



Inspection  
Assistance Technique  
Formation professionnelle  
Ressources Humaines  
Sécurité  
Qualité  
Environnement  
Bâtiment en génie civil  
Equipements industriels  
Maîtrise de l'Energie  
Contrôles non destructifs  
Essais et Mesures  
Réception des Installations  
Laboratoires  
Métrologie

**Région FLANDRES HAINAUT**

51 av. de l'Architecte Cordonnier  
BP 247  
59019 LILLE CEDEX  
Tél. 03 20 42 76 42  
Fax. 03 20 40 20 26

**Région PAS de CALAIS SOMME**

ZI – Rue de la Croix de Pierre  
BP 1328  
80013 AMIENS CEDEX  
Tél. 03 22 54 73 80  
Fax. 03 22 52 39 43

**Région AISNE & OISE**

ZAC de Mercières  
BP 537  
60205 COMPIEGNE CEDEX  
Tél. 03 44 30 55 00  
Fax. 03 44 86 60 45

**Région SEINE ESTUAIRE**

2 rue des Mouettes - BP 98  
76132 MONT ST AIGNAN CEDEX  
Tél. 02 35 52 60 60  
Fax. 02 35 52 61 61

**Région SUD NORMANDIE**

Le Citis  
5, Rue d'Atalante  
BP 200  
14209 HEROUVILLE ST CLAIR  
Tél. 02 31 53 31 31  
Fax. 02 31 53 09 79

**Région MAINE BRETAGNE**

Avenue de la Croix Verte  
BP 15325  
35653 LE RHEU CEDEX  
Tél. 02 99 14 71 60  
Fax. 02 99 14 84 94

**Région BRETAGNE OUEST**

ZAC de Kergaradec  
37, Avenue du Baron Lacrosse  
BP 166  
29803 BREST CEDEX 9  
Tél. 02 98 42 14 44  
Fax. 02 98 02 55 19

**Région LOIRE ANJOU**

5 rue de la Johardière - BP 289  
44803 ST HERBLAIN CEDEX  
Tél. 02 40 38 80 00  
Fax. 02 40 92 08 52

**Région CENTRE ATLANTIQUE**

27, Rue Victor Grignard  
ZI de la République 2  
BP 1107  
86061 POITIERS CEDEX 9  
Tél. 05 49 62 66 30  
Fax. 05 49 55 32 12

**SIGMAPHI**

**Rue des Frères Montgolfier – ZI du Prat  
56000 VANNES**

**Affaire suivie par :**  
D. JOST

A l'attention de M. PORHIEL

**V/Réf : CF005448**

Saint Herblain, le 17/12/15

**N/Réf : 14N088 B - 15537031**

**BORDEREAU D'ENVOI**

**OBJET : Note de calcul**

| Nbre | Référence du document | Désignation - Observation                                                                                                |
|------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 14N088 B - 15537031   | Note de calcul pression<br>Du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-<br>703-001-Rév Q<br>Suivant ASME VIII division 1 |

Vous souhaitant bonne réception, nous vous prions d'agréer, Monsieur, nos sincères salutations.

Ingénieur au service “ Calculs ”

Donatien JOST



Inspection  
Assistance Technique  
Formation professionnelle  
Ressources Humaines  
Sécurité  
Qualité  
Environnement  
Bâtiment en génie civil  
Equipements industriels  
Maîtrise de l'Energie  
Contrôles non destructifs  
Essais et Mesures  
Réception des Installations  
Laboratoires  
Métrologie

**Région FLANDRES HAINAUT**

51 av. de l'Architecte Cordonnier  
BP 247  
59019 LILLE CEDEX  
Tél. 03 20 42 76 42  
Fax. 03 20 40 20 26

**Région PAS de CALAIS SOMME**

ZI - Rue de la Croix de Pierre  
BP 1328  
80013 AMIENS CEDEX  
Tél. 03 22 54 73 80  
Fax. 03 22 52 39 43

**Région AISNE & OISE**

ZAC de Mercières  
BP 537  
60205 COMPIEGNE CEDEX  
Tél. 03 44 30 55 00  
Fax. 03 44 86 60 45

**Région SEINE ESTUAIRE**

2 rue des Mouettes - BP 98  
76132 MONT ST AIGNAN CEDEX  
Tél. 02 35 52 60 60  
Fax. 02 35 52 61 61

**Région SUD NORMANDIE**

Le Citis  
5, Rue d'Atalante  
BP 200  
14209 HEROUVILLE ST CLAIR  
Tél. 02 31 53 31 31  
Fax. 02 31 53 09 79

**Région MAINE BRETAGNE**

Avenue de la Croix Verte  
BP 15325  
35653 LE RHEU CEDEX  
Tél. 02 99 14 71 60  
Fax. 02 99 14 84 94

**Région BRETAGNE OUEST**

ZAC de Kergaradec  
37, Avenue du Baron Lacrosse  
BP 166  
29803 BREST CEDEX 9  
Tél. 02 98 42 14 44  
Fax. 02 98 02 55 19

**Région LOIRE ANJOU**

5 rue de la Johardière - BP 289  
44803 ST HERBLAIN CEDEX  
Tél. 02 40 38 80 00  
Fax. 02 40 92 08 52

**Région CENTRE ATLANTIQUE**

27, Rue Victor Grignard  
ZI de la République 2  
BP 1107  
86061 POITIERS CEDEX 9  
Tél. 05 49 62 66 30  
Fax. 05 49 55 32 12

**SIGMAPHI**

**Rue des Frères Montgolfier – ZI du Prat  
56000 VANNES**

A l'attention de M. PORHIEL

**V/Réf : CF005448**


**N/Réf : 14N088 B - 15537031**

**SERVICE CALCULS**

***NOTE DE CALCULS***

***Du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q***

***Suivant ASME VIII division 1***

|      |            |           |                                                                                      |               |      |
|------|------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|
| C    |            |           |                                                                                      |               |      |
| B    | 17/12/2015 | D. JOST   |  | J. P. LUCIANI |      |
| A    | 11/03/2014 | D. JOST   |                                                                                      | J. P. LUCIANI |      |
| Rév. | Date       | Nom       | Visa                                                                                 | Nom           | Visa |
|      |            | Rédaction |                                                                                      | Vérification  |      |



# SIGMAPHI

Calcul du réservoir d'hélium selon plan  
317111-JLA-703-001-Rév Q

V / Référence : CF005448  
N / Référence : 14N088 B - 15537031  
Date : 17/12/2015  
Page : 1 Rév. A B

## LISTE DES MODIFICATIONS

| IND. | DATE       | PAGE / PARAGRAPHE<br>CONCERNE | OBJET DE LA REVISION                                                                                                                                                                   |
|------|------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A    | 11/03/2014 |                               | Edition originale                                                                                                                                                                      |
| B    | 17/12/2015 |                               | Augmentation des diamètres des 3 cheminées afin de diminuer les pertes de charge dans celles-ci –<br>Prise en compte de l'ASME B31.3 pour la vérification des composants de tuyauterie |
|      |            |                               |                                                                                                                                                                                        |
|      |            |                               |                                                                                                                                                                                        |
|      |            |                               |                                                                                                                                                                                        |
|      |            |                               |                                                                                                                                                                                        |
|      |            |                               |                                                                                                                                                                                        |

| <i>Repères Pages</i> | <i>Index de Révision</i> |   |  |
|----------------------|--------------------------|---|--|
| 0                    | A                        | B |  |
| à                    |                          |   |  |
| 6                    | A                        | B |  |
| <b>ANNEXE A</b>      |                          |   |  |
| A0 à A2              | A                        | B |  |
| <b>ANNEXE B</b>      |                          |   |  |
| B0                   | A                        | B |  |



# SIGMAPHI

Calcul du réservoir d'hélium selon plan  
317111-JLA-703-001-Rév Q

|                 |                     |      |   |   |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |
| Page :          | 2                   | Rév. | A | B |  |

## TABLE DES MATIERES

|                                                                                    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1. OBJET                                                                           | 3 |
| 2. REFERENCES                                                                      | 3 |
| 2.1. Documents (plans) de référence                                                | 3 |
| 2.2. Codes et normes de référence                                                  | 4 |
| 2.3. Programme de calcul                                                           | 4 |
| 3. DONNEES DU CALCUL                                                               | 4 |
| 3.1. Conditions de calcul générales                                                | 4 |
| 3.2. Conditions de calcul en pression pour la virole intérieure (pression externe) | 5 |
| 3.3. Conditions de calcul en pression pour la virole extérieure (pression interne) | 5 |
| 3.4. Conditions de calcul en pression pour les tuyauteries (pression interne)      | 6 |
| 3.5. Caractéristiques des matériaux et valeurs admissibles                         | 6 |
| 3.6. Calcul pression d'épreuve                                                     | 6 |
| 4. RESULTATS                                                                       | 7 |
| 4.1. Tenue à la pression des éléments                                              | 7 |
| 4.2. Vérification des renforcements d'ouvertures sur la virole externe             | 8 |
| 4.3. Vérification des différents éléments de tuyauterie selon ASME B31.3 - 2012    | 8 |
| 5. CONCLUSION                                                                      | 9 |

ANNEXE A – Documents de référence

ANNEXE B – Note de calcul détaillée



# SIGMAPHI

## Calcul du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q

V / Référence : CF005448

N / Référence : 14N088 B - 15537031

Date : 17/12/2015

Page : 3 Rév. A B

### 1. OBJET

Le but de cette note de calculs est de vérifier la tenue à la pression statique suivant ASME VIII division 1, des composants du réservoir d'hélium pouvant être calculés de façon analytique.


Une note de calcul complémentaire par éléments finis (référence 317111 Rév E validée par le rapport APAVE 13N236) couvre la prise en compte des autres chargements et les pièces ne pouvant être calculées de façon analytique (flange side end, flange side arrival, ...).

Cette note de calcul permet également de vérifier la tenue à la pression statique suivant ASME B31.3 - 2012, des différents éléments de tuyauterie du réservoir d'hélium.

### 2. REFERENCES

#### 2.1. Documents (plans) de référence

- Plans : (plans joints en annexe A)
  - o Plan d'ensemble : 317111-JLA-703-001-Rév Q
    - Tube intérieur : 703-003 Rév H
    - Tubes extérieur : 703-002 Rév J, 703-042 Rév D et 703-048 Rév B
    - Piquages : 703-039 Rév D, 703-041 Rév C et 703-049 Rév C
  - o Tuyauteries :
    - OMEGA piping : 317111-JLA-703-013 Rév H
    - Tuyauteries verticales (703-008 Rév K) composée de :
      - 317111-JLA-703-018 Rév G
      - 317111-JLA-703-023 Rév J
      - 317111-JLA-703-053 Rév C
      - 317111-JLA-703-024 Rév H
      - 317111-JLA-703-054 Rév B
      - 317111-JLA-703-017 Rév F
      - 317111-JLA-703-040 Rév B
      - 317111-JLA-703-025 Rév G (hors soufflet)
      - 9026 Réduction concentrique DN80/DN50
      - 317111-JLA-703-051 Rév C
      - 317111-JLA-703-021 Rév G (hors soufflet)
      - 317111-JLA-703-052 Rév B

|                                                                                   |                                                                                                    |                                     |   |   |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|---|--|--|--|
|  | <b>SIGMAPHI</b><br><br><b>Calcul du réservoir d'hélium selon plan<br/>317111-JLA-703-001-Rév Q</b> | V / Référence : CF005448            |   |   |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                    | N / Référence : 14N088 B - 15537031 |   |   |  |  |  |
|                                                                                   |                                                                                                    | Date : 17/12/2015                   |   |   |  |  |  |
| Page : 4                                                                          |                                                                                                    | Rév.                                | A | B |  |  |  |

**Données complémentaires prises en compte dans le calcul :**

- Rayon de courbure composant de tuyauterie 317111-JLA-703-023 Rév J :
  - Rint 106 mm (Rmoyen 150,4 mm)
- Rayon de courbure composant de tuyauterie 317111-JLA-703-017 Rév F :
  - Rint 21 mm (Rmoyen 37,8 mm)
- Synthèse des différents composants de tuyauterie : Voir §4.3
- Vent : Non applicable
- Séisme : Non applicable
- Fatigue : Non applicable
- Efforts et moments aux piquages : Non applicable

**2.2. Codes et normes de référence**

- Pour le réservoir d'hélium :
  - ASME VIII division 1
  - ASME II Part D (nuance SA312 grade 304L, SA240 grade 304L)
- Pour les éléments de tuyauterie du réservoir d'hélium :
  - ASME B31.3 - 2012
  - ASME B16.9

**2.3. Programme de calcul**

- Les calculs en pression statique sont réalisés par méthode analytique avec le logiciel Bentley AutoPIPE Vessel (Microprotol) V33.2.2.4 pour les viroles et piquages du réservoir d'hélium et sur feuille excel pour les calculs selon ASME B31.3 des éléments de tuyauterie.

**3. DONNEES DU CALCUL**

**3.1. Conditions de calcul générales**

- Surépaisseur de corrosion : 0 mm
- Coefficient de soudure : 1 (Viroles et tubes)
- Contrainte nominale : Selon ASME II Part D et ASME B31.3 (voir §3.5)



# SIGMAPHI

## Calcul du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q

|                 |                     |      |   |   |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |
| Page :          | 5                   | Rév. | A | B |  |

### 3.2. Conditions de calcul en pression pour la virole intérieure (pression externe)

La virole intérieure est soumise uniquement à des pressions externes. Les cas de fonctionnement en service sont : cas 1 avec le vide sur le diamètre intérieur seulement et cas 2 avec 6 bar sur le diamètre extérieur et le vide sur le diamètre intérieur.

En situation d'épreuve, le diamètre intérieur n'est pas soumis au vide.

#### *En service :*

- Pression interne de calcul : 0 bar
- Pression externe de calcul : 7 bar (*le calcul du cas 2 couvre le cas 1*)
- Température de calcul : 20 °C (*conservateur / fonctionnement à -268°C*)

#### *En épreuve :*

- Pression d'épreuve interne : 0 bar
- Pression d'épreuve externe : 10 bar (*selon §3.6*)
- Température d'épreuve : 20 °C

### 3.3. Conditions de calcul en pression pour la virole extérieure (pression interne)

La virole extérieure est soumise uniquement à des pressions internes. Les cas de fonctionnement sont : cas 1' avec le vide sur le diamètre extérieur seulement et cas 2' avec 6 bar sur le diamètre intérieur et le vide sur le diamètre extérieur.

En situation d'épreuve, le diamètre extérieur n'est pas soumis au vide.

#### *En service :*

- Pression interne de calcul : 7 bar (*le calcul du cas 2' couvre le cas 1'*)
- Pression externe de calcul : 0 bar
- Température de calcul : 20 °C (*conservateur / fonctionnement à -268°C*)

#### *En épreuve :*

- Pression d'épreuve interne : 10 bar (*selon §3.6*)
- Pression d'épreuve externe : 0 bar
- Température d'épreuve : 20 °C



# SIGMAPHI

## Calcul du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q

|                 |                     |      |   |   |  |  |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|--|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |  |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |  |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |  |  |
| Page :          | 6                   | Rév. | A | B |  |  |  |

### 3.4. Conditions de calcul en pression pour les tuyauteries (pression interne)

Les conditions de calcul sont les mêmes que celles pour la virole extérieure.

#### *En service :*

- Pression interne de calcul : 7 bar
- Température de calcul : 20 °C (conservateur / fonctionnement à -268°C)

#### *En épreuve :*

- Pression d'épreuve interne : 10 bar (selon §3.6)
- Température d'épreuve : 20 °C

### 3.5. Caractéristiques des matériaux et valeurs admissibles

| Elément                      | Matériau          | Norme      | Température | Unité: MPa     |                |                |                      |                      |
|------------------------------|-------------------|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
|                              |                   |            |             | R <sub>P</sub> | R <sub>m</sub> | σ <sub>R</sub> | f <sub>service</sub> | f <sub>épreuve</sub> |
| Viroles internes et externes | 304L              | ASME SA240 | 20°C        | 172            | 483            | /              | 115                  | 155                  |
|                              |                   |            | 20°C        | 172            | 483            | /              | 115                  | /                    |
| Tubes, raccords              | 304L<br>(ou 316L) | ASME SA312 | 20°C        | 172            | 483            | /              | 115                  | 155                  |
|                              |                   | ASME SA403 | 20°C        | 172            | 483            | /              | 115                  | /                    |

Les contraintes nominales de calcul sont issues de l'ASME II Part D et de l'ASME B31.3 - 2012.

### 3.6. Calcul pression d'épreuve

L'épreuve hydrostatique doit être réalisée à 1,3 fois la pression de service fois le plus petit rapport des contraintes LSR pour une fabrication selon §UG99 de l'ASME VIII division 1.

Avec LSR le ratio de la contrainte de calcul, en situation de service à la température de l'épreuve sur celle en situation de service à la température de calcul. LSR est déterminé pour chaque matériau.

Dans notre cas les calculs en situation de service sont réalisés à 20°C tout comme pour la situation d'épreuve. Le ratio LSR est donc égal à 1 pour l'ensemble des matériaux.

La pression d'épreuve selon le §UG99 de l'ASME VIII division 1 est donc de 1.3 fois la pression de service.





# SIGMAPHI

## Calcul du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q

|                 |                     |      |   |   |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |
| Page :          | 7                   | Rév. | A | B |  |

Le réservoir d'hélium est en service sous 6 bar, avec le vide autour. L'épreuve étant réalisée à pression atmosphérique, la pression de service utilisée pour le calcul de la pression d'épreuve est de 7 bar.

La pression d'épreuve minimale réglementaire est donc de 9.1 bar selon division 1 de l'ASME VIII).

Les calculs en situation d'épreuve sont réalisés pour une pression de 10 bar (calcul basé sur le coefficient 1.43 selon §8.2.1 de l'ASME VIII division 2 au lieu de 1,3 §UG99 de l'ASME VIII division 1).

## 4. RESULTATS

### 4.1. Tenue à la pression des éléments

L'ensemble des éléments convient suivant ASME VIII division 1 pour les conditions de calcul du paragraphe 3. Les calculs sont visibles dans l'annexe B.

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque élément considéré indépendamment, les épaisseurs utiles prises en compte au calcul.

L'épaisseur mini nécessaire est également indiquée pour certains éléments (\*) mais à titre informatif uniquement car ces calculs ne suffisent pas pour garantir la conformité à l'ASME VIII division 1 :

- Des calculs complémentaires sont réalisés pour prendre en compte les ouvertures de tubulures (paragraphe 4.2 de cette note de calcul).
- D'autres calculs sont également réalisés pour prendre en compte les autres cas de charges (note de calcul SIGMAPHI 317111 Rév E).

| Elément                                      | Epaisseur nominale<br>(en mm) | Tolérance + corrosion<br>(en mm) | Epaisseur utile<br>(en mm) | Vérification de la conception      |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Virole interne Ø713.5 en service sous 7 bar  | 12                            | 0.5                              | 11.5                       | OK<br>(9.8 mm mini nécessaire)     |
| Virole interne Ø713.5 en épreuve sous 10 bar | 12                            | 0.5                              | 11.5                       | OK<br>(11.4 mm mini nécessaire)    |
| Virole externe Ø1380 en service sous 7 bar   | 20                            | 0.5                              | 19.5                       | OK (*)<br>(4.2 mm mini nécessaire) |
| Virole externe Ø1380 en épreuve sous 10 bar  | 20                            | 0.5                              | 19.5                       | OK (*)<br>(4.6 mm mini nécessaire) |



# SIGMAPHI

## Calcul du réservoir d'hélium selon plan 317111-JLA-703-001-Rév Q

V / Référence : CF005448

N / Référence : 14N088 B - 15537031

Date : 17/12/2015

Page : 8 Rév. A B

### 4.2. Vérification des renforcements d'ouvertures sur la virole externe

Les 3 piquages au plan 703-048 Rév A (dans la virole externe) sont calculés en prenant en compte :

- Un diamètre d'ouverture de 52.5 mm,
- Des piquages posés,
- Une épaisseur du raccord de 6 mm (10 mm mini au plan),
- Une tolérance en moins de 0.5 mm (sur la virole et sur les piquages).

Les calculs des renforcements sont détaillés à l'annexe B.

Les ouvertures sont conformes à l'ASME VIII division 1 pour les conditions de calcul décrites au paragraphe 3.

Aucun renfort n'est nécessaire.


*Rappel : Aucun effort ou moment extérieur n'est considéré sur les piquages.*

### 4.3. Vérification des différents éléments de tuyauterie selon ASME B31.3 - 2012

Les éléments de tuyauterie suivants sont calculés :

| Eléments de tuyauterie du Helium vessel  | Tube       | Tube soudé | Tube cintré          | Schedule | Matériau         |
|------------------------------------------|------------|------------|----------------------|----------|------------------|
| 317111-JLA-703-013 Rév H (Omega piping)  | ø60,3x5,54 |            | ø60,3x5,54 R69, R400 | 80S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-018 Rév G                 |            | ø88,9x5,49 |                      | 40S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-023 Rév J                 | ø88,9x5,49 |            | ø88,9x5,49 R150,4    | 40S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-053 Rév C                 | ø88,9x5,49 |            |                      | 40S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-024 Rév H                 | ø33,7x4.55 |            | ø33,7x4.55 R200      | 80S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-054 Rév B                 | ø33,7x4.55 |            |                      | 80S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-017 Rév F                 | ø33,7x4.55 |            | ø33,7x4.55 R37,8     | 80S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-040 Rév B                 | ø60,3x3,9  |            | ø60,3x3,9 R90        | 40S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-025 Rév G (hors soufflet) | ø60,3x3,9  |            |                      | 40S      | SA312 grade 304L |
| 9026 Réduction concentrique DN80/DN50    |            |            |                      | 40S      | SA403 grade 304L |
| 317111-JLA-703-051 Rév C                 | ø88,9x5,49 |            |                      | 40S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-021 Rév G (hors soufflet) | ø33,7x4.55 |            |                      | 80S      | SA312 grade 304L |
| 317111-JLA-703-052 Rév B                 | ø33,7x4.55 |            |                      | 80S      | SA312 grade 304L |

| Eléments de tuyauterie du Helium vessel | Raccords selon ASME B16.9 |                      |            | Schedule | Matériau         |
|-----------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------|----------|------------------|
|                                         | Coude                     | Réduction            | Té         |          |                  |
| 317111-JLA-703-013 Rév H (Omega piping) | ø60,3x5,54                |                      | ø60,3x5,54 | 80S      | SA403 grade 304L |
| 9026 Réduction concentrique DN80/DN50   |                           | ø88,9x5,49/ø60,3x3,9 |            | 40S      | SA403 grade 304L |

|                                                                                   |                                                                                                    |                                     |   |      |   |   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|------|---|---|--|
|  | <b>SIGMAPHI</b><br><br><b>Calcul du réservoir d'hélium selon plan<br/>317111-JLA-703-001-Rév Q</b> | V / Référence : CF005448            |   |      |   |   |  |
|                                                                                   |                                                                                                    | N / Référence : 14N088 B - 15537031 |   |      |   |   |  |
|                                                                                   |                                                                                                    | Date : 17/12/2015                   |   |      |   |   |  |
|                                                                                   |                                                                                                    | Page :                              | 9 | Rév. | A | B |  |

Méthodologie pour la vérification des différents éléments de tuyauterie :

- Tous les raccords (coudes, tés, réductions) sont considérés approvisionnés selon ASME B16.9. Ces raccords sont justifiés par le calcul du tube équivalent (de même diamètre, épaisseur et matériau).  
Les tubes, coudes, tés et réductions sont donc justifiés selon ASME B31.3 - §304.1.2.
- Les tubes cintrés sont justifiés par un calcul spécifique selon ASME B31.3 - § 304.2.1.

Les coefficients suivants sont pris en compte aux calculs :

- Facteur de qualité pour tubes sans soudures et raccords :  $E = 1$
- Facteur de réduction du cordon de soudure :  $W = 1$  à 20°C
- Coefficient  $Y = 0,4$  pour aciers austénitiques à 20°C

Les calculs des différents éléments listés aux précédents tableaux sont détaillés en annexe B.

Ces éléments sont conformes à l'ASME B31.3-2012 pour les conditions de calcul décrites au paragraphe 3.

## 5. CONCLUSION

La présente note de calcul montre que les viroles internes et externe du réservoir d'hélium, cités au paragraphe 2.1 sont conformes à l'ASME VIII division 1 pour les conditions de calcul statiques indiquées au paragraphe 3.

De même, la présente note de calcul montre que les éléments de tuyauterie du réservoir d'hélium, cités aux paragraphes 2.1 et 4.3, sont conformes à l'ASME B31.3 - 2012 pour les conditions de calcul statiques indiquées au paragraphe 3.

Remarques :

- Cette note de calcul du réservoir d'hélium selon ASME VIII division 1 vient en complément du calcul par éléments finis déjà réalisé (référence 317111 Rév E) qui couvre la prise en compte des autres chargements et les pièces ne pouvant être calculée de façon analytique (flange side end, flange side arrival, ...).
- Il faudra vérifier que ces composants de tuyauterie sont bien approvisionnés selon les normes de référence (ASME B16.9) et les nuances prise en compte au calcul.

\* \* \*



# SIGMAPHI

Calcul du réservoir d'hélium selon plan  
317111-JLA-703-001-Rév Q

|                 |                     |      |   |   |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |
| Page :          | A0                  | Rév. | A | B |  |

## ANNEXE A

### Documents de référence

- Plan,
- Nomenclature,

**NOTE:**  
 - Content liquid and gaseous helium at 4K.  
 - Design pressure: 6atm absolute from 4K to 300K.  
 - Design and manufacturing according to ASME VIII division 1 - 2010 - RT1.

**For Manufacturing**



| REP     | REFERENCE                             | DESIGNATION                           | QTY | REV | MATERIAL                      | SUPPLIER | MASS (KG) |
|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-------------------------------|----------|-----------|
| 703-002 | 317111-JLA-703-002                    | OUTER TUBE                            | 1   | J   | SA240 - 304L                  |          | 1185.23   |
| 703-003 | 317111-JLA-703-003                    | INNER TUBE                            | 1   | H   | SA240 - 304L                  |          | 748.42    |
| 703-004 | 317111-JLA-703-004                    | FLANGE SIDE END                       | 1   | O   | SA240 - 304L                  |          | 393.78    |
| 703-005 | 317111-JLA-703-005                    | FLANGE SIDE ARRIVAL                   | 1   | O   | SA240 - 304L                  |          | 385.01    |
| 703-008 | 317111-JLA-703-008                    | HELIUM VESSEL NECK S/A                | 1   | K   | See assembly                  |          | 112.77    |
| 703-013 | 317111-JLA-703-013                    | OMEGA PIPING                          | 1   | H   | SA312 (pipes) of SA403 - 304L |          | 9.78      |
| 703-020 | 317111-JLA-703-020                    | HIGHT PLATE                           | 1   | D   | 304L (X2CrNi18-9)             |          | 1.32      |
| 703-021 | 317111-JLA-703-021                    | BELLOW FOR HE SUPPLYING               | 1   | G   | SA312 - 304L                  |          | 0.88      |
| 703-025 | 317111-JLA-703-025                    | BELLOW FOR HE RETURN                  | 3   | G   | SA312 - 304L                  |          | 2.01      |
| 703-039 | 317111-JLA-703-039                    | NECK CONNECTION PART #39              | 1   | D   | SA240 - 304L                  |          | 1.46      |
| 703-040 | 317111-JLA-703-040                    | COUDE PICKING                         | 3   | B   | SA312 - 304L                  |          | 0.94      |
| 703-041 | 317111-JLA-703-041                    | NECK CONNECTION pipe #41              | 1   | C   | SA240 - 304L                  |          | 1.87      |
| 703-042 | 317111-JLA-703-042                    | OUTER TUBE                            | 1   | D   | SA240 - 304L                  |          | 1203.48   |
| 703-046 | 317111-JLA-703-046                    | Pipe sub-assembly                     | 4   | B   | See assembly                  |          | 5.72      |
| 703-048 | 317111-JLA-703-048                    | Rustine                               | 1   | B   | SA240 - 304L                  |          | 15.58     |
| 703-049 | 317111-JLA-703-049                    | NECK CONNECTION PART #49              | 1   | C   | SA240 - 304L                  |          | 1.87      |
| 703-050 | 317111-JLA-703-050                    | Funnel for pipes                      | 3   | A   | 304L (X2CrNi18-9)             |          | 0.31      |
| 703-051 | 317111-JLA-703-051                    | tube #51                              | 3   | C   | SA312 - 304L                  |          | 6.54      |
| 703-052 | 317111-JLA-703-052                    | tube #52                              | 1   | B   | SA312 - 304L                  |          | 2.78      |
| 703-055 | 317111-JLA-703-055                    | manchon tube Ø60.3                    | 3   | A   | 304L (X2CrNi18-9)             |          | 0.04      |
| 703-065 | 317111-JLA-703-065                    | manchon tube Ø88.9                    | 3   | A   | 304L (X2CrNi18-9)             |          | 0.06      |
| 9026    | Reduction-concentrique-3'-2'-ANSI-40S | reduction concentrique 3'-2'-ANSI 40S | 3   | A   | SA312 (pipes) of SA403 - 304L |          | 0.73      |

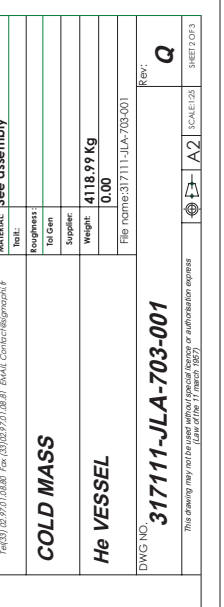
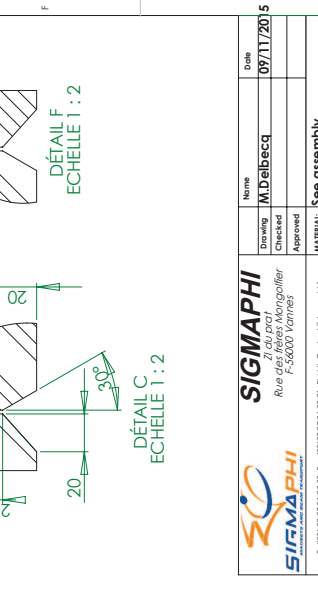
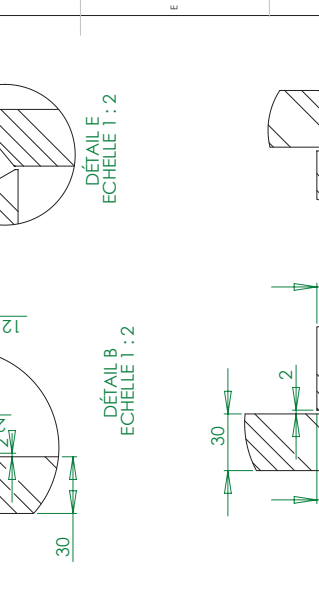
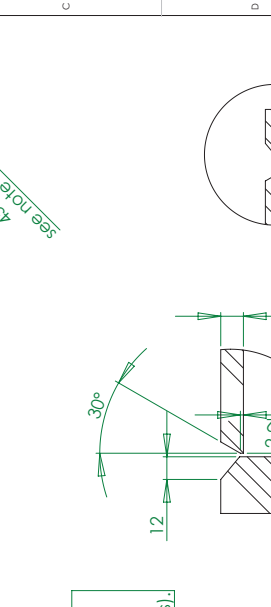
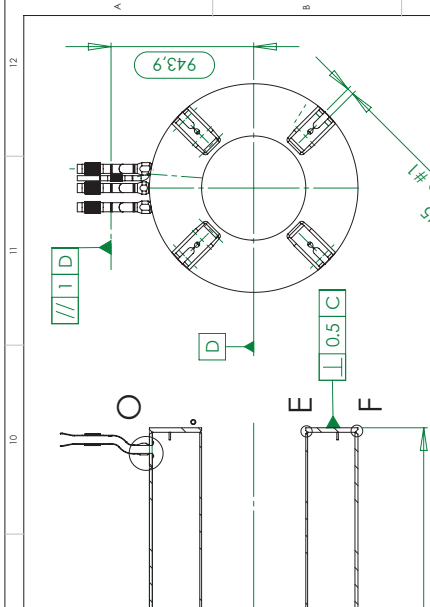
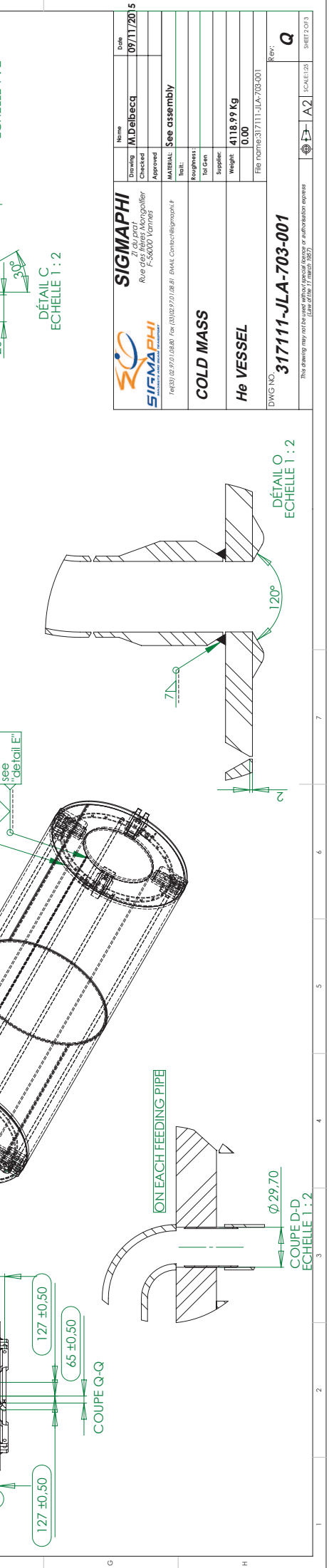
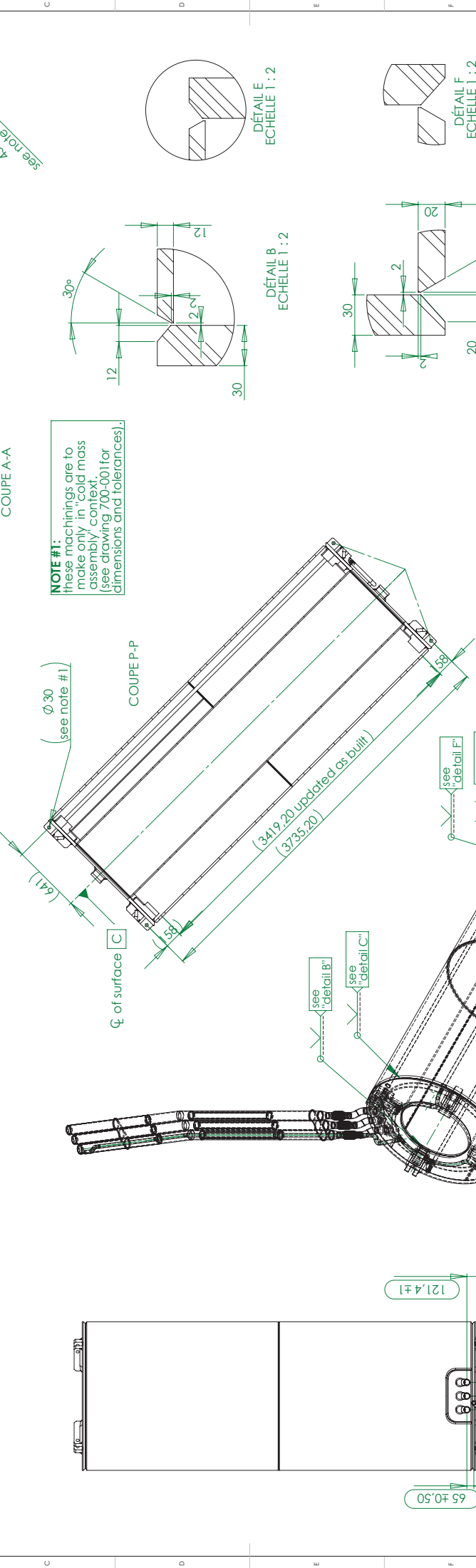
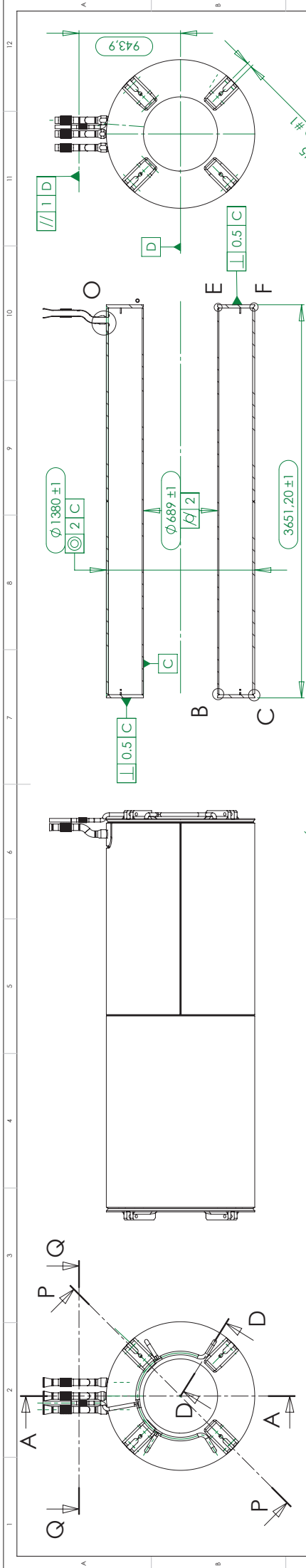


| ZONER/REV | DESCRIPTION                                                                              | DATE       | APPROUVE |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
| A         | WEIGHTED DESIGN FOR THE PROJECT                                                          | 10/03/2012 |          |
| B         | ADDED CONNECTION PART #39                                                                | 17/04/2013 |          |
| C         | ADDED CONNECTION PART #49                                                                | 23/09/2012 |          |
| D         | changed the cross of exit vessel and added stiffening rings                              | 23/09/2012 |          |
| E         | changed the cross of exit vessel and added stiffening rings and added pipes sub-assembly | 17/04/2013 |          |
| F         | Ball of 002 (became 002 & 042) added 048 = change of component's revision                | 28/09/2013 |          |
| G         | added 050 parts = change of component's revision                                         | 08/01/2014 |          |
| H         | added page 3 and table #1                                                                | 17/04/2014 |          |
| I         | modified chamfer on rep. 04 and 05                                                       | 04/02/2014 |          |
| J         | added chamfer on rep. 04 and 05                                                          | 19/12/2014 |          |
| K         | modification of chamfer                                                                  | 30/01/2015 |          |
| L         | modification of revision of subassembly 008                                              | 09/02/2015 |          |
| M         | modification of revision of the chimney's design                                         | 11/05/2015 |          |
| N         | change following modification of the chimney's design                                    | 24/09/2015 |          |
| O         | modification of chimney (increased Ø...)                                                 | 24/09/2015 |          |
| P         | added precision on 304L norm                                                             | 21/10/2015 |          |
| Q         |                                                                                          |            |          |

|                            |  |              |                    |         |            |
|----------------------------|--|--------------|--------------------|---------|------------|
| <b>SIGMAPHI</b>            |  | Name         | M. Delbecq         | Date    | 09/11/2015 |
| 71 Rue de la               |  | Drawing      | M. Delbecq         | Checked |            |
| Rue des Frères Montgoulier |  | Approved     |                    |         |            |
| F-56000 Vannes             |  | MATERIAL     | See assembly       |         |            |
|                            |  | Insipiens    |                    |         |            |
|                            |  | Tol Gen      |                    |         |            |
|                            |  | Supplier     | 4118.99 Kg         |         |            |
|                            |  | Weight       |                    |         |            |
|                            |  | File name(s) | 317111-JLA-703-001 |         |            |
|                            |  | REV:         | <b>Q</b>           |         |            |

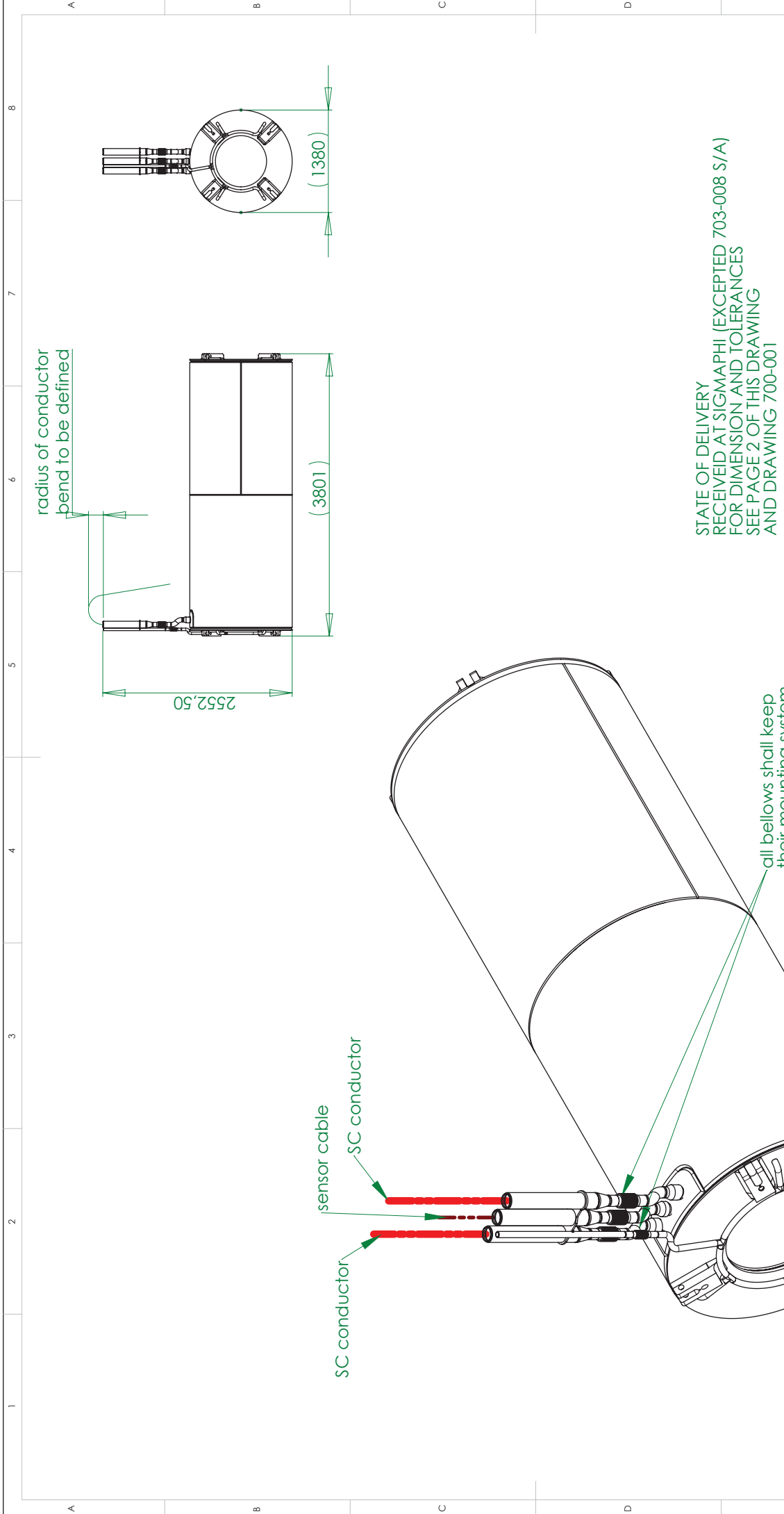
**COLD MASS**  
**He VESSEL**

DWG NO. **317111-JLA-703-001**




|                                                                                 |  |                        |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|------------------|
| <b>SIGMAPHI</b><br>71 rue parat<br>Rue des frères Montgolfier<br>F-56000 Vannes |  | Name: M. Delbecq       | Date: 09/11/2015 |
| Tel: 02 97 92 08 80 Fax: 02 92 92 08 81 EMAIL: Contact@sigmaphi.fr              |  | Checked: [ ]           |                  |
| <b>COLD MASS</b>                                                                |  | Approved: [ ]          |                  |
| <b>He VESSEL</b>                                                                |  | MATERIAL: See assembly |                  |
| DWG NO: 317111-JLA-703-001                                                      |  | Dimensions: [ ]        |                  |
| Repr: Q                                                                         |  | Top Gen: [ ]           |                  |
| Scale: A2                                                                       |  | Supplier: [ ]          |                  |
| Sheet: 01/02                                                                    |  | Weight: 4118.99 Kg     |                  |
| File name: 317111-JLA-703-001                                                   |  | 0.00                   |                  |

This drawing may not be used without explicit licence or authorization express (dans d'avis 17 mars 1987)

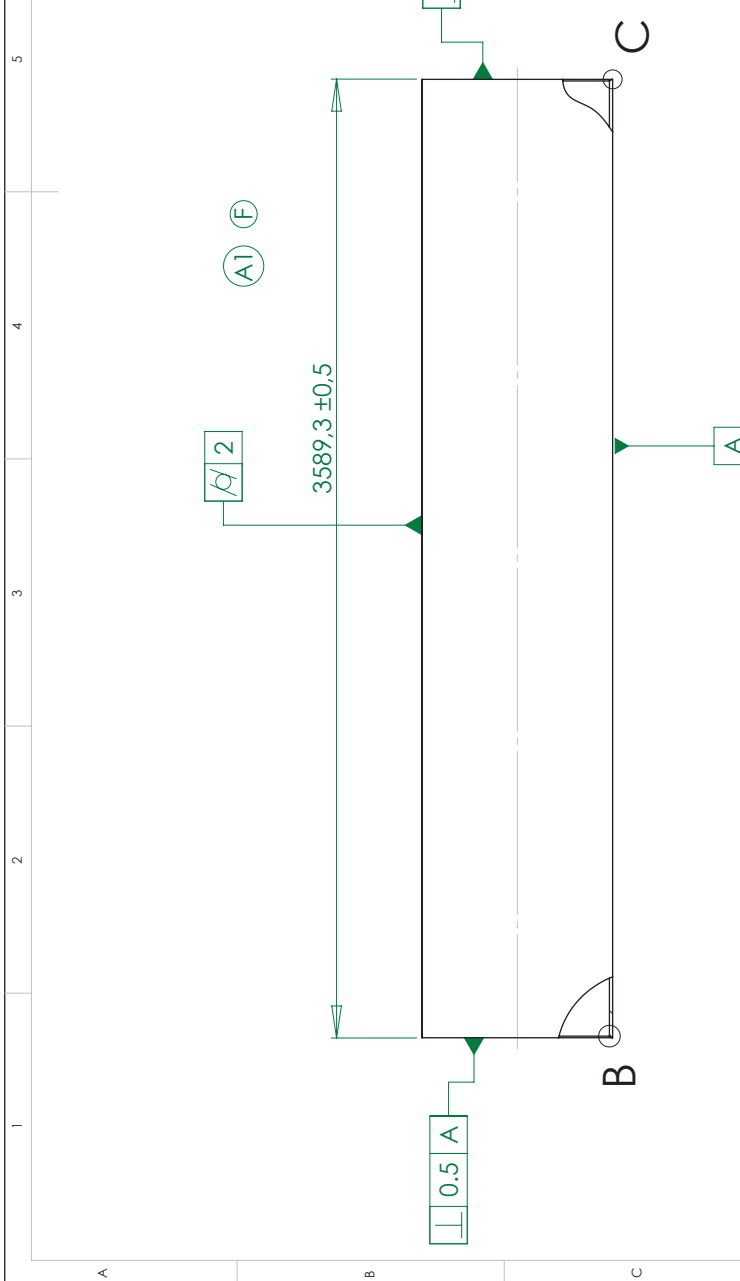


STATE OF DELIVERY RECEIVED AT SIGMAPHI (EXCEPTED 703-008 S/A) FOR DIMENSION AND TOLERANCES SEE PAGE 2 OF THIS DRAWING AND DRAWING 700-001

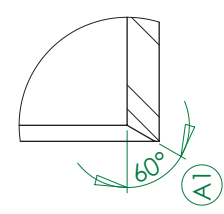
|                                                                                                                                                 |  |             |              |         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------|--------------|---------|------------|
| <br>Zi du prat<br>Rue des Jours Monjollier<br>F-36000 Vannes |  | Name        | M. Delbecq   | Date    | 09/11/2015 |
| Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sigmaphi.fr                                                                         |  | Drawing     |              | Checked |            |
| <b>COLD MASS</b>                                                                                                                                |  | Approved    |              |         |            |
| <b>He VESSEL</b>                                                                                                                                |  | MATERIAL:   | See assembly |         |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-001</b>                                                                                                               |  | Trait:      |              |         |            |
| Rev: <b>Q</b>                                                                                                                                   |  | Roughness : |              |         |            |
| File name:317111-JLA-703-001                                                                                                                    |  | Tol Gen     |              |         |            |
| Supplier:                                                                                                                                       |  | Weight:     | 4118.99 Kg   |         |            |

all bellows shall keep their mounting system at this step of assembling

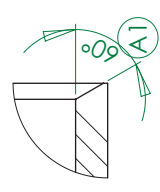
| ZONE | REV. | DESCRIPTION                            | DATE       | APPROVE |
|------|------|----------------------------------------|------------|---------|
| A1   |      | CHANGES FOR INTERMEDIARY DESIGN REVIEW | 20/10/2011 |         |
| C    |      | changed thickness                      | 03/05/2012 |         |
| D    |      | CHANGED WELDING PREPARATION            | 04/06/2012 |         |
| E    |      | ADDED TOLERANCES ON THICKNESS          | 06/11/2012 |         |
| F    |      | changed length                         | 29/08/2013 |         |
| G    |      | changed tolerance                      | 04/03/2014 |         |
| H    |      | added precision on 304L norm           | 21/10/2015 | MD      |



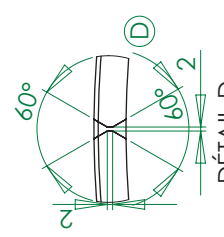
B and C have to be considered as surfaces from ends to 20mm



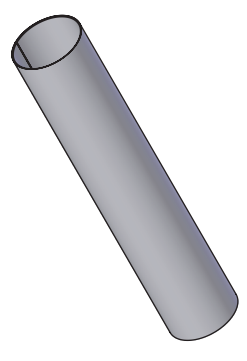
DÉTAIL B  
ECHELLE 1 : 2



DÉTAIL C  
ECHELLE 1 : 2



DÉTAIL D  
ECHELLE 1 : 2



|                                                                                                                                          |         |                              |           |      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------|-----------|------|------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Forges Mongolfier<br>F-36000 Vannes<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |         | Name                         | M Delbecq | Date | 21/10/2015 |
| Drawing                                                                                                                                  | Checked | Approved                     |           |      |            |
| MATERIAL: SA240 - 304L                                                                                                                   |         | Treat:                       |           |      |            |
| Roughness:                                                                                                                               |         | Tol Gen: ±2                  |           |      |            |
| Supplier:                                                                                                                                |         | Weight: 748.42 Kg            |           |      |            |
|                                                                                                                                          |         | 0.00                         |           |      |            |
| He VESSEL                                                                                                                                |         | INNER TUBE                   |           |      |            |
| DWG NO. 317111-JLA-703-003                                                                                                               |         | File name:317111-JLA-703-003 |           |      |            |
| Rev: H                                                                                                                                   |         |                              |           |      |            |

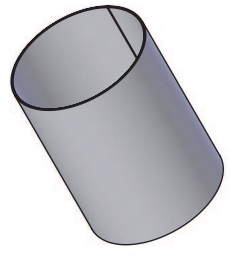
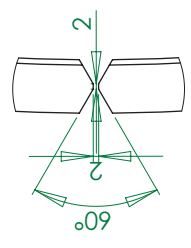
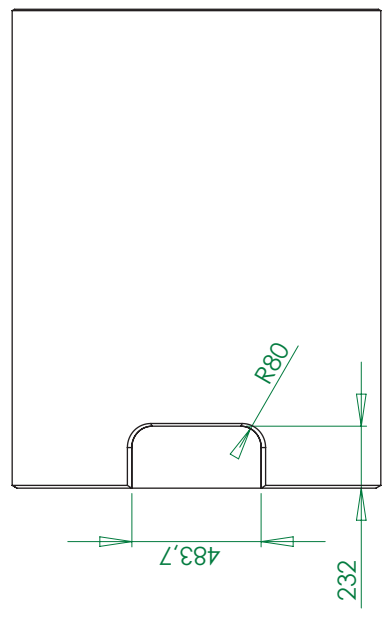
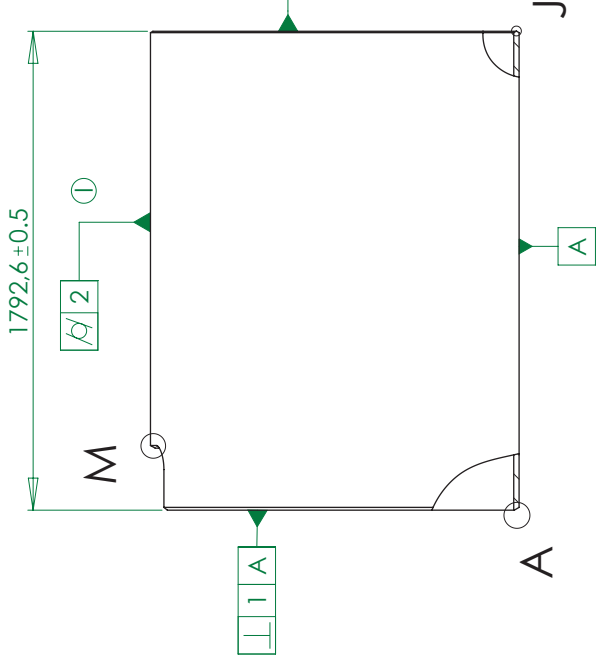
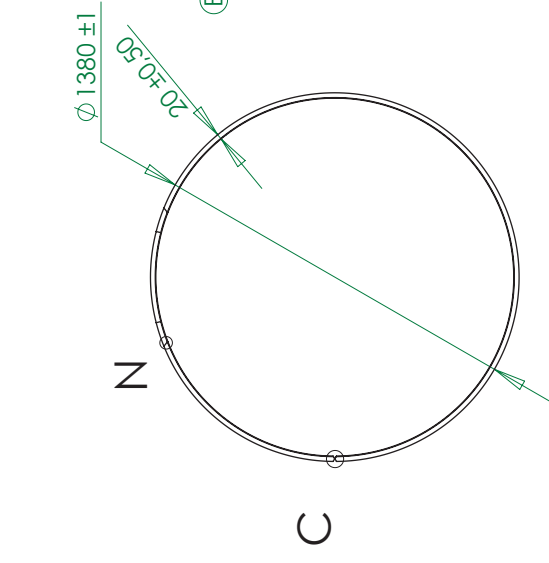
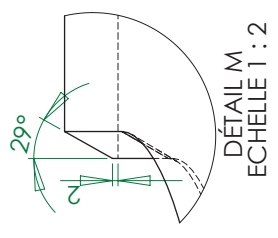
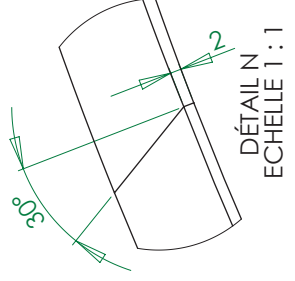
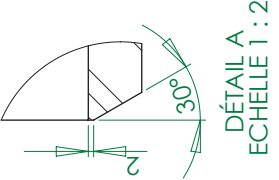
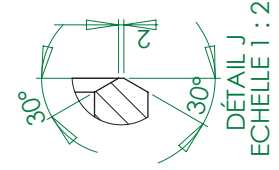
For Manufacturing



| REV. | DESCRIPTION                                                            | DATE       | APPROVE |
|------|------------------------------------------------------------------------|------------|---------|
| A    | CHANGES FOR INTERMEDIARY DESIGN REVIEW                                 | 20/10/2011 |         |
| B    | changed thickness and welding chamfers                                 | 03/05/2012 |         |
| C    | CHANGED WELDING PREPARATION                                            | 24/06/2012 |         |
| D    | changed the thickness (8mm become 20mm)                                | 27/03/2013 |         |
| E    | changed the thickness (8mm become 20mm)                                | 27/03/2013 |         |
| F    | split the part in 2 different references and modified welding chamfers | 21/02/2014 | MD      |
| G    | added tolerance on thickness                                           | 04/03/2014 | MD      |
| H    | changed tolerances                                                     | 21/10/2015 | MD      |
| J    | added precision on 304L norm                                           |            |         |

**For Manufacturing**

*Porniel*

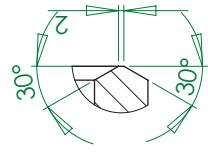


|                                                                                                                     |  |            |                    |           |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|--------------------|-----------|--------------|
| <p>SIFMAPHI<br/>Soudage et Fabrication Industrielle</p>                                                             |  | Name       | M. Delbecq         | Date      | 21/10/2015   |
| <p>Zi du prat<br/>Rue des Forges Mongollier<br/>F-36000 Vannes</p>                                                  |  | Drawing    |                    |           |              |
| <p>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr</p>                                      |  | Checked    |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  | Approved   |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  | MATERIAL:  | SA240 - 304L       |           |              |
|                                                                                                                     |  | Trait:     |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  | Roughness: |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  | Tol Gen    | ±2                 |           |              |
|                                                                                                                     |  | Supplier:  |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  | Weight:    | 1185.23 Kg         |           |              |
|                                                                                                                     |  |            | 0.00               |           |              |
|                                                                                                                     |  | File name: | 317111-JLA-703-002 |           |              |
| <p>DWG NO. <b>317111-JLA-703-002</b></p>                                                                            |  | Rev:       | <b>J</b>           |           |              |
| <p>This drawing may not be used without special license or authorisation express<br/>(sans autorisation écrite)</p> |  |            |                    |           |              |
|                                                                                                                     |  |            | A3                 | SCALE: 50 | SHEET 1 OF 1 |

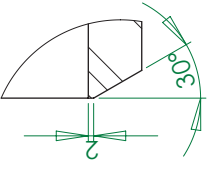
| REV. | DESCRIPTION                   | DATE       | APPROUVE |
|------|-------------------------------|------------|----------|
| A    | CREATION (split from 703-002) | 29/08/2013 | MD       |
| B    | added tolerance on thickness  | 21/02/2014 | MD       |
| C    | changed tolerances            | 04/03/2014 | MD       |
| D    | added precision on 304L norm  | 21/10/2015 | MD       |

**For Manufacturing**

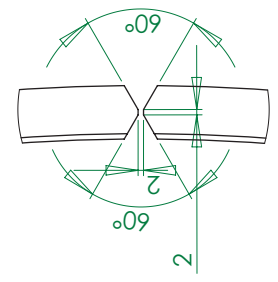
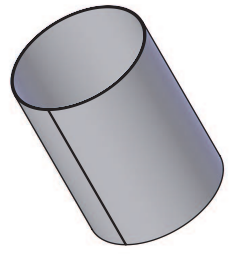
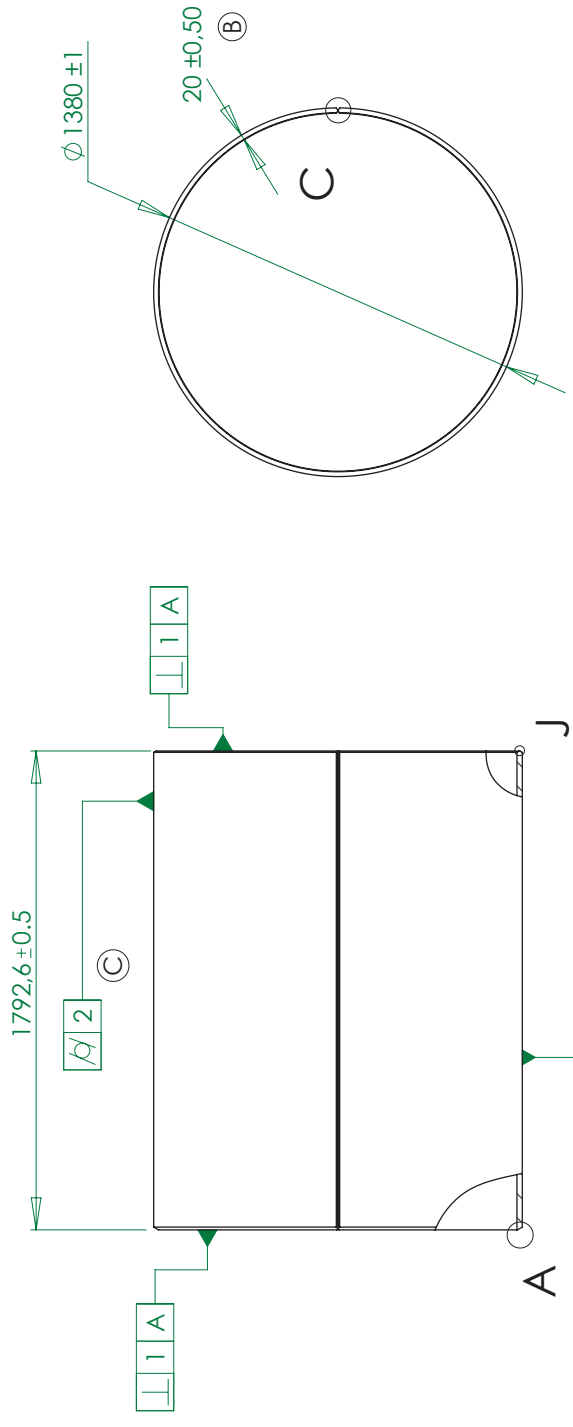
*Pornel*





DÉTAIL A  
ECHELLE 1:2

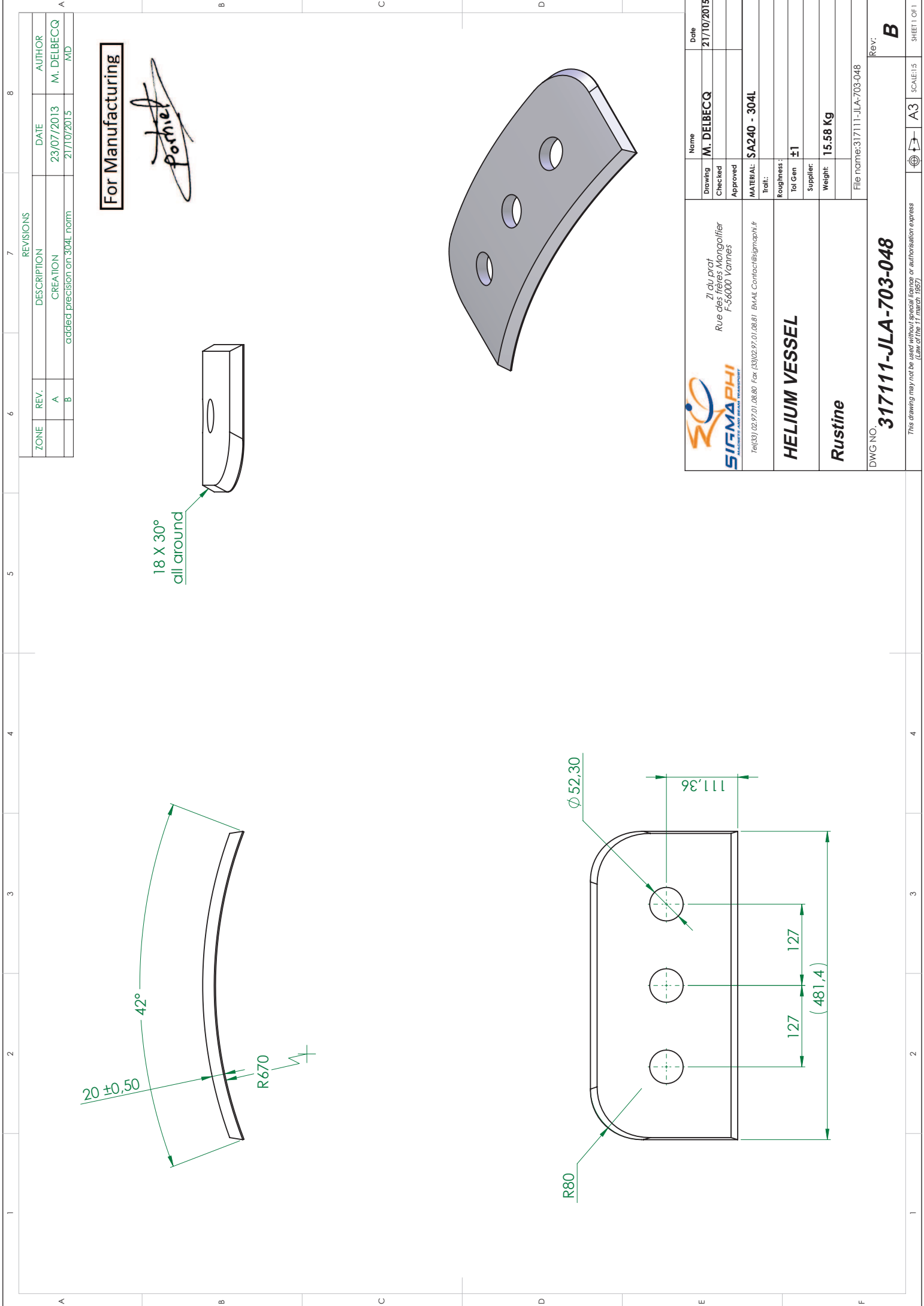


DÉTAIL J  
ECHELLE 1:2



DÉTAIL C  
ECHELLE 1:2

|                                                                                                                                                                                                                           |              |                                                                                        |             |              |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Fées Mongollier<br>F-36000 Vannes<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |              | Name                                                                                   | M. DELBECQ  | Date         | 21/10/2015 |
| Drawing                                                                                                                                                                                                                   | M. DELBECQ   | Checked                                                                                |             |              |            |
| Approved                                                                                                                                                                                                                  |              |                                                                                        |             |              |            |
| MATERIAL:                                                                                                                                                                                                                 | SA240 - 304L |                                                                                        |             |              |            |
| Trait:                                                                                                                                                                                                                    |              |                                                                                        |             |              |            |
| Roughness:                                                                                                                                                                                                                |              |                                                                                        |             |              |            |
| Tol Gen                                                                                                                                                                                                                   | ±2           |                                                                                        |             |              |            |
| Supplier:                                                                                                                                                                                                                 |              |                                                                                        |             |              |            |
| Weight:                                                                                                                                                                                                                   | 1203,48 Kg   |                                                                                        |             |              |            |
|                                                                                                                                                                                                                           | 0.00         |                                                                                        |             |              |            |
| File name:317111-JLA-703-042                                                                                                                                                                                              |              |                                                                                        |             |              |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-042</b>                                                                                                                                                                                         |              | Rev:                                                                                   |             |              |            |
| This drawing may not be used without special license or authorisation express<br>(Gen. of Proc. 11/dec. 1987)                                                                                                             |              |  A3 | SCALE: 1:50 | SHEET 1 OF 1 |            |



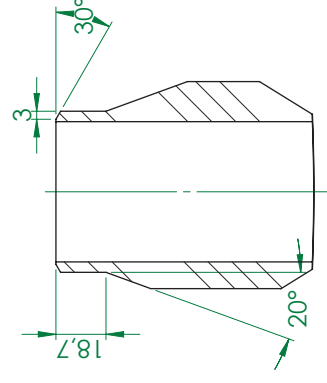
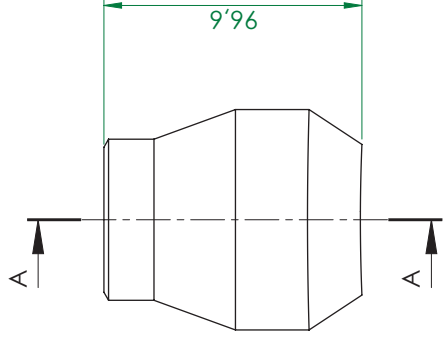
| ZONE |                              | REVISIONS  |            |
|------|------------------------------|------------|------------|
| REV. | DESCRIPTION                  | DATE       | AUTHOR     |
| A    | CREATION                     | 23/07/2013 | M. DELBECQ |
| B    | added precision on 304L norm | 21/10/2015 | MD         |

**For Manufacturing**

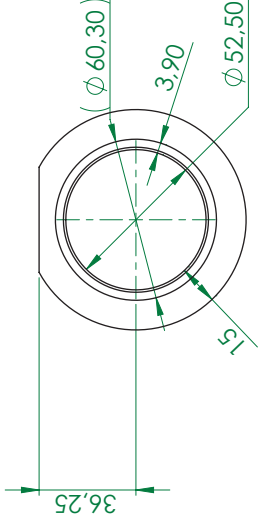
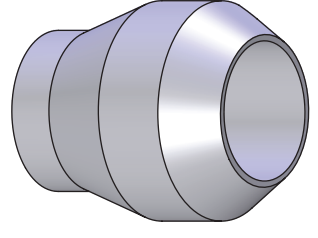
*Pomier*

|                                                                                                                                          |  |                              |              |      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--------------|------|------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Forges Mongollier<br>F-36000 YANNES<br>Tel(33) 02.97.01.08.80 Fax (33)02.97.01.08.81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |  | Name                         | M. DELBECQ   | Date | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                          |  | Drawing                      |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Checked                      |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Approved                     |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | MATERIAL:                    | SA240 - 304L |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Trait:                       |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Roughness :                  |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Tol Gen                      | ±1           |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Supplier:                    |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | Weight:                      | 15.58 Kg     |      |            |
|                                                                                                                                          |  | File name:317111-JLA-703-048 |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | <b>HELIUM VESSEL</b>         |              |      |            |
|                                                                                                                                          |  | <b>Rustine</b>               |              |      |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-048</b>                                                                                                        |  | Rev: <b>B</b>                |              |      |            |

| ZONE | REV. | DESCRIPTION                   | DATE       | APPROUVE |
|------|------|-------------------------------|------------|----------|
|      | C    | complete modification of part | 29/08/2013 | MD       |
|      | D    | added precision on 304L norm  | 21/10/2015 | MD       |

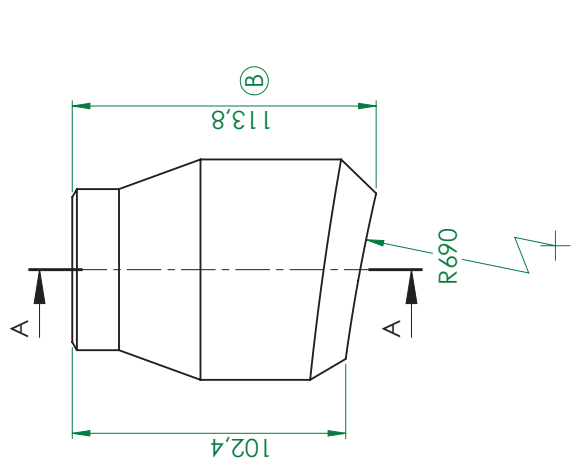


COUPE A-A

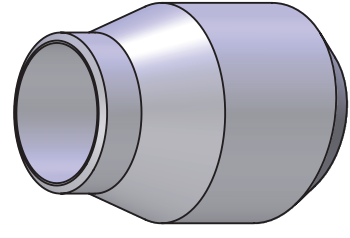
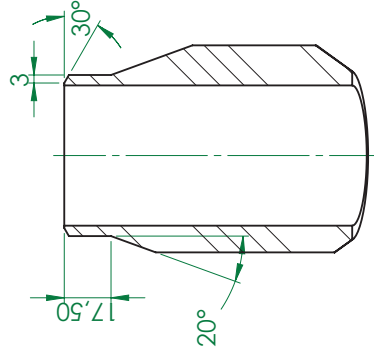
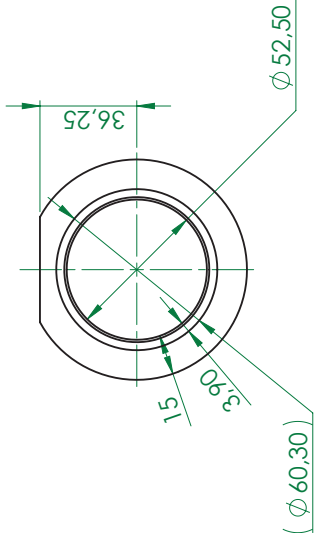


For Manufacturing


|                                                                                                                                          |          |                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|------------|
| <p>SIFMAPHI<br/>Soudure et Fabrication Industrielle</p> <p>Tel:(33) 02 97 01 08 80 Fax: (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr</p> | Drawing  | Name                         | Date       |
|                                                                                                                                          | Checked  | M. DELBECQ                   | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                          | Approved |                              |            |
| MATERIAL: SA240 - 304L                                                                                                                   |          | Tol Gen ±1                   |            |
| Roughness:                                                                                                                               |          | Supplier:                    |            |
| Weight: 1.46 Kg                                                                                                                          |          | File name:317111-JLA-703-039 |            |
| DWG NO. 317111-JLA-703-039                                                                                                               |          | Rev: D                       |            |



COUPE A-A

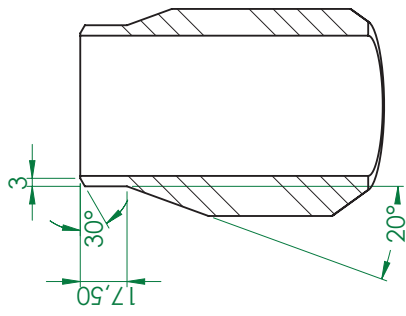
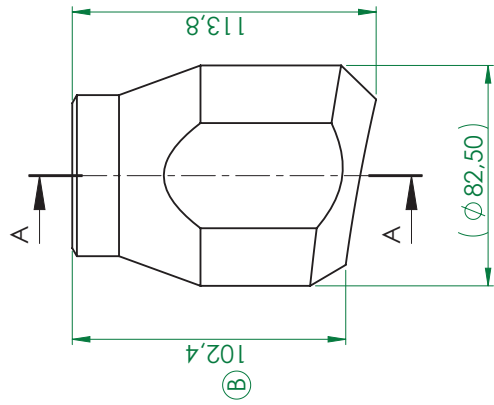


| REVISIONS |  | ZONE | REV. | DESCRIPTION                  | DATE       | AUTHOR     |
|-----------|--|------|------|------------------------------|------------|------------|
|           |  | A    |      | CREATION                     | 23/07/2013 | M. DELBECQ |
|           |  | B    |      | changed height               | 28/02/2014 | MD         |
|           |  | C    |      | added precision on 304L norm | 21/10/2015 | MD         |

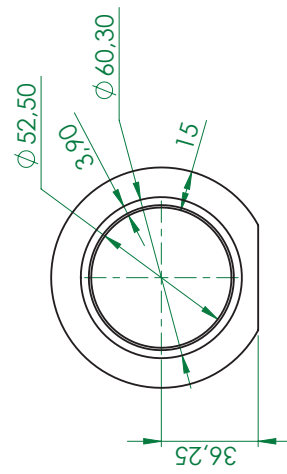
|                                                                                                                                                                                                                             |  |                                 |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Forges Mongollier<br>F-36000 YANDES<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |  | Name<br><b>M. DELBECQ</b>       | Date<br><b>21/10/2015</b> |
| Drawing<br><b>M. DELBECQ</b>                                                                                                                                                                                                |  | Checked                         | Approved                  |
| MATERIAL: <b>SA240 - 304L</b>                                                                                                                                                                                               |  | Trait:                          |                           |
| Roughness:                                                                                                                                                                                                                  |  | Tol Gen: <b>±0.5</b>            |                           |
| Supplier:                                                                                                                                                                                                                   |  | Weight: <b>1.87 Kg</b>          |                           |
| File name:317111-JLA-703-041                                                                                                                                                                                                |  |                                 |                           |
| <b>He VESSEL</b>                                                                                                                                                                                                            |  | <b>NECK CONNECTION pipe #41</b> |                           |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-041</b>                                                                                                                                                                                           |  | Rev: <b>C</b>                   |                           |

For Manufacturing



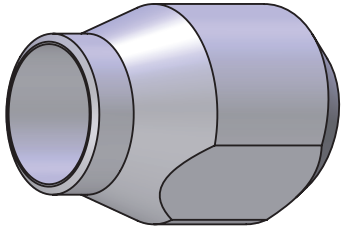


COUPE A-A



**For Manufacturing**

*porchie*



| REVISIONS |      |                              |
|-----------|------|------------------------------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                  |
|           | A    | CREATION                     |
|           | B    | changed height               |
|           | C    | added precision on 304L norm |

8

7

6


5

4

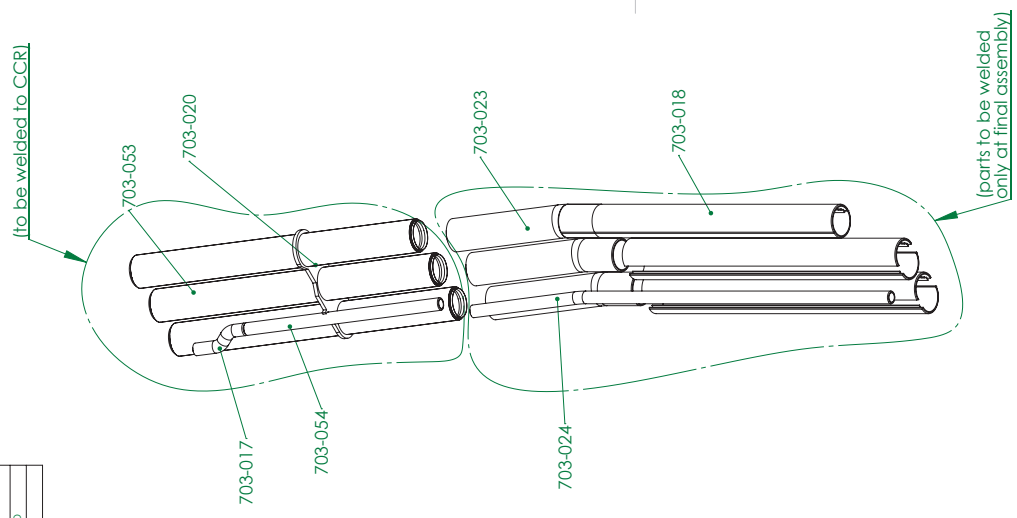
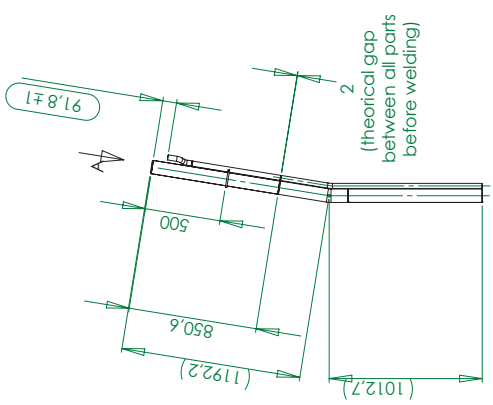
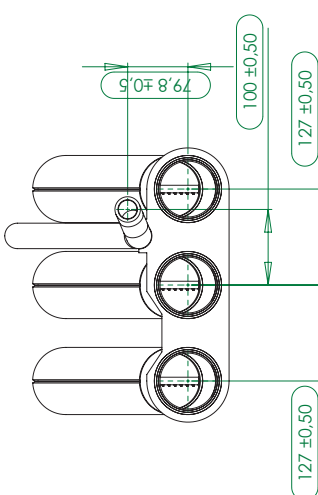
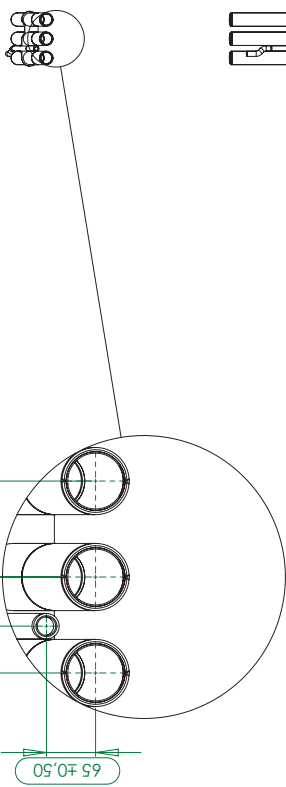
3

2

1

|                                                                                                                                                                                                                             |          |                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------|------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Forges Monjollier<br>F-36000 Vannes<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr | Drawing  | Name                            | Date       |
|                                                                                                                                                                                                                             | Checked  | M. DELBECQ                      | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                                                                                                             | Approved |                                 |            |
| MATERIAL: SA240 - 304L                                                                                                                                                                                                      |          | Treat:                          |            |
| Roughness:                                                                                                                                                                                                                  |          | Tol Gen                         |            |
| Supplier:                                                                                                                                                                                                                   |          | ISO 2768 mK (medium)            |            |
| Weight: 1.87 Kg                                                                                                                                                                                                             |          |                                 |            |
| File name:317111-JLA-703-049                                                                                                                                                                                                |          |                                 |            |
| <b>317111-JLA-703-001</b>                                                                                                                                                                                                   |          | <b>NECK CONNECTION PART #49</b> |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-049</b>                                                                                                                                                                                           |          | Rev: <b>C</b>                   |            |

| ZONE | REV. | DESCRIPTION                                                                                      | REVISIONS                                                                                        | DATE       | APPROUVE |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|
|      | A    | change of standard position of interlock cable                                                   | changed position of interlock cable                                                              | 17/07/2013 |          |
|      | B    | changed revisions of components                                                                  | changed revisions of components                                                                  | 29/08/2013 |          |
|      | F    | changed revisions of components (below more high)                                                | changed revisions of components (below more high)                                                | 19/01/2015 |          |
|      | H    | modification of BOM (1" below goes to 703-001 assembly + central tube replaced by rep 23 and 18) | modification of BOM (1" below goes to 703-001 assembly + central tube replaced by rep 23 and 18) | 09/02/2015 |          |
|      | I    | change following modification of the chimney's design                                            | change following modification of the chimney's design                                            | 17/05/2015 |          |
|      | J    | increase of and coded welding plate and rings                                                    | increase of and coded welding plate and rings                                                    | 24/07/2015 |          |
|      | K    | coded precision on 304L norm                                                                     | coded precision on 304L norm                                                                     | 21/10/2015 |          |
|      |      |                                                                                                  |                                                                                                  |            | MD       |



| REP     | REFERENCE          | DESIGNATION                    | QTE | IND | MATIERE           | MASSE |
|---------|--------------------|--------------------------------|-----|-----|-------------------|-------|
| 703-017 | 317111-JLA-703-017 | HE SUPPLY CCR CONNECTION       | 1   | F   | SA312 - 304L      | 0.58  |
| 703-020 | 317111-JLA-703-020 | HIGHT PLATE                    | 1   | D   | 304L (X2CrNi18-9) | 1.32  |
| 703-023 | 317111-JLA-703-023 | HE RETURN SIDE PIPE            | 3   | J   | SA312 - 304L      | 5.20  |
| 703-024 | 317111-JLA-703-024 | HE SUPPLY/ING PIPE (intermed.) | 1   | H   | SA312 - 304L      | 4.44  |
| 703-053 | 317111-JLA-703-053 | tube #53                       | 6   | C   | SA312 - 304L      | 9.66  |
| 703-054 | 317111-JLA-703-054 | tube #54                       | 1   | B   | SA312 - 304L      | 1.96  |
| 703-018 | 317111-JLA-703-018 | RECOVERY PIPE                  | 6   | G   | SA312 - 304L      | 5.06  |
| 703-065 | 317111-JLA-703-065 | manchon tube Ø88.9             | 9   | A   | 304L (X2CrNi18-9) | 0.06  |

For Manufacturing

*Pornier*

**SIGMAPHI**  
21 rue de la  
F-56000 Vannes

Ref: 03 02 97 01 86 801 Fax: 03 02 97 01 08 87 EMAIL: Contact@sigmaphi.fr

**HELIUM VESSEL**

**HELIUM VESSEL NECK S/A**

DWG NO: **317111-JLA-703-008**

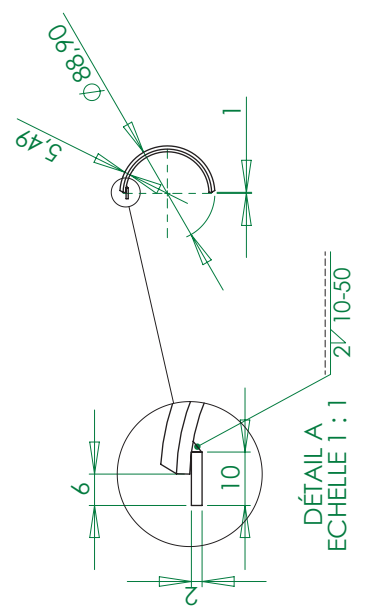
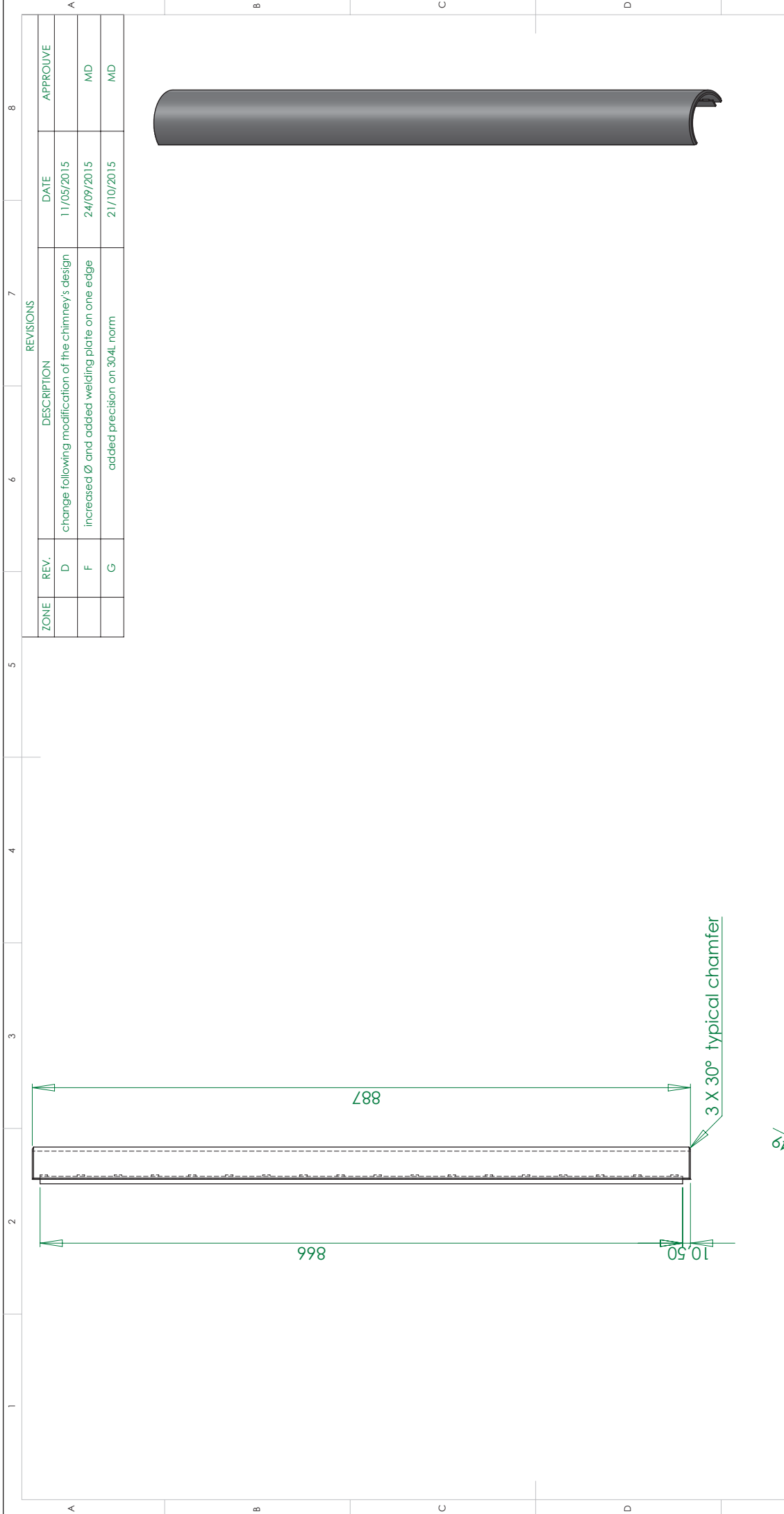
Name: M. Delbecq  
Date: 21/10/2015

Checked: Approved: See assembly

TOTAL: 122  
Ingramm: 112.77 Kg  
Supplier: 0.00

File name: 317111-JLA-703-008

SCALE: A2  
SHEET 1 OF 1



**For Manufacturing**



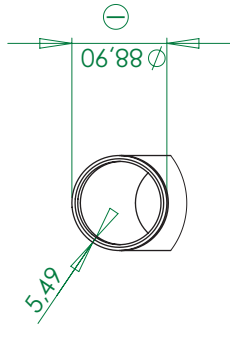
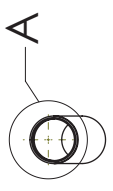
| REVISIONS |      |                                                       |            |         |
|-----------|------|-------------------------------------------------------|------------|---------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                                           | DATE       | APPROVE |
|           | D    | change following modification of the chimney's design | 11/05/2015 |         |
|           | F    | increased Ø and added welding plate on one edge       | 24/09/2015 | MD      |
|           | G    | added precision on 304L norm                          | 21/10/2015 | MD      |

|                                                                                                                                                                                                               |  |                              |                      |                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|----------------------|---------------------|------------|
| <p><b>SIFMAPHI</b><br/>Soudure Industrielle Française</p> <p>Zi du port<br/>Rue des Forges Mongollier<br/>F-36000 YANVES</p> <p>Tel:(33) 02 97 01 08 80 Fax: (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr</p> |  | Name                         | M. Delbecq           | Date                | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Drawing                      |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Checked                      |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Approved                     |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | MATERIAL:                    | SA312 - 304L         |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Trait:                       |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Roughness:                   |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Tol Gen                      | ISO 2768 mK (medium) |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Supplier:                    |                      |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | Weight:                      | 5.06 Kg              |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  |                              | 0.00                 |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                               |  | File name:317111-JLA-703-018 |                      |                     |            |
| <p>DWG NO. <b>317111-JLA-703-018</b></p>                                                                                                                                                                      |  | <p>Rev: <b>G</b></p>         |                      | <p>SHEET 1 OF 1</p> |            |

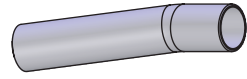
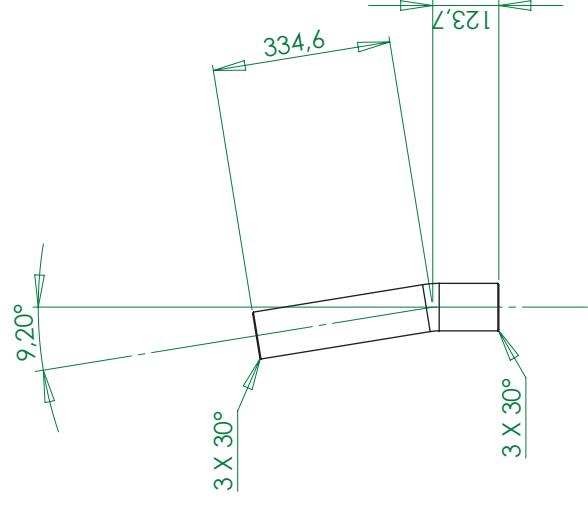
This drawing may not be used without special license or authorisation express  
(Annex 11, article 1.627)



| ZONE | REV. | DESCRIPTION                                           | DATE       | APPROUVE |
|------|------|-------------------------------------------------------|------------|----------|
|      | E    | changed $\varnothing$ and length                      | 29/08/2013 | MD       |
|      | F    | changed length                                        | 28/02/2014 |          |
|      | G    | changed length                                        | 19/01/2015 |          |
|      | H    | change following modification of the chimney's design | 11/05/2015 |          |
|      | I    | increased $\varnothing$                               | 24/09/2015 |          |
|      | J    | added precision on 304L norm                          | 21/10/2015 |          |



DÉTAIL A  
ECHELLE 1 : 5



(FC)

|                               |                      |            |  |
|-------------------------------|----------------------|------------|--|
| Name                          |                      | Date       |  |
| Drawing                       | M. Delbecq           | 21/10/2015 |  |
| Checked                       |                      |            |  |
| Approved                      |                      |            |  |
| MATERIAL: SA312 - 304L        |                      |            |  |
| Treat:                        |                      |            |  |
| Roughness:                    |                      |            |  |
| Total Gen                     | ISO 2768 mK (medium) |            |  |
| Supplier:                     |                      |            |  |
| Weight:                       | 5.20 Kg              |            |  |
|                               | 0.00                 |            |  |
| File name: 317111-JLA-703-023 |                      |            |  |



For Manufacturing

*pothier*

**He VESSEL**  
**HE RETURN SIDE PIPE**

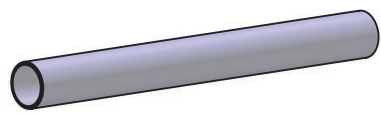
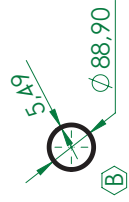
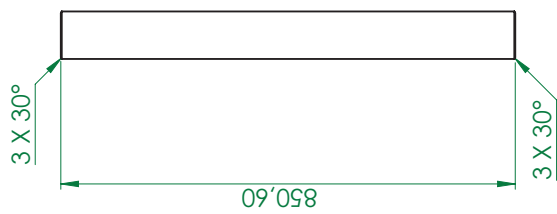
If welded, shall be in accordance with ASME BPV

DWG NO. **317111-JLA-703-023**

Rev: **J**

| ZONE | REV. | DESCRIPTION                                                    | DATE       | AUTHOR     |
|------|------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|
| A    | A    | CREATION change following modification of the chimney's design | 04/05/2015 | M. DELBECQ |
| B    | B    | increased size                                                 | 24/09/2015 | MD         |
| C    | C    | added precision on 304L norm                                   | 21/10/2015 |            |

**For Manufacturing**

| Drawing  | Name       | Date       |
|----------|------------|------------|
| Checked  | M. DELBECQ | 21/10/2015 |
| Approved |            |            |

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| MATERIAL:   | SA312 - 304L         |
| Trait:      |                      |
| Roughness : |                      |
| Tol Gen     | ISO 2768 mK (medium) |
| Supplier:   |                      |
| Weight:     | 9.66 Kg              |

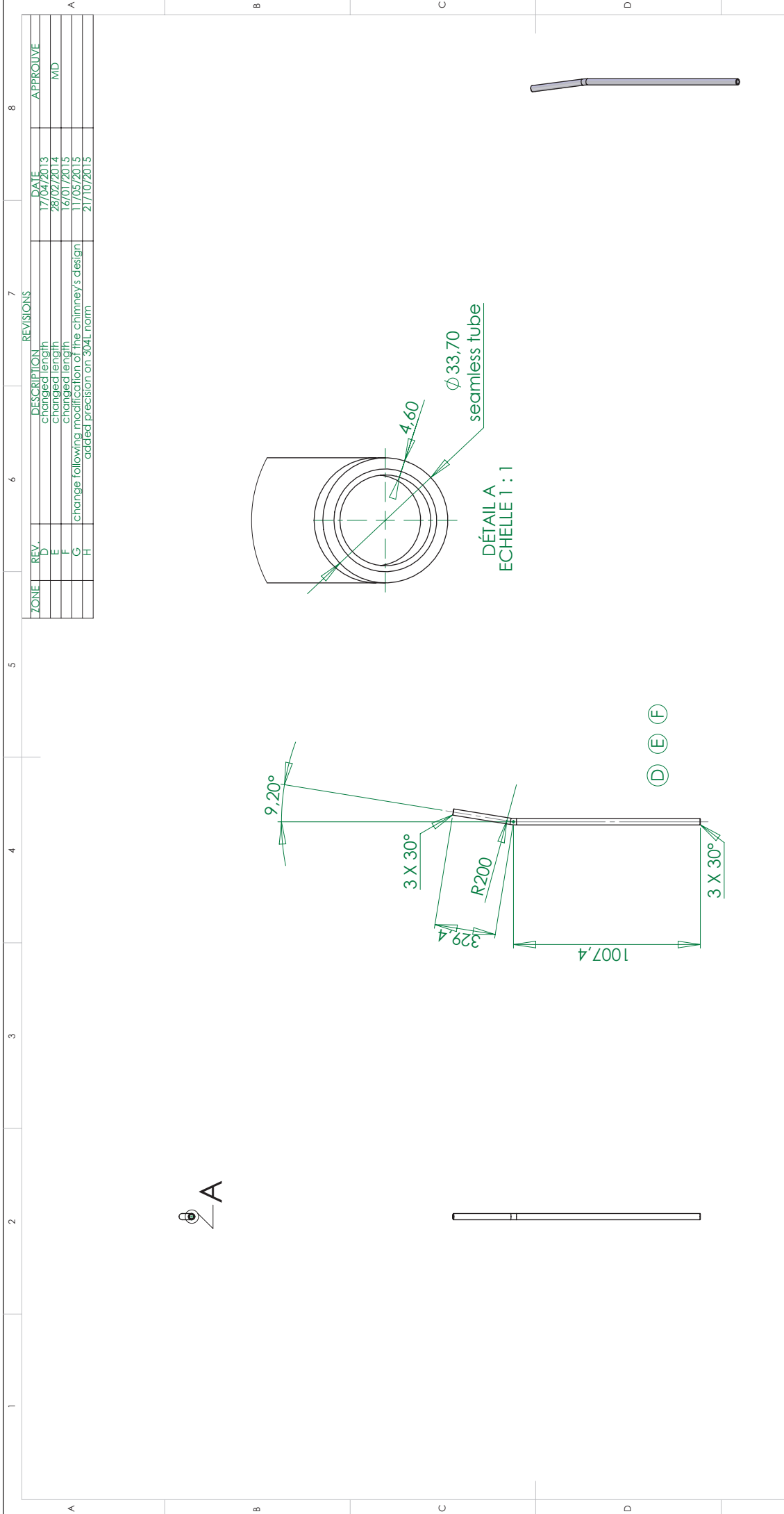
|            |                           |
|------------|---------------------------|
| File name: | 317111-JLA-703-053        |
| DWG NO.    | <b>317111-JLA-703-053</b> |
| Rev:       | <b>C</b>                  |




Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr

**317111-JLA-703-008**

**tube #53**

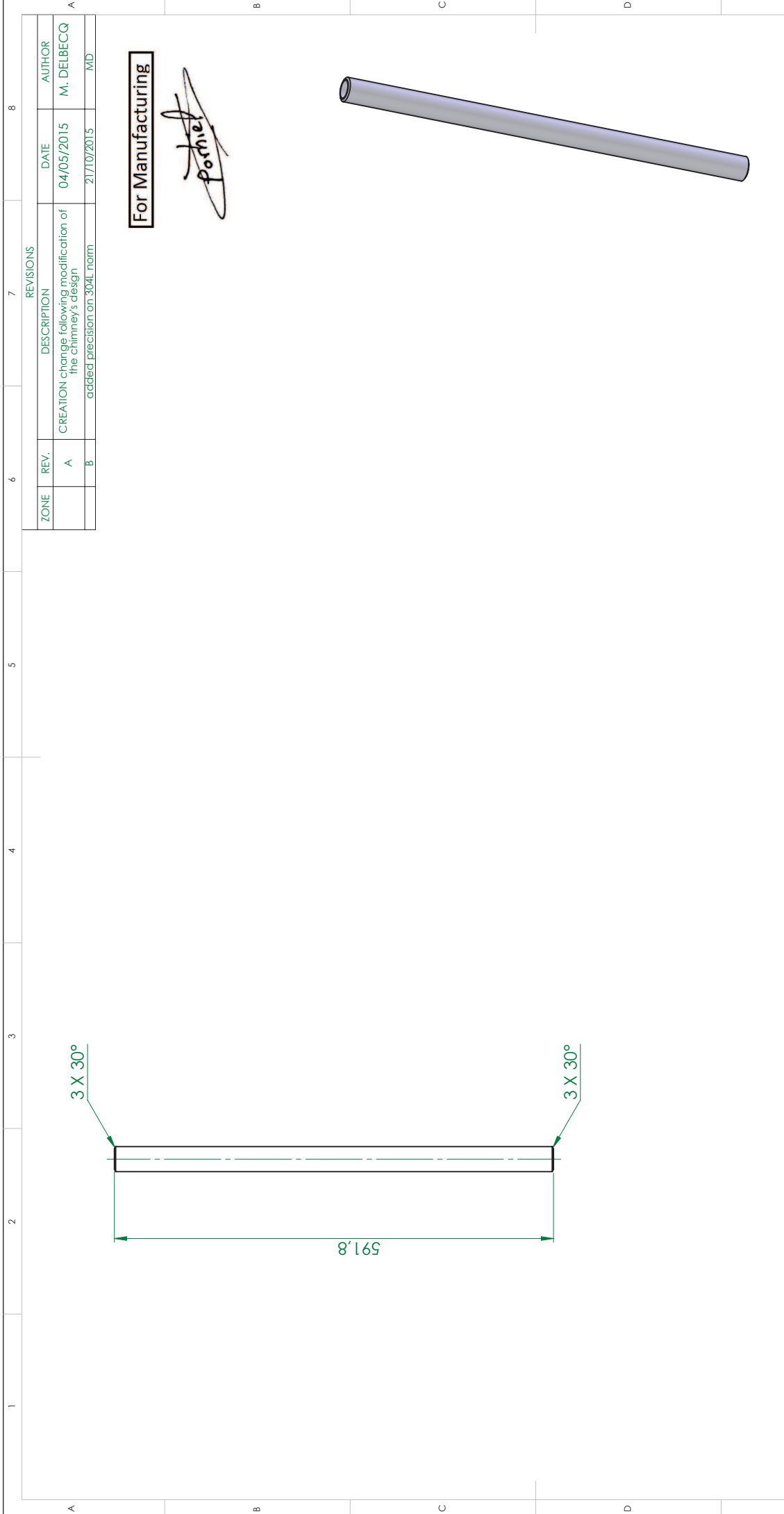


| ZONE | REV. | DESCRIPTION                                           | DATE       | APPROUVE |
|------|------|-------------------------------------------------------|------------|----------|
|      | D    | changed length                                        | 17/04/2013 |          |
|      | E    | changed length                                        | 28/02/2014 | MD       |
|      | F    | changed length                                        | 16/01/2015 |          |
|      | G    | change following modification of the chimney's design | 11/05/2015 |          |
|      | H    | added precision on 304L norm                          | 21/10/2015 |          |

|                                                                                                                                                                                                                             |  |            |                      |      |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------|----------------------|------|------------|
| <br>ZI du port<br>Rue des Forges Mongollier<br>F-36000 YANDES<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |  | Name       | M. Delbecq           | Date | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Drawing    |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Checked    |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Approved   |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | MATERIAL:  | SA312 - 304L         |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Trait:     |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Roughness: |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Tol Gen    | ISO 2768 mK (medium) |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Supplier:  |                      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | Weight:    | 4.44 Kg              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  |            | 0.00                 |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | File name: | 317111-JLA-703-024   |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                             |  | DWG NO.    | 317111-JLA-703-024   | Rev: | H          |

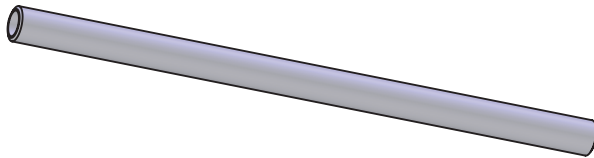
**For Manufacturing**





**For Manufacturing**

*porriel*



| ZONE |  | REV. | DESCRIPTION                                                    | DATE       | AUTHOR     |
|------|--|------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|
| A    |  | A    | CREATION change following modification of the chimney's design | 04/05/2015 | M. DELBECQ |
| B    |  | B    | added precision on 304L norm                                   | 21/10/2015 | MD         |

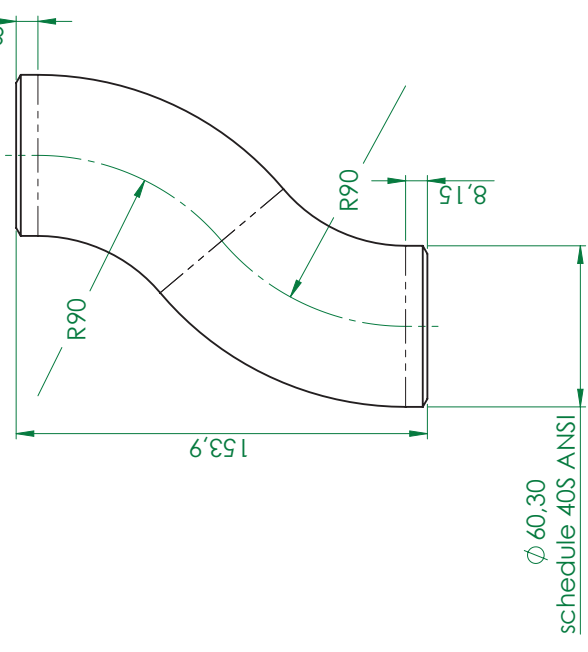
| ZONE |  | REV. | DESCRIPTION                                                    | DATE       | AUTHOR     |
|------|--|------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|
| A    |  | A    | CREATION change following modification of the chimney's design | 04/05/2015 | M. DELBECQ |
| B    |  | B    | added precision on 304L norm                                   | 21/10/2015 | MD         |

|                                                                                                                                      |  |                                        |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------|---------------------------|
| <p><b>SIFMAPHI</b><br/>SOLUTIONS POUR LE MAINTIEN</p> <p>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr</p> |  | Name<br><b>M. DELBECQ</b>              | Date<br><b>21/10/2015</b> |
| ZI du port<br>Rue des Fées Monjolier<br>F-36000 Yarnes                                                                               |  | Drawing<br><b>M. DELBECQ</b>           |                           |
|                                                                                                                                      |  | Checked                                |                           |
|                                                                                                                                      |  | Approved                               |                           |
|                                                                                                                                      |  | MATERIAL:<br><b>SA312 - 304L</b>       |                           |
|                                                                                                                                      |  | Trait:                                 |                           |
|                                                                                                                                      |  | Roughness :                            |                           |
|                                                                                                                                      |  | Tol Gen<br><b>ISO 2768 mK (medium)</b> |                           |
|                                                                                                                                      |  | Supplier:                              |                           |
|                                                                                                                                      |  | Weight:<br><b>1,96 Kg</b>              |                           |
|                                                                                                                                      |  | File name:317111-JLA-703-054           |                           |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-054</b>                                                                                                    |  | Rev: <b>B</b>                          |                           |

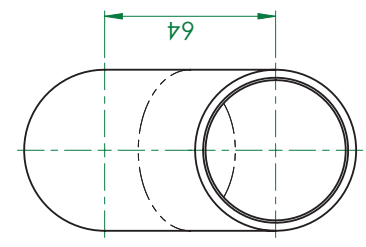
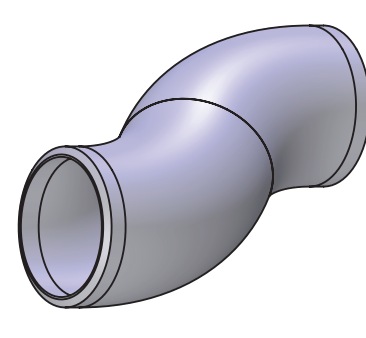


| REVISIONS |      | 7                            | 8          |
|-----------|------|------------------------------|------------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                  | DATE       |
|           | A    | CREATION                     | 23/07/2013 |
|           | B    | added precision on 304L norm | 21/10/2015 |

| ZONE | REV. | DESCRIPTION                  | DATE       | AUTHOR     |
|------|------|------------------------------|------------|------------|
|      | A    | CREATION                     | 23/07/2013 | M. DELBECQ |
|      | B    | added precision on 304L norm | 21/10/2015 | MD         |




Ø 60,30  
schedule 40S ANSI

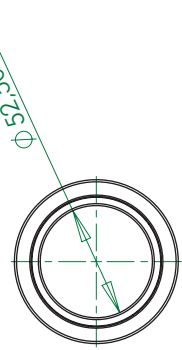
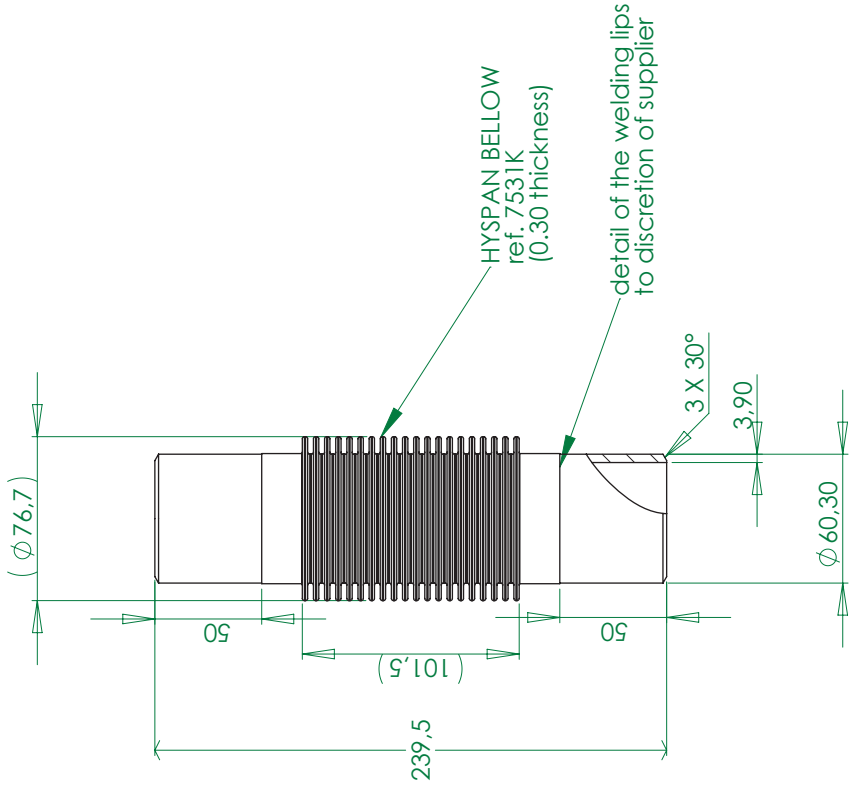
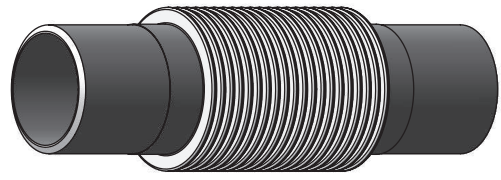


**For Manufacturing**


Handwritten signature of P. Parnet.

|                                                                                                                                                                                                                             |             |                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|------------|
| <br>Zi du prof<br>Rue des Freres Mongollier<br>F-36000 Yarnes<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr | Drawing     | Name               | Date       |
|                                                                                                                                                                                                                             | Checked     | M. DELBECQ         | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                                                                                                             | Approved    |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | MATERIAL:   | SA312 - 304L       |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | Trait:      |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | Roughness : |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | Tol Gen     |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | Supplier:   |                    |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | Weight:     | 0.94 Kg            |            |
|                                                                                                                                                                                                                             | File name:  | 317111-JLA-703-040 |            |
| <b>He piping</b><br><b>COUDE PICKING</b>                                                                                                                                                                                    |             | Rev: <b>B</b>      |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-040</b>                                                                                                                                                                                           |             | SCALE: 1:2<br>A3   |            |
| This drawing may not be used without special license or authorisation express (Gen. of Dec. 11/1967)                                                                                                                        |             |                    |            |

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| BELLOW DETAILS          |                               |
| HYPAN REFERENCE         | 7531K                         |
| content                 | liquid or gaseous helium      |
| min. temperature        | 4K                            |
| design pressure         | 6 atm absolute                |
| inner diameter          | 60.33                         |
| max. axial deflection   | 10.1                          |
| max. lateral deflection | 6                             |
| convoluted length       | 101.5                         |
| helium leak test        | 10-9mbar.l/s stable during 8h |
| material                | 304L                          |
| construction code       | ASME B 31.3                   |



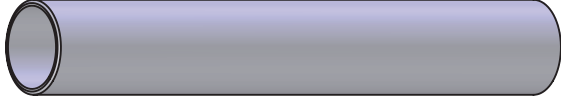
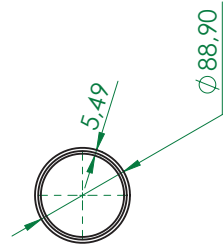
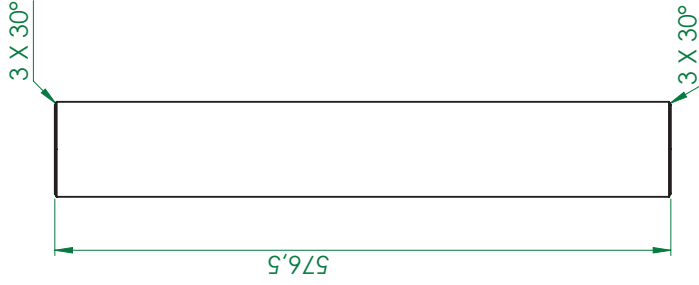
| ZONE | REV. | DESCRIPTION                     | DATE       | APPROUVE |
|------|------|---------------------------------|------------|----------|
|      | F    | adaptation to hypspan reference | 19/01/2015 | MD       |
|      | G    | added precision on 304L norm    | 21/10/2015 | MD       |

|                                                                                                                                                                                                                           |  |                              |              |      |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--------------|------|------------|
| <br>Zi du prat<br>Rue des Fées/Mongolfier<br>F-36000 Vannes<br>Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |  | Name                         | M. Delbecq   | Date | 21/10/2015 |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Drawing                      |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Checked                      |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Approved                     |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | MATERIAL:                    | SA312 - 304L |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Trait:                       |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Roughness:                   |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Tol Gen                      | ±1           |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Supplier:                    |              |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | Weight:                      | 2.01 Kg      |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  |                              | 0.00         |      |            |
|                                                                                                                                                                                                                           |  | File name:317111-JLA-703-025 |              |      |            |

**For Manufacturing**



|                                                                                                                  |                           |                                                                                        |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| DWG NO.                                                                                                          | <b>317111-JLA-703-025</b> | Rev:                                                                                   | <b>G</b>                  |
| This drawing may not be used without special license or authorisation express<br>(sans titre, ni mandat, ni BSR) |                           |  A3 | SCALE:2:5<br>SHEET 1 OF 1 |



**For Manufacturing**

*Portier*

| REVISIONS |      |                                                         |
|-----------|------|---------------------------------------------------------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                                             |
|           | A    | CREATION following modification of the chimney's design |
|           | B    | increased $\varnothing$                                 |
|           | C    | added precision on 304L norm                            |

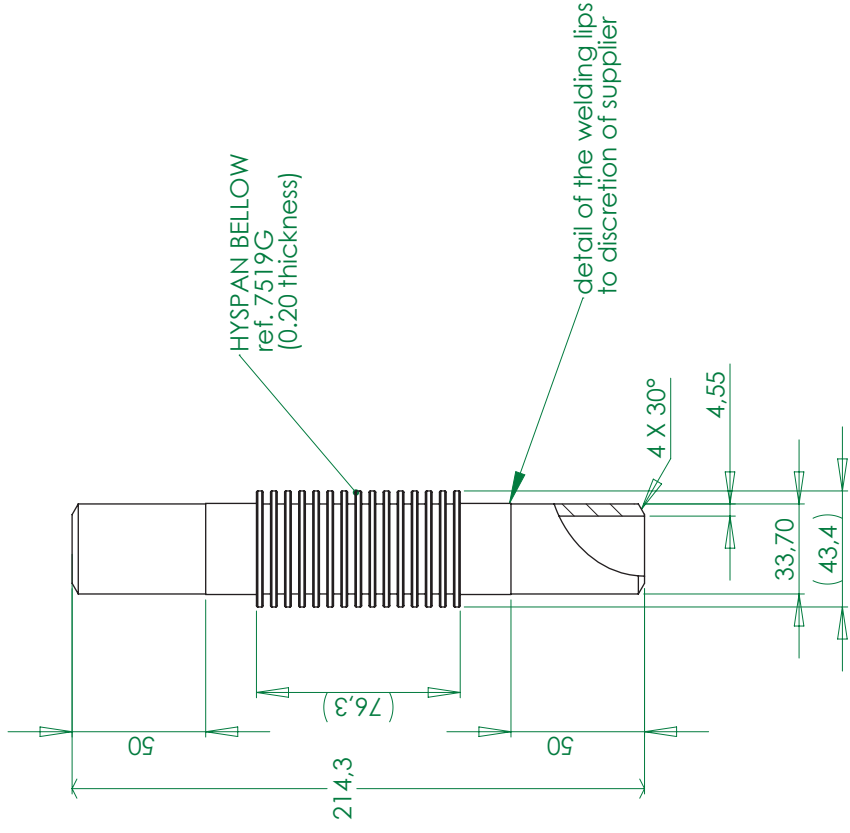
| DATE       | AUTHOR     |
|------------|------------|
| 27/04/2015 | M. DELBECQ |
| 24/09/2015 | MD         |
| 27/10/2015 |            |

| Name                              |            | Date                 |
|-----------------------------------|------------|----------------------|
| Drawing                           | M. DELBECQ | 21/10/2015           |
| Checked                           |            |                      |
| Approved                          |            |                      |
| MATERIAL: SA312 - 304L            |            |                      |
| Trait:                            |            |                      |
| Roughness:                        |            |                      |
| Tol Gen                           |            | ISO 2768 mK (medium) |
| Supplier:                         |            |                      |
| Weight:                           |            | 6,54 Kg              |
| File name:317111-JLA-703-051      |            |                      |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-051</b> |            | Rev: <b>C</b>        |



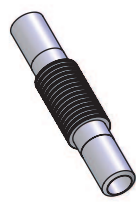


|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| BELLOW DETAILS          |                               |
| HYPAN REFERENCE         | 7519G                         |
| content                 | liquid or gaseous helium      |
| min. temperature        | 4K                            |
| design pressure         | 6 atm absolute                |
| inner diameter          | 33.32                         |
| max. axial deflection   | 10.1                          |
| max. lateral deflection | 6                             |
| convoluted length       | 76.28                         |
| helium leak test        | 10-9mbar.l/s stable during 8h |
| material                | 304L                          |
| construction code       | ASME B 31.3                   |



detail of the welding lips to discretion of supplier

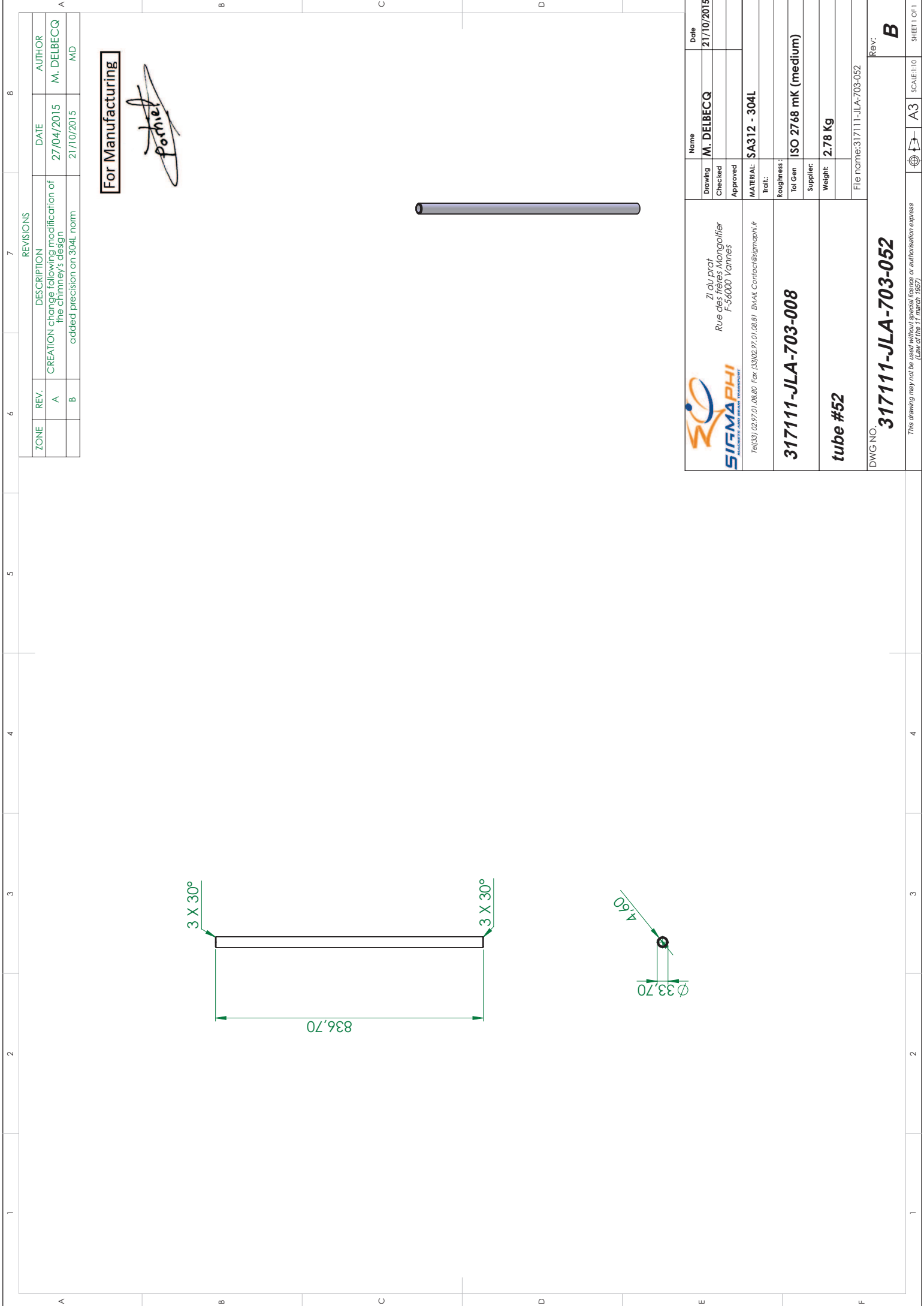
HYPAN BELLOW ref. 7519G (0.20 thickness)



| REVISIONS |      |                                 |            |         |
|-----------|------|---------------------------------|------------|---------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                     | DATE       | APPROVE |
|           | F    | adaptation to hypspan reference | 16/01/2015 |         |
|           | G    | added precision on 304L norm    | 21/10/2015 | MD      |

|                                                                                                                                          |          |                              |           |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|-----------|--------------|
| <p><b>SIFMAPHI</b><br/>Soudage Industrielle Française</p> <p>Tel(33) 02.97.01.08.80 Fax (33)02.97.01.08.81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr</p> | Name     | M. Delbecq                   | Date      | 21/10/2015   |
|                                                                                                                                          | Drawing  |                              | Checked   |              |
|                                                                                                                                          | Approved |                              | MATERIAL: | SA312 - 304L |
| <b>He VESSEL</b>                                                                                                                         |          | Roughness:                   |           |              |
| <b>BELLOW FOR HE SUPPLYING</b>                                                                                                           |          | Tol Gen                      | ±1        |              |
|                                                                                                                                          |          | Supplier:                    |           |              |
|                                                                                                                                          |          | Weight:                      | 0.88 Kg   |              |
|                                                                                                                                          |          |                              | 0.00      |              |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-021</b>                                                                                                        |          | File name:317111-JLA-703-021 |           |              |
| Rev: <b>G</b>                                                                                                                            |          |                              |           |              |

For Manufacturing



**For Manufacturing**

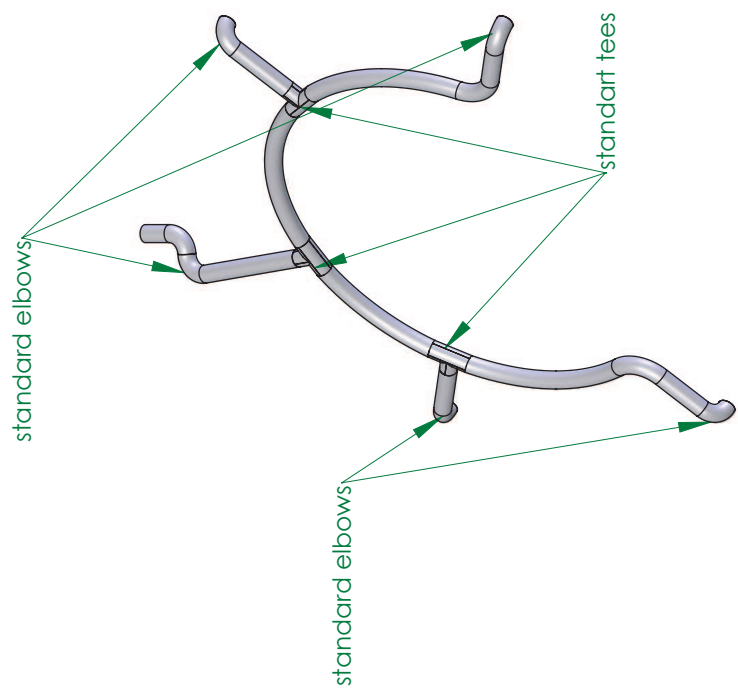
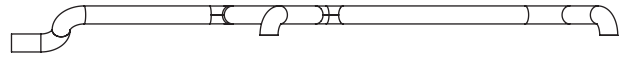
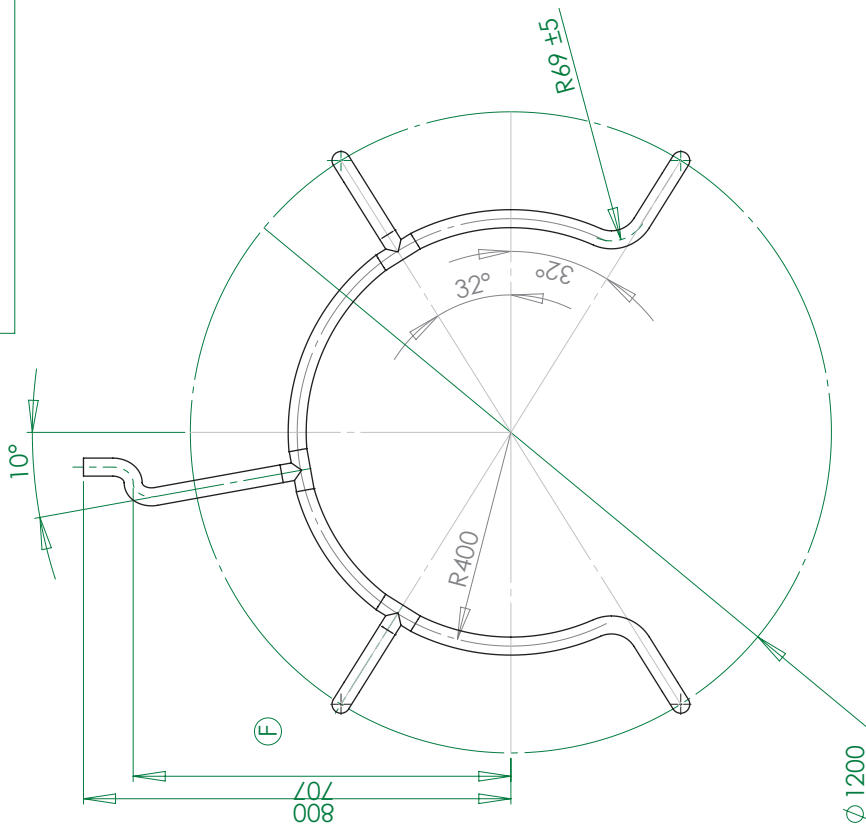


| ZONE |  | REV. | DESCRIPTION                                                    | DATE       | AUTHOR     |
|------|--|------|----------------------------------------------------------------|------------|------------|
|      |  | A    | CREATION change following modification of the chimney's design | 27/04/2015 | M. DELBECQ |
|      |  | B    | added precision on 304L norm                                   | 21/10/2015 | MD         |


| Drawing                                                                 |  | Name          | Date       |
|-------------------------------------------------------------------------|--|---------------|------------|
| Zi du prof<br>Rue des Fées Mongollier<br>F-36000 Yarnes                 |  | M. DELBECQ    | 21/10/2015 |
| SIFMAPHI<br>Soudure et Fabrication Industrielle                         |  |               |            |
| Tel(33) 02 97 01 08 80 Fax (33)02 97 01 08 81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr |  |               |            |
| MATERIAL: SA312 - 304L                                                  |  |               |            |
| Roughness :                                                             |  |               |            |
| Tol Gen ISO 2768 mK (medium)                                            |  |               |            |
| Supplier:                                                               |  |               |            |
| Weight: 2,78 Kg                                                         |  |               |            |
| File name:317111-JLA-703-052                                            |  |               |            |
| DWG NO. <b>317111-JLA-703-052</b>                                       |  | Rev: <b>B</b> |            |

| REVISIONS |      |                                                   |            |
|-----------|------|---------------------------------------------------|------------|
| ZONE      | REV. | DESCRIPTION                                       | DATE       |
|           | E    | CHANGED HEIGHT + ADDED CHAMFER                    | 11/06/2012 |
|           | F    | changed dimension                                 | 17/04/2013 |
|           | G    | changed pipe-to-pipe welding by standard fittings | 03/09/2013 |
|           | H    | added precision on 304L norm                      | 21/10/2015 |

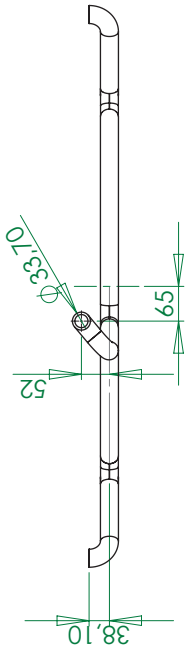
**NOTE:**  
 - All dimensions in mm.  
 - Content liquid helium at 4K.  
 - Design pressure: 7 atm absolute from 4K to 300K (inner pressure).  
 - Design and manufacturing according to AMSE BPV.  
 - Helium leakage test: 10<sup>-9</sup> mbar.l/s



**NOTE:**  
 all pipes and fittings are schedule 80S

|                                                                                                                                                  |  |                                                    |                               |      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|------|------------|
| <br>Zi du prof<br>Rue des Forges Mongollier<br>F-36000 Vannes |  | Name                                               | M. Delbecq                    | Date | 21/10/2015 |
| Tel(33) 02-97.01.08.80 Fax (33)02.97.01.08.81 EMAIL Contact@sifmaphi.fr                                                                          |  | Checked                                            |                               |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Approved                                           |                               |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | MATERIAL:                                          | SA312 (pipes) or SA403 - 304L |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Trait:                                             |                               |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Roughness:                                         |                               |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Tol Gen                                            | +/-3                          |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Supplier:                                          |                               |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | Weight:                                            | 9.78 Kg                       |      |            |
|                                                                                                                                                  |  | File name:317111-JLA-703-013                       |                               |      |            |
| <b>He VESSEL</b><br><br><b>OMEGA PIPING</b>                                                                                                      |  | DWG NO. <b>317111-JLA-703-013</b><br>Rev: <b>H</b> |                               |      |            |

(G)



**For Manufacturing**





**SIGMAPHI**

**Calcul du réservoir d'hélium selon plan  
317111-JLA-703-001-Rév Q**

|                 |                     |      |   |   |  |  |
|-----------------|---------------------|------|---|---|--|--|
| V / Référence : | CF005448            |      |   |   |  |  |
| N / Référence : | 14N088 B - 15537031 |      |   |   |  |  |
| Date :          | 17/12/2015          |      |   |   |  |  |
| Page :          | B0                  | Rév. | A | B |  |  |

## **ANNEXE B**

Note de calcul détaillée





## Note de calcul

Virole interne en service  
Pression externe de 7 bar

2015-12-17

Révision :  
01 Virole interne en service.emvd  
(2015-12-11)

### Élément(s) de géométrie en pression extérieure Pression extérieure – Virole (Tronçon n° 1) (en service)

Extrémités du tronçon :

|              |  |                                                 |
|--------------|--|-------------------------------------------------|
| Inférieure : |  | Elévation de la ligne de support : 0,000 mm     |
| supérieure : |  | Elévation de la ligne de support : 3 600,000 mm |

Éléments constituant le tronçon :

| Repère           | Diamètre<br>(mm) | Épaisseur<br>(mm) | module<br>d'élasticité<br>(MPa) | Courbe au<br>vide | Température<br>(°C) |
|------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| 001 31.05 Virole | 689,50           | 12,000            | 193 100                         | HA-3              | 20,0 °C             |
| 002 31.05 Virole | 689,50           | 12,000            | 193 100                         | HA-3              | 20,0 °C             |

ASME VIII DIV.1

|                                                  |                                                   |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Pression extérieure : $P = 0,7$ MPa              | Température de calcul : $20$ °C                   |
| Contrainte admissible : $S = 115$ MPa            | module d'élasticité : $E = 193\ 100$ MPa          |
| Longueur d'enveloppe non supportée : $3\ 600$ mm | Pipe, tolérance sur l'épaisseur neuve : $c_1 = /$ |
| Diamètre du tronçon : $D_o = 713,5$ mm           | Courbe au vide : HA-3                             |
| Épaisseur vérifiée : $t = 11,5$ mm               |                                                   |

UG-28 (c) Enveloppes cylindriques de section droite circulaire

|                                                                      |                                                                                                                                                                  |                                         |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $L = 3\ 600$ mm                                                      | $L/D_o = 5,046$                                                                                                                                                  | $D_o/t = 62,043$                        |
| $D_o/t \geq 4$ : $A$ (Subpart 3 Section II Part D Fig.G) = 0,000474  | $D_o/t \geq 10$ : $P_a = \frac{4}{3} \frac{B}{D_o/t}$                                                                                                            |                                         |
| $D_o/t < 4$ : $A = \min\left(0,10, \frac{1,1}{(D_o/t)^2}\right) = /$ | $D_o/t < 10$ : $P_a = \min\left\{\left[\left(\frac{2,167}{D_o/t} - 0,0833\right)B\right]; \left[\frac{2S}{D_o/t}\left(1 - \frac{1}{D_o/t}\right)\right]\right\}$ |                                         |
| $B$ (Subpart 3 Section II Part D ou $AE/2$ ) = 47,8024 MPa           |                                                                                                                                                                  |                                         |
| $P_a = 1,0273$ MPa $\geq P$                                          |                                                                                                                                                                  | Épaisseur minimale nécessaire = 9,78 mm |





## Note de calcul

Virole interne en épreuve  
Pression externe de 10 bar

2015-12-17

Révision :  
02 Virole interne en épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Élément(s) de géométrie en pression extérieure Pression extérieure – Virole (Tronçon n° 1) (en service)

Extrémités du tronçon :

|              |  |                                                 |
|--------------|--|-------------------------------------------------|
| Inférieure : |  | Elévation de la ligne de support : 0,000 mm     |
| supérieure : |  | Elévation de la ligne de support : 3 590,000 mm |

Eléments constituant le tronçon :

| Repère           | Diamètre<br>(mm) | Epaisseur<br>(mm) | module<br>d'élasticité<br>(MPa) | Courbe au<br>vide | Température<br>(°C) |
|------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| 001 31.05 Virole | 689,50           | 12,000            | 193 100                         | HA-3              | 20,0 °C             |
| 002 31.05 Virole | 689,50           | 12,000            | 193 100                         | HA-3              | 20,0 °C             |

ASME VIII DIV.1

|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pression extérieure : $P = 1$ MPa<br>Contrainte admissible : $S = 154,96$ MPa<br>Longueur d'enveloppe non supportée : 3 590 mm<br>Diamètre du tronçon : $D_o = 713,5$ mm<br>Epaisseur vérifiée : $t = 11,5$ mm | Température de calcul : 20 °C<br>module d'élasticité : $E = 193\ 100$ MPa<br>Pipe, tolérance sur l'épaisseur neuve : $c_1 = /$<br>Courbe au vide : HA-3 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

UG-28 (c) Enveloppes cylindriques de section droite circulaire

|                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                               |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $L = 3\ 590$ mm                                                                                                                                 | $L/D_o = 5,032$                                                                                                                                                                                                               | $D_o/t = 62,043$                         |
| $D_o/t \geq 4$ : $A$ (Subpart 3 Section II Part D Fig.G) = 0,000476<br><br>$D_o/t < 4$ : $A = \min\left(0,10, \frac{1,1}{(D_o/t)^2}\right) = /$ | $D_o/t \geq 10$ : $P_a = \frac{4}{3} \frac{B}{D_o/t}$<br><br>$D_o/t < 10$ : $P_a = \min\left\{\left[\left(\frac{2,167}{D_o/t} - 0,0833\right)B\right]; \left[\frac{2S}{D_o/t}\left(1 - \frac{1}{D_o/t}\right)\right]\right\}$ |                                          |
| $B$ (Subpart 3 Section II Part D ou $AE/2$ ) = 47,9414 MPa<br>$P_a = 1,0303$ MPa $\geq P$                                                       |                                                                                                                                                                                                                               | Epaisseur minimale nécessaire = 11,35 mm |





## Table des Matières

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Table des Matières .....</b>                                                           | <b>2</b>  |
| <b>Elément(s) de géométrie en pression intérieure.....</b>                                | <b>2</b>  |
| <i>Enveloppe cylindrique en pression intérieure.....</i>                                  | <i>2</i>  |
| <b>Ouverture(s) isolée(s).....</b>                                                        | <b>3</b>  |
| <i>Ouverture 1 [ en service P.Int. ] (Produit) .....</i>                                  | <i>4</i>  |
| <i>Ouverture 1 [ en épreuve P.Int. ] (Produit).....</i>                                   | <i>6</i>  |
| <i>Ouverture 1b [ en service P.Int. ] (Produit) .....</i>                                 | <i>8</i>  |
| <i>Ouverture 1b [ en épreuve P.Int. ] (Produit).....</i>                                  | <i>10</i> |
| <i>Ouverture 1c [ en service P.Int. ] (Produit) .....</i>                                 | <i>12</i> |
| <i>Ouverture 1c [ en épreuve P.Int. ] (Produit).....</i>                                  | <i>14</i> |
| <b>Tableau(x) récapitulatif(s).....</b>                                                   | <b>16</b> |
| <i>Tableau récapitulatif des tubulures [ Positions et Dimensions ].....</i>               | <i>16</i> |
| <i>Tableau récapitulatif des tubulures [ Ouvertures voisines, Coude et Matière ].....</i> | <i>16</i> |
| <i>Tableau récapitulatif des tubulures [ Type, Poids et charges locales ].....</i>        | <i>16</i> |
| <i>Tableau récapitulatif de la géométrie.....</i>                                         | <i>16</i> |
| <i>Tableau récapitulatif des poids, capacités et surfaces.....</i>                        | <i>17</i> |

### Elément(s) de géométrie en pression intérieure

#### Enveloppe cylindrique en pression intérieure.

ASME VIII DIV.1 2013

|                                                    |                                                       |                                       |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| $t$ = épaisseur minimale nécessaire                | $t_n$ = épaisseur nominale                            | $E$ = Coefficient de joint            |
| $P$ = pression intérieure                          | $S$ = Contrainte admissible                           | $T$ = Température                     |
| $R$ = Rayon intérieur                              | $Ca$ = corrosion + tolérance                          | $\sigma$ = contrainte circulaire      |
| $R_o$ = rayon extérieur                            | $Tol_{\%}$ = tolérance pour les pipes                 | $P_a$ = pression maximale admissible  |
| $t_{n,min} = (t+Ca)/Tol_{\%}$ doit être $\leq t_n$ | $t_u = (t_n \times Tol_{\%}) - Ca$ doit être $\geq t$ | $P_h$ = Pression hydrostatique        |
| UG-27 (c)                                          | $t = P(R+Ca)/(SE-0.6P)$                               | $\sigma = (P(R+Ca) / t_u + 0.6P) / E$ |
| Appendice 1-1.(a)(1)                               | $t = PR_o/(SE+0.4P)$                                  | $\sigma = (PR_o / t_u - 0.4P) / E$    |
|                                                    |                                                       | $P_a = S E t_u / ((R+Ca) + 0.6 t_u)$  |
|                                                    |                                                       | $P_a = S E t_u / (R_o - 0.4 t_u)$     |

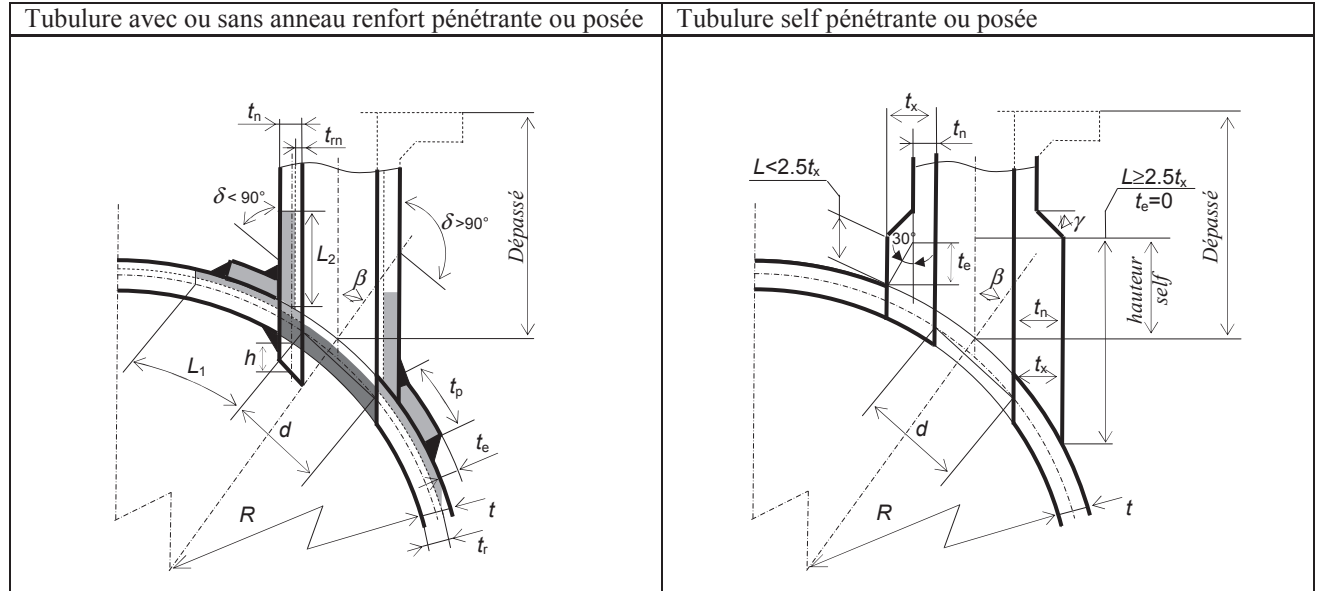
#### Virole (01,02) : 31.05 (Virole)

|                                 |                   |                |          |               |       |                              |                |                |          |                  |  |
|---------------------------------|-------------------|----------------|----------|---------------|-------|------------------------------|----------------|----------------|----------|------------------|--|
| SA240GR304L                     |                   | Laminé (Tôle)  |          |               |       |                              |                | Schedule : /   |          | DN : /           |  |
| $t_n = 20,000$ mm               | $R = 670,00$ mm   | $Tol_{\%} = /$ |          | TTAS : Non    |       |                              |                | Radio : Totale |          |                  |  |
|                                 | $R_o = 690,00$ mm | Cor. = 0 mm    |          | Tol. = 0,5 mm |       | UG-16(b) = 1,5 mm            |                |                |          |                  |  |
|                                 | $P$ (MPa)         | $P_h$ (MPa)    | $T$ (°C) | $S$ (MPa)     | $E$   | $t_u$ (mm)                   | $\sigma$ (MPa) | $P_a$ (MPa)    | $t$ (mm) | $t_{n,min}$ (mm) |  |
| Service                         | $N$               | 0,7            | 0        | 20            | 115   | 1                            | 19,500         | 24,49          | 3,29     | 4,190            |  |
| Epreuve horizontale             | $X$               | 1,0131         | 0,0131   | 20            | 154,8 | 1                            | 19,500         | 35,44          | 4,42     | 4,504            |  |
| PMA (20 °C, Corrodé) = 3,29 MPa |                   |                |          |               |       | PMA (20 °C, neuf) = 3,29 MPa |                |                |          |                  |  |

**Ouverture(s) isolée(s)**

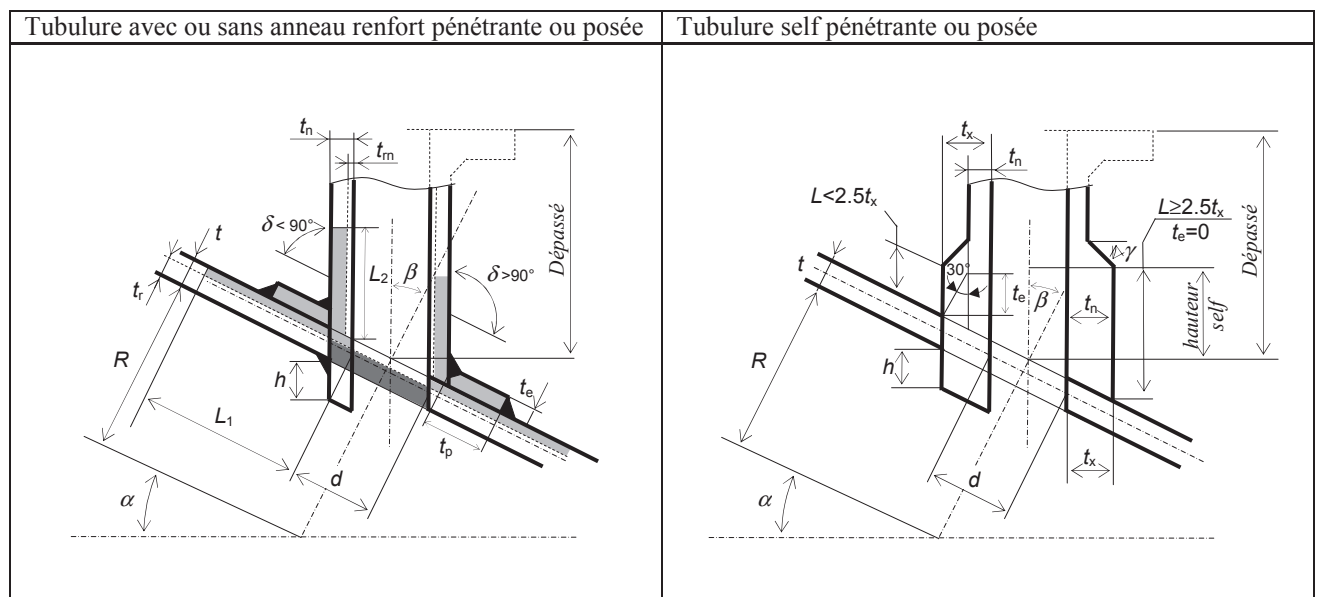
Figures pour toutes configurations, d'après FIG. UG-37.1 Et FIG UG-40.

Virole ( $\alpha = 0$ ) ou Cône ( $\alpha > 0$ ) : dans le plan longitudinal.



Virole ou cône : dans la section droite transversale (plan circulaire)

Fond : dans le plan défini par l'axe de la tubulure et l'axe longitudinal de l'appareil.





## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd (2015-12-11)

### Ouverture 1 [ en service P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                                                                                                         |                                         |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)                                                                                 |                                         | Posée                                   |
| Pression : $P = 0,7$ MPa                                                                                                |                                         | Température : $20$ °C                   |
| <b>Enveloppe</b>                                                                                                        | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 115$ MPa |
| Coeff. de joint : $E_1 = 1$                                                                                             | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm | Contrainte admissible : $S = 115$ MPa   |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm                                                                                       | Épaisseur neuve : $20$ mm               | Tolérance tube sans soudure : /         |
| <b>Col de tubulure</b>                                                                                                  | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_n = 115$ MPa |
| Coefficient de joint : $1$                                                                                              | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /         |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm                                                                                      | Épaisseur neuve : $6$ mm                |                                         |
| Dépassé extérieur : $20$ mm                                                                                             | Dépassé intérieur : $0$ mm              |                                         |
| Inclinaison : $0^\circ$                                                                                                 | Excentration : $0$ mm                   |                                         |
| <b>Bride</b>                                                                                                            | Matière : /                             | Type : /                                |
| Série : /                                                                                                               | Hauteur : /                             | /                                       |
| <b>Renfort</b>                                                                                                          | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$       |
| Hauteur : /                                                                                                             | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$            |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm                                                                           | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$             |
| $fr_1 = 1$ $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$ $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 0,964$ $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 0,964$ |                                         |                                         |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,66 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_n = 4,69 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,69 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $\beta$ = Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | $0^\circ$                              |                     |                                            |              |
| $d$ = diamètre de l'ouverture                                                                          | $53,5$ mm                              |                     |                                            |              |
| $R_n$ = rayon de l'ouverture                                                                           | $26,75$ mm                             |                     |                                            |              |
| $t_i$ = épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     |                                            |              |
| $t_p$ = largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     |                                            |              |
| $t_x$ = épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     |                                            |              |
| $L$ = hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   |                                            |              |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   |                                            |              |
| $t_e$ = épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | $0$ mm                                 | $0$ mm              |                                            |              |
| $t_n$ = épaisseur de la tubulure                                                                       | $5,5$ mm                               | $5,5$ mm            |                                            |              |
| $h$ = hauteur dépassé intérieur                                                                        | $0$ mm                                 | $0$ mm              |                                            |              |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1 [ en service P.Int. ]

|                                              |                  |         |
|----------------------------------------------|------------------|---------|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |         |
| $t_r = 4,19$ mm [ UG-27(c) ]                 | $t = 19,5$ mm    | $E = 1$ |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163$ mm | $R_n = 26,75$ mm | $E = 1$ |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | $53,5$ mm                              | $53,5$ mm           |                                            |              |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | $13,75$ mm                             | $13,75$ mm          |                                            |              |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $F$ = Facteur de correction FIG.UG-37                  | $1$                                    |                     |                                            |              |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | $224,2$ mm <sup>2</sup>                |                     |                                            |              |

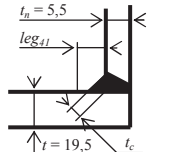
| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | $26,75$ mm                             | $26,75$ mm          |                                            |              |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | $13,75$ mm                             | $13,75$ mm          |                                            |              |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | $0$ mm                                 | $0$ mm              |                                            |              |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | $0$ mm                                 | $0$ mm              |                                            |              |

| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 409,5                                  | 409,5               |                                            |              |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_m) f_{r2}$                                               | 73,4                                   | 73,4                |                                            |              |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  |                                            |              |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 500,9                                  | 500,9               |                                            |              |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     |                                            |              |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.

### Vérification des dimensions de soudure UW-16(c).

*ouverture 1 [ en service P.Int. ]*

|                                                                                   |                                                           |                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Fig. UW-16.1(a) assemblage par soudure pleine pénétration |                                                                                                                                               |
|                                                                                   | minimum requis                                            |                                                                                                                                               |
|                                                                                   | $t_c$                                                     | $\min[\frac{1}{4} \text{ in. (6 mm); } 0.7 \times t_{\min}] = 3,85 \text{ mm}$<br>$t_{\min} = \min[\frac{3}{4} \text{ in. (19 mm); } t, t_n]$ |
|                                                                                   | Les dimensions de soudure sont satisfaisantes             |                                                                                                                                               |

réel

$0.7 \times leg_{41} = 4,2 \text{ mm}$

### Vérification des charges dans les soudures UG-41(b).

La vérification n'est pas requise pour ce type de tubulure conformément au paragraphe UW-15(b).



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Ouverture 1 [ en épreuve P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                                                                                                 |                                         |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)                                                                         |                                         | Posée                                     |
| Pression : $P = 1,0066$ MPa                                                                                     |                                         | Température : $20$ °C                     |
| <b>Enveloppe</b>                                                                                                | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 154,8$ MPa |
| Coeff. de joint : 1                                                                                             | $E_1 = 1$                               | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm   |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm                                                                               | Épaisseur neuve : $20$ mm               | Contrainte admissible : $S = 154,8$ MPa   |
| <b>Col de tubulure</b>                                                                                          |                                         | Tolérance tube sans soudure : /           |
| Matière : SA240GR304L                                                                                           |                                         | Contrainte admissible : $S_n = 154,8$ MPa |
| Coefficient de joint : 1                                                                                        | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /           |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm                                                                              | Épaisseur neuve : $6$ mm                |                                           |
| Dépassé extérieur : $20$ mm                                                                                     | Dépassé intérieur : $0$ mm              |                                           |
| Inclinaison : $0$ °                                                                                             | Excentration : $0$ mm                   |                                           |
| <b>Bride</b>                                                                                                    | Matière : /                             | Type : /                                  |
| Série : /                                                                                                       | Hauteur : /                             | /                                         |
| <b>Renfort</b>                                                                                                  | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$         |
| Hauteur : /                                                                                                     | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$              |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm                                                                   | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$               |
| $fr_1 = 1$ $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$ $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 1$ $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 1$ |                                         |                                           |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,175 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,67 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_v = 4,98 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,975 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $\beta$ = Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | 0 °                                    |                     |                                            |              |
| $d$ = diamètre de l'ouverture                                                                          | 53,5 mm                                |                     |                                            |              |
| $R_n$ = rayon de l'ouverture                                                                           | 26,75 mm                               |                     |                                            |              |
| $t_i$ = épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     |                                            |              |
| $t_p$ = largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     |                                            |              |
| $t_x$ = épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     |                                            |              |
| $L$ = hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   | /                                          | /            |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   | /                                          | /            |
| $t_e$ = épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | 0 mm                                   | 0 mm                |                                            |              |
| $t_n$ = épaisseur de la tubulure                                                                       | 5,5 mm                                 | 5,5 mm              |                                            |              |
| $h$ = hauteur dépassé intérieur                                                                        | 0 mm                                   | 0 mm                |                                            |              |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1 [ en épreuve P.Int. ]

|                                              |                  |         |
|----------------------------------------------|------------------|---------|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |         |
| $t_r = 4,475$ mm [ UG-27(c) ]                | $t = 19,5$ mm    | $E = 1$ |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,175$ mm | $R_n = 26,75$ mm | $E = 1$ |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | 53,5 mm                                | 53,5 mm             |                                            |              |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | 13,75 mm                               | 13,75 mm            |                                            |              |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $F$ = Facteur de correction FIG.UG-37                  | 1                                      |                     |                                            |              |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | 239,4 mm <sup>2</sup>                  |                     |                                            |              |

| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | 26,75 mm                               | 26,75 mm            |                                            |              |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | 13,75 mm                               | 13,75 mm            |                                            |              |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | 0 mm                                   | 0 mm                |                                            |              |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | 0 mm                                   | 0 mm                |                                            |              |



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :  
03 Enveloppe externe en service et  
épreuve.emvd  
(2015-12-11)

| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |              |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = /$                               | $\delta = /$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 401,9                                  | 401,9               |                                            |              |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_{rm}) f_{r2}$                                            | 73,2                                   | 73,2                |                                            |              |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  |                                            |              |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   |                                            |              |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 493,1                                  | 493,1               |                                            |              |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     |                                            |              |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Ouverture 1b [ en service P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                               |                                         |                                         |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)       |                                         | Posée                                   |
| Pression : $P = 0,7$ MPa                      |                                         | Température : 20 °C                     |
| <b>Enveloppe</b>                              | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 115$ MPa |
| Coeff. de joint : 1                           | $E_1 = 1$                               | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm             | Épaisseur neuve : 20 mm                 | Contrainte admissible : $S = 115$ MPa   |
| <b>Col de tubulure</b>                        |                                         | Tolérance tube sans soudure : /         |
| Matière : SA240GR304L                         |                                         | Contrainte admissible : $S_n = 115$ MPa |
| Coefficient de joint : 1                      | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /         |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm            | Épaisseur neuve : 6 mm                  |                                         |
| Dépassé extérieur : 20 mm                     | Dépassé intérieur : 0 mm                |                                         |
| Inclinaison : 0 °                             | Excentration : 127 mm                   |                                         |
| <b>Bride</b>                                  | Matière : /                             | Type : /                                |
| Série : /                                     | Hauteur : /                             | /                                       |
| <b>Renfort</b>                                | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$       |
| Hauteur : /                                   | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$            |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$             |
| $fr_1 = 1$                                    |                                         | $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$           |
| $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 0,964$  |                                         | $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 0,964$       |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,66 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_v = 4,69 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,69 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $\beta =$ Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | 0 °                                    |                     | 10,61 °                                    |                         |
| $d =$ diamètre de l'ouverture                                                                          | 53,5 mm                                |                     | 54,46 mm                                   |                         |
| $R_n =$ rayon de l'ouverture                                                                           | 26,75 mm                               |                     | 27,23 mm                                   |                         |
| $t_i =$ épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_p =$ largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_x =$ épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $L =$ hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| $t_e =$ épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $t_n =$ épaisseur de la tubulure                                                                       | 5,5 mm                                 | 5,5 mm              | 5,5 mm                                     | 5,5 mm                  |
| $h =$ hauteur dépassé intérieur                                                                        | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1b [ en service P.Int. ]

|                                              |                  |         |
|----------------------------------------------|------------------|---------|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |         |
| $t_r = 4,19$ mm [ UG-27(c) ]                 | $t = 19,5$ mm    | $E = 1$ |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163$ mm | $R_n = 26,75$ mm | $E = 1$ |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | 53,5 mm                                | 53,5 mm             | 54,46 mm                                   | 54,46 mm                |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |  | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |  |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
|                                                        |                                        |  |                                            |  |
| $F =$ Facteur de correction FIG.UG-37                  | 1                                      |  | 0,5                                        |  |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | 224,2 mm <sup>2</sup>                  |  | 114,1 mm <sup>2</sup>                      |  |

| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | 26,75 mm                               | 26,75 mm            | 27,22 mm                                   | 27,22 mm                |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

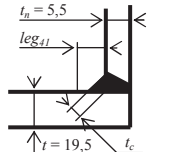


| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 409,5                                  | 409,5               | 473,8                                      | 473,8                   |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_{rm}) f_{r2}$                                            | 73,4                                   | 73,4                | 73,4                                       | 73,4                    |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  | 18                                         | 18                      |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 500,9                                  | 500,9               | 565,2                                      | 565,2                   |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     | petite ouverture UG-36(c)(3)               |                         |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.

### Vérification des dimensions de soudure UW-16(c).

*ouverture 1b [ en service P.Int. ]*

|                                                                                   |                                                                                                                                               |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|  | Fig. UW-16.1(a) assemblage par soudure pleine pénétration                                                                                     |                                        |
|                                                                                   | minimum requis                                                                                                                                |                                        |
|                                                                                   | $t_c$                                                                                                                                         | réel                                   |
|                                                                                   | $\min[\frac{1}{4} \text{ in. (6 mm); } 0.7 \times t_{\min}] = 3,85 \text{ mm}$<br>$t_{\min} = \min[\frac{3}{4} \text{ in. (19 mm); } t, t_n]$ | $0.7 \times leg_{41} = 4,2 \text{ mm}$ |
| Les dimensions de soudure sont satisfaisantes                                     |                                                                                                                                               |                                        |

### Vérification des charges dans les soudures UG-41(b).

La vérification n'est pas requise pour ce type de tubulure conformément au paragraphe UW-15(b).



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd (2015-12-11)

### Ouverture 1b [ en épreuve P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                                                                                                 |                                         |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)                                                                         |                                         | Posée                                     |
| Pression : $P = 1,0053$ MPa                                                                                     | Température : $20$ °C                   |                                           |
| <b>Enveloppe</b>                                                                                                | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 154,8$ MPa |
| Coeff. de joint : $E_1 = 1$                                                                                     | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm | Contrainte admissible : $S = 154,8$ MPa   |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm                                                                               | Épaisseur neuve : $20$ mm               | Tolérance tube sans soudure : /           |
| <b>Col de tubulure</b>                                                                                          | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_n = 154,8$ MPa |
| Coefficient de joint : $1$                                                                                      | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /           |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm                                                                              | Épaisseur neuve : $6$ mm                |                                           |
| Dépassé extérieur : $20$ mm                                                                                     | Dépassé intérieur : $0$ mm              |                                           |
| Inclinaison : $0$ °                                                                                             | Excentration : $127$ mm                 |                                           |
| <b>Bride</b>                                                                                                    | Matière : /                             | Type : /                                  |
| Série : /                                                                                                       | Hauteur : /                             | /                                         |
| <b>Renfort</b>                                                                                                  | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$         |
| Hauteur : /                                                                                                     | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$              |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm                                                                   | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$               |
| $fr_1 = 1$ $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$ $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 1$ $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 1$ |                                         |                                           |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,174 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,67 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_v = 4,97 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,969 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $\beta =$ Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | 0 °                                    |                     | 10,61 °                                    |                         |
| $d =$ diamètre de l'ouverture                                                                          | 53,5 mm                                |                     | 54,46 mm                                   |                         |
| $R_n =$ rayon de l'ouverture                                                                           | 26,75 mm                               |                     | 27,23 mm                                   |                         |
| $t_i =$ épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_p =$ largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_x =$ épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $L =$ hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| $t_e =$ épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $t_n =$ épaisseur de la tubulure                                                                       | 5,5 mm                                 | 5,5 mm              | 5,5 mm                                     | 5,5 mm                  |
| $h =$ hauteur dépassé intérieur                                                                        | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1b [ en épreuve P.Int. ]

|                                              |                  |  |         |
|----------------------------------------------|------------------|--|---------|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |  |         |
| $t_r = 4,469$ mm [ UG-27(c) ]                | $t = 19,5$ mm    |  | $E = 1$ |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,174$ mm | $R_n = 26,75$ mm |  | $E = 1$ |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | 53,5 mm                                | 53,5 mm             | 54,46 mm                                   | 54,46 mm                |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |  | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |  |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
|                                                        |                                        |  |                                            |  |
| $F =$ Facteur de correction FIG.UG-37                  | 1                                      |  | 0,5                                        |  |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | 239,1 mm <sup>2</sup>                  |  | 121,7 mm <sup>2</sup>                      |  |

| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | 26,75 mm                               | 26,75 mm            | 27,22 mm                                   | 27,22 mm                |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et  
épreuve.emvd  
(2015-12-11)

| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 402,1                                  | 402,1               | 470                                        | 470                     |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_{rn}) f_{r2}$                                            | 73,2                                   | 73,2                | 73,2                                       | 73,2                    |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  | 18                                         | 18                      |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 493,3                                  | 493,3               | 561,2                                      | 561,2                   |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     | petite ouverture UG-36(c)(3)               |                         |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Ouverture 1c [ en service P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                               |                                         |                                         |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)       |                                         | Posée                                   |
| Pression : $P = 0,7$ MPa                      |                                         | Température : $20$ °C                   |
| <b>Enveloppe</b>                              | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 115$ MPa |
| Coeff. de joint : $E_1 = 1$                   | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm | Contrainte admissible : $S = 115$ MPa   |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm             | Épaisseur neuve : $20$ mm               | Tolérance tube sans soudure : /         |
| <b>Col de tubulure</b>                        | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_n = 115$ MPa |
| Coefficient de joint : $1$                    | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /         |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm            | Épaisseur neuve : $6$ mm                |                                         |
| Dépassé extérieur : $20$ mm                   | Dépassé intérieur : $0$ mm              |                                         |
| Inclinaison : $0^\circ$                       | Excentration : $-127$ mm                |                                         |
| <b>Bride</b>                                  | Matière : /                             | Type : /                                |
| Série : /                                     | Hauteur : /                             | /                                       |
| <b>Renfort</b>                                | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$       |
| Hauteur : /                                   | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$            |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$             |
| $fr_1 = 1$                                    |                                         | $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$           |
| $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 0,964$  |                                         | $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 0,964$       |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,66 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_v = 4,69 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,69 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $\beta$ = Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | 0 °                                    |                     | 10,61 °                                    |                         |
| $d$ = diamètre de l'ouverture                                                                          | 53,5 mm                                |                     | 54,46 mm                                   |                         |
| $R_n$ = rayon de l'ouverture                                                                           | 26,75 mm                               |                     | 27,23 mm                                   |                         |
| $t_i$ = épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_p$ = largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_x$ = épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $L$ = hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| $t_e$ = épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $t_n$ = épaisseur de la tubulure                                                                       | 5,5 mm                                 | 5,5 mm              | 5,5 mm                                     | 5,5 mm                  |
| $h$ = hauteur dépassé intérieur                                                                        | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1c [ en service P.Int. ]

|                                              |                  |         |
|----------------------------------------------|------------------|---------|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |         |
| $t_r = 4,19$ mm [ UG-27(c) ]                 | $t = 19,5$ mm    | $E = 1$ |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,163$ mm | $R_n = 26,75$ mm | $E = 1$ |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | 53,5 mm                                | 53,5 mm             | 54,46 mm                                   | 54,46 mm                |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |  | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |  |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
|                                                        |                                        |  |                                            |  |
| $F$ = Facteur de correction FIG.UG-37                  | 1                                      |  | 0,5                                        |  |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | 224,2 mm <sup>2</sup>                  |  | 114,1 mm <sup>2</sup>                      |  |

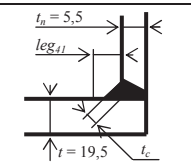
| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | 26,75 mm                               | 26,75 mm            | 27,22 mm                                   | 27,22 mm                |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 409,5                                  | 409,5               | 473,8                                      | 473,8                   |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_m) f_{r2}$                                               | 73,4                                   | 73,4                | 73,4                                       | 73,4                    |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  | 18                                         | 18                      |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 500,9                                  | 500,9               | 565,2                                      | 565,2                   |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     | petite ouverture UG-36(c)(3)               |                         |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.

### Vérification des dimensions de soudure UW-16(c).

*ouverture  $l_c$  [ en service P.Int. ]*

|                                                                                   |                                                           |                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Fig. UW-16.1(a) assemblage par soudure pleine pénétration |                                                                                                                                               |
|                                                                                   | minimum requis                                            |                                                                                                                                               |
|                                                                                   | $t_c$                                                     | $\min[\frac{1}{4} \text{ in. (6 mm); } 0.7 \times t_{\min}] = 3,85 \text{ mm}$<br>$t_{\min} = \min[\frac{3}{4} \text{ in. (19 mm); } t, t_n]$ |
|                                                                                   | Les dimensions de soudure sont satisfaisantes             |                                                                                                                                               |

réel

$0.7 \times leg_{41} = 4,2 \text{ mm}$

### Vérification des charges dans les soudures UG-41(b).

La vérification n'est pas requise pour ce type de tubulure conformément au paragraphe UW-15(b).



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Ouverture 1c [ en épreuve P.Int. ]

(Produit)

ASME VIII DIV.1

|                                                                                                                 |                                         |                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Tubulure sans renfort sur Virole (n° 1)                                                                         |                                         | Posée                                     |
| Pression : $P = 1,0078$ MPa                                                                                     |                                         | Température : $20$ °C                     |
| <b>Enveloppe</b>                                                                                                | Matière : SA240GR304L                   | Contrainte admissible : $S_v = 154,8$ MPa |
| Coeff. de joint : 1                                                                                             | $E_1 = 1$                               | Corrosion + tolérance : $Ca_v = 0,5$ mm   |
| Diamètre ext. : $D_o = 1\ 380$ mm                                                                               | Épaisseur neuve : $20$ mm               | Contrainte admissible : $S = 154,8$ MPa   |
| <b>Col de tubulure</b>                                                                                          |                                         | Tolérance tube sans soudure : /           |
| Matière : SA240GR304L                                                                                           |                                         | Contrainte admissible : $S_n = 154,8$ MPa |
| Coefficient de joint : 1                                                                                        | Corrosion + tolérance : $Ca_n = 0,5$ mm | Tolérance tube sans soudure : /           |
| Diamètre ext. : $D_{on} = 64,5$ mm                                                                              | Épaisseur neuve : $6$ mm                |                                           |
| Dépassé extérieur : $20$ mm                                                                                     | Dépassé intérieur : $0$ mm              |                                           |
| Inclinaison : $0$ °                                                                                             | Excentration : $-127$ mm                |                                           |
| <b>Bride</b>                                                                                                    | Matière : /                             | Type : /                                  |
| Série : /                                                                                                       | Hauteur : /                             | /                                         |
| <b>Renfort</b>                                                                                                  | Matière : /                             | Contrainte admissible : $S_p = /$         |
| Hauteur : /                                                                                                     | Largeur : /                             | Diamètre ext. : $D_{op} = /$              |
| <b>Soudure</b> Extérieure : $leg_{41} = 6$ mm                                                                   | extérieure renfort : $leg_{42} = /$     | Intérieure : $leg_{43} = /$               |
| $fr_1 = 1$ $fr_2 = \min(1, S_n/S_v) = 1$ $fr_3 = \min(1, \min(S_n, S_p)/S_v) = 1$ $fr_4 = \min(1, S_p/S_v) = 1$ |                                         |                                           |

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-27

$$t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,175 \text{ mm} \quad R_n = 26,75 \text{ mm} \quad E = 1$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-27.

### Épaisseur requise du col de tubulure UG-45

$$t_a = t_{rn} + Ca_n = 0,67 \text{ mm}; t_{b1} = \max[t_{UG-27}, UG-16(b)] + Ca_v = 4,98 \text{ mm}; t_{b3} = \text{Table UG-45} + Ca_n = 5,02 \text{ mm}$$

$$t_{UG-45} = \max[t_a, \min[t_{b3}, t_{b1}]] = 4,981 \text{ mm}$$

L'épaisseur du col de tubulure est suffisante suivant UG-45.

### Dimensions FIG. UG-40

| angle du plan avec l'axe longitudinal de l'appareil :<br>angle de chaque coté / paroi de l'enveloppe : | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                        | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $\beta =$ Angle d'inclinaison axe / normale                                                            | 0 °                                    |                     | 10,61 °                                    |                         |
| $d =$ diamètre de l'ouverture                                                                          | 53,5 mm                                |                     | 54,46 mm                                   |                         |
| $R_n =$ rayon de l'ouverture                                                                           | 26,75 mm                               |                     | 27,23 mm                                   |                         |
| $t_i =$ épaisseur dépassé intérieur                                                                    | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_p =$ largeur anneau renfort                                                                         | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $t_x =$ épaisseur embase self                                                                          | /                                      |                     | /                                          |                         |
| $L =$ hauteur embase self                                                                              | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| Configuration du renforcement :                                                                        | /                                      | /                   | /                                          | /                       |
| $t_e =$ épaisseur ou hauteur du renforcement                                                           | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $t_n =$ épaisseur de la tubulure                                                                       | 5,5 mm                                 | 5,5 mm              | 5,5 mm                                     | 5,5 mm                  |
| $h =$ hauteur dépassé intérieur                                                                        | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |

### Vérification du renforcement UG-37

ouverture 1c [ en épreuve P.Int. ]

|                                              |                  |         |  |
|----------------------------------------------|------------------|---------|--|
| Épaisseurs requises UG-37(a)                 |                  |         |  |
| $t_r = 4,481$ mm [ UG-27(c) ]                | $t = 19,5$ mm    | $E = 1$ |  |
| $t_{rn} = P R_n / (S_n E - 0.6P) = 0,175$ mm | $R_n = 26,75$ mm | $E = 1$ |  |

| Limites de renforcement UG-40 :           | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                           | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| UG-40 (b) : $\max [d, R_n + t_n + t] =$   | 53,5 mm                                | 53,5 mm             | 54,46 mm                                   | 54,46 mm                |
| UG-40 (c) : $\min [2.5t, 2.5t_n + t_e] =$ | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |

| Surface requise UG-37 (c) :                            | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |  | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |  |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
|                                                        |                                        |  |                                            |  |
| $F =$ Facteur de correction FIG.UG-37                  | 1                                      |  | 0,5                                        |  |
| $A = d t_r F + 2 t_n / \cos(\beta) t_r F (1 - f_{r1})$ | 239,7 mm <sup>2</sup>                  |  | 122 mm <sup>2</sup>                        |  |

| Longueurs et hauteurs de calcul des surfaces :                       | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                      | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $L_1 = \min [UG-40(b)\text{-Rayon}, \text{longueur disponible}]$     | 26,75 mm                               | 26,75 mm            | 27,22 mm                                   | 27,22 mm                |
| $L_2 = \min [UG-40(c), \text{hauteur disponible}]$                   | 13,75 mm                               | 13,75 mm            | 13,75 mm                                   | 13,75 mm                |
| $L_3 = \min [h, 2.5t, 2.5t_i] =$                                     | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |
| $L_5 = \min [UG-40 (b)\text{-}R_{on}, t_p, \text{long. disponible}]$ | 0 mm                                   | 0 mm                | 0 mm                                       | 0 mm                    |



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et  
épreuve.emvd  
(2015-12-11)

| Surfaces disponibles (mm <sup>2</sup> ) :                                    | Plan longitudinal : $\theta = 0^\circ$ |                     | Plan circonférentiel : $\theta = 90^\circ$ |                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                              | $\delta = 90^\circ$                    | $\delta = 90^\circ$ | $\delta = 79,39^\circ$                     | $\delta = 100,61^\circ$ |
| $A_1 = L_1 (E_1 t - t_r F) - t_n / \cos(\beta) (E_1 t - t_r F) (1 - f_{r1})$ | 401,8                                  | 401,8               | 469,8                                      | 469,8                   |
| $A_2 = L_2 (t_n - t_{rn}) f_{r2}$                                            | 73,2                                   | 73,2                | 73,2                                       | 73,2                    |
| $A_3 = L_3 t_i f_{r2}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{41} = leg_{41}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 18                                     | 18                  | 18                                         | 18                      |
| $A_{42} = leg_{42}^2 / 2 f_{r4}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_{43} = leg_{43}^2 / 2 f_{r2}$                                             | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_5 = L_5 t_e f_{r4}$                                                       | 0                                      | 0                   | 0                                          | 0                       |
| $A_1 + A_2 + A_3 + A_{41} + A_{42} + A_{43} + A_5 =$                         | 493                                    | 493                 | 561,1                                      | 561,1                   |
|                                                                              | petite ouverture UG-36(c)(3)           |                     | petite ouverture UG-36(c)(3)               |                         |

L'ouverture est suffisamment renforcée suivant UG-37.



## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd  
(2015-12-11)

### Tableau(x) récapitulatif(s)

[01] Virole

### Tableau récapitulatif des tubulures [ Positions et Dimensions ].

| Repère | Positionnement |             |             |              | Dimensions (mm) |       |      |    |              |     |     | Bride   |    |       |      |
|--------|----------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-------|------|----|--------------|-----|-----|---------|----|-------|------|
|        | Pos.<br>(mm)   | Ori.<br>(°) | Inc.<br>(°) | Exc.<br>(mm) | Col             |       |      |    | Renforcement |     |     | Dépassé | DN | Série | Typ. |
|        |                |             |             |              | Diam.           | Ep.   | Sch. | DN | Type         | (a) | (b) |         |    |       |      |
| 1      | 110,0          | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 64,50           | 6,000 | /    | /  | /            | /   | /   | 20,00   | /  | /     | /    |
| 1b     | 110,0          | 0,00        | 0,00        | 127,00       | 64,50           | 6,000 | /    | /  | /            | /   | /   | 20,00   | /  | /     | /    |
| 1c     | 110,0          | 0,00        | 0,00        | -127,00      | 64,50           | 6,000 | /    | /  | /            | /   | /   | 20,00   | /  | /     | /    |

(a),(b) : Pad (anneau) = épaisseur, Largeur ; Self = Hauteur, surépaisseur ; Plaque interne = épaisseur, Hauteur

NB : Le dépassement extérieur et la hauteur d'embase des Selfs sont mesurés sur l'axe de la tubulure.

### Tableau récapitulatif des tubulures [ Ouvertures voisines, Coude et Matière ].

| Repère | Pénétr. (+)<br>Posée(-) | Service | Ouvertures voisines | Coude         |              | hauteur hydrostatique |                 | Matière     |                |       |
|--------|-------------------------|---------|---------------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------|-------------|----------------|-------|
|        |                         |         |                     | Rayon<br>(mm) | Pos.<br>(mm) | Service<br>(mm)       | Epreuve<br>(mm) | Col         | Anneau renfort | Bride |
| 1      | (-)                     | A       | /                   | /             | /            | 0,00                  | 670,0           | SA240GR304L | /              | /     |
| 1b     | (-)                     | A       | /                   | /             | /            | 0,00                  | 543,0           | SA240GR304L | /              | /     |
| 1c     | (-)                     | A       | /                   | /             | /            | 0,00                  | 797,0           | SA240GR304L | /              | /     |

Type de service A = Produit, H = trou d'homme, E = Avec bride pleine, L = Instrument, AP = Appendice, XT = transition par fond, CA = Entrée calandre, CS = Sortie Calandre, TA = Entrée chambre, TS = Sortie Chambre.

### Tableau récapitulatif des tubulures [ Type, Poids et charges locales ].

| Repère | Pos.<br>Elt.<br>N° | Service | Masse            |               | Charges locales                 |                                 |                        |                                    |                                    |                              |
|--------|--------------------|---------|------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
|        |                    |         | Tubulure<br>(kg) | Bride<br>(kg) | Effort tranchant long.<br>(daN) | Effort tranchant circ.<br>(daN) | Effort radial<br>(daN) | Moment de flexion long.<br>(daN·m) | Moment de flexion circ.<br>(daN·m) | Moment de torsion<br>(daN·m) |
| 1      | 01[01]             | A       | 0,2              | 0,0           | 0                               | 0                               | 0                      | 0                                  | 0                                  | 0                            |
| 1b     | 01[01]             | A       | 0,2              | 0,0           | 0                               | 0                               | 0                      | 0                                  | 0                                  | 0                            |
| 1c     | 01[01]             | A       | 0,2              | 0,0           | 0                               | 0                               | 0                      | 0                                  | 0                                  | 0                            |

Type de service A = Produit, H = trou d'homme, E = Avec bride pleine, L = Instrument, AP = Appendice, XT = transition par fond, CA = Entrée calandre, CS = Sortie Calandre, TA = Entrée chambre, TS = Sortie Chambre.

Poids Bride Avec bride pleine si présente.

### Tableau récapitulatif de la géométrie.

| Type<br>Repère | Diamètre<br>extérieur<br>(mm) | Longueur<br>(mm) | Hauteur<br>cumulée<br>(mm) | Epaisseur<br>(mm) | Angle<br>(°) | Masse<br>(kg) | Série<br>des<br>brides | Densité | Matière     |
|----------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|---------|-------------|
| 01[01] 31.05   | 1 380,0                       | 3 000,0          | 3 000,0                    | 20,000            | 0            | 2 050,8       |                        | 8,00    | SA240GR304L |
| 02[01] 31.05   | 1 380,0                       | 600,0            | 3 600,0                    | 20,000            | 0            | 410,2         |                        | 8,00    | SA240GR304L |

Angle : demi angle au sommet pour un cône concentrique ; angle maximum entre cône et virole pour un cône excentré.  
Matière : (N) = normalisé  
NB : Une ligne en italique indique un élément pour lequel le calcul à la pression n'a pas été effectué..





## Note de calcul

Virole externe en service (7 bar) et épreuve (10 bar)

2015-12-17

Révision :

03 Enveloppe externe en service et épreuve.emvd (2015-12-11)

### Tableau récapitulatif des poids, capacités et surfaces.

| Désignation des annexes     | Masse (kg) | Levé | Monté | Service | Epreuve | Arrêt |
|-----------------------------|------------|------|-------|---------|---------|-------|
| Viroles                     | 2 461      | X    | X     | X       | X       | X     |
| Cônes                       |            |      |       |         |         |       |
| Fonds                       |            |      |       |         |         |       |
| Brides de corps             |            |      |       |         |         |       |
| Jupes                       |            |      |       |         |         |       |
| Supports                    |            |      |       |         |         |       |
| Boîtes d'ancrage            |            |      |       |         |         |       |
| Ignifuge                    |            |      |       |         |         |       |
| Trous d'homme               |            |      |       |         |         |       |
| Tubulures                   | 1          | X    | X     | X       | X       | X     |
| Tuyauteries                 |            |      |       |         |         |       |
| Supports de plateaux        |            |      |       |         |         |       |
| Plateaux                    |            |      |       |         |         |       |
| Liquide plateaux            |            |      |       |         |         |       |
| Garnissage                  |            |      |       |         |         |       |
| Hélices                     |            |      |       |         |         |       |
| Revêtement intérieur        |            |      |       |         |         |       |
| Supports de calorifuge      |            |      |       |         |         |       |
| Calorifuge (Appareil)       |            |      |       |         |         |       |
| Calorifuge (Tuyauterie)     |            |      |       |         |         |       |
| Serpentin                   |            |      |       |         |         |       |
| Liquide serpentins          |            |      |       |         |         |       |
| Raidisseurs                 |            |      |       |         |         |       |
| Goussets de tuyauterie      |            |      |       |         |         |       |
| Goussets de Génie Civil     |            |      |       |         |         |       |
| Echelles                    |            |      |       |         |         |       |
| Plates-formes               |            |      |       |         |         |       |
| Plaques tubulaires          |            |      |       |         |         |       |
| Tubes et tirants            |            |      |       |         |         |       |
| Chicanes et plaques support |            |      |       |         |         |       |
| Brides de fond flottant     |            |      |       |         |         |       |
| Anneau fendu et éclisses    |            |      |       |         |         |       |
| Internes                    | Service    |      |       |         |         |       |
|                             | Epreuve    |      |       |         |         |       |
|                             | Levage     |      |       |         |         |       |
|                             | Montage    |      |       |         |         |       |
| Efforts extérieurs          | Service    |      |       |         |         |       |
|                             | Epreuve    |      |       |         |         |       |
|                             | Levage     |      |       |         |         |       |
|                             | Montage    |      |       |         |         |       |

|                            |         | Compartiment | Compartiment 1 | / | / |
|----------------------------|---------|--------------|----------------|---|---|
| Capacité (m <sup>3</sup> ) |         |              | 5,077          | / | / |
| Masse (kg)                 | Liquide | Service      | 0              | / | / |
|                            |         | Epreuve      | 5 077          | / | / |
|                            | Total   | Epreuve      | 7 538          | / | / |

|                           |          | Appareil |
|---------------------------|----------|----------|
| Masse (kg)                | Service  | 2 462    |
|                           | Levé     | 2 462    |
|                           | Monté    | 2 462    |
|                           | Arrêt    | 2 462    |
| Surface (m <sup>2</sup> ) | Appareil | 15,6     |
|                           | Support  | 0        |

NB : poids de l'appareil neuf.

