

NOTE TECHNIQUERapport sur les calculs et essais effectués sur un
tube pour chambre à vide BST

Un tube de chambre à vide BST a été exécuté afin de vérifier les contraintes mécaniques, la flèche sous vide, d'optimiser les formes, de connaître les paramètres de soudures, de vérifier la qualité des soudures et la puissance nécessaire pour les équipements d'étuvage.

Epaisseurs des parois et formes du tube

Dans un entrefer donné de 140 mm et un faisceau pouvant atteindre 96, il reste donc 44 pour installer l'étuvage (6 x 2 = 12 mm) l'écran thermique (1 x 2 = 2 mm), la flèche sous vide (2 x 2 = 4 mm) soit 13 mm pour l'épaisseur de paroi, les tolérances de fabrication et le jeu pour l'installation.

Il convient d'avoir l'épaisseur de paroi la plus "mince" possible. L'étude s'est déroulée en 3 étapes:

Une étude préliminaire d'un tube rectangulaire pour lequel la contrainte était de 15 daN/mm² et atteignait 20 daN/mm² avec le coefficient de forme par suite de la concentration de contrainte. La limite élastique de l'acier inoxydable 316 L + N étant de 20 daN/mm² il convenait d'affiner les calculs.

La seconde étape consistait à ne plus utiliser une épaisseur de paroi constante le long de la section et à utiliser la méthode de la lame élastique de Marbec. Cette méthode a permis de vérifier qu'une épaisseur de 10 mm était suffisante pour la partie supérieure et inférieure (fig.1), la contrainte n'étant au centre que de 13 daN/mm². Mais il convenait de vérifier les calculs dans la région des raccords.

Ceci a été l'objet de la troisième étape pour laquelle il a été utilisé une méthode de calcul par éléments finis (1) à l'aide du programme FINESSE. Différents profils et raccords ont été calculés à l'aide de ce programme et les valeurs trouvées sur le profil optimisé de 15 daN/mm² maxi ont pu être vérifiées à l'aide de photoélasticimétrie.

Ce profil final permet d'avoir un coefficient de sécurité théorique à 300°C de 1,3 dans le domaine élastique. Cette valeur devant être considérée comme minimale par suite des imperfections de fabrication qui perturberont les valeurs théoriques.

(1) I.Wilson, J-C.Brunet, C.Margaroli. "A stress analysis of the BST Vacuum Chamber for AA Ring. Technical Note à paraître.

Flèche sous vide

La valeur de la flèche sous vide calculée par différentes méthodes est équivalente et est de l'ordre de 1,75 mm et a pu être mesurée sur la pièce prototype (1,70 mm à 20°C, soit 1,9 mm à 300°C). Cette flèche est pour une épaisseur de paroi de 10 mm qui est proche de l'optimale, fig. 2a et fig. 2b, car elle permet un encombrement flèche et paroi quasi minimum. La valeur minimum de 9 mm n'est pas acceptable au point de vue des contraintes.

Coefficient de sécurité

Le tube prototype de 1 m de long a été mis dans une enceinte à surpression. Le tube est resté dans le domaine élastique jusqu'à une pression de 2,5 bar ce qui ramené dans le rapport σ 0,2 à 20°C / σ 0,2 à 300°C, donne une borne supérieure du coefficient de sécurité de 1,6.

Soudure par bombardement électronique

Cette méthode de soudure est celle qui provoque le minimum de déformation sur les pièces et a donc été choisie pour cette caractéristique principale ainsi que pour la possibilité de souder des parois épaisses.

- Contrôle visuel
- L'examen de la pénétration est très difficile, excepté sur 100 à 200 mm aux extrémités des tubes.
 - La présence de gouttelettes est relevée sur certaines soudures - il sera peut-être nécessaire de les arraser dans certains endroits (milieu de la chambre).
- Contrôle d'étanchéité
- Une détection de fuite à température ambiante n'a décelé aucune anomalie.
- Contrôle radiographique
- Sur l'extrémité du tube (100 mm) la radiographie a permis de déceler des manques de liaison (fig. 3) de 1 mm sur une soudure normale de 10 mm, ainsi que des caniveaux de 0,4 mm. Les 2 défauts conjugués ne seraient pas tolérables sur une pièce pour AA. La contrainte de flexion augmente de 35% atteignant 22 Kg/mm². Cette valeur dépasse la limite élastique à 300 °C et serait accrue par l'effet de concentration de contrainte à la limite de la soudure.
 - Ces défauts n'ont pu être mis en évidence sur le test de la chambre. Il convient donc de prévoir des surlongueurs sur les tubes.
 - Les radiographies n'ont décelé aucune bulle, ce qui est un facteur très important. En cas de nombreuses bulles, il y aurait une perte des performances mécaniques, et éventuellement communication d'où étanchéité douteuse ou fuite virtuelle.

Géométrie d'un tube de 1 m de long

Le tube étant posé sur 3 points (fig 5) sur 1 marbre, le tube apparaît en "hélice". Entre le point haut et bas 0,88 pour 1 mètre, ce qui

donnerait pour une chambre de 3,5 m environ 3 mm. Le défaut de 3 mm n'est pas acceptable et demanderait que les tubes soient "balancés".

Etuvages

Le tube a été équipé de bandes chauffantes (2) et d'une isolation, le tout formant une épaisseur de 6 mm. Différents essais ont eu lieu, l'un en particulier avec un écran thermique refroidi à l'eau tout autour de la chambre. La température de 300°C est obtenue après 3 hrs de chauffage et nécessite une puissance de 4 kw/m. Avec 3,6 Kw/m et 5½ hr la température est de 315°C. La température moyenne sur l'écran est 35°C. et de 50°C maximum au milieu. Le gradient thermique sur la chambre est de 20°C.

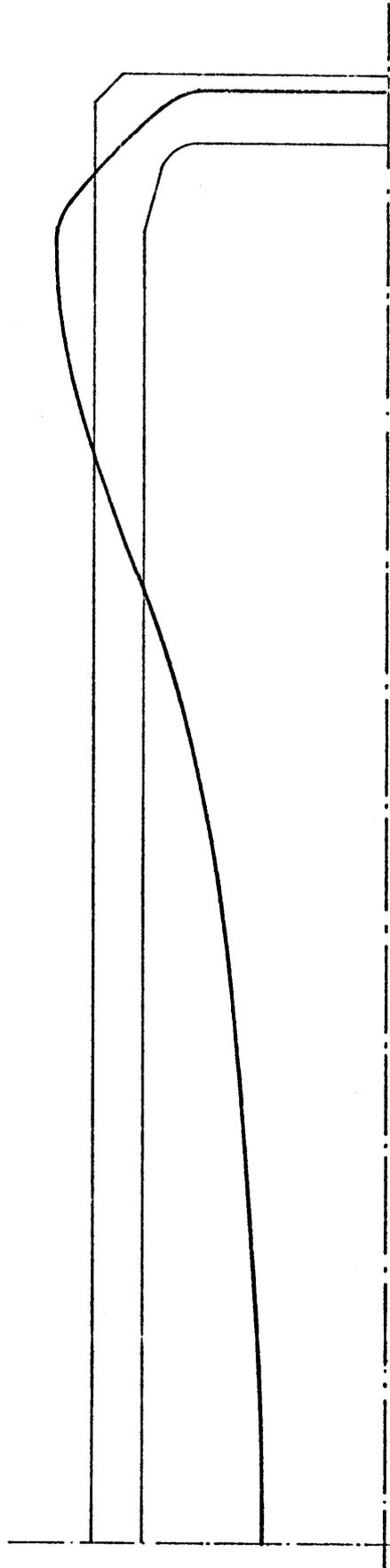
J-C. Brunet

Distribution

R. Billinge
D. Blechschmidt
A. Poncet
E. Jones
T. Wikberg
J-C. Godot
H. Schuhbäck
I. Wilson
J. Tallon
G. Losch
B. Thony
R. Hanni

(2) Travail effectué par H. Schuhbäck

10 Kg/mm²



TYPE

Fig 1

Emcombrement E ($E = \text{paroi} + \text{flèche } f$)

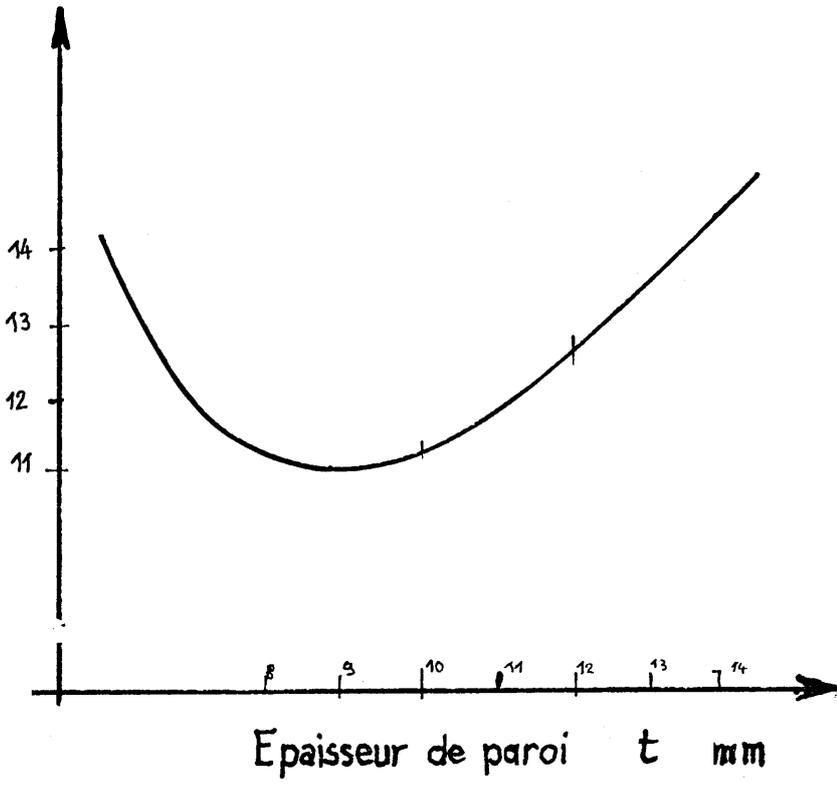


fig 2a

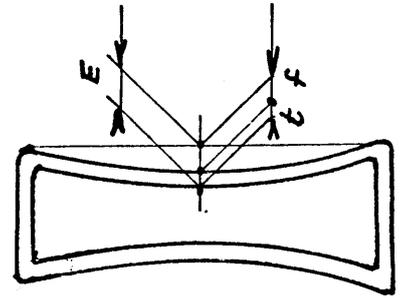


fig 2b

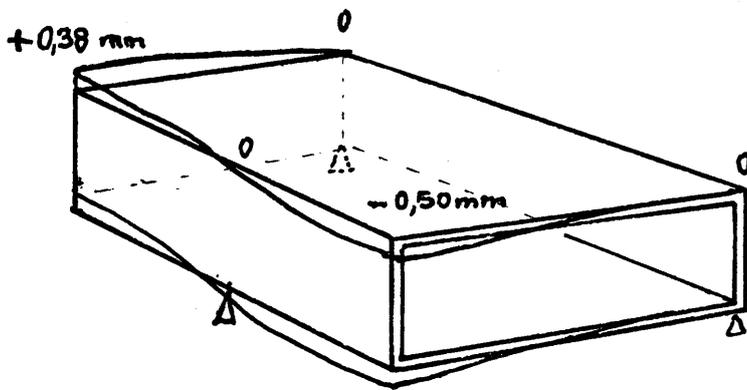


fig 4

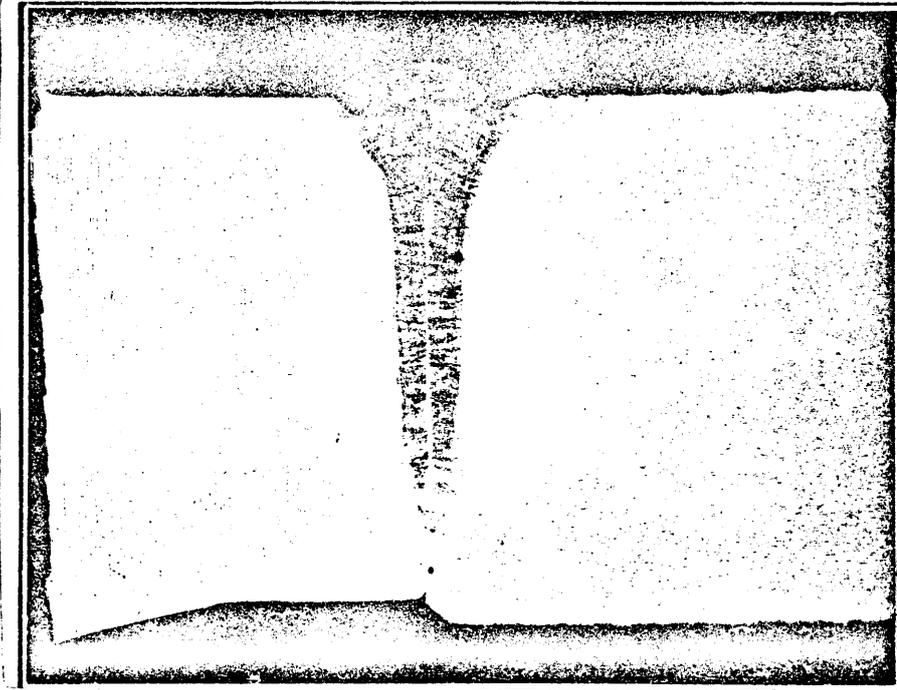


Fig 3

