

COMPARAISON ENTRE EN 13445 ET LE CODAP 2000

COMPARISON BETWEEN EN 13445 AND THE FRENCH CODAP CODE

D.Koplewicz – UNM
A.Bonnefoy – SNCT
G.Perraudin – SNCT
Y. Simonet – CETIM
M.Médiouni – CETIM

RESUME

La norme européenne EN 13445 "Récipients sous pression non soumis à la flamme" est disponible depuis mai 2002. Elle concrétise le consensus européen dans ce domaine et donne présomption de conformité à la directive 97/23/CE "Equipement sous pression". Pour faciliter son utilisation industrielle, et identifier ses points forts et ses points faibles, une comparaison des dispositions prévues par cette norme et des pratiques françaises codifiées dans le CODAP 2000 a été initiée. L'article présente les premiers résultats de cette étude, conduite par l'UNM et le SNCT en collaboration avec le CETIM, qui porte essentiellement sur le dimensionnement et les contrôles requis pour six appareils.

Les appareils retenus, représentatifs des fabrications actuelles des entreprises sont les suivants :

- Appareil horizontal sur berceaux
- Appareil vertical sur consoles
- Colonne sur jupe
- Echangeur type AES
- Echangeur type BEM
- Réacteur vertical sur jupe

ABSTRACT

The European standard EN 13445 "Unfired pressure vessels" is available since May 2002. It represents the European consensus in this field and gives presumption of conformity to the directive 97/23/CE "Pressure equipment". To facilitate its use by industry, and to identify its strong points as well as its weak points, a comparison of the provisions given by this standard and the French practices as codified by CODAP 2000 was initiated. This paper gives the first results of the study, conducted by UNM and SNCT, with the collaboration of CETIM. It mainly covers the design and testing required for 6 different vessels.

The vessels, representative of current manufactured items, are the following :

- *Horizontal vessel on saddle supports*
- *Vertical vessel on bracket supports*
- *Column with skirt*
- *Exchanger type AES*
- *Exchanger type BEM*
- *Vertical reactor with skirt*

INTRODUCTION

Les principes de la nouvelle approche, fixés par la résolution du Conseil de l'Union européenne en 1985, ont défini une nouvelle stratégie en matière de réglementation et d'harmonisation technique : l'harmonisation législative est limitée à l'adoption des exigences essentielles auxquelles doivent satisfaire les produits mis sur le marché communautaire pour bénéficier de la libre circulation dans la Communauté; les spécifications techniques des produits correspondant aux exigences essentielles fixées par les directives sont énoncées dans des normes harmonisées; l'application des normes harmonisées ou d'autres normes est laissée à la discrétion du fabricant qui garde la possibilité de choisir d'autres spécifications techniques pour satisfaire aux exigences;

C'est dans ce contexte de la nouvelle approche que les travaux de normalisation européens sur les récipients sous pression ont débuté au début des années 1990, en réponse à une demande de la Commission européenne : il s'agissait de développer des normes européennes harmonisées en appui à la directive 97/23/CE « Equipements sous pression », à l'époque au stade de projet.

Confronter les cultures techniques européennes assez (voire radicalement) différentes et profondément ancrées dans chacun des pays depuis plus d'un siècle en accompagnement des réglementations nationales sur les chaudières à vapeur et appareils à pression ; trouver des solutions consensuelles qui concilient à la fois les pratiques éprouvées et les innovations techniques les plus récentes, tout en garantissant un niveau de sécurité équivalent ; tel est le challenge relevé par la communauté européenne des appareils à pression, qui a engagé une centaine d'experts européens dans ce travail (experts représentant les différentes parties prenantes : fabricants, utilisateurs, organismes d'inspection, et de contrôle, pouvoirs publics). Leur action, conduite avec conviction et compétence, s'est concrétisée par l'adoption fin mai 2002 de la norme européenne EN 13445 « Récipients sous pression non soumis à la flamme ».

Mais l'adoption de la norme ne représente que la première étape dans le lent processus d'harmonisation et de construction économique européenne. Certes, cette norme européenne constitue le mode de preuve privilégié à la réglementation européenne ... mais il lui faut surmonter plusieurs handicaps : sa nouveauté (il s'agit d'un texte de 1400 pages, qui nécessite une lecture approfondie pour en appréhender les conventions, les avantages et les limites), sa jeunesse (la première version d'une norme de cette ampleur comporte fatalement des imperfections et des erreurs) et le manque de retour d'expérience (peut-on lui faire confiance ?).

Diverses actions ont donc été engagées, notamment en France, pour accompagner la norme dans ses premières applications et faciliter son appropriation par l'industrie.

Ainsi, pour assurer une bonne réactivité aux questions que le lecteur de la norme n'allait pas manquer de se poser, et assurer une correction quasi-immédiate des erreurs constatées, la France a proposé de mettre en œuvre une procédure particulière au-travers d'un "bureau d'aide" ; guichet unique pour l'Europe, il donne des réponses « autorisées », validées par un panel d'experts impliqués dans la rédaction du texte. Ce bureau d'aide est animé par l'Union de Normalisation de la Mécanique, et est accessible à l'adresse suivante : www.unm.fr.

La correction des erreurs et l'éclaircissement des points jugés obscurs permettent progressivement d'améliorer l'EN 13445 et d'asseoir sa crédibilité. Toutefois, il s'agit de corrections au cas par cas, sans vision globale de l'applicabilité de la norme aux récipients les plus communément rencontrés. C'est pourquoi, un deuxième type d'actions a été mis en œuvre, qui consiste à comparer, pour six appareils, les réponses de l'EN 13445 d'une part, et du CODAP 2000, d'autre part, c'est-à-dire de confronter la norme au texte qui codifie les pratiques françaises.

Cette action, pilotée par l'UNM a été réalisée par le SNCT et le CETIM. Elle a reçu le soutien du Ministère chargé de l'Industrie.

Les appareils retenus, représentatifs des fabrications actuelles des entreprises sont les suivants :

- Appareil horizontal sur berceaux
- Appareil vertical sur consoles
- Colonne sur jupe
- Echangeur type AES
- Echangeur type BEM
- Réacteur vertical sur jupe

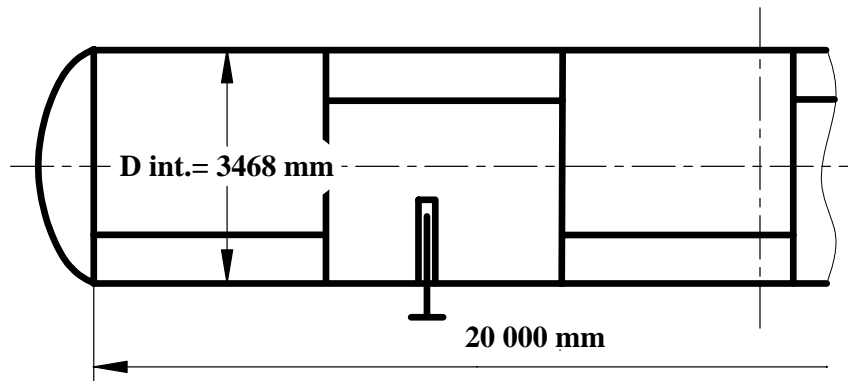
Dans cette première comparaison aucun des appareils n'est soumis à la fatigue.

Cette comparaison s'est délibérément située dans une approche industrielle : les six récipients choisis sont des récipients effectivement fabriqués, et non des constructions purement théoriques ; le but n'était pas de rechercher les avancées techniques de la norme européenne, ou les éventuels gains qu'elle peut amener à la marge, mais bel et bien de s'assurer qu'elle permet de fabriquer des appareils et que les résultats obtenus sont industriellement acceptables ; les retombées attendues étaient aussi de vérifier que la rédaction de la norme est compréhensible, et d'identifier les points sur lesquels elle peut être améliorée (voire révisée) ; enfin la comparaison, au-delà des aspects techniques, doit aussi aborder l'aspect économique.

Cette comparaison, dont le détail est développé plus loin, a pris en compte les parties *Calcul* (sans retenir l'analyse limite) et *Contrôle*.

RESERVOIR HORIZONTAL SUR DEUX BERCEAUX

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



| Données générales | |
|--------------------------------|--|
| Matériau | <i>Appareil</i> P295GH NF EN 10028-2 <i>Supports</i> S275JR NF EN 10025 |
| Fluide de service | Liquide Groupe 1 densité 0,54 |
| Pression intérieure | 44,10 bar |
| Température | 50,00°C |
| Catégorie de risque | II |
| Coefficient de joint | 0,85 |
| Surépaisseur de corrosion (mm) | 1 (ext.) |

| CODAP | |
|---------------------------|--------|
| Catégorie de construction | B |
| Groupe de matériau | St.1.2 |

| EN13445 | |
|--------------------|-----|
| Groupe de matériau | 1.2 |
| Groupe de contrôle | 3b |

Dimensionnement de l'appareil

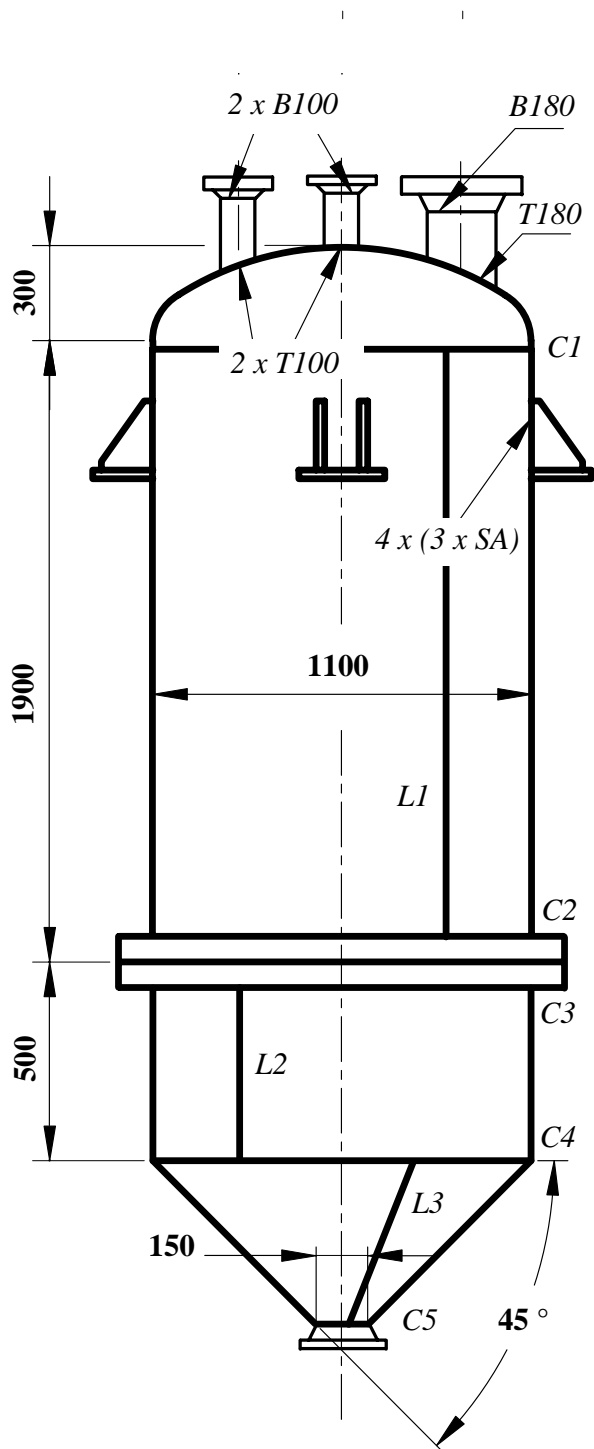
| Élément | Contrainte nominale MPa | Coef. soudure | Épaisseurs CODAP mm | | Épaisseurs EN13445 mm | |
|------------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | MIN($R_{p0,2}^t/1.5$; $R_m/2.40$) | | calcul | commande | calcul | commande |
| Virole cyl. | 191,67 | 0,85 | 18,11 | 18,20 | 18,11 | 18,20 |
| Fonds elliptiques | 191,67 | sans | 15,61 | 16,00 | 15,61 | 16,00 |

Contrôle de l'appareil

| Soudures | CODAP | | | EN13445 | | |
|--|---------|-------|--------|---------|------|--------|
| | e mm | Type | % / Nb | e mm | Type | % / Nb |
| Contrôles volumiques : radiographie (RT) ou ultrasons (UT) | | | | | | |
| Longitudinales | 18,2 | 1.1 | 10% | 18,2 | 1 | 0% |
| Circulaires | 18,2 | 1.2.1 | 10% | 18,2 | 2a | 0% |
| Nœuds | 18,2 | | 100% | 18,2 | | |
| Contrôles surfaciques : magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | |
| Longitudinales | 18,2 | 1.1 | 10% | 18,2 | 1 | 0% |
| Circulaires | 18,2 | 1.2.1 | 10% | 18,2 | 2a | 0% |

APPAREIL VERTICAL SUR CONSOLES

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



| Données générales | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Matériau | P265GH NF EN 10028-2 |
| Fluide de service | Gaz Groupe 1 Densité 0,48 |
| Pression intérieure | 18 bar / 0,5 bar |
| Température | 20°C / 260°C |
| Catégorie de risque | II |
| Coefficient de joint | 1 |
| Surépaisseur de corrosion (mm) | 1 (ext) |

| CODAP | |
|---------------------------|--------|
| Catégorie de construction | B |
| Groupe de matériau | St.1.2 |

| EN13445 | |
|--------------------|-----|
| Groupe de matériau | 1.1 |
| Groupe de contrôle | 2b |

Dimensionnement de l'appareil

| Élément | Contrainte nominale MPa | | Coef. soudure | Épaisseurs CODAP mm | | Épaisseurs EN13445 mm | |
|-------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | $R_{p0,2}^t/1.5$ | $R_m/2.40$ | | calcul | commande | calcul | commande |
| Virole conique | 114. | 170.83 | 1. | 12.52 | 14.0 | 11.75 | 13.0 |
| Virole cyl. bas | 114. | 170.83 | 1. | 12.17 | 14.0 | 11.75 | 13.0 |
| Virole cyl. haut | 114. | 170.83 | 1. | 8.85 | 11.0 | 8.85 | 11.0 |
| Fond elliptique | 114. | 170.83 | | 8.35 | 10.0 | 8.33 | 10.0 |

| Élément | Joint | CODAP | | EN13445 | |
|--------------|---|--|----------|--|----------|
| | | boulons | plateau | boulons | plateau |
| Bride | m:4.5 / y:10.MPa largeur : 25 mm e : 2 mm | NF EN 20-273 d : 48 mm nombre : 12 | e=124 mm | NF EN 20-273 d : 48 mm nombre : 12 | e=124 mm |

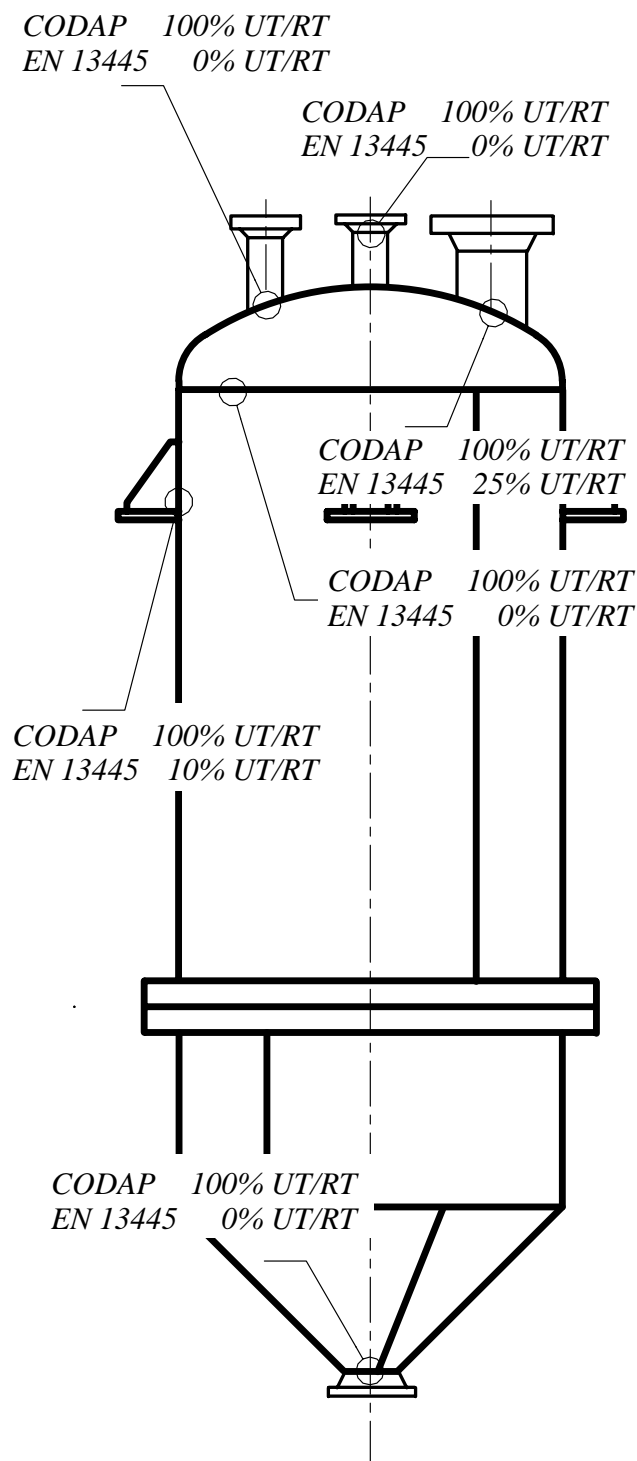
Le dimensionnement pour les deux codes est similaire avec toutefois des valeurs plus favorables pour l'EN 13445 compte tenu des formules de calcul différentes pour la liaison Cylindre / Grande base du cône.

Contrôle de l'appareil

| Soudure | L mm | Rep. | CODAP | | | EN13445 | | | | |
|--|---------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|------|--------|---------|
| | | | e mm | Type | % / Nb | L mm | e mm | Type | % / Nb | L mm |
| Contrôles volumiques : radiographie (RT) ou ultrasons (UT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 3072 | L1 à L3 | 11 | 1.1 | 100% | 3072 | 11 | 1 | 100% | 3072 |
| Cir.dome | 3456 | C1 | 11/10 | 1.2.1 | 100% | 3456 | 11/10 | 2a | 25% | 864 |
| Cir.bride | 6912 | C2 + C3 | 11/14 | 6.2.1 | 100% | 6912 | 11/13 | 9 | 100% | 6912 |
| Cir.cône | 3456 | C4 | 14 | 2.1.2 | 100% | 3456 | 13 | 7 | 100% | 3456 |
| Cir.bride-C | 471 | C5 | 14 | 2.2.2 | 100% | 471 | 13 | 4 | 0% | 0 |
| Soud. angle | 11840 | SA | 10 | 8.1.3 | 100% | 11840 | 11 | 21 | 10% | 1184 |
| Tubes 100 | 628 | T100 | | 4.2.1 | 100% | 628 | | 16 | 0% | 0 |
| Tube 180 | 566 | T180 | | 4.2.1 | 100% | 566 | | 15 | 25% | 142 |
| Brides T100 | 628 | B100 | | 6.2.1 | 100% | 628 | | 14 | 0% | 0 |
| Bride T180 | 566 | B180 | | 6.2.1 | 100% | 566 | | 12 | 100% | 566 |
| Nœuds | 4 | N1 à N4 | | | | 800 | | | -4(a) | 0 |
| Contrôles surfaciques : magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 3072 | L1 à L3 | 11 | 1.1 | 100% | 3072 | 11 | 1 | 0% | 0 |
| Cir.dome | 3456 | C1 | 11/10 | 1.2.1 | 100% | 3456 | 11/10 | 2a | 0% | 0 |
| Cir.bride | 6912 | C2 + C3 | 11/14 | 6.2.1 | 100% | 6912 | 11/13 | 9 | 0% | 0 |
| Cir.cône | 3456 | C4 | 14 | 2.1.2 | 100% | 3456 | 13 | 7 | 0% | 0 |
| Cir.bride-C | 471 | C5 | 14 | 2.2.2 | 100% | 471 | 13 | 4 | 10% | 47 |
| Soud. angle | 11840 | SA | 10 | 8.1.3 | 0% | 0 | 11 | 21 | 10% | 1184 |
| Tubes 100 | 628 | T100 | | 4.2.1 | 100% | 628 | | 16 | 10% | 63 |
| Tube 180 | 566 | T180 | | 4.2.1 | 100% | 566 | | 15 | 0% | 0 |
| Brides T100 | 628 | B100 | | 6.2.1 | 100% | 628 | | 14 | 0% | 0 |
| Bride T180 | 566 | B180 | | 6.2.1 | 100% | 566 | | 12 | 0% | 0 |

(a) : % couverts par les nœuds

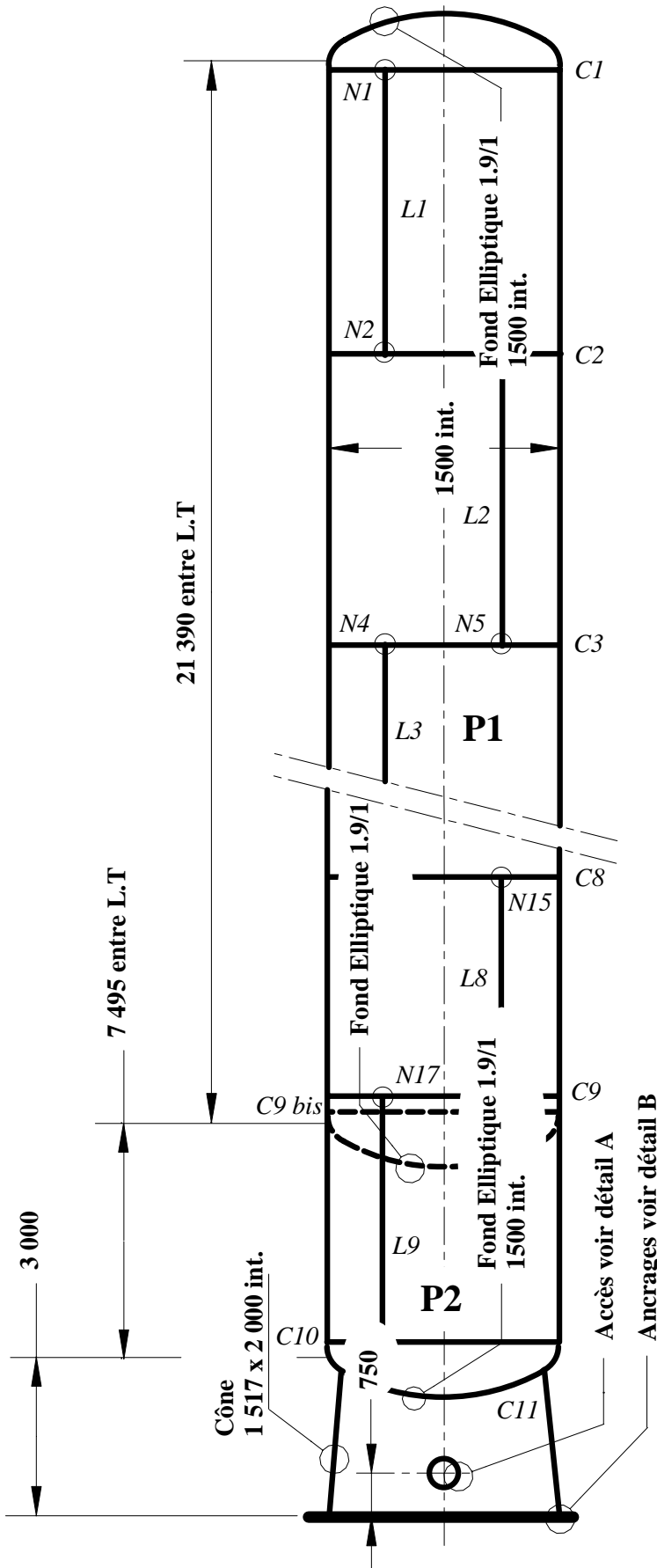
| Longueurs de soudure soumises aux contrôles | | |
|---|-----------|-----------|
| Type de contrôle | CODAP | EN 13445 |
| Contrôles surfaciques (MT/PT) | 19 755 mm | 1 403 mm |
| Contrôles volumiques (UT/RT) | 32 395 mm | 16 195 mm |



Principales différences concernant les contrôles volumiques

COLONNE SUR JUPE

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



| Données générales | |
|------------------------------------|--|
| Matériaux | P295GH NF EN 10028-2 Support P265GH |
| Fluide de service | Gaz Groupe 1 densité 0,48 |
| Pression intérieure de calcul – P1 | 44,10 bar |
| Température de calcul – P1 (°C) | -20,00°C à +100,00°C |
| Pression intérieure de calcul – P2 | 44,50 bar |
| Pression extérieure de calcul – P2 | 0,50 bar |
| Température de calcul – P2 (°C) | -20,00°C à +100,00°C |
| Catégorie de risque | IV |
| Coefficient de joint | 0,85 |
| Surépaisseur de corrosion (mm) | 1 (ext.) |

| CODAP | |
|---------------------------|--------|
| Catégorie de construction | B |
| Groupe de matériau | St.1.2 |

| EN13445 | |
|--------------------|-----|
| Groupe de matériau | 1.2 |
| Groupe de contrôle | 3b |

Dimensionnement de l'appareil

| Élément | Contrainte nominale MPa | | Coef. Soudure | Épaisseurs CODAP mm | | Épaisseurs EN13445 mm | |
|---------------------------|-------------------------|------------|---------------|---------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | $R_{p0,2}/1.5$ | $R_m/2.40$ | | calcul | commande | calcul | commande |
| Jupe (a) | 143.33 | | | | | 10 | 22.00 |
| Fond ellip. bas | 166.67 | 191.67 | | 20.30 | 22.00 | 20.30 | 22.00 |
| Virole bas | 166.67 | 191.67 | 0.85 | 23.94 | 25.00 | 23.93 | 25.00 |
| Fond intermédiaire | 166.67 | 191.67 | | 53.11 | 56.00 (b) | 46.00 | 48.00 (b) |
| Virole haut | 166.67 | 191.67 | 0.85 | 23.72 | 25.00 | 23.72 | 25.00 |
| Fond ellip. haut | 166.67 | 191.67 | | 20.11 | 22.00 | 20.11 | 22.00 |

Les appareils dimensionnés selon le CODAP ou l'EN13445 sont très semblables, cela provient du fait que les formules analytiques utilisées pour calculer les épaisseurs des éléments qui les composent sont identiques. Les origines des petites différences qui apparaissent sont explicitées ci dessous :

- (a) : Le CODAP ne possède pas de règle de dimensionnement des jupes de supportage
- (b) : La différence vient du fait que le CODAP impose de dimensionner un fond en pression extérieure en effectuant un calcul avec une pression intérieure égale à 1.2 fois la pression extérieure alors que l'EN13445 impose de dimensionner le fond avec une pression intérieure égale à la pression extérieure.

Contrôle de l'appareil

| Soudure | L mm | Rep. | CODAP | | | | EN13445 | | | |
|--|-------|----------|-------|-------|----------|------|---------|------|---------|-------|
| | | | e mm | Type | % ou Nb. | L mm | e mm | Type | % ou Nb | L mm |
| Contrôles volumiques : radio (RT) ou ultrasons (UT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 28590 | L1 à L9 | 25 | 1.1 | 10% | 2859 | 25 | 1 | 10% | 2859 |
| Cir. | 34042 | C2 à C8 | 25 | 1.2.1 | 10% | 3404 | 25 | 2a | 2% | 0 (d) |
| C. fond | 9726 | C1 + C10 | 22 | 1.2.1 | 10% | 973 | 22 | 5 | 10% | 973 |
| C. double | 4863 | C9 | 25 | 1.2.1 | 10% | 486 | 25 | 2a | 2% | 0 (d) |
| C. double | 4863 | C9bis | 56 | 3.2.1 | 10% | 486 | 48 | 5 | 10% | 973 |
| Nœuds | 18 | N1 à N18 | | | | 3600 | | | -3(c) | 3000 |
| Contrôles surfaciques : magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 28590 | L1 à L9 | 25 | 1.1 | 10% | 2859 | 25 | 1 | 0% | 0 |
| Cir. | 34042 | C2 à C8 | 25 | 1.2.1 | 10% | 3404 | 25 | 2a | 0% | 0 |
| C. fond | 9726 | C1 + C10 | 22 | 1.2.1 | 10% | 973 | 22 | 5 | 0% | 0 |
| C. double | 4863 | C9 | 25 | 1.2.1 | Nd+10% | 486 | 25 | 2a | 0% | 0 |
| C. double | 4863 | C9bis | 56 | 3.2.1 | 10% | 486 | 48 | 5 | 10% | 973 |

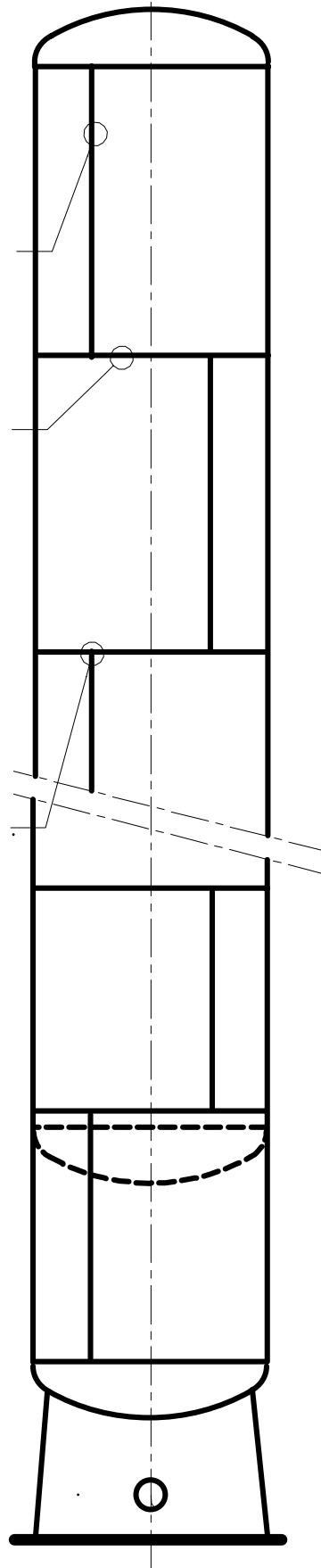
(c) : Nœuds couverts par le %

(d) : % couverts par les nœuds

*CODAP 10% UT/RT
(hors noeuds)
EN 13445 10% UT/RT
(avec noeuds
évent.)*

*CODAP 10% UT/RT
(hors noeuds)
EN 13445 2% UT/RT
(avec noeuds
évent.)*

*CODAP 100% UT/RT
EN 13445 100% UT/RT
(sauf si pris en
compte avec
longi. ou circ.)*



**Longueurs de soudure
soumises aux contrôles**

**Contrôles surfaciques
(MT/PT)**

CODAP 8 208 mm

EN 13445 972 mm

**Contrôles volumiques
(UT/RT)**

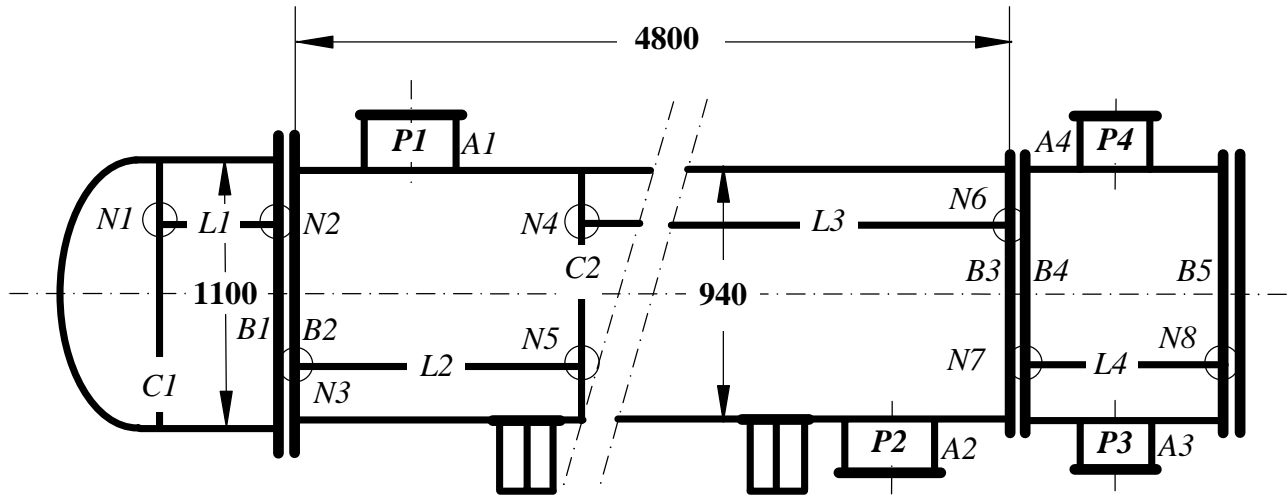
CODAP 11 808 mm

EN 13445 7 804 mm

**Principales différences
concernant les contrôles
volumiques**

ECHANGEUR AES

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



| Données générales | |
|----------------------|---|
| Matériau | P295GH NF EN 10028-2 |
| Fluides de service | <i>Calandre</i> Gaz Groupe 1 <i>Tubes</i> Liquide Groupe 2 |
| Pression intérieure | <i>Calandre</i> 2,20 bar <i>Tubes</i> 0,5 bar |
| Température | 135°C |
| Catégorie de risque | IV |
| Coefficient de joint | 0,85 |

| CODAP | |
|---------------------------|--------|
| Catégorie de construction | B |
| Groupe de matériau | St.1.1 |

| EN13445 | |
|---|-------|
| Groupe de matériau | 1.1 |
| Groupe de contrôle | 3b |
| Epaisseur calculée des soudures déterminantes | 15 mm |

Note : Le dimensionnement des appareils n'est pas présenté ici dans la mesure où les règles de calculs sont similaires dans le CODAP 2000 et la Norme Européenne.

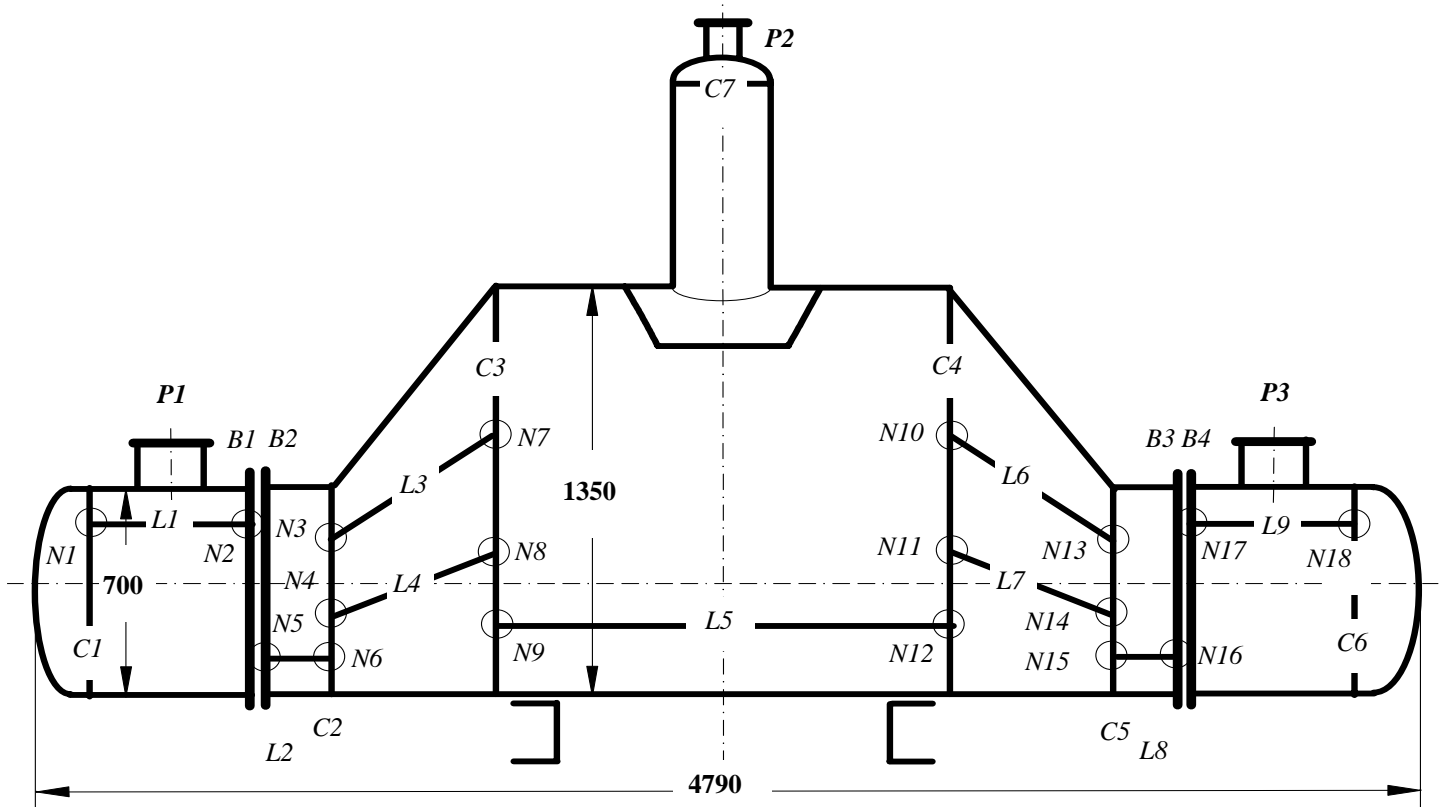
Contrôle de l'appareil

| Soudure | L mm | Rep. | CODAP | | | | EN13445 | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------|----------------|---------|---------|------|---------------|---------|--|
| | | | e mm | Type | % ou Nb. | L mm | e mm | Type | % ou Nb | L mm | |
| Contrôles volumiques : radio (RT) ou ultrasons (UT) | | | | | | | | | | | |
| Longi. | 5900 | L1 à L4 | 15 | 1.1 | 10% | 590 | 15 | 1 | 10% | 590 | |
| Cir. | 5903 | C1 à C2 | 15 | 1.2.1 | 10% | 590 | 15 | 2a | 0% | 0 | |
| Cir. Viroles / Brides | 15314 | B1 à B5 | 15 | 6.1 | 10% | 1531 | 15 | 2a | 10% | 153 | |
| Piquages | 3800 | P1 à P4 | 20 | 4.2.1a | 10% | 380 | 20 | 3b | 25% | 950 | |
| Brides / Tubes > 80 | 3800 | A1 à A4 | 12,5 | 6.1 | 10% | 380 | 12,5 | 12 | 10% | 427 | |
| Brides / Tubes < 80 | 471 | A5 à A7 | 12,5 | 6.1 | 0% | 0 | | | | | |
| Nœuds | 8 | N1 à N8 | | | | | | | | | |
| Contrôles surfaciques : magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | | | | | | |
| Longi. | 5900 | L1 à L4 | 15 | 1.1 | 0% | 0 | 15 | 1 | 0% | 0 | |
| Cir. | 5903 | C1 à C2 | 15 | 1.2.1 | 0% | 0 | 15 | 2a | 0% | 0 | |
| Cir. Viroles / Brides | 15314 | B1 à B5 | 15 | 6.1 | 0% | 0 | 15 | 2a | 0% | 0 | |
| Piquages | 3800 | P1 à P4 | 20 | 4.2.1a | 0% | 0 | 20 | 3b | 10% | 380 | |
| Brides / Tubes > 80 | 3800 | A1 à A4 | 12,5 | 6.1 | 0% | 0 | 12,5 | 12 | 0% | 0 | |
| Brides / Tubes < 80 | 471 | A5 à A7 | 12,5 | 6.1 | 10% | 47 | | | | | |

| Longueurs de soudure soumises aux contrôles | | |
|--|----------|----------|
| Type de contrôle | CODAP | EN 13445 |
| Contrôles surfaciques (MT/PT) | 47 mm | 380 mm |
| Contrôles volumiques (UT/RT) | 3 471 mm | 2 120 mm |

ECHANGEUR BEM

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



Données générales

| | |
|----------------------|---|
| Matériau | P295GH NF EN 10028-2 P265GH NF EN 10028-2 |
| Fluides de service | <i>Calandre</i> Gaz Groupe 1 <i>Tubes</i> Gaz Groupe 1 |
| Pression intérieure | <i>Calandre</i> 2,40 bar & Vide <i>Tubes</i> 0,4 bar |
| Température | <i>Calandre</i> - 25°C <i>Tubes</i> -25°C à 80°C |
| Catégorie de risque | IV |
| Coefficient de joint | 1 |

CODAP

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Catégorie de construction CODAP | B |
| Groupe de matériau CODAP | St.1 & St.2 |

EN13445

| | |
|---|-----------|
| Groupes de matériau | 1.1 & 1.2 |
| Groupe de contrôle | 1b |
| Epaisseur calculée des soudures déterminantes | 8 à 30 mm |

Note : Le dimensionnement des appareils n'est pas présenté ici dans la mesure où les règles de calculs sont similaires dans le CODAP 2000 et la Norme Européenne.

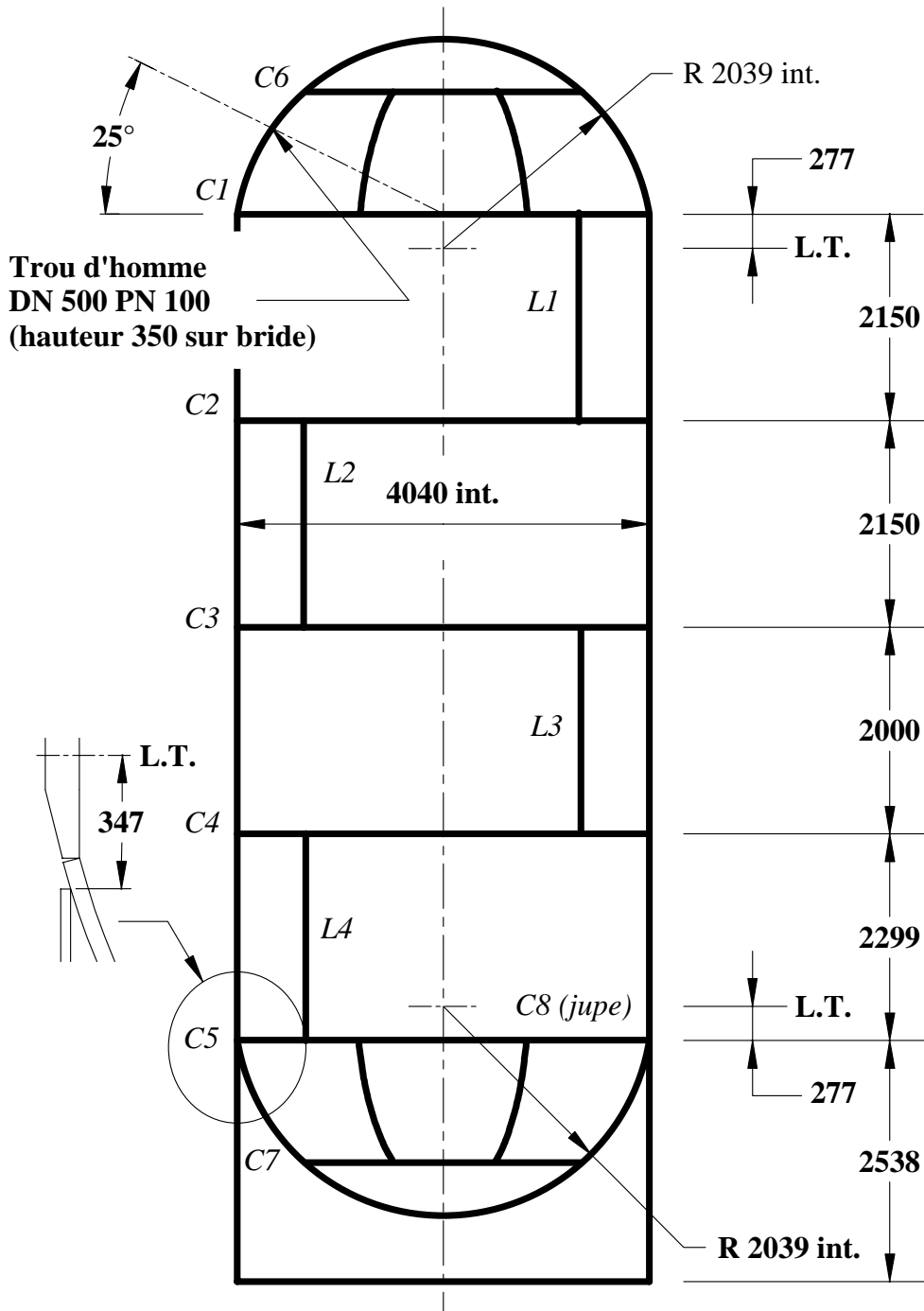
Contrôle de l'appareil

| Soudure | L mm | Rep. | CODAP | | | EN13445 | | | | |
|--|---------|-------------|---------|------------------------------------|-----------------------|---------|---------|------|-------------------|---------|
| | | | e mm | Type | % ou Nb. | L mm | e mm | Type | % ou Nb | L mm |
| Contrôles volumiques : radio (RT) ou ultrasons (UT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 6000 | L1 à L9 | 30 | 1.1 | 100% | 6000 | 30 | 1 | 100% | 6000 |
| Cir. | 10930 | C1 à C7 | 10 | 1.2 2.12 2.22 | 100% | 10930 | 10 | 2a | 100% | 10930 |
| Cir. Viroles / Brides | 4050 | B1 à B4 | 8 | 1.2 | 100% | 4050 | 8 | 2a | 10% | 4050 |
| Piquages | 1821 | P1 à P3 | 12,7 | 6.1 4.1.1 4.2.1 a 4.2.1b | 2 x 100% 1 x 10% | 1625 | 12,7 | 15 | 2 x 25% 1 x 0% | 400 |
| Brides / Tubulures | 1709 | A1 à A10 | 5,54 | 6.1 | 100% | 1709 | 5,54 | 12 | 0% | 1709 |
| Nœuds | 18 | N1 à N18 | | | | | | | | |
| Contrôles surfaciques : magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 6000 | L1 à L9 | 30 | 1.1 | 10% (St2) 0% (St1) | 400 | 30 | 1 | 0% | 0 |
| Cir. | 10930 | C1 à C7 | 10 | 1.2 2.12 2.22 | 10% (St2) 0% (St1) | 600 | 10 | 2a | 0% | 0 |
| Cir. Viroles / Brides | 4050 | B1 à B4 | 8 | 1.2 | 10% (St2) 0% (St1) | 200 | 8 | 2a | 0% | 0 |
| Piquages | 1821 | P1 à P3 | 12,7 | 6.1 4.1.1 4.2.1 a 4.2.1 b | 1 x 100% 2 x 0% | 250 | 12,7 | 15 | 0% | 0 |
| Brides / Tubulures | 1709 | A1 à A10 | 5,54 | 6.1 | 0% | 0 | 5,54 | 12 | 0% | 0 |

| Longueurs de soudure soumises aux contrôles | | |
|--|-----------|-----------|
| Type de contrôle | CODAP | EN 13445 |
| Contrôles surfaciques (MT/PT) | 1 450 mm | 0 mm |
| Contrôles volumiques (UT/RT) | 24 314 mm | 23 089 mm |

REACTEUR SUR JUPE

Schéma de l'appareil et données techniques de construction



| Données générales | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Matériaux | 13 CrMo 4-5 NF EN 10028-2 |
| Fluide de service | Gaz Groupe 1 densité 0,48 |
| Pression intérieure de calcul | 38 bar |
| Température de calcul | 470°C |
| Catégorie de risque | IV |
| Coefficient de joint | 1 |

| CODAP | |
|---------------------------|--------|
| Catégorie de construction | A |
| Groupe de matériau | St.5.1 |

| EN13445 | |
|--------------------|-----|
| Groupe de matériau | 5.1 |
| Groupe de contrôle | 1a |

Dimensionnement de l'appareil

| Élément | Contrainte nominale (MPa) | | | Coef. soudure | Épaisseurs CODAP (mm) | | Épaisseurs EN13445 (mm) | |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|--------|---------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | R _{p0,2} /1.5 | R _m /2.40 | Fluage | | calculée | commandée | calculée | commandée |
| Jupe (a) | 193.33 | 187.50 | | 1.00 | | | 16 | 16.0 |
| Fond hémi. bas | 112.00 | 187.50 | 137.50 | 1.00 | 34.89 | 37.0 | 34.89 | 37.0 |
| Virole 2299 | 108.67 | 183.33 | 137.50 | 1.00 | 71.89 | 74.0 | 71.89 | 74.0 |
| Virole 2000 | 108.67 | 183.33 | 137.50 | 1.00 | 71.89 | 74.0 | 71.89 | 74.0 |
| Virole 2150 bas | 108.67 | 183.33 | 137.50 | 1.00 | 71.89 | 74.0 | 71.89 | 74.0 |
| Virole 2150 haut | 108.67 | 183.33 | 137.50 | 1.00 | 71.89 | 74.0 | 71.89 | 74.0 |
| Fond hémi. haut | 112.00 | 187.50 | 137.50 | 1.00 | 35.87 | 56.0 | 34.89 | 56.0 |
| Trou homme | 112.00 | 187.50 | 137.50 | sans | 8.47 | 12.0 | 8.47 | 12.0 |

Les appareils dimensionnés selon le CODAP ou l'EN13445 sont très semblables, cela provient du fait que les formules analytiques utilisées pour calculer les épaisseurs des éléments qui les composent sont identiques. Les origines des petites différences qui apparaissent sont explicitées ci dessous :

(a) : Le CODAP ne possède pas de règle de dimensionnement des jupes de supportage

Contrôle de l'appareil

| Soudure | L (mm) | Rep. | CODAP | | | | EN13445 | | | |
|---|--------|---------|--------|-------|----------|--------|---------|------|---------|--------|
| | | | e (mm) | Type | % ou Nb. | l (mm) | e (mm) | Type | % ou Nb | l (mm) |
| Contrôles volumiques, radio (RT) ultrasons (UT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 8599 | L1 à L4 | 74 | 1.1 | 100% | 8599 | 74 | 1 | 100% | 8599 |
| Cir. | 26289 | C1 à C5 | 74/37 | 1.2.1 | 100% | 26289 | 74/37 | 2a | 100% | 26289 |
| Jupe | 12849 | C6 | 56 | 13 | 100% | 12849 | 56 | 2a | 100% | 12849 |
| Trou hom. | 1596 | TH1 | 12 | 4.1.1 | 100% | 1596 | 12 | 15 | 100% | 1596 |
| Bride TH | 1596 | TH2 | 12 | 6.2.1 | 100% | 1596 | 12 | 12 | 100% | 1596 |
| N. nœuds | 8 | N1 à N8 | | | | 1600 | | | | 1600 |
| Contrôles surfaciques, magnétoscopie (MT) ou ressuage (PT) | | | | | | | | | | |
| Longi. | 8599 | L1 à L4 | 74 | 1.1 | 100% | 8599 | 74 | 1 | 10% | 860 |
| Cir. | 26289 | C1 à C5 | 74/37 | 1.2.1 | 100% | 26289 | 74/37 | 2a | 10% | 2629 |
| Jupe | 12849 | C6 | 56 | 13 | 0% | 0 | 56 | 2a | 10% | 1285 |
| Trou hom. | 1596 | TH1 | 12 | 4.1.1 | 100% | 1596 | 12 | 15 | 10% | 160 |
| Bride TH | 1596 | TH2 | 12 | 6.2.1 | 100% | 1596 | 12 | 12 | 10% | 160 |
| N. nœuds | 8 | N1 à N8 | | | | | | | | |

| Longueurs de soudure soumises aux contrôles | | |
|--|-----------|-----------|
| Type de contrôle | CODAP | EN 13445 |
| Contrôles surfaciques (MT/PT) | 38 080 mm | 8 582 mm |
| Contrôles volumiques (UT/RT) | 52 529 mm | 52 529 mm |

CONCLUSIONS

Ces premiers travaux, conduits de septembre 2003 à juin 2004, ont mis en évidence un ensemble de constats dont certains devront être approfondis dans une deuxième étape.

Tout d'abord, comme on pouvait s'y attendre, il se confirme que la compréhension détaillée du nouveau texte EN 13445 n'est pas immédiate : toutes les règles devant être appliquées à un cas donné, sont dispersées dans les différentes parties du texte, dans un ordre peu habituel pour une application industrielle. Il semble donc indispensable de préparer à court terme un guide de lecture.

Un certain nombre d'erreurs et de manques ont aussi été constatés, qui ont été transmis au bureau d'aide pour suite à donner.

Sur le fond, en terme de dimensionnement, hors fatigue, l'EN 13445 donne des résultats comparables au CODAP, et même dans certains cas favorables. La validité de certaines formulations de calcul reste toutefois à vérifier (par exemple liaison cône-cylindre côté petite base).

En matière de contrôles, l'étude semble montrer, pour les appareils étudiés et encore une fois hors fatigue, que l'étendue des contrôles est plus faible dans l'EN 13445 que dans le CODAP, ce qui va à l'encontre de l'idée généralement admise ; l'écart est principalement dû aux contrôles surfaciques, particulièrement réduits dans l'EN 13445 y-compris pour les appareils les plus dangereux ; pour les appareils les plus simples cet écart provient également des contrôles volumiques.

Sans remettre en cause les fondements de l'EN 13445, il convient toutefois de s'interroger, en terme de sécurité, sur son application « à la lettre » en France, compte tenu des pratiques industrielles actuelles.

Il paraît donc indispensable d'approfondir cette question, de confronter les résultats obtenus aux pratiques de nos confrères européens, de façon à faire évoluer le texte sur les points jugés les plus sensibles.

Du point de vue économique, les travaux de comparaison doivent être poursuivis de manière à prendre à compte la totalité des paramètres, sans oublier la grande inconnue de l'EN 13445 : le plan d'inspection. En outre, la définition des contrôles suivant EN 13445 est relativement complexe, ce qui nécessite de consacrer davantage de temps au chiffrage d'un appareil, si on veut optimiser l'application de la norme.

A suivre ...