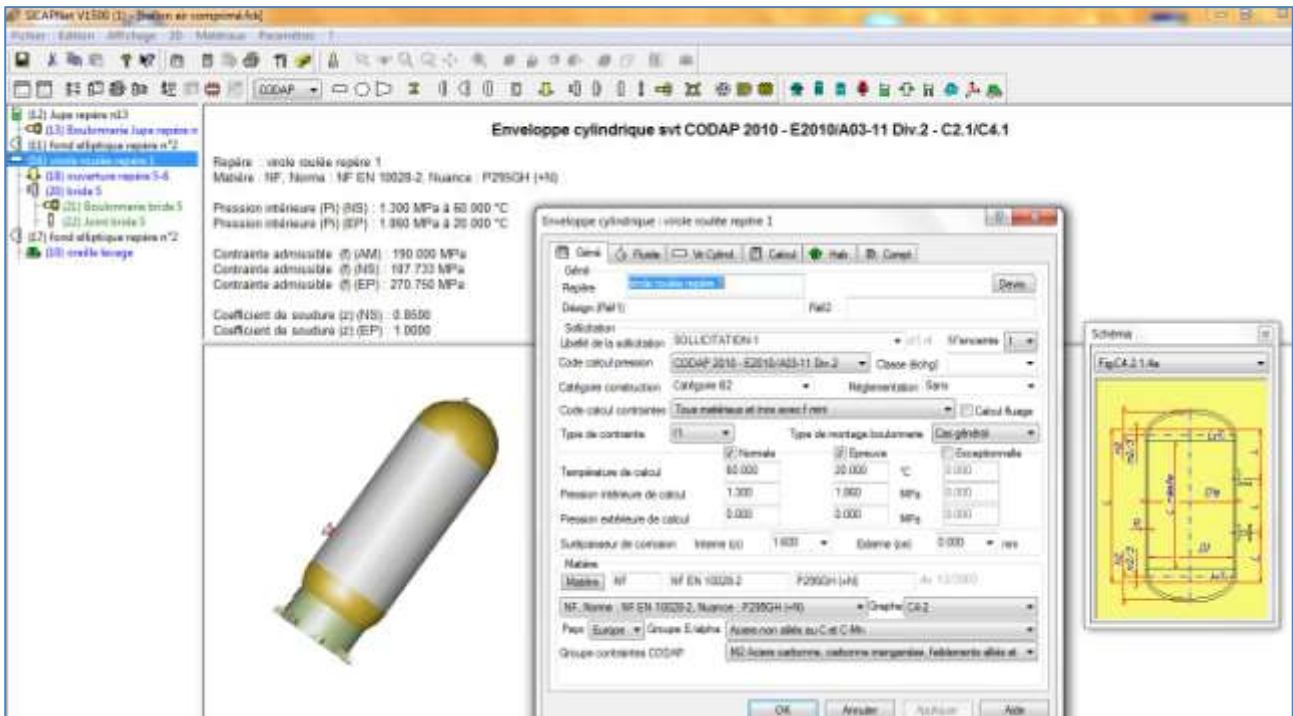
| | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Ep.mini du fond (e) C3.1.6.1 | 3.654 mm $P*De/(4*f*z+P)$ | 3.640 mm $P*De/(4*f*z+P)$ | |
| Contrainte.mini (fmin) C3.1.7.2 | 168.667 MPa min((f),(fs)) | 242.250 MPa min((f),(fs)) | min((f),(fs)) |
| Ep.mini à la jonction (e1) C3.1.7.4 | 3.635 mm $P*Di/(4*fmin1*z-P)$ | 3.621 mm $P*Di/(4*fmin1*z-P)$ | |
| Epaisseurs mini en pression intérieure | 3.654 mm max(e,e1) | 3.640 mm max(e,e1) | |
| Diamètre intérieure de l'enveloppe (D) | 1880.200 mm | | |
| Epaisseur (es0) C3.1.7.3.2 | 6.533 mm $(P*D)/(2*fs-P)$ | 6.481 mm $(P*D)/(2*fs-P)$ | |
| Longueur (ls) C3.1.7.4c | 22.204 mm $0.2*sqrt((D*es0)*es0)$ | 22.115 mm $0.2*sqrt((D*es0)*es0)$ | |

Fabrication

Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) = 1.800 mm (15.0000 % de ép.commande)
 Epaisseur nominale de commande (en) = **12.000** mm
 Epaisseur nominale de fabrication (ef) = 10.200 mm en-tol.fab.
 Epaisseur admise (e) = 8.600 mm

| | | | |
|--------------------------|------------|-------------|--|
| P.int maxi admissible | 3.068 MPa | 4.406 MPa | |
| Contrainte mini en P.int | 71.477 MPa | 102.268 MPa | |

92 Etude de la virole.



Repère : virole roulée repère 1

Matériaux : Norme : NF EN 10028-2

No de courbes suivant CODAP 2010

Référence :

Nuance : P295GH (+N)

C4-2

Revision :

Enveloppe cylindrique : virole roulée repère 1

SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1

Codes de calcul : pression CODAP 2010 - E2010/A03-11 Div.2, contrainte Tous matériaux et inox avec f mini

Réglementation française : Sans

Type de contrainte : f1

Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Coefficients de soudure | 0.8500 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10028-2

P295GH (+N)

C4-2

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles

Contrainte à l'ambiante : 190.000 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 281.600 MPa | 285.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 460.000 MPa | |
| A% | 21.0000 | 21.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation x 10 ⁶ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 187.733 MPa Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) | 270.750 MPa Rtp02/1.052630 | |
| coefficients de sécurité | Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp0,2 : 1.052630 | |

Repère : virole roulée repère 1

Matériaux : Norme : NF EN 10028-2

No de courbes suivant CODAP 2010

Référence :

Nuance : P295GH (+N)

C4-2

Revision :

ENVELOPPE CYLINDRIQUE svt CODAP 2010 / Edition E2010/A03-11 Div.2

C2.1 / C4.2.1

CALCUL CONFORME AU CODAP

1. DONNEES DE CALCUL

- Caractéristiques :

Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) = 1900.000 mm Intérieur (Di) = 1880.200 mm
 Longueur enveloppe (Lréelle) = 3550.000 mm Moyen (Dm) = 1890.100 mm
 Coefficient de soudure (z) = 0.85

- Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--------------------|--------------------|----------------|
| Coefficient de soudure | 0.8500 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Température | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (f) (Ambiante 190.000 MPa) | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |
| Corrosion | Interne = 1.600 mm | Externe = 0.000 mm | |

2. RESULTATS

- Calcul en pression intérieure svt C2.1

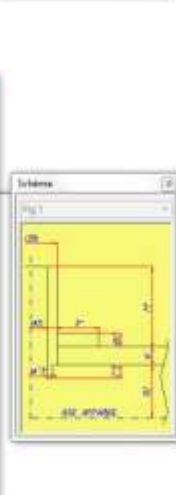
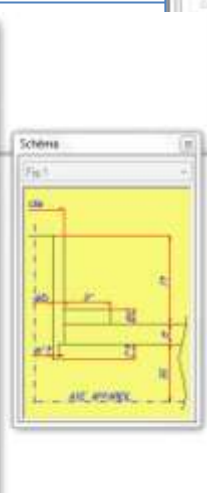
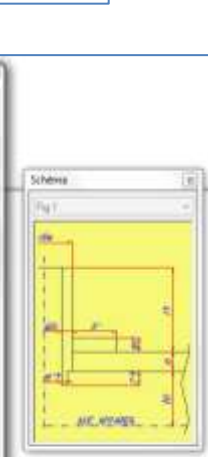
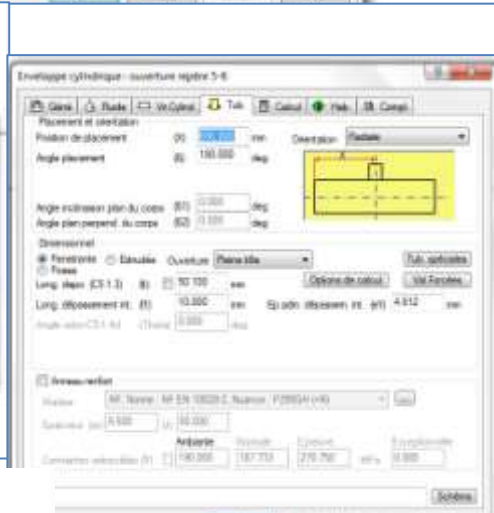
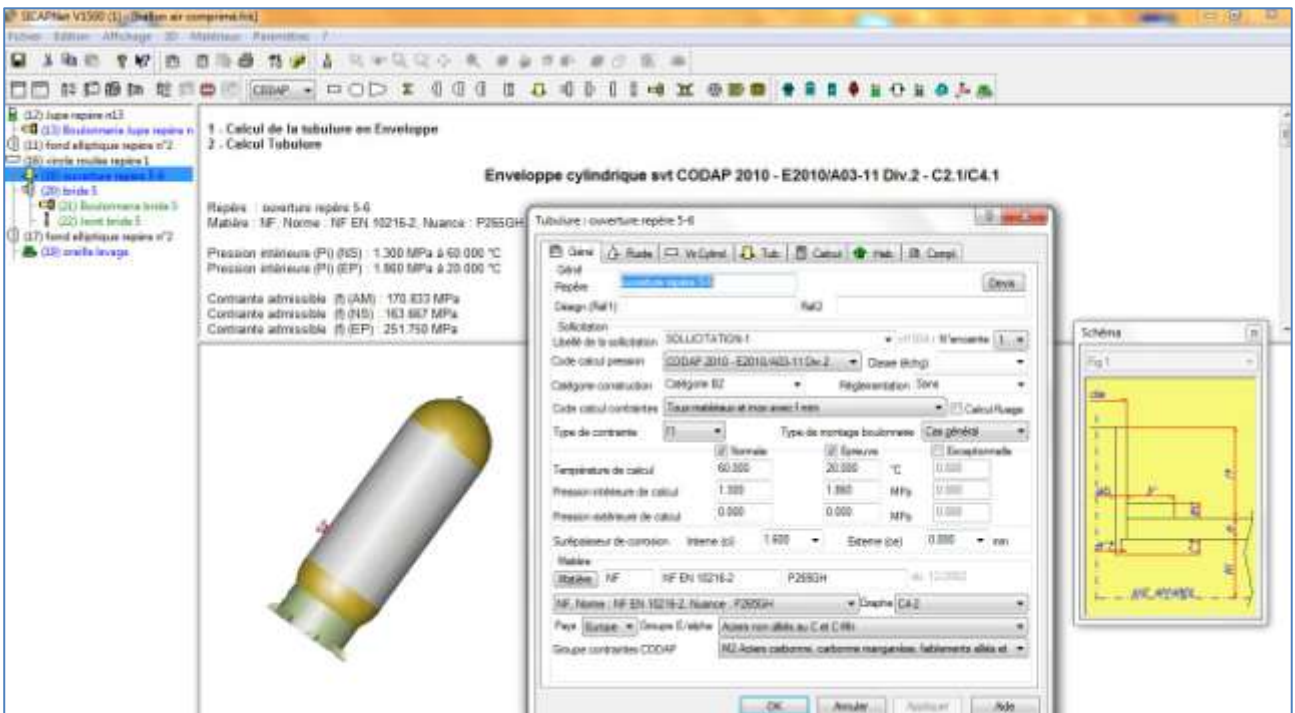
| | | | |
|--|---|---|--|
| Epaisseur mini en pression intérieure (e) | 7.708 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | 6.504 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | |
| Epaisseur mini (e0) au raccordement sur la longueur mini (l) | 6.533 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f - P)$ C2.1.5 22.204 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e_0) \cdot e_0}$ C2.1.5(b) | 6.481 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f - P)$ C2.1.5 22.115 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e_0) \cdot e_0}$ C2.1.5(b) | |

- Fabrication

Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) = 0.500 mm
 Epaisseur nominale de commande (en) = **12.000** mm
 Epaisseur nominale de fabrication (ef) = 11.500 mm en-tol.fab.
 Epaisseur admise (ea) = 9.900 mm (5*ea) = 49.500 mm

| | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|--|
| P.int maxi admissible | 1.672 MPa | 2.836 MPa | |
| Contrainte mini en P.int | 145.997 MPa | 177.555 MPa | |

93 Etude de l'ouverture.



Si la condition de résistance n'était pas vérifiée, le logiciel proposerait automatiquement les dimensions de l'anneau renfort.

A noter, pour notre étude, les calculs montrent qu'aucun renfort n'est nécessaire. Comme l'inégalité est proche d'une égalité, le Fabricant a malgré tout fait le choix d'ajouter un anneau renfort.

Repère : **ouverture repère 5-6**

Matériaux : Norme : **NF EN 10216-2**

No de courbes suivant CODAP 2010

Référence :

Nuance : **P265GH**

C4-2

Revision :

Enveloppe cylindrique : ouverture repère 5-6

SITUATIONS D'ETUDES : SOLLICITATION-1

Codes de calcul : pression CODAP 2010 - E2010/A03-11 Div.2, contrainte Tous matériaux et inox avec f mini

Réglementation française : Sans

Type de contrainte : f1

Catégorie de construction : Catégorie B2

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Coefficients de soudure | 1.0000 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pressions intérieures | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pressions extérieures | | | |
| Températures | 60.000 °C | 20.000 °C | |

FICHE MATIERE : NF EN 10216-2

P265GH

C4-2

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Tubes

Contrainte à l'ambiante : 170.833 MPa

Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 245.500 MPa | 265.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 410.000 MPa | |
| A% | 23.0000 | 23.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Coeff. de dilatation x 10 ⁶ | 11.200 10-6/°C | 10.900 10-6/°C | |
| Contraintes | 163.667 MPa Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) | 251.750 MPa Rtp02/1.052630 | |
| coefficients de sécurité | Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp0,2 : 1.052630 | |

ENVELOPPE CYLINDRIQUE (TUBULURE) svt CODAP 2010 / Edition E2010/A03-11

Div.2

C2.1 / C4.2.1

CALCUL CONFORME AU CODAP

1 . DONNEES DE CALCUL

- Caractéristiques :

| | | |
|--|--------------|-----------------------------|
| Diamètre de l'enveloppe Extérieur (De) | = 169.983 mm | Intérieur (Di) = 160.759 mm |
| Longueur enveloppe (Lréelle) | = 70.000 mm | Moyen (Dm) = 165.371 mm |
| Coefficient de soudure (z) | = Sans | |

- Situations d'études : SOLLICITATION-1

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---|--------------------|--------------------|----------------|
| Coefficient de soudure | 1.0000 Svt C2.1.3 | 1.0000 Svt C2.1.3 | |
| Pression intérieure | 1.300 MPa | 1.860 MPa | |
| Pression extérieure | 0.000 MPa | 0.000 MPa | |
| Température | 60.000 °C | 20.000 °C | |
| Contrainte (ft) (Ambiante 170.833 MPa) | 163.667 MPa | 251.750 MPa | |
| Module d'élasticité | | | |
| Corrosion | Interne = 1.600 mm | Externe = 0.000 mm | |

2 . RESULTATS

- Calcul en pression intérieure svt C2.1

| | | | |
|--|--|--|--|
| Epaisseur mini en pression intérieure (e) | 0.672 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | 0.626 mm $P_i \cdot D_e / (2 \cdot f \cdot z + P_i)$ C2.1.4.3 | |
| Epaisseur mini (e0) au raccordement sur la longueur mini (l) | 0.641 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f \cdot P)$ C2.1.5 2.034 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e_0) \cdot e_0}$ C2.1.5(b) | 0.596 mm $(P_i \cdot D_i) / (2 \cdot f \cdot P)$ C2.1.5 1.961 mm $0.2 \cdot \sqrt{(D_i + e_0) \cdot e_0}$ C2.1.5(b) | |

- Fabrication

| | |
|---|---------------------------------------|
| Tolérance de fabrication (Tol.Fab.) | = 0.888 mm (12.5000 % de ép.commande) |
| Epaisseur nominale de commande (etn) | = 7.100 mm |
| Epaisseur nominale de fabrication (etf) | = 6.212 mm en-tol.fab. |
| Epaisseur admise (et) | = 4.612 mm (5*ea) = 23.060 mm |

| | | | |
|--------------------------|------------|------------|--|
| P.int maxi admissible | 9.129 MPa | 14.042 MPa | |
| Contrainte mini en P.int | 23.307 MPa | 33.347 MPa | |

Repère : **ouverture repère 5-6**
 Matériaux : Norme : **NF EN 10216-2**
 No de courbes suivant CODAP 2010

Référence :
 Nuance : **P265GH**
C4-2

Revision :

Tubulure : ouverture repère 5-6

Anneau renfort

| | | |
|--------------------------------------|--------------------|-------------|
| FICHE MATIERE : NF EN 10028-2 | P295GH (+N) | C4-2 |
|--------------------------------------|--------------------|-------------|

M2 Aciers carbone, carbone manganèse, faiblement alliés et alliés Toles
 Contrainte à l'ambiante : 190.000 MPa Coef poisson 0.3000

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|
| Limite élastique Rtp0.2% | 281.600 MPa | 285.000 MPa | |
| Limite élastique Rtp1.0% | | | |
| Résistance à la traction Rtm | | 460.000 MPa | |
| A% | 21.0000 | 21.0000 | |
| SigmaR 100000h | | | |
| Module d'élasticité | 198500.000 MPa | 201000.000 MPa | |
| Contraintes | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |
| coefficients de sécurité | Min(Rtp02/1.500000,Rm/2.400000) Rtp0,2 : 1.500000 | Rtp02/1.052630 Rtp0,2 : 1.052630 | |

TUBULURE pénétrante svt CODAP 2010 / Edition E2010/A03-11 Div.2

C5.1 / C5.2

CALCUL CONFORME AU CODAP

1 . DONNEES DE CALCUL

- Caractéristiques du support : virole roulée repère 1

Type : Enveloppe cylindrique

Rayon intérieur du support au droit de l'ouverture (Ri) = 940.100 mm

- Caractéristiques de la tubulure :

Placement et Orientation

Position de placement (X) = 690.000 mm

Angle de placement (β) = 180.000 deg

Orientation de la tubulure : Radiale

Angle d'inclinaison dans le plan du corps (β1) = 0.000 deg

Angle d'inclinaison dans le plan perpendiculaire (β2) = 0.000 deg

La tubulure n'est pas autorenforcée

La tubulure n'est pas extrudée

Autre Dimensionnel

Pleine tôle

Longueur de tubulure disponible selon C5.1.3 (lt) = 50.100 mm Lreelle-e-l't

Longueur du dépassement intérieur (l't) = 10.000 mm

Epaisseur du dépassement intérieur (e't) = 4.612 mm

- Caractéristiques de l'anneau renfort :

Matière : NF, Norme : NF EN 10028-2, Nuance : P295GH (+N)

Epaisseur de l'anneau renfort (er) = 9.500 mm

Largeur de l'anneau renfort (lr) = 50.000 mm

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---|-------------|-------------|----------------|
| Contrainte (fr) (Ambiante 190.000 MPa) | 187.733 MPa | 270.750 MPa | |

- Situations d'études : SOLLICITATION-1

2 . RESULTATS

Diamètre d'ouverture (d) = 160.759 mm

Diamètre d'ouverture maxi selon C5.1.2.1 (dmaxi) = 1890.100 mm MIN(Dm;16*SQRT(Dm*e))

Epaisseur admise moyenne sur la longueur l (etm) = 4.612 mm C5.1.3h

Distance x0 (x0) = 0.000 mm C5.1.3h

Coefficient k0 (k0) = 1.0000 C5.1.3

Coefficient kt (kt) = 2.0000 C5.1.2.3

Epaisseur admise maxi de tubulure (etmaxi) = 19.800 mm kt*e C5.1.2.3b

Vérification de la position de l'ouverture selon C5.1.2.2(a) (Discontinuité)

Longueur d'enveloppe participante (L) = 136.792 mm

Longueur extérieure de tubulure participante (l) = 27.617 mm

Longueur intérieure de tubulure participante (l') = 10.000 mm

- Vérification de l'ouverture en isolé svt C5.1

Diamètre d'ouverture mini conditionnant la vérification (dmini) = 19.151 mm 0.14*sqrt(Dm*e)

Section de l'enveloppe (S) = 1354.239 mm²

Section de la tubulure (St) = 219.148 mm²

Section du renfort (Sr) = 475.000 mm²

Section interne de l'enveloppe (Ge) = 208498.458 mm²

Section interne de la tubulure (Gt) = 3015.587 mm²

Section interne globale (G) = 211514.044 mm²

| | NORMALE | EPREUVE | EXCEPTIONNELLE |
|---------------------------------------|---|---|----------------|
| S(f-0.5P) + St(ft-0.5P) + Sr(fr-0.5P) | 377944.253 N S*(f-0.5*P)+St*(ft-0.5*P)+Sr*(fr-0.5*P) | 548531.797 N S*(f-0.5*P)+St*(ft-0.5*P)+Sr*(fr-0.5*P) | |
| P.G | 274968.258 N | 393416.123 N | |