

JONCTIONS METALLIQUES POUR LE VIDE DES FAISCEAUX

DANS LES ZONES EXPERIMENTALES DU PS

L. Danloy, M. Lebeau, O. Martin, P. Simon

RESUME

L'augmentation de l'intensité du C.P.S. impliquera l'utilisation de joints métalliques sur certains tronçons de faisceaux éjectés et secondaires.

Plusieurs types de jonction ont été étudiés, en tenant compte de l'expérience acquise sur le vide du C.P.S. et du P.S.B. Des essais sur prototypes ont été réalisés.

Une solution concrète et les modalités d'application sont données en conclusion.

## INTRODUCTION

Sur certains tronçons de faisceaux éjectés et secondaires, compte tenu de l'augmentation de l'intensité du CPS, il est prévu d'utiliser des joints métalliques pour des raisons de tenue aux radiations et d'exposition du personnel chargé de l'installation et de l'exploitation de ce vide.

La présente étude bénéficie de l'expérience acquise lors de la conversion joints élastomères-joints métalliques sur le vide du CPS, et de la construction du système à vide du PSB.

Le plan de travail choisi a été le suivant :

1. Analyse des jonctions existantes et de leur convertibilité.
2. Etude de nouvelles solutions en vue d'une réutilisation au maximum de l'équipement existant, en tenant compte des conditions particulières d'accès et de manoeuvre.
3. Réalisation de prototypes et essais.
4. Conclusions en vue d'applications.

Du 5 octobre 1972 au 18 mai 1973, des réunions bi-mensuelles ont permis d'analyser les solutions et de mener les essais à leur terme. Le budget global représente SFr. 10.000,- en commandes à l'atelier principal et à l'extérieur, et 200 heures estimées à l'atelier MPS.

### 1. ANALYSE DES JONCTIONS EXISTANTES ET DE LEUR CONVERTIBILITE

#### 1.1 Jonctions de brides boulonnées à plat

Les chambres à vide de nombreux appareils se terminent par une face plane sur laquelle se font le raccordement et l'étanchéité, la bride correspondante portant une gorge logeant le joint organique.

##### 1.1.1 Formes circulaires (fig. 1)

Le type de joint d'aluminium pur, dit "à lèvre refoulée" (fig. 2) employé

couramment pour le vide poussé dans la machine, s'adapte aux brides circulaires en alliage d'aluminium (Anticorodal B) pourvu que la ligne de contact soit en dehors de la gorge du joint organique rendue inutile. Le boulonnage disponible est suffisant et les brides largement dimensionnées.

L'expérience acquise dans l'emploi de ces joints a rendu les essais superflus.

Une analyse détaillée des types de jonctions limite à 2 seulement le nombre de joints permettant l'utilisation du matériel standard (pos. 6 et 7, fig. 2).

Le prix de revient d'un tel joint, non réutilisable, est estimé entre SFr. 5,- et 10,- .

#### 1.1.2 Formes spéciales (fig. 3)

De nombreux éléments du système à vide sont dotés d'ouvertures non-circulaires ne permettant pas un bridage circulaire dans des dimensions raisonnables. Chaque type est d'autre part représenté par un nombre d'exemplaires réduit. Le type de joint d'aluminium pur, dit "à lèvre usinée" (fig. 4), employé également couramment dans la machine, s'adapte aux gorges de forme non-circulaire de brides en Anticorodal B. Différentes sections sont réalisables pour correspondre aux sections des gorges de joints organiques standard. Pour les ouvertures dont le grand axe excède 500 mm, l'emploi d'un profil plus massif, donc plus maniable, obtenu par filage, donne d'excellents résultats, tout en imposant, toutefois, la section de la gorge (figs 5 et 6).

Pour ces deux solutions, chaque cas de jonction nécessite une étude particulière, notamment du boulonnage de la bride et de sa rigidité; cependant, l'expérience acquise dans l'emploi de ces joints a permis de se passer d'essais et de ne pas envisager d'autres solutions.

#### 1.1.3 Fenêtres

Le problème des fenêtres minces, avec joint métallique, a été résolu au PS pour de petits diamètres et des feuilles métalliques. Sur les faisceaux

éjectés ou secondaires, la surface de la fenêtre peut atteindre 300 cm<sup>2</sup> (Ø 185 mm) et le passage des joints organiques aux joints métalliques être délicat. Pour cette raison, on a adopté un joint à fil d'aluminium, de section circulaire de 1 mm, collé sur un cadre-guide ou squelette, de préférence à la section carrée mentionnée au paragraphe 1.1.1, limitant ainsi les risques de déchirure.

Trois types de fenêtres de diamètre 185 mm ont été essayés avec succès :

- 1.- Mylar, épaisseur 0,185 mm
- 2.- Kapton, épaisseur 0,125 mm
- 3.- Aluminium, épaisseur 0,3 mm.

Le couple de serrage des 6 vis M8 était, dans les trois cas, de 2 mkgf environ. La détection de fuite à hélium, pour les types 1 et 3, a été remplacée par une détection au fréon pour le type 2, en raison de la perméabilité du Kapton.

Dans les trois cas, la trace du joint sur la fenêtre était une surface régulière et sans entaille, et le joint présentait une largeur de contact supérieure à 0,5 mm.

## 1.2 Jonctions de tubes à vide bout à bout

L'élément le plus usuel du système à vide des zones d'expériences est le tube à vide en Anticorodal B, brut de filage, usiné seulement en extrémité dans la zone de jonction (figs 7 et 8). La dimension nominale Ø 96 représente quelques dizaines de mètre et la dimension nominale Ø 195 représente environ 1200 mètres de tubes. C'est sur cette dernière, beaucoup plus répandue, que porteront, autant que possible, les essais.

### 1.2.1 Accouplement "marmite" (fig. 9)

Les deux joints organiques étant logés dans les gorges de la "marmite", celle-ci est engagée en comprimant les joints sur l'extrémité de l'un des deux tubes. Le second tube est alors mis en contact du premier et approximativement aligné. La marmite est alors repoussée à mi-distance, de sorte que chaque joint soit comprimé radialement entre l'un des tubes et le fond de la gorge.

Les forces mises en jeu pour le serrage d'un joint métallique ne permettraient aucun déplacement manuel; le 1/100ème du déplacement requis entraînerait, par ailleurs, déjà une rupture d'étanchéité.

Malgré les avantages de ce dispositif (simplicité, robustesse, souplesse, économie) et l'importance du stock existant (environ 300 pièces), toute récupération est à écarter.

### 1.2.2 Accouplement à came (fig. 10)

Les deux joints organiques, les deux cames et l'ensemble central sont engagés sur l'extrémité de l'un des deux tubes; les joints n'étant pas comprimés, glissent librement sur le tube. Le second tube est alors mis en contact du premier et approximativement aligné. L'ensemble est alors repoussé à mi-distance, l'anneau de centrage inséré, de sorte qu'un joint est engagé sur chaque tube. Par rotation, les cames se coincent sous les galets et les joints sont ainsi comprimés dans le volume restant. La composante radiale de l'effort assure l'étanchéité sur le tube.

Dans ce cas, le serrage du joint a lieu sur place, sans glissement ultérieur. On peut donc envisager l'emploi d'un joint métallique, si toutefois les forces exercées sont suffisantes pour assurer une déformation satisfaisante. Le fil d'indium qui permet des déformations plastiques importantes sous de faibles charges, pourrait remplacer le joint organique, à condition toutefois qu'un dispositif assure une élasticité résiduelle compensant le fluage du joint et les déformations de tous ordres pouvant intéresser la jonction. La fig. 11 montre une solution possible avec disque-ressort, et l'interposition d'une pièce de friction améliorant le rendement mécanique du système. Une variante (côté gauche) permet l'emploi d'un fil plus fin par adjonction d'un anneau de compensation.

La conversion de ce dispositif présenterait l'avantage de récupérer un stock important (environ 100 pièces) et d'utiliser les tubes à vide actuels sans modification.

éjectés ou secondaires, la surface de la fenêtre peut atteindre 300 cm<sup>2</sup> (Ø 185 mm) et le passage des joints organiques aux joints métalliques être délicat. Pour cette raison, on a adopté un joint à fil d'aluminium, de section circulaire de 1 mm, collé sur un cadre-guide ou squelette, de préférence à la section carrée mentionnée au paragraphe 1.1.1, limitant ainsi les risques de déchirure.

Trois types de fenêtres de diamètre 185 mm ont été essayés avec succès :

- 1.- Mylar, épaisseur 0,185 mm
- 2.- Kapton, épaisseur 0,125 mm
- 3.- Aluminium, épaisseur 0,3 mm.

Le couple de serrage des 6 vis M8 était, dans les trois cas, de 2 mkgf environ. La détection de fuite à hélium, pour les types 1 et 3, a été remplacée par une détection au fréon pour le type 2, en raison de la perméabilité du Kapton.

Dans les trois cas, la trace du joint sur la fenêtre était une surface régulière et sans entaille, et le joint présentait une largeur de contact supérieure à 0,5 mm.

## 1.2 Jonctions de tubes à vide bout à bout

L'élément le plus usuel du système à vide des zones d'expériences est le tube à vide en Anticorodal B, brut de filage, usiné seulement en extrémité dans la zone de jonction (figs 7 et 8). La dimension nominale Ø 96 représente quelques dizaines de mètre et la dimension nominale Ø 195 représente environ 1200 mètres de tubes. C'est sur cette dernière, beaucoup plus répandue, que porteront, autant que possible, les essais.

### 1.2.1 Accouplement "marmite" (fig. 9)

Les deux joints organiques étant logés dans les gorges de la "marmite", celle-ci est engagée en comprimant les joints sur l'extrémité de l'un des deux tubes. Le second tube est alors mis en contact du premier et approximativement aligné. La marmite est alors repoussée à mi-distance, de sorte que chaque joint soit comprimé radialement entre l'un des tubes et le fond de la gorge.

Les forces mises en jeu pour le serrage d'un joint métallique ne permettraient aucun déplacement manuel; le 1/100ème du déplacement requis entraînerait, par ailleurs, déjà une rupture d'étanchéité.

Malgré les avantages de ce dispositif (simplicité, robustesse, souplesse, économie) et l'importance du stock existant (environ 300 pièces), toute récupération est à écarter.

### 1.2.2 Accouplement à came (fig. 10)

Les deux joints organiques, les deux cames et l'ensemble central sont engagés sur l'extrémité de l'un des deux tubes; les joints, n'étant pas comprimés, glissent librement sur le tube. Le second tube est alors mis en contact du premier et approximativement aligné. L'ensemble est alors repoussé à mi-distance, l'anneau de centrage inséré, de sorte qu'un joint est engagé sur chaque tube. Par rotation, les cames se coincent sous les galets et les joints sont ainsi comprimés dans le volume restant. La composante radiale de l'effort assure l'étanchéité sur le tube.

Dans ce cas, le serrage du joint a lieu sur place, sans glissement ultérieur. On peut donc envisager l'emploi d'un joint métallique, si toutefois les forces exercées sont suffisantes pour assurer une déformation satisfaisante. Le fil d'indium qui permet des déformations plastiques importantes sous de faibles charges, pourrait remplacer le joint organique, à condition toutefois qu'un dispositif assure une élasticité résiduelle compensant le fluage du joint et les déformations de tous ordres pouvant intéresser la jonction. La fig. 11 montre une solution possible avec disque-ressort, et l'interposition d'une pièce de friction améliorant le rendement mécanique du système. Une variante (côté gauche) permet l'emploi d'un fil plus fin par adjonction d'un anneau de compensation.

La conversion de ce dispositif présenterait l'avantage de récupérer un stock important (environ 100 pièces) et d'utiliser les tubes à vide actuels sans modification.

## 2. ETUDE DE NOUVELLES SOLUTIONS

Le problème étant résolu pour les brides à plat (§ 1.1.1, 1.1.2), de nouvelles solutions n'ont été recherchées que pour les jonctions de tubes à vide bout à bout, la conversion de l'accouplement à came (§ 1.2.2) étant jugée incertaine.

### 2.1 Accouplement à manchette (fig. 12)

Le joint d'étanchéité est une pièce de révolution en métal mince (fig. 13). Les extrémités de la section sont arrondies pour assurer un contact entre la pente du cône de serrage de la bride, et la paroi extérieure du tube à vide; l'effort axial transmis par la bride est converti en effort radial qui serre la manchette autour du tube; le jeu entre tube et manchette est choisi pour permettre un montage aisé et une déformation de la manchette dans la zone élastique; un revêtement d'indium sur la ligne de contact de la manchette donne la déformation plastique indispensable à l'étanchéité; la forme tonnoïde assure la stabilité axiale de la manchette contre un éventuel flambage; l'effort de serrage axial est exercé sur les brides par l'intermédiaire d'un collier à excentrique en deux segments, disponible de stock et actionné par une seule clef.

L'acier inoxydable de nuance 304 a été choisi pour la manchette, pour ses bonnes qualités mécaniques, sa formabilité et sa soudabilité excellentes, son amagnétisme et sa résistance à la corrosion.

Cette solution permettrait d'utiliser les tubes à vide existants sans modifications; les déformations restant élastiques, la manchette est réutilisable moyennant le renouvellement du revêtement d'indium.

### 2.2 Accouplement à soufflet (fig. 14)

Le joint d'étanchéité est un soufflet métallique à une onde (fig. 15). Les extrémités évasées facilitent l'engagement sur le tube à vide; le jeu entre tube et soufflet est choisi pour permettre un montage aisé et une déformation radiale du soufflet dans la zone élastique; cette déformation est assurée par le collier de serrage, dont l'effort est uniformément réparti par l'intermédiaire d'un collier spiral soigneusement lubrifié; un revêtement d'indium dans

la zone de contact du soufflet donne la déformation plastique indispensable à l'étanchéité; l'onde du soufflet permet un léger déplacement axial, radial ou angulaire. L'acier inoxydable de nuance 304 a été choisi pour l'exécution du soufflet, pour les mêmes raisons que pour celle de la manchette. Cette solution permettrait d'utiliser les tubes à vide existants sans modifications; les déformations restant élastiques, le soufflet est réutilisable moyennant le renouvellement du revêtement d'indium.

### 2.3 Accouplement à joint en bout DN 98 (type SI) (fig. 16)

Cette solution est une extrapolation d'un accouplement réalisé sur les chambres à vide des cavités RF du "Booster" (PSB); là, les diamètres des tubes sont 140/120 et 152/135. Le plus proche diamètre standard disponible étant 98/90 (fig. 7), nous avons retenu cette valeur, qui nous permettrait d'utiliser le collier standard SI, donc de limiter les frais d'essais. Il était convenu dès le départ, qu'en cas de succès de cette solution, l'étude complète du même accouplement pour le diamètre de tube 195/185 (fig. 8) serait entreprise. Le joint, de type standard et d'emploi éprouvé (environ 900 exemplaires montés dans le PSB) (fig. 18, pos. 4), assure l'étanchéité sur les extrémités des tubes à vide; ceux-ci sont pressés l'un contre l'autre par l'intermédiaire de brides cônes agissant sur des joints logés dans une gorge tournée dans le tube; le joint est accroché au montage dans l'encoche d'une des brides et le centrage de l'ensemble joint-bridés est assuré avant le serrage effectif du collier sur les flancs des brides, par trois pistons escamotables placés à 120°.

Le serrage du collier s'opère par une seule vis, par l'intermédiaire d'une clef dynamométrique à cliquet.

La nécessité d'essais provenait de différences importantes par rapport à l'accouplement SI :

- zone de contact sur les tubes réduite, qui nous a amené à prendre le tube brut sur ses deux diamètres, alors que le standard est usiné à  $\emptyset$  96 extérieur; de ce fait, ce tube n'est pas compatible avec une jonction à joint organique;
- tube en Anticorodal au lieu d'inox 304;

- différence de diamètre importante entre l'appui du collier et l'appui du joint, du fait du choix d'un tube de petit diamètre.

Le joint n'est pas réutilisable, mais bon marché, sa valeur estimée se situe entre SFr. 5,- et 10,- .

#### 2.4 Accouplement à joint en bout DN 195 (figs 17 et 19)

Les résultats positifs de la solution précédente ont permis d'extrapoler au diamètre nominal 195. Un collier a été étudié pour une fabrication par usinage en petite série (3 pièces pour essais préliminaires); les dimensions le rendent compatible avec le collier de la solution 2.1 (accouplement à manchette) pour laquelle il pourra fournir un effort de serrage plus énergique; le joint est du même type que dans la solution précédente (fig. 18, pos. 5). L'épaisseur du tube étant supérieure, on a pu étudier l'accouplement pour un tube standard usiné au diamètre 195 : la zone de contact du joint est encore suffisante, la présence de la gorge usinée sur le tube risque toutefois de gêner le montage d'un joint organique, et par conséquent, de rendre ces deux solutions incompatibles.

Du fait de sa section trapue, la bride s'assimile mal à une plaque, et les calculs donnent des résultats peu concluants. La distance entre le plan de bride et l'extrémité du tube, qui doit tenir compte de la déformation de la bride pour donner un serrage correct du joint, devra être vérifiée aux essais.

### 3. REALISATION DES PROTOTYPES ET ESSAIS

#### 3.1 Accouplement à came (fig. 11)

##### 3.1.1 Conditions d'essai

Les cames ont été retouchées pour permettre d'insérer les disques-ressort, calculés pour un effort résiduel de 12 kgf par cm de longueur de joint; cet effort provoque un écrasement relatif du joint de 0,36 pour le fil de  $\varnothing 5$ , ce qui est acceptable (Ackerman, Note Technique MPS/ENG. du 12.8.1960, fig. 10).

Le dispositif d'essais est illustré par la fig. 20.

### 3.1.2 Résultats (tableau fig. 22)

Le serrage le plus énergique de l'accouplement ne permet pas à la pression de descendre en dessous du seuil de lecture de la jauge thermocouple; la fuite est audible. Plusieurs tentatives infructueuses suggèrent l'emploi d'un fil plus fin (variante fig. 11). Le montage de ce fil est extrêmement délicat et la jonction des extrémités imparfaite entraîne toujours une fuite énorme.

Des tentatives avec deux tours de fil ne donnent pas de meilleurs résultats.

Le montage le plus méticuleux permet d'enregistrer la seule pression mesurable à  $6.10^{-1}$  Torr, avec une fuite au dessus du seuil de sensibilité du détecteur.

### 3.1.3 Conclusion

Cette solution est abandonnée.

## 3.2 Accouplement à manchette (fig. 12)

### 3.2.1 Conditions d'essai

Le dispositif d'essai est illustré par la fig. 20.

Après des mises au point d'outillages délicates, 5 manchettes ont été réalisées selon deux méthodes différentes, en épaisseurs 0,7 et 0,5 mm, et en revêtements d'indium et de plomb, malgré des difficultés de fabrication; les tolérances d'exécution ont dû être progressivement reserrées pour choisir un jeu de montage adéquat sur le tube; des anneaux de centrage ont été exécutés en différentes longueurs pour limiter le serrage de la manchette. Le collier en deux segments à excentrique a été remplacé pour les derniers essais par le collier en 3 segments du paragraphe 3.5.

### 3.2.2 Résultats (tableau fig. 23)

Des jonctions étanches ont été finalement réalisées au prix de nombreux essais, en augmentant progressivement les exigences de fabrication et de montage. Malgré le but recherché (manchettes réutilisables par réfection du revêtement), ces jonctions étanches ont détruit les manchettes par suite d'une compression exagérée.

### 3.2.3 Conclusions

Compte tenu de l'impossibilité de réutiliser les manchettes, qui rend cette solution peu rentable, et compte tenu des exigences extrêmes de fabrication et de montage, et de la nécessité d'employer des tubes à vide neufs, cette solution est écartée pour une application pratique.

## 3.3 Accouplement à soufflet (fig. 14)

### 3.3.1 Conditions d'essai

Le dispositif d'essai est illustré par la fig. 20.

Les 10 soufflets commandés dans une firme spécialisée ont dû être retouchés à l'Atelier Principal, en raison du diamètre généralement inférieur à la tolérance imposée. Des difficultés ont été également rencontrées dans la réalisation du dépôt d'indium sur les faces inférieures devant assurer l'étanchéité.

### 3.3.2 Résultats

Malgré l'interposition d'un collier spiral entre le collier de serrage et le soufflet, pour répartir l'effort de serrage radial, on a constaté une ondulation de la circonférence du collet de soufflet, avec par conséquent un décollement des surfaces prévues pour l'étanchéité. Un essai avec une meilleure lubrification n'a pas donné plus de résultat. On note que cette ondulation est plus importante sous le point de serrage.

### 3.3.3 Conclusions

L'ondulation est due à un jeu trop important entre tube et soufflet, ce qui impliquerait de reserrer les tolérances de fabrication des soufflets, et celles des tubes pour la généralisation de cette solution. Compte tenu des difficultés déjà rencontrées dans la fabrication des prototypes, cette solution est rejetée.

## 3.4 Accouplement à joint en bout DN 98 (type SI) (fig. 16)

### 3.4.1 Conditions d'essai

Le dispositif est illustré par la fig. 25.

20 joints ont été réalisés, et on a préparé deux jeux de brides, respectivement en acier inox 304 et en Anticorodal B; compte tenu des déformations respectives calculées, le logement du joint a été placé en fonction de chaque type de bride.

On a prévu un système de chargement des tubes à vide pour éprouver la stabilité de la jonction sous efforts accidentels.

#### 3.4.2 Résultats (tableau fig. 27)

Chaque joint, après un montage simple et rapide, a assuré une jonction étanche, moyennant un couple de serrage raisonnable pour l'opérateur et le collier de serrage employé, et ceci sous l'effet de sollicitations extérieures importantes (moment fléchissant 40 mkgf, déflexion 2 milliradians). Les déformations des joints enregistrées dans le diagramme (fig. 28) fixent à 3,5 m.kgf le couple de serrage pratique pour un écrasement du joint correspondant aux normes d'emploi.

#### 3.4.3 Conclusions

La qualité des résultats et leur répétitivité nous amènent à continuer les essais de ce procédé sur le diamètre nominal 195.

### 3.5 Accouplement à joint en bout DN 195 (fig. 17)

#### 3.5.1 Conditions d'essai

Le dispositif d'essai est illustré par les figs 26 et 30.

20 joints ont été réalisés et on a préparé deux jeux de brides respectivement en acier inox 304 et en Anticorodal B.

3 colliers de serrage extrapolés du collier SI ont été réalisés; la fonction des pistons centreurs a été revue en cours d'essais; des ressorts de rappel ont d'autre part été ajoutés pour faciliter la mise en place et le démontage du collier.

On n'a pas remonté le système de chargement du tube, cette jonction étant

jugée plus rigide que la précédente.

### 3.5.2 Résultats (tableau fig. 29)

La même efficacité n'a été rencontrée que pour le diamètre nominal 98, avec la même facilité de mise en place et d'opération. Les efforts de serrage demandés sont raisonnables et aisément appliqués à l'aide d'une clef dynamométrique à cliquet. Le couple de serrage pratique pour un écrasement du joint correspondant aux normes d'emploi est fixé à 5 m.kgf.

### 3.5.3 Conclusions

La rentabilité de cette solution nécessitera cependant une prospection soigneuse des fournisseurs, notamment en ce qui concerne le collier, le choix d'une méthode de fabrication en série (fonderie, forge, copiage) doit en abaisser le prix à des valeurs raisonnables.

#### Comparaison des coûts estimés pour 1 jonction

Pièce	Prototype (+ amortissement de l'outillage)	Série (100 p)
Collier	700,-	300,-
2 brides	120,-	80,-
2 joncs	40,-	10,-
1 joint	40,-	10,-
retouche des tubes	400,-	100,-
TOTAL	1.300,-	500,-

Ce matériel étant entièrement réutilisable, à l'exception des joints, l'équipement d'un faisceau en joints métalliques de ce type signifie un investissement raisonnable au départ, et un coût de fonctionnement très réduit.

- 4.3.4 L'étude et la réalisation d'adaptateurs pour de l'équipement existant.
- 4.3.5 La conception de tout nouvel équipement en fonction des jonctions normalisées.
- 4.3.6 Une étude plus détaillée du vide lors d'un projet de faisceau éjecté ou secondaire et ce, par un bureau technique en liaison avec le groupe MU.
- 4.3.7 Qu'il soit tenu compte des délais d'étude et de fabrication des jonctions dans le planning d'installation d'un faisceau.

#### REFERENCES

M. Lebeau - "Les joints d'étanchéité métalliques ...", CERN/MPS/ML/V 69-1.

M. Lebeau, M.G. Waddup - "Catalogue des joints métalliques pour le vide, usuels au département PS", CERN/MPS/ML 70-4, du 19.11.1970 (révision à paraître).

C.E. Rufer, W. Unterlerchner - "Low cost vacuum hardware developed for the CERN PS Booster", CERN/SI/Int. ME/71-2.

A. Dupaquier - "Etude en laboratoire du coup de bélier lié à l'implosion des fenêtres minces", communication privée, juillet 1970.

REMARQUE : Dans les figures qui suivent, les figures 21 et 24 n'existent pas.

Distribution (du résumé)

Personnel Scientifique et Technique du Département PS  
Personnel CERN en dehors du Département PS (Liste PS/6)

Distribution

W. Albrecht/MSC  
B. Angerth/Lab.II  
C. Arnaud  
F. Blythe/MSC  
G. Brianti  
J. Carrier/TC  
P. Coet  
M. Ferro-Luzzi/NP  
J. Geibel  
L. Hoffmann  
H. Horisberger/Lab.II  
P. Lazeyras/TC  
M. Mathieu/Lab.II  
G.L. Munday  
M. Reinharz  
P. Riboni  
C.E. Rufer  
D. Simon  
H. Wahl  
T. Wikberg/Lab.II

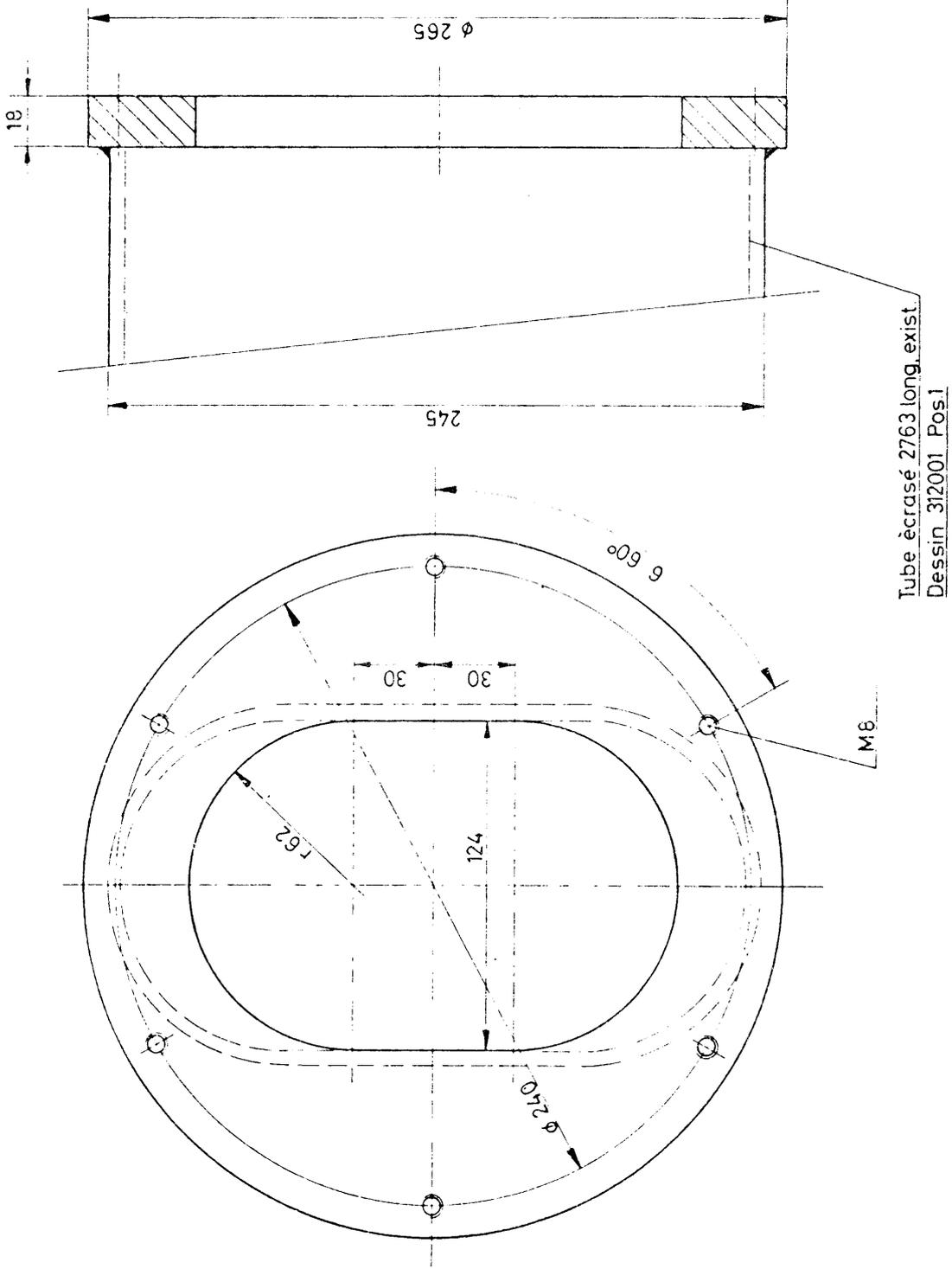


FIG.1 Tube pour vide  
 Standard Faisceau

A	B	C	D	n	JOINT Type No	POS.
75	32	50	9	4	SI.-200	1
210	160	182	12,5	12	SI.-201	2
160	110	130	14	4	SI.-202	3
375	274	335	18	12	SI.-203	4
160	83	130	14	4	SI.-204	5
<del>265</del>	<del>196</del>	<del>240</del>	<del>9</del>	<del>6</del>	<del>VA.-205</del>	<del>6</del>
<del>300</del>	<del>196</del>	<del>275</del>	<del>9</del>	<del>6</del>	<del>VA.-206</del>	<del>7</del>
290	218	260	17,5	16	VA.-207	8

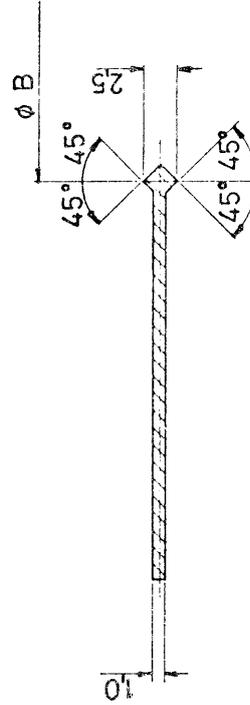
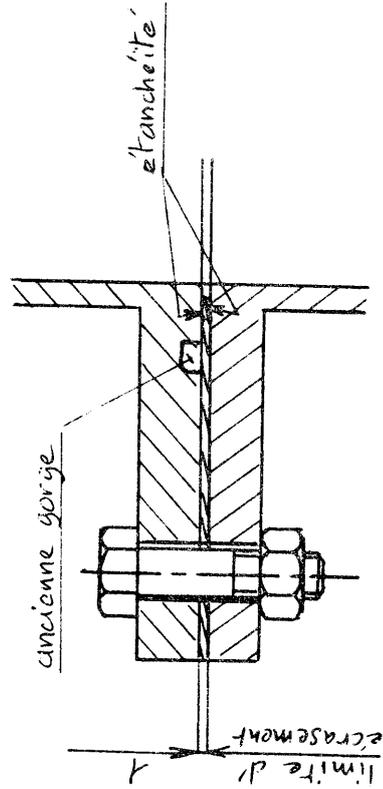
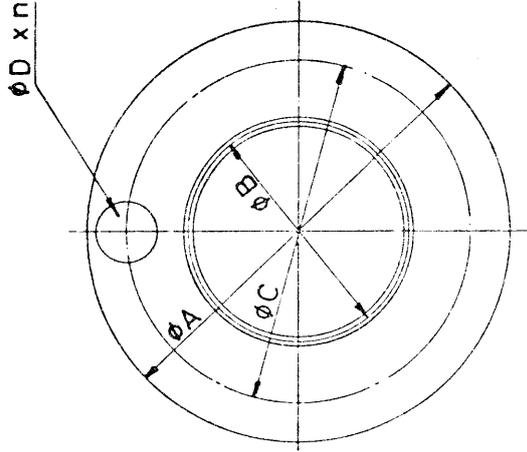


FIG.2

DESIGNATION	POS	MATIERE	OBSERVATIONS
JOINT A LEVRE			ECHILLE BESSINE - SBASTIN 5.10.1970
REFOULE			CONTROLÉ
			VU
			REPLACE PAR
			REDUCTION
NOMBRE DE PIÈCES			
CERN ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE - GENÈVE			M.P.S.-3A77-202-2

MATIÈRE : - ALUMINIUM PUR 99,98%

DIMENSIONS EN MM



Part No.	Original Form							Final Form			Groove Details	Seal Type No	POS.		
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K				L	P <sub>int</sub>
144	135	5,4	3,5	-	1,3	-	4,5	102	70	46	L	6,0	4,5	VA-180	1
168	159	5,4	3,5	-	1,3	-	4,5	202	116	43	L	6,0	4,5	VA-181	2
155,5	176,5	5,4	3,5	-	1,3	-	4,5	231	145	43	L	6,0	4,5	VA-182	3
129	120	5,4	3,5	-	1,3	-	4,5	148	76	36	L	6,0	4,5	VA-183	4
														-184	
														-185	
														-186	

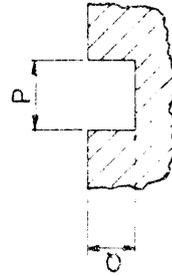
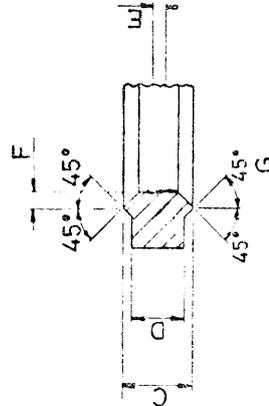
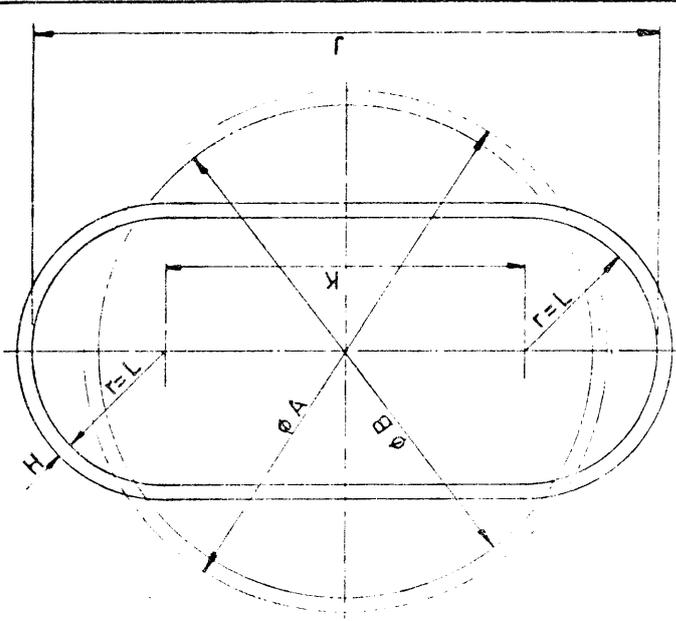


FIG-4

Anneal at 350-400°C for 2 hours (Recuit à 350-400°C pendant 2 heures)

Deburr before annealing (Ebarurer avant recuit)

DESIGNATION		MATERIAL		FINISH		TOLERANCES	
ALUMINIUM LIP SEALS		AL		---		SMASIN 11,0/10	
TYPE -- RACE TRACK		---		---		---	
CERN		ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE BRUXELLES		M.P.S.-3A77-101-2		---	

MATL - 99,95% PURE ALUMINIUM DIMENSIONS IN MM

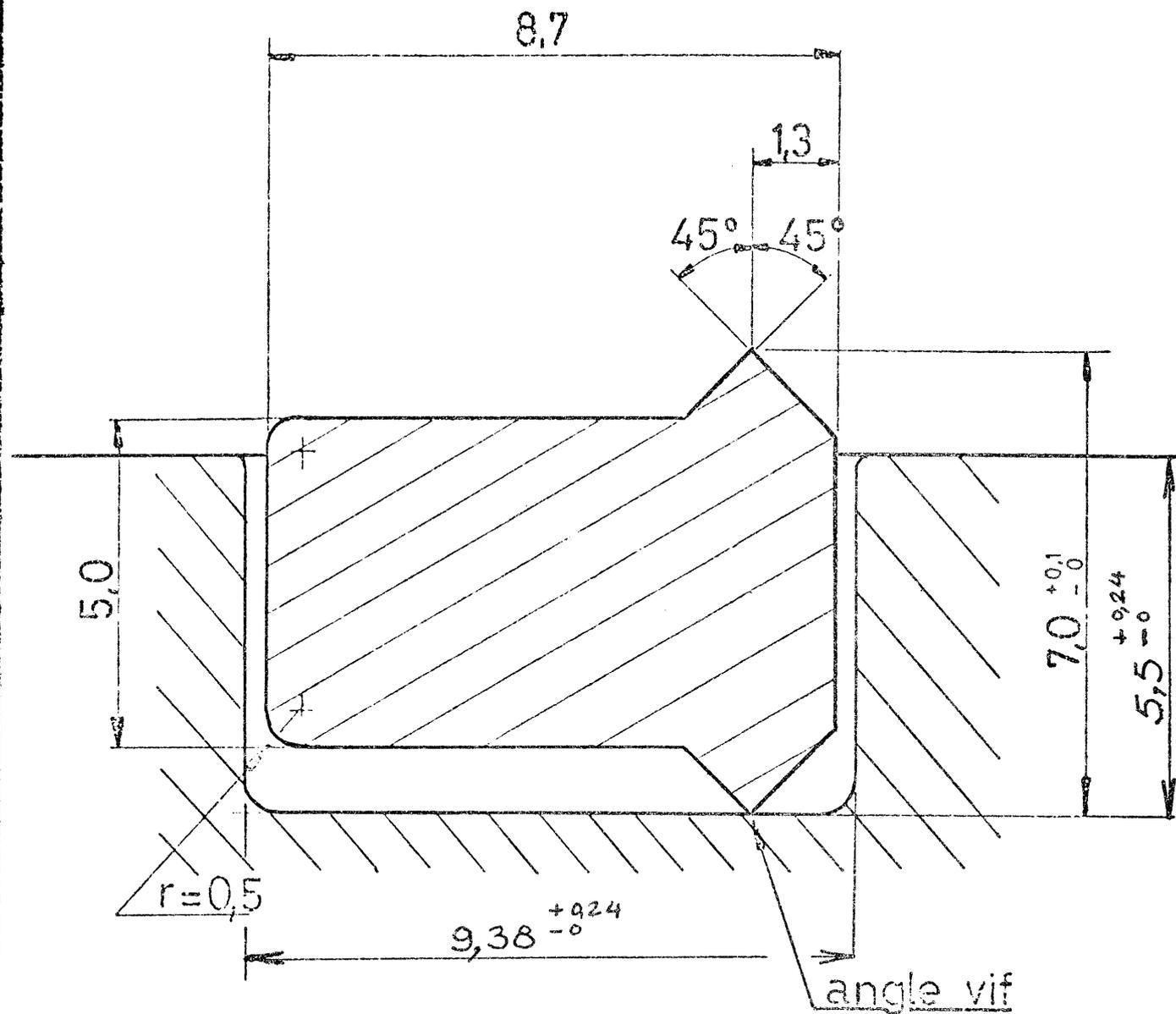


FIG. 5

Poids = 122,318 g/m

1	Profil	1	Aluminium	99,95 pur
NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION	POS.	MATIÈRE	OBSERVATIONS
	Tank S.D. 26			ECHELLE
	PROFIL POUR JOINT À LÈVRE			DESSINÉ IS BASTIN 17.08.1972
				10:1
				CONTROLÉ <i>M...</i> 29.8.72
REPLACE EA21-119-4				
	REPLACE PAR			
	RÉDUCTION			

CERN

ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE - GENÈVE

M.P.S. 3A77.002.4

Mod A - Cote 2080 → 2081, cote 605 → 624,2 s.d. 3.1.72.

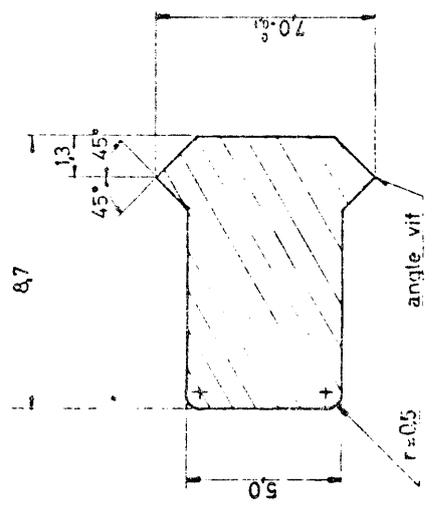
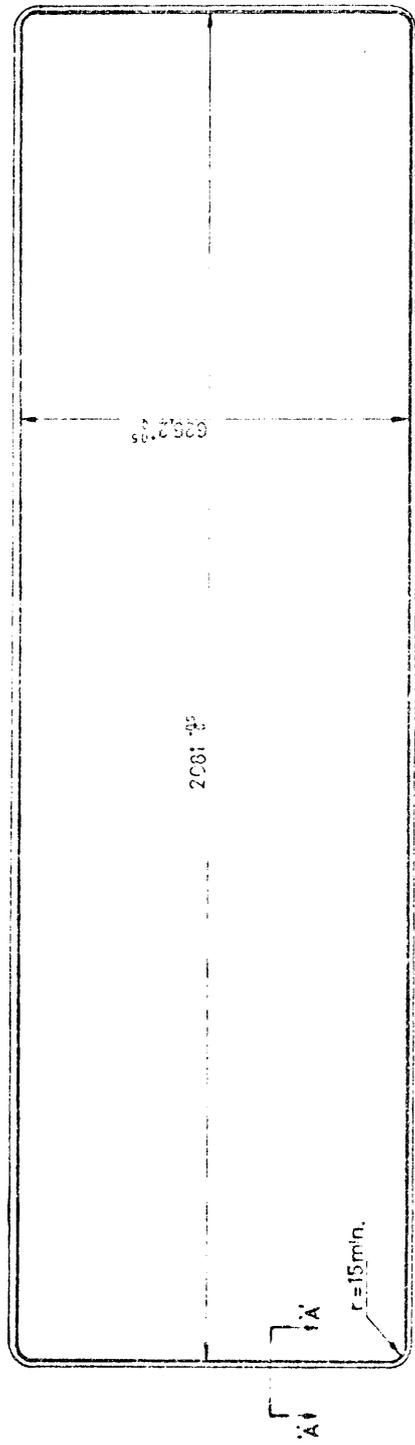


FIG. 6

JOINT TYPE No. VA 199

POIDS ~ 660 gr

1	Profil	x 5409 Lg	1	Aluminium	99,95 pur
DESIGNATION		PIES		MATIERE	
Tank 26					
JOINT A LÈVRE					
ECHELLE		DISQUE		OBSERVATION	
1:5		5. JABOT 15.12.72			
0:10		2			
PROJET		REVISION		REVISION	
M.P.S.3A77104-2A					

CERN ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE SAISON M.P.S.3A77104-2A

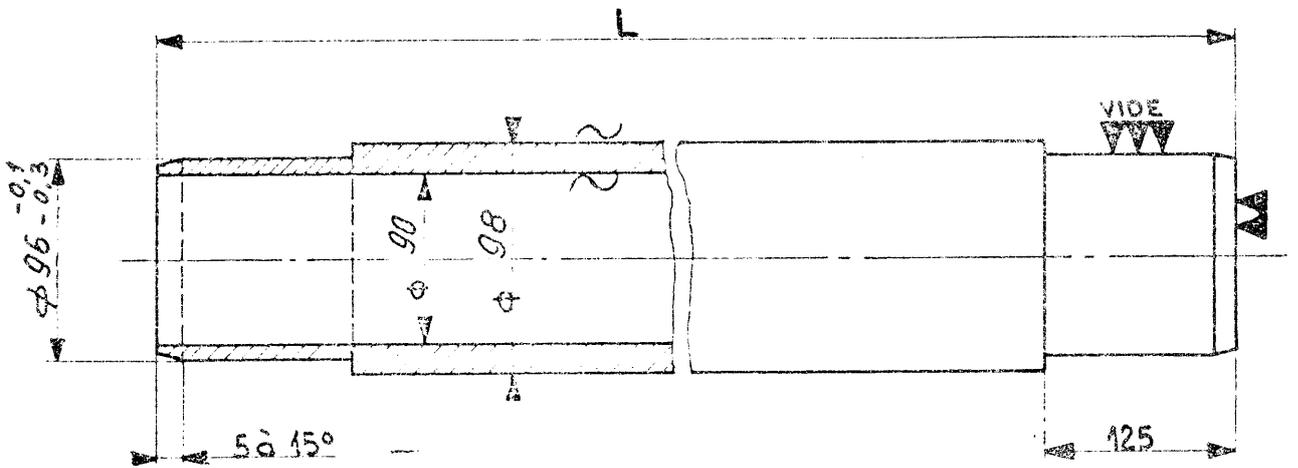


FIG. 7 Tube D.N. 96

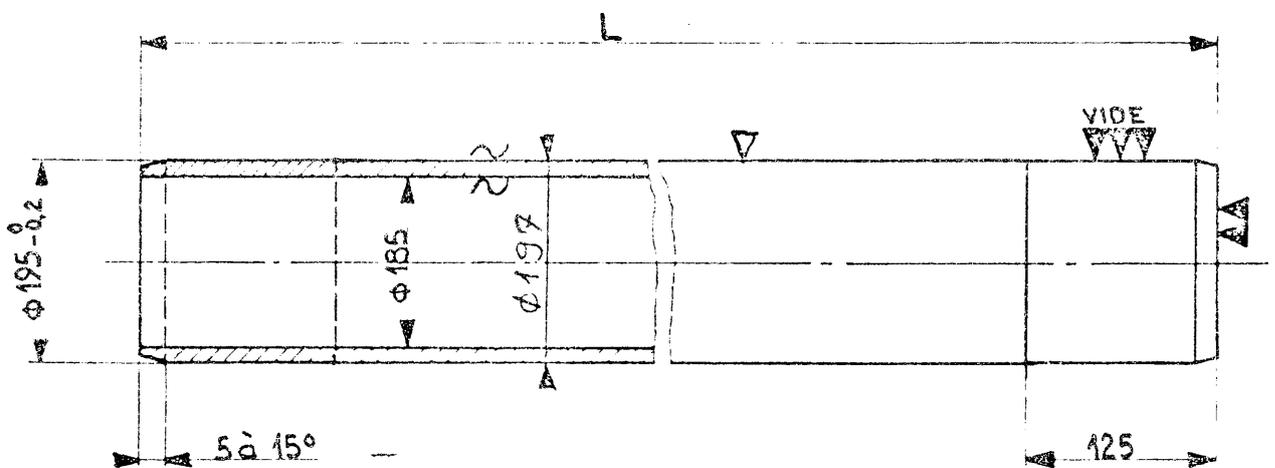


FIG. 8 Tube D.N. 195

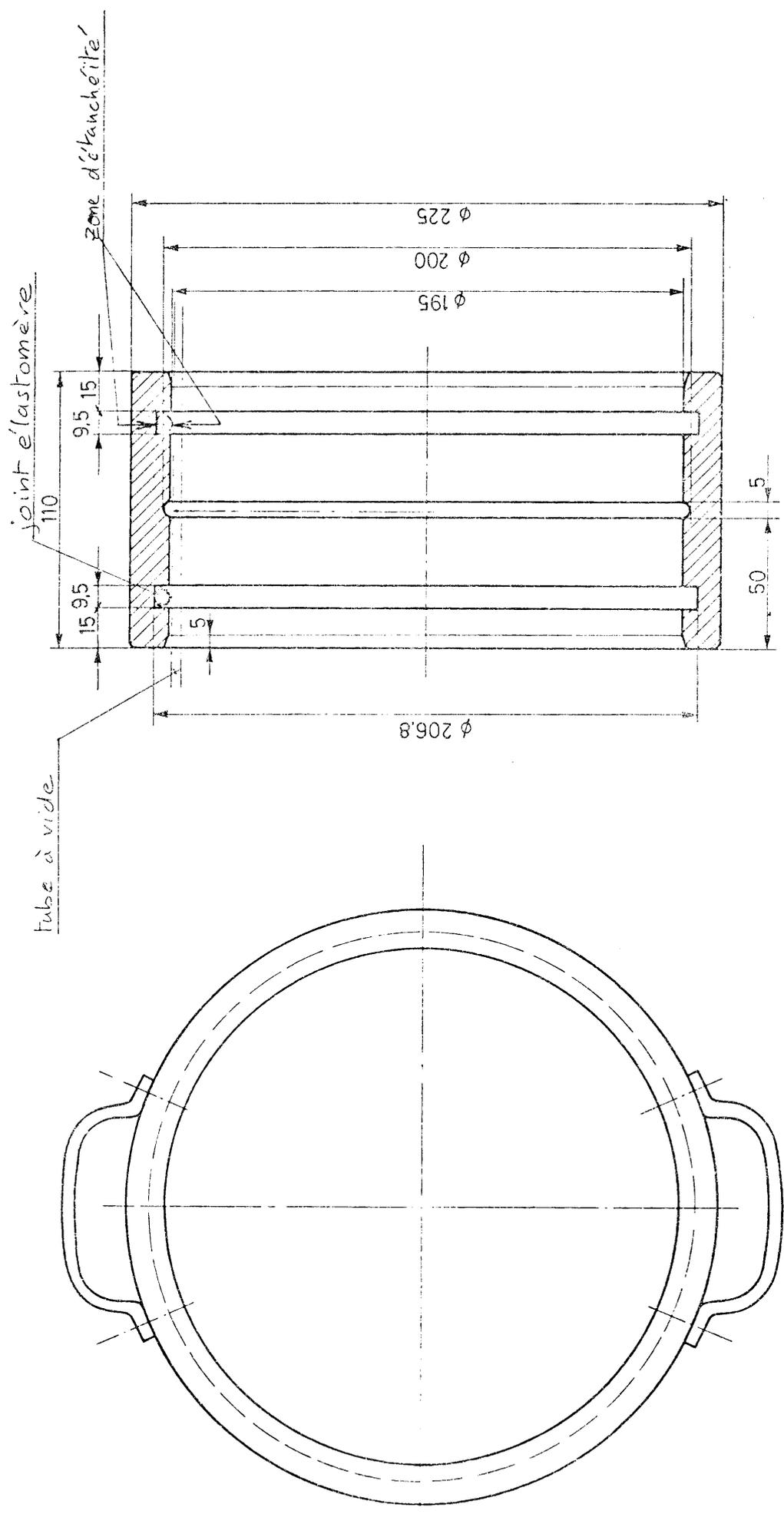


FIG. 9 Raccord pr. tube à vide  
 "Marmite"

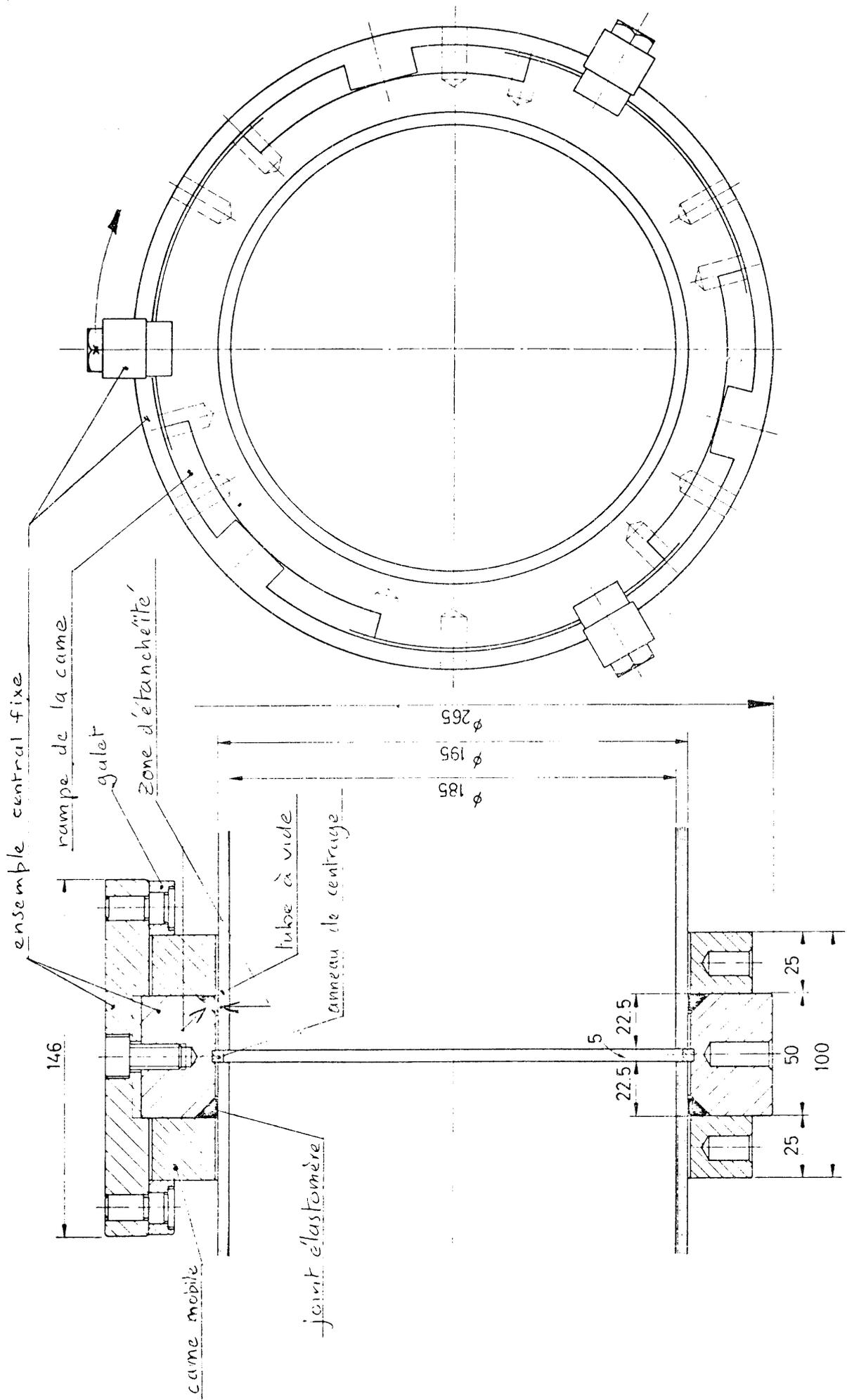


FIG.10 Accouplement à came

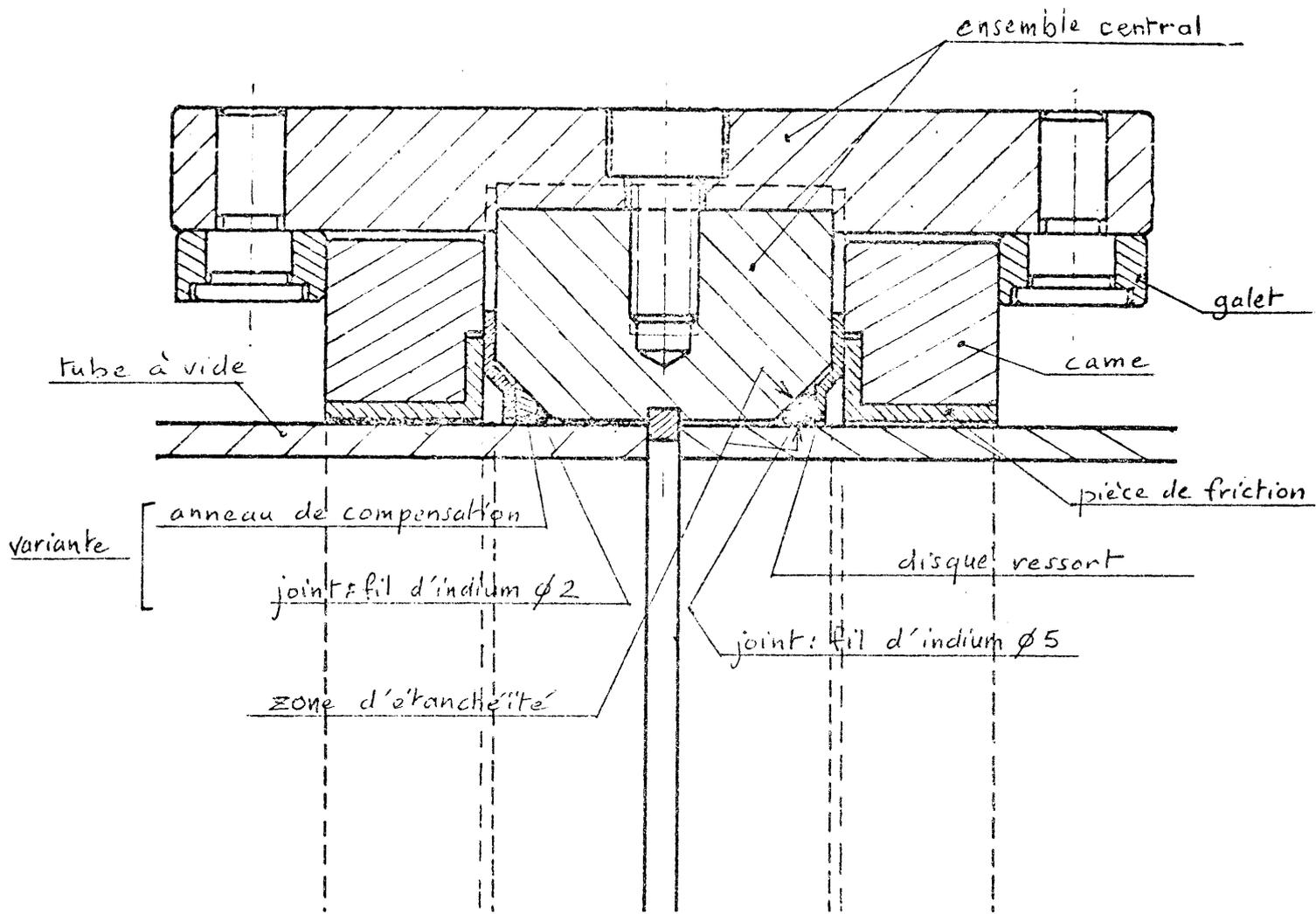


FIG.11 Adaptation de l'accouplement à came

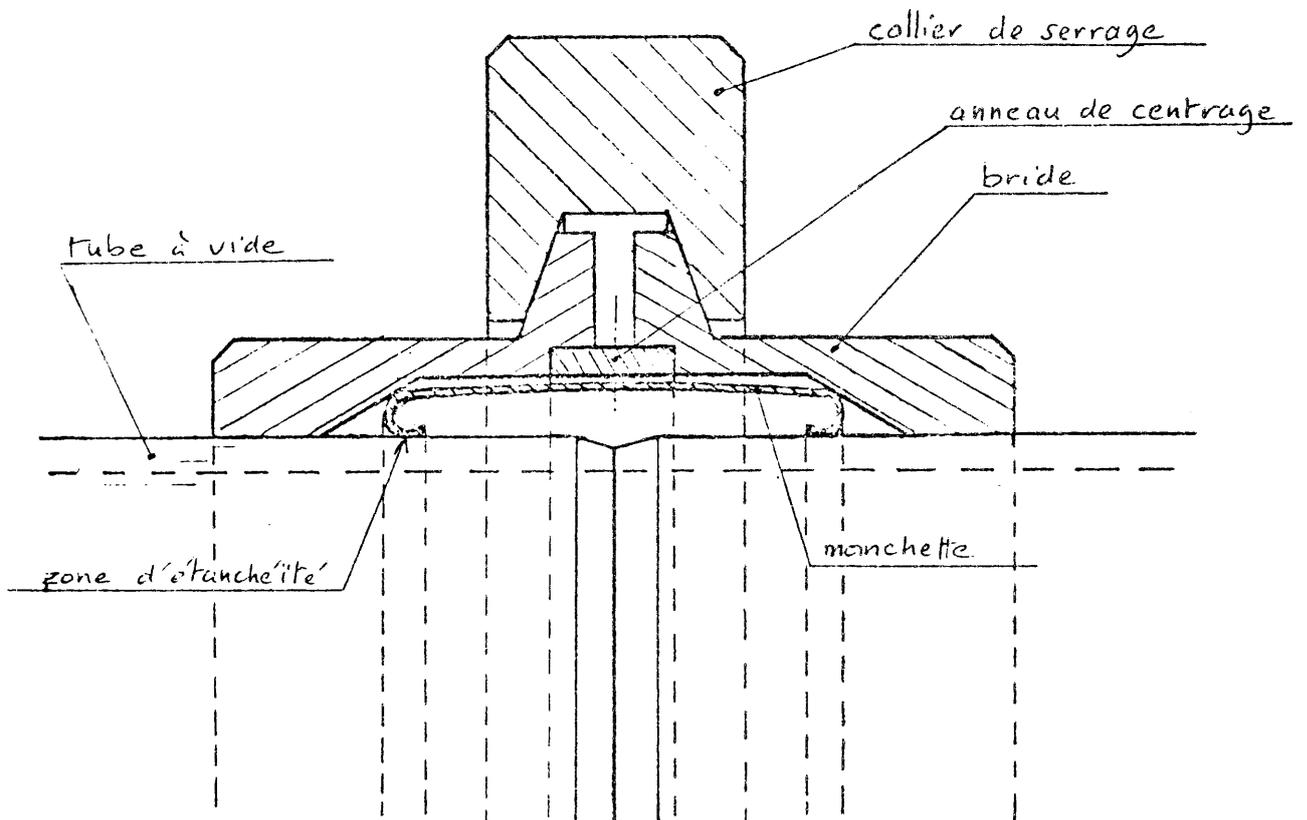
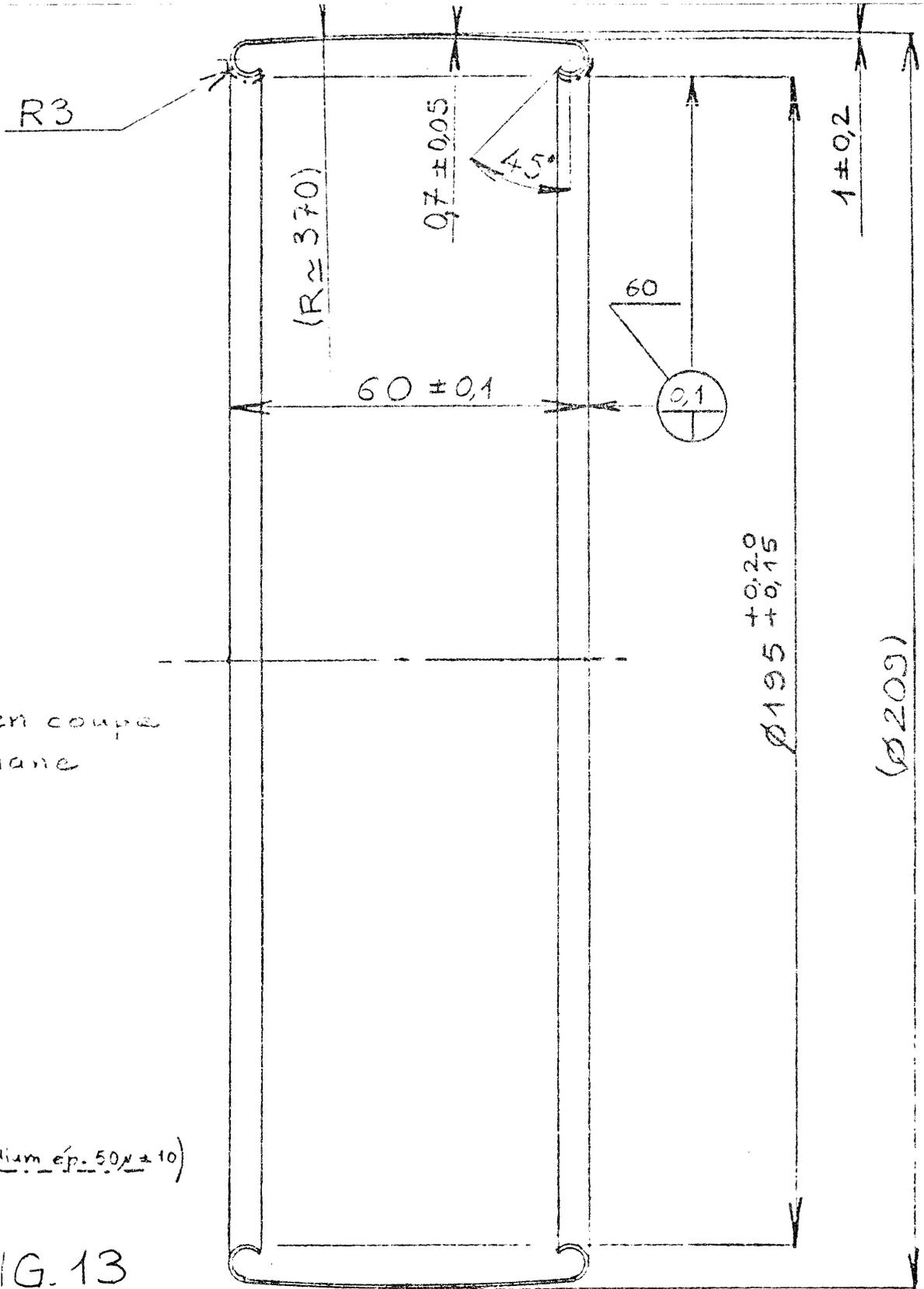


FIG.12 Accouplement à manchette

Morl. A:  $\varnothing 195 \pm 0,2 \rightarrow +0,15$  28-2-72 V.L.C



Vue en coupe médiane

W (Indium ép.  $50 \mu \pm 10$ )

FIG. 13

	feuille ép. 0,7		Ac. inox S2+	MPS 6G.002.4A
NOMBRE DE PIÈCES	DÉSIGNATION	POS.	MATIÈRE	OBSERVATIONS
	Faisceaux éjectés - joint. métalliques			ECHELLE
	MANCHETTE DN.195 (Projet no1)			DESSINÉ
				24.10.72
				71.6
1/4				
REPLACÉ PAR				
REPLACÉ PAR				
RÉDUCTION				

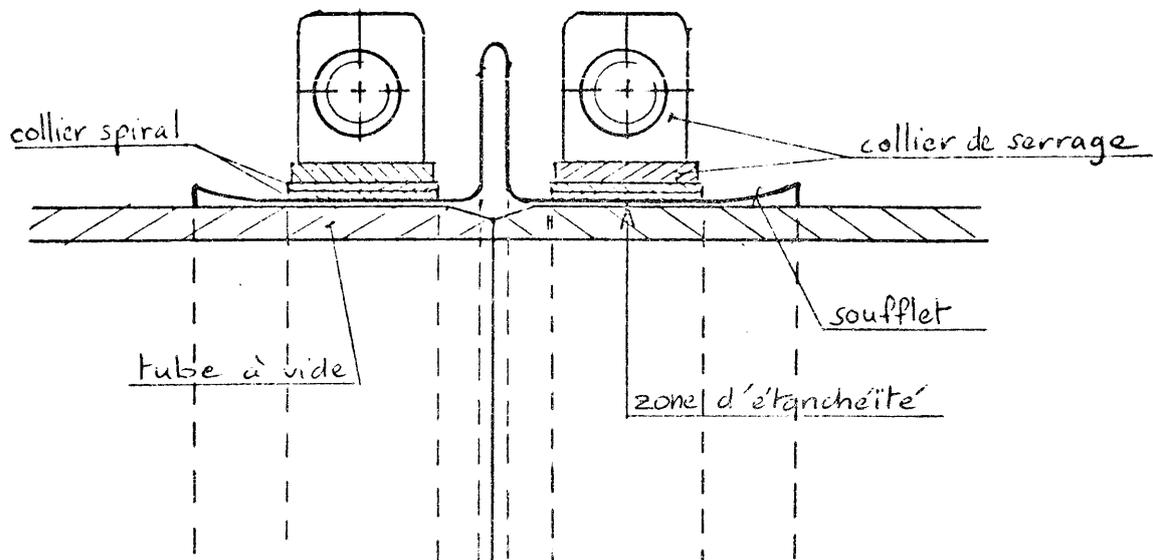
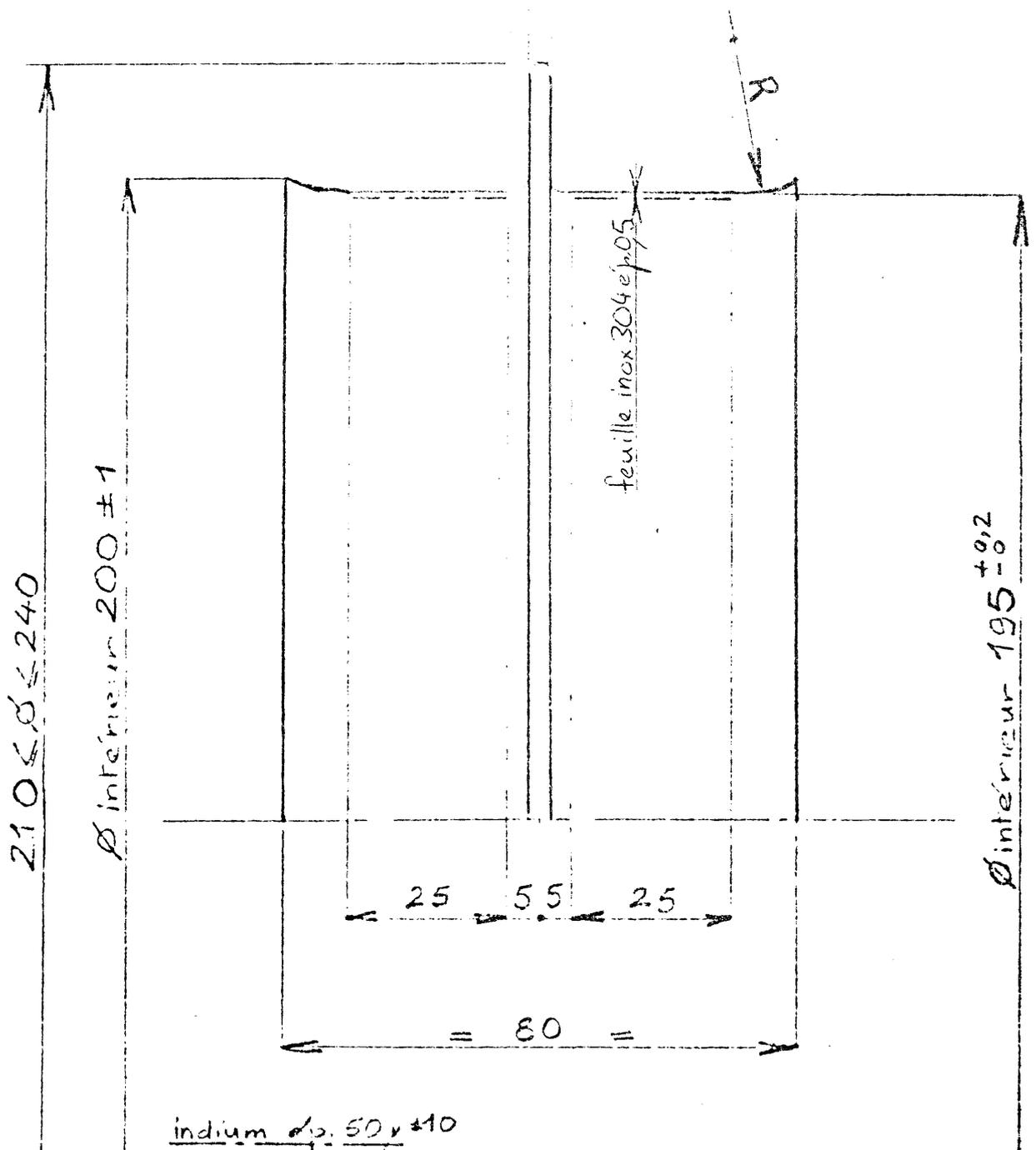


FIG.14 Accouplement à soufflet  
 $2 < W < 6$



indium  $\varnothing 50 \pm 10$

FIG.15 Soufflet Coupe-médiane

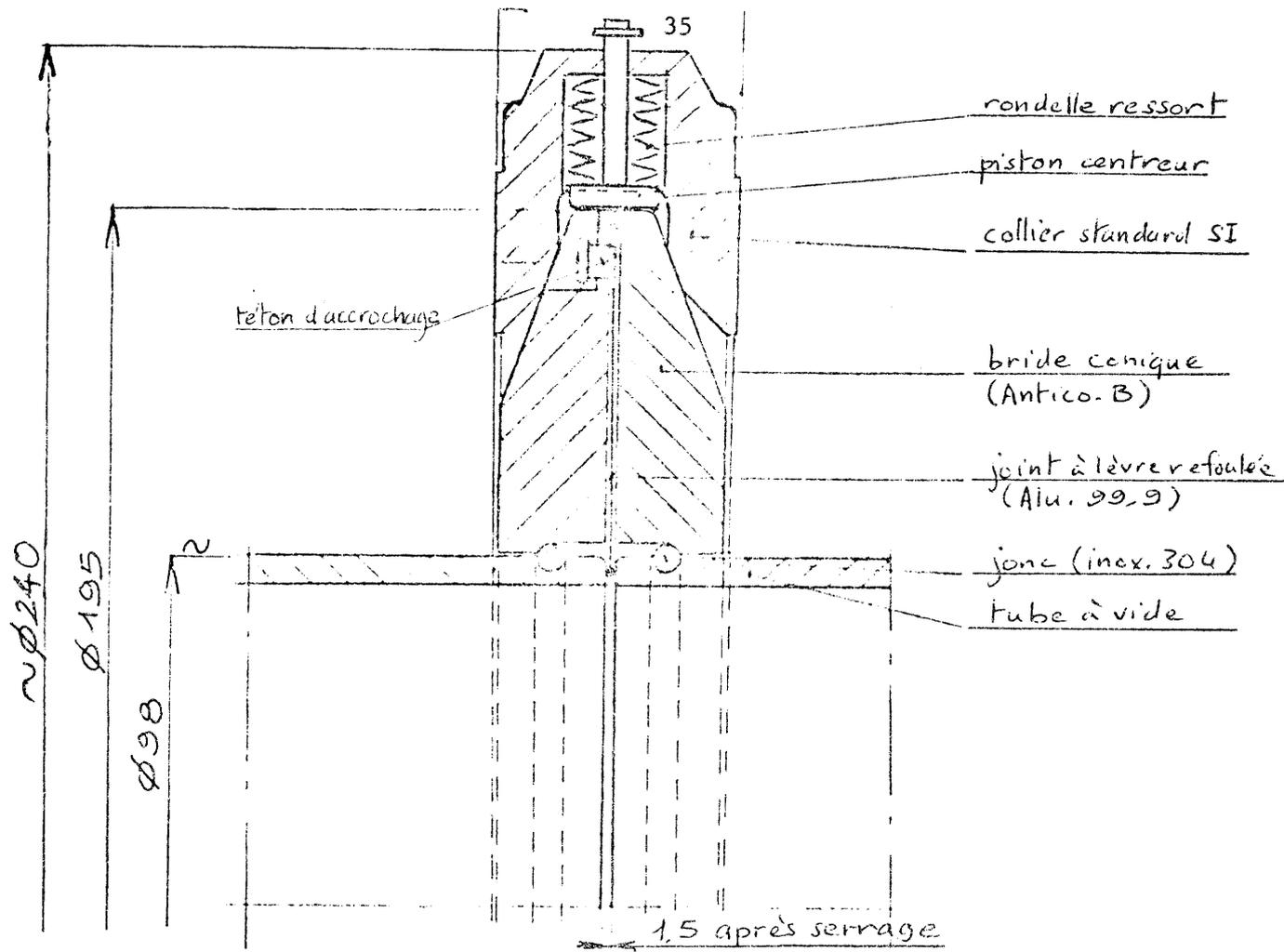


FIG.16 Accouplement à joint en bout (S.I.) DN 98

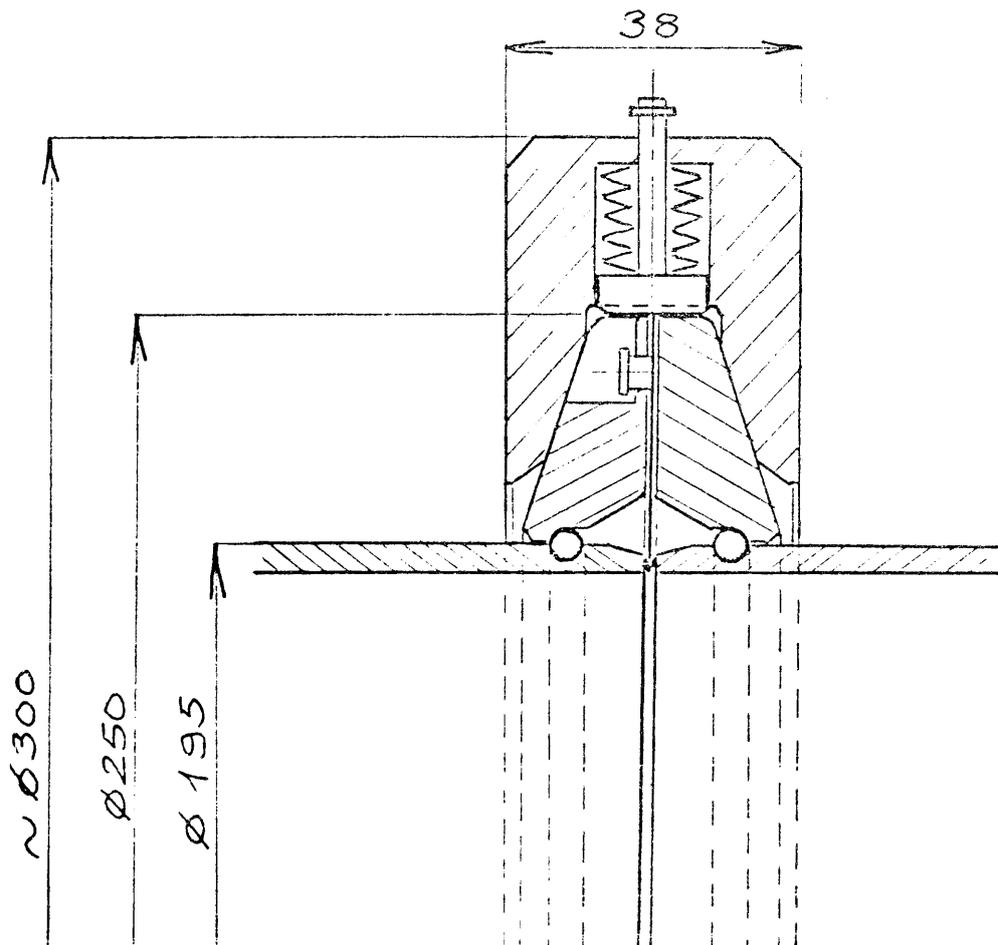
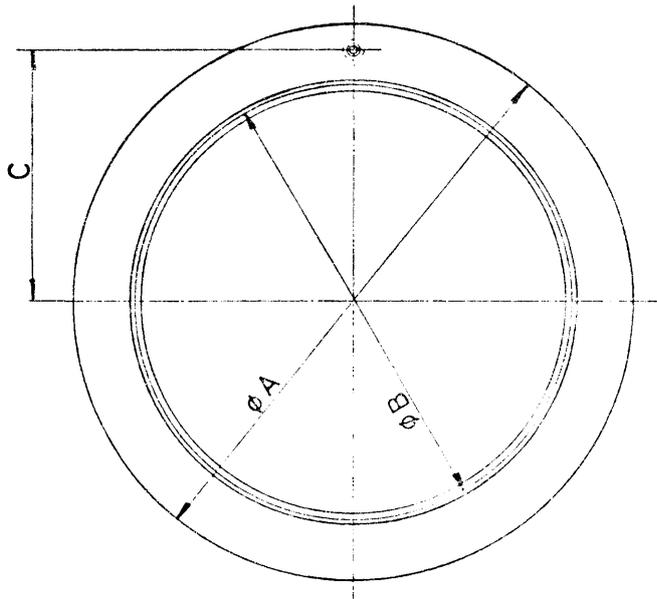


FIG.17 Accouplement à joint en bout DN 195

A	B	C	JOINT Type No.	POS.
195	160	90	SI - 250	1
195	145	90	SI - 251	2
110	88	50	VA - 253	3
195	94	90	VA - 254	4
250	189	117.5	VA - 256	5
			-- 257	



ANTICORODAL B DUR  
VOIR DESSIN No.  
SI.351.1015.4

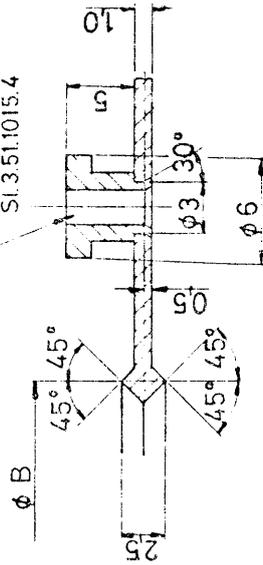


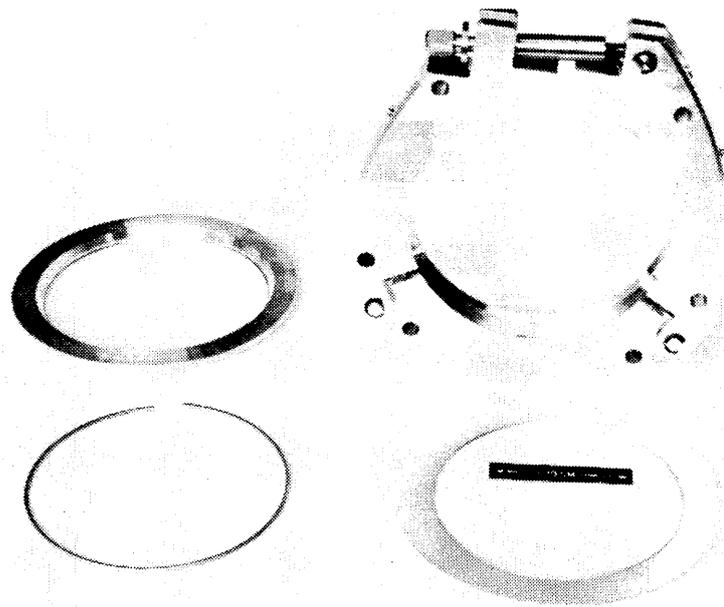
FIG. 18

MATIERE — ALUMINIUM PUR 99,98% et ANTICORODAL B DUR

DIMENSIONS EN MM

DESIGNATION	PUR	MATIERE	OBSERVATIONS
JOINT A LEVRE			ECHELLE
REFOULE			D. 05/81 S. BASTIN 15.10.1970
			CONTROLÉ PAR
			VA
			DATE
			17.12.76
			REPLACÉ PAR
			REDUCTION
NOMBRE DE PAGES			
CERN			ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE - GENÈVE
			M.P.S.-3A77.201-2

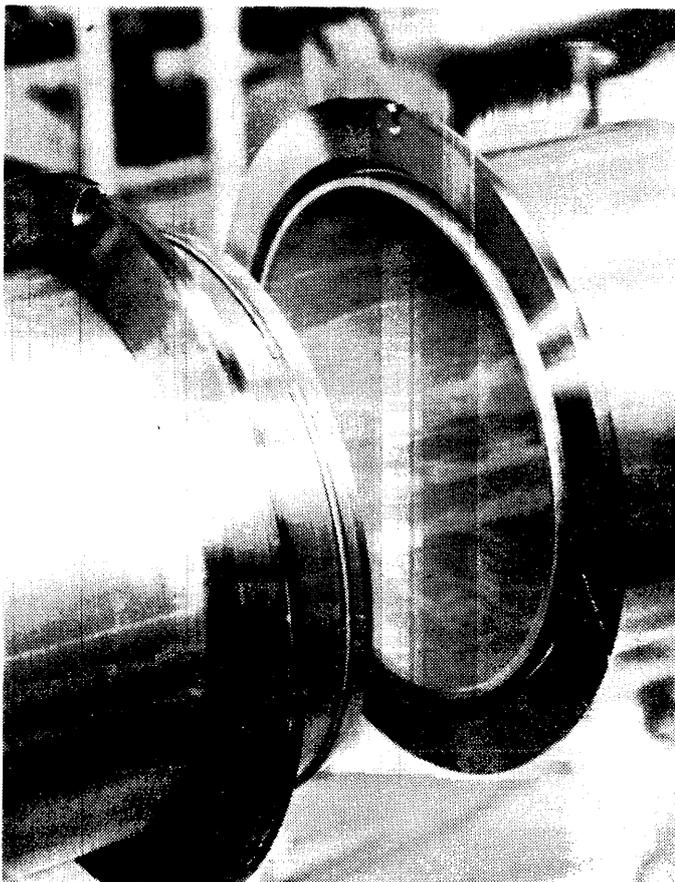
FIG. 19 : Eléments et montage de l'accouplement  
à joint en bout DN 195



En haut, à gauche : bride folle

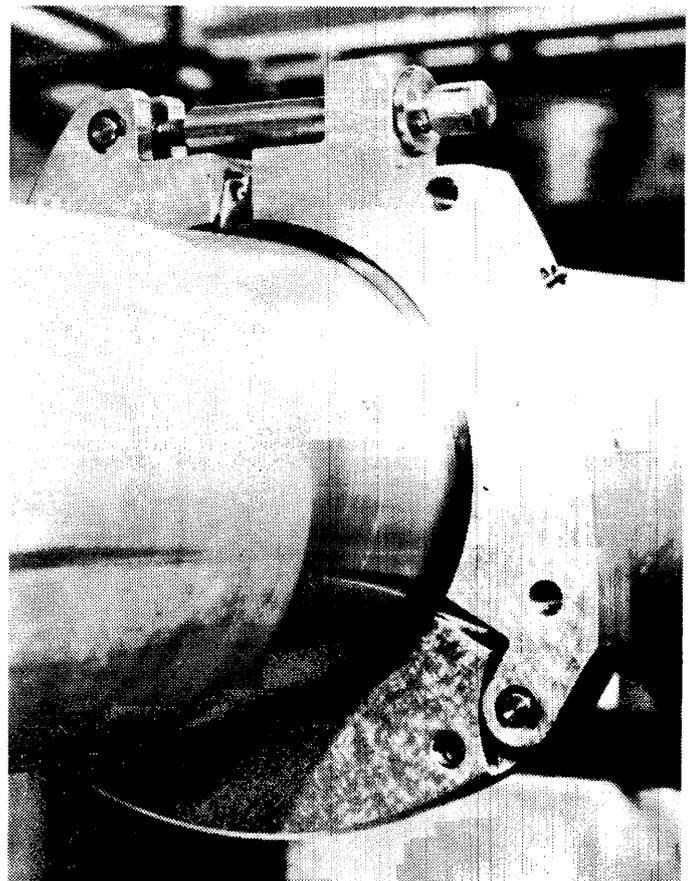
En haut, à droite : collier de serrage

En bas, à gauche : jonc. ; à droite : joint d'aluminium



A gauche : jonc. en place dans la gorge du tube, bride reculée.

A droite : bride en place



Ensemble monté et connecté. On voit l'encoche d'accrochage du joint dans la bride et une tige de piston centreur sortie



FIG. 22 3.1.2 - ACCOUPLEMENT A CAME

DATE	No	Ø FIL mm	NB. DE TOURS	PRESSION Torr	TEMPS DE POMPAGE	JAUGE	FUITE	DETECTEUR	ETAT DU FIL/REMARQUES
2.2.1973	1	5	1	> lecture	-	thermocouple	audible	fréon	Contact radial < 50% de la circonférence
19.2.1973	2	2	1	"	-	"	"	"	Déformation du fil dans la zone d'accrochage insuffisante
	3	2	2	"	-	"	"	"	Fil mal guidé, coincé entre bague de compensation et pièce centrale
	4	2	2	"	-	"	"	"	Déformation du fil dans la zone de recouvrement insuffisante
27.2.1973	5	2	1	"	-	"	"	"	Découpe du fil pour longueur de circonférence exacte, et recouvrement soigné
	6	2	1	"	-	"	"	"	
	7	2	1	"	-	"	"	"	
	8	2	1	"	-	"	"	"	
	9	2	1	$6 \cdot 10^{-1}$	15 min.	"	> sensibilité	"	

DATE	No	MANCHETTE		ENTRETOISE mm	COUPLE DE SERVAGE	PRESSION TORR	TEMPS DE POMPAGE	JAUGE	FUIITE TORR l/s	DETECTEUR	ETAT DE LA MAN- CHETTE/REMARQUES
		TYPE	EP <sub>min</sub>								
31.1.73	1	AP	0,7	In	-	-	-	-	-	-	Serrage du col- lier à excentri- - que impossible
"	2	"	"	"	thermo- couple	3.10 <sup>-1</sup>	15 min.	-	+	fréon	Montage sur tube à vide neuf
"	3	"	"	"	"	2.10 <sup>-2</sup>	"	"	+	"	Lubrification de la ligne de con- - tact par graisse à vide au montage
"	4	"	"	"	"	3,2.10 <sup>-4</sup> 1,7.10 <sup>-4</sup> 3.10 <sup>-5</sup>	15 min. 1 H 16 H	à ionisa- - tion	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>	He He	
"	5	"	"	"	"	3.10 <sup>-1</sup>	20 min.	thermo- couple	+	fréon	Dégraissage de la ligne de - contact
"	6	"	"	"	"	1,5.10 <sup>-1</sup>	15 min.	"	+	"	
"	7	"	"	"	"	> lecture	"	"	+	"	
"	8	"	"	"	"	1,4.10 <sup>-1</sup>	"	"	+	"	Après repolissage des embouts de - tube
1.2.73	9	"	"	"	"	2	"	"	+	"	Serrage du collier - impossible
"	10	AW	0,5	"	1	13,2	"	"	-	-	Repolissage des - embouts de tube
1.2.73	11	AW	0,5	In	1	13,0	15 min.	thermo- couple	+	fréon	
"	12	"	"	"	"	12,8	"	"	+	"	
"	13	"	"	"	"	12,6	"	"	+	oreille	
"	14	"	"	"	"	servo	"	"	+	"	
"	15	"	"	"	2	13,0	"	"	+	"	
"	16	"	"	"	3	12,4	"	"	+	"	
"	17	AP	0,7	"	-	2,5.10 <sup>-1</sup>	"	"	+	"	
"	18	AW	0,5	"	1	12,6	"	"	+	oreille	
9.2.73	19	"	0,7	"	-	12,6	"	"	+	"	Rayures profondes sur le tube au mon- - tage - Indiage 30u
15.2.73	20	"	"	"	-	12,6	"	"	+	"	Nouveau tube à vide manchette mal engra- - sée sur l des tubes
15.2.73	21	"	"	"	-	12,6	40 min.	"	+	fréon	
23.2.73	22	"	0,5	sans	3	12,6	15 min.	"	+	oreille	Lubrification du - contact manchette/ côté de bride pour faciliter le serrage
"	23	AP	0,7	"	-	12,6	3 H	à ionisa- - tion	10 <sup>-4</sup>	He	Indiage 60u, fuite détectable sur un - seul côté de la jonction (1)

	24	AP	0,7	sans	-	12,6	-	-	> lecture	15 min.	à ioni- sation	-	He	ajustement le serrage par cliquant de 0,15 entre brides et collier
18.5.73	25	AW	0,5	"	3	12,4	"	2	> lecture	-	Penning	+	oreille	utilisation du col- lier à vis, bride - trop faible
"	26	"	0,5	"	3	12,4	"	2	"	-	"	+	oreille	augmenté le serrage par cliquant de 0,1 encore insuf.
18.5.73	27	"	0,5	In	3	12,4	"	4	"	-	"	+	"	cliquant 0,1
"	28	"	"	"	"	sans	"	2	"	-	"	"	"	cliquant 0,15
"	29	"	"	"	"	"	"	4	"	-	"	"	"	"
"	30	"	"	"	"	"	"	2	5.10 <sup>-2</sup>	15 min.	"	> sensib.	He	câbles ép. 1 mm entre collier et - brides
"	31	"	"	"	"	"	"	4	"	"	"	"	"	"
"	32	"	"	"	"	"	"	4	8.10 <sup>-3</sup>	"	à ioni- sation	-	He	câbles ép. 1 mm et lubrific. du con- - tact manchettes/côté de brides à la - No. 300
"	33	"	0,7	"	-	"	"	4	"	"	-	-	He	montage facile : - jeu manchette/tube 2 %; démontage difficile : man- - chette déformée
"	34	"	"	"	-	"	"	4	3.10 <sup>-2</sup>	"	Penning	> sensib.	He	remontage de la manchette défor- - mée difficile
18.5.73	35	AP	0,7	Pb	-	sans	"	4	-	-	-	< 10 <sup>-6</sup>	He	Montage facile : - jeu 3. 0,2; démon- - tage difficile : manchette défor- - mée
"	36	"	"	"	-	"	"	4	-	-	-	10 <sup>-3</sup>	He	Remontage de la manchette défor- - mée difficile

(1) Les mesures de diamètre sur les tubes utilisés ont donné les résultats suivants :

- Ø 194,9 et Ø 195,0 à 90° sur le côté étanche
- Ø 194,85 et Ø 194,75 à 90° sur le côté non étanche.

Un serrage plus énergique ne permet cependant pas de rattraper ce jeu, et il est décidé de préparer de nouveaux tubes aux tolérances plus serrées, et de retoucher les manchettes dans le même but.

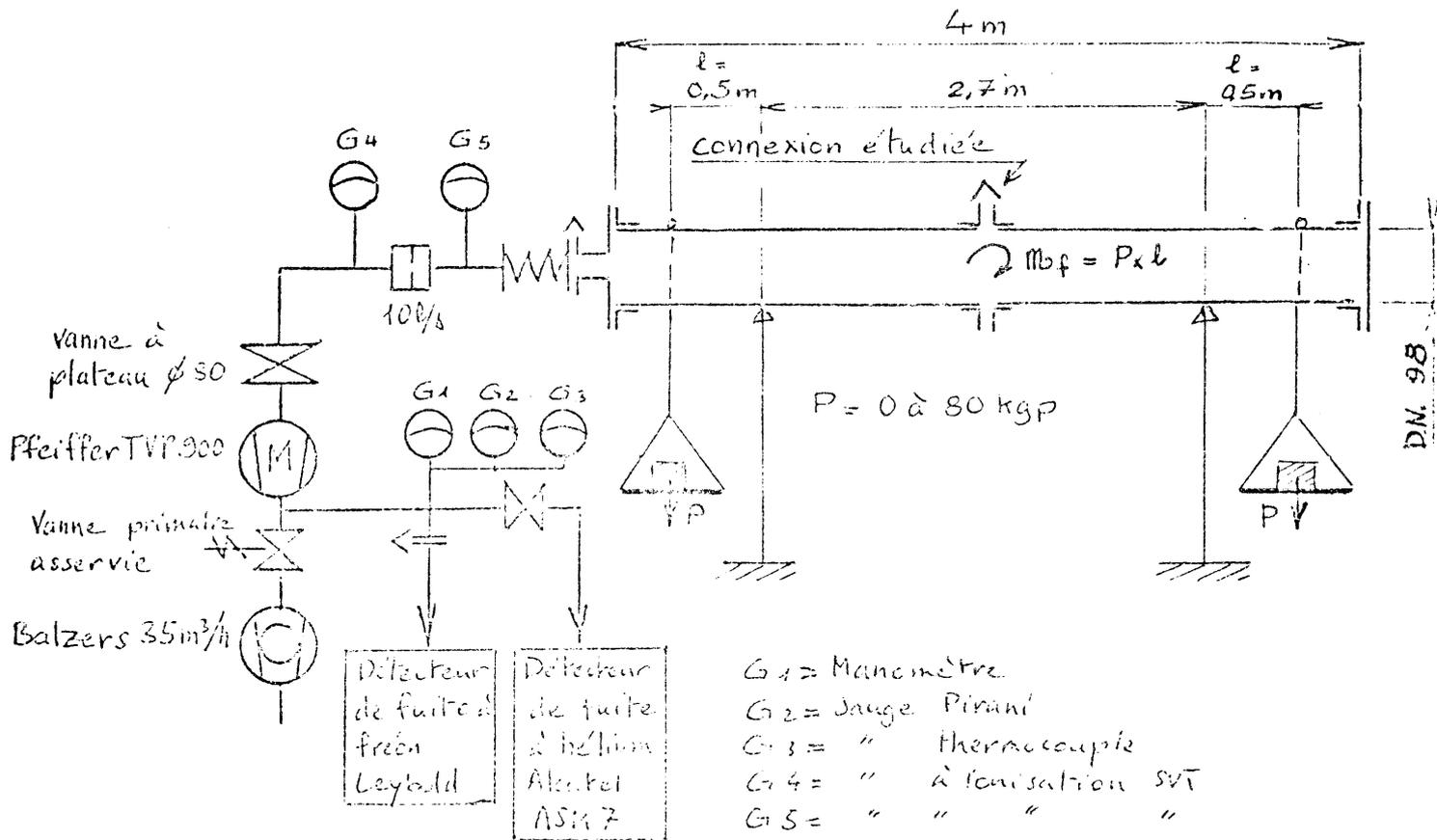


FIG.25 - Dispositif d'essai pour accouplement à joint en bout DN 98

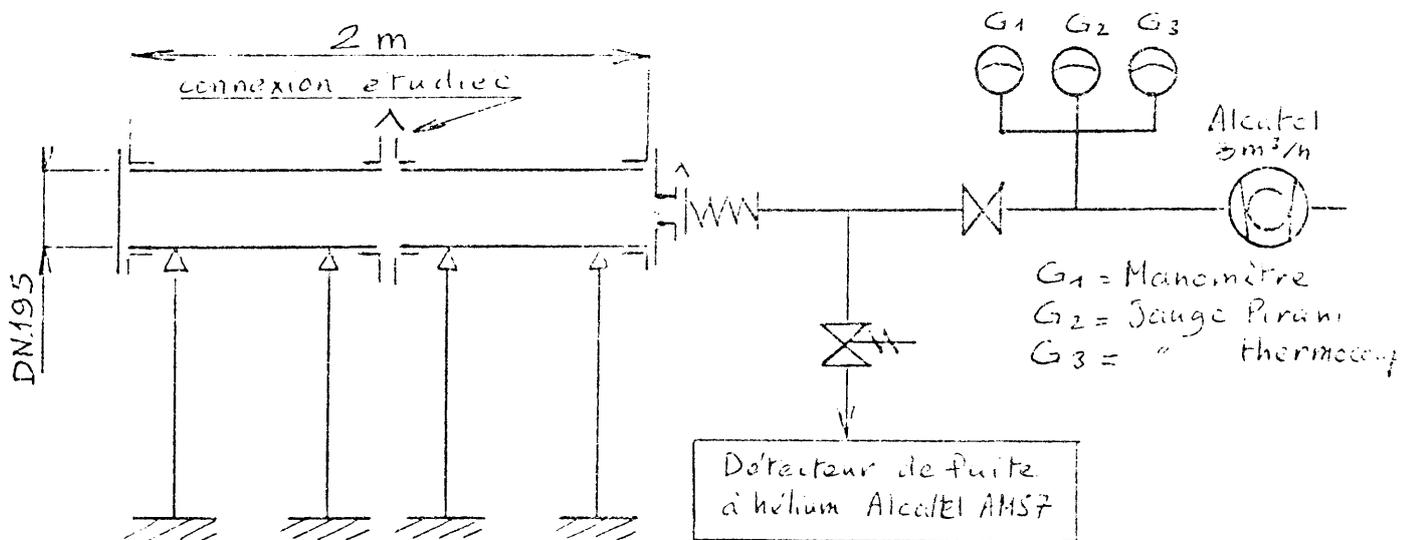


FIG.26 Dispositif d'essai pour accouplement à joint en bout DN 195

FIG. 27 3.4.2 - ACCOMPAGNEMENT A JOINT EN BOUT DN 98

DATE	No	No DU JOINT	TYPE DE BRIDE	COUPLE DE SERRAGE	PRESSION	JAUGE	FUIITE	DETECTEUR	Etat du contact du joint				CHARGEMENT DU TUBE REMARQUES
									Epaisseur		Largeur		
									haut	bas	haut	bas	
12.12.72	1	1	inox	2	$2.10^{-4}$	à ionisation	-	He	-	-	-	-	Mf de 0 à 40 m kgf
"	2	1	"	2	"	"	$2.10^{-9}$	He	-	-	-	-	Mf = 40 m kgf
"	3	1	"	2,5	"	"	$6.10^{-9}$	He	-	-	-	-	"
"	4	1	"	3	$1.8.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	"
"	5	"	"	"	"	"	-	"	1,4	0,4	1,66	2,11	Mf = 0
"	6	2	"	"	$3.10^{-4}$	"	-	"	1,4	0,8	1,64	2,07	Mf de 0 à 40 m.kgf
13.12.73	7	3	"	2	$8.10^{-4}$	"	-	"	0,7	0,4	2,23	2,34	Mf = 0
"	8	4	"	2,5	$5.10^{-4}$	"	-	"	0,8	0,5	1,95	2,11	"
"	9	5	"	3	$2.10^{-4}$	"	-	"	1,2	0,7	1,67	2,12	"
"	10	6	"	3,5	$8.10^{-4}$	"	-	"	1,4	0,6	1,67	1,95	"
"	11	7	"	4	$8.10^{-4}$	"	-	"	1,6	1,0	1,58	1,87	"
"	12	8	"	4	$5.10^{-4}$	"	-	"	1,5	0,8	1,54	1,96	"
"	13	9	"	3	$6.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	Mf de 0 à 40 m kgf
"	14	"	"	"	$3.10^{-6}$	"	-	"	-	-	-	-	De 0 à 40
"	15	10	"	3	$2.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	Mf de 0 à 40 m kgf
"	16	10	"	"	$1,2.10^{-4}$	"	-	"	1,0	0,5	1,66	2,28	De 40 à 0
19.12.73	17	11	Antico	3	$9.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	Mf de 0 à 40 m kgf
"	18	11	"	"	$1,4.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	De 40 à 0
"	19	12	"	"	$7.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	Mf = 0
"	20	13	"	4	$6.10^{-4}$	"	-	"	-	-	-	-	Mf = 0

FIG 28. Deformation des joints no 3 à 8 (DN 98) en fonction du couple de serrage

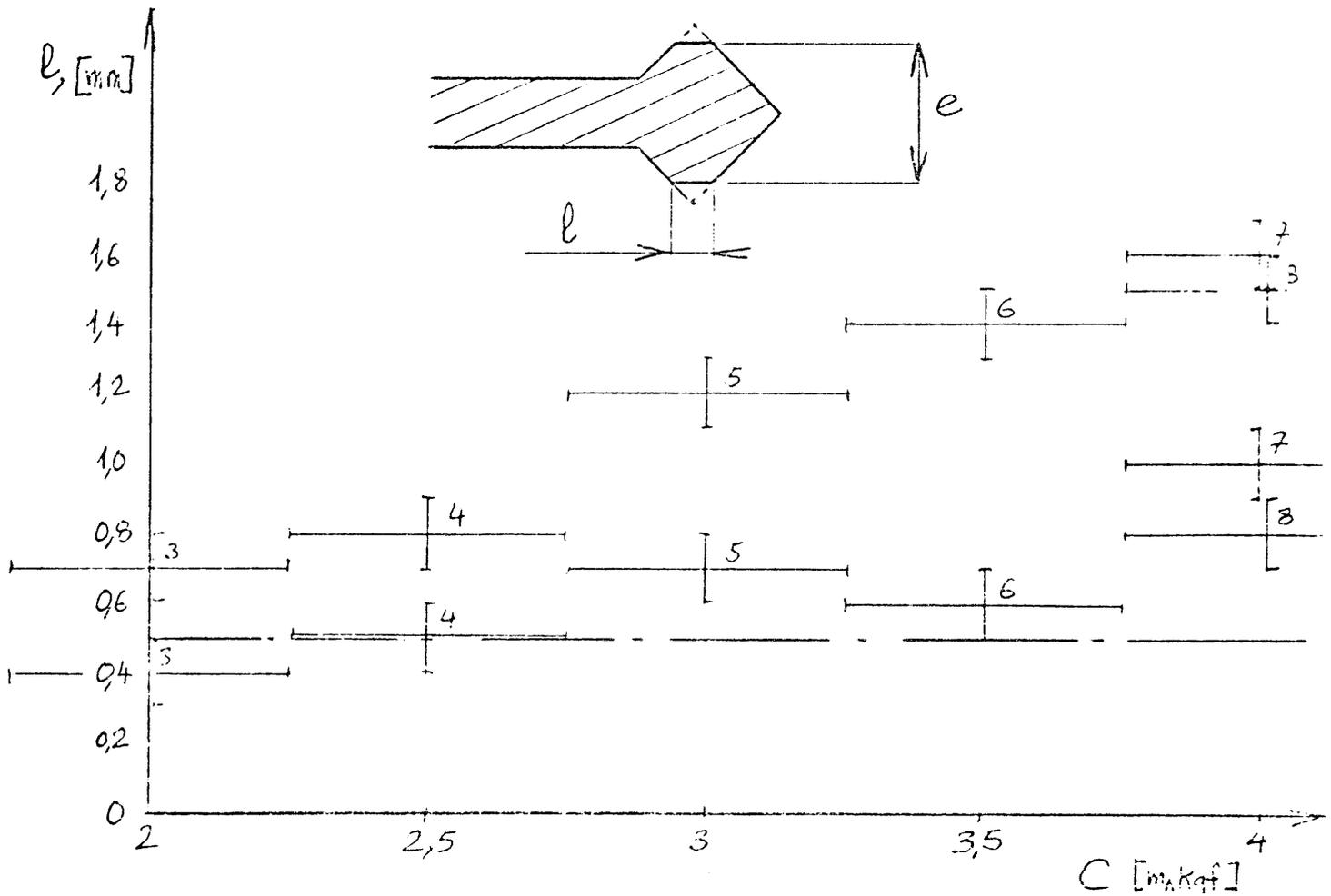
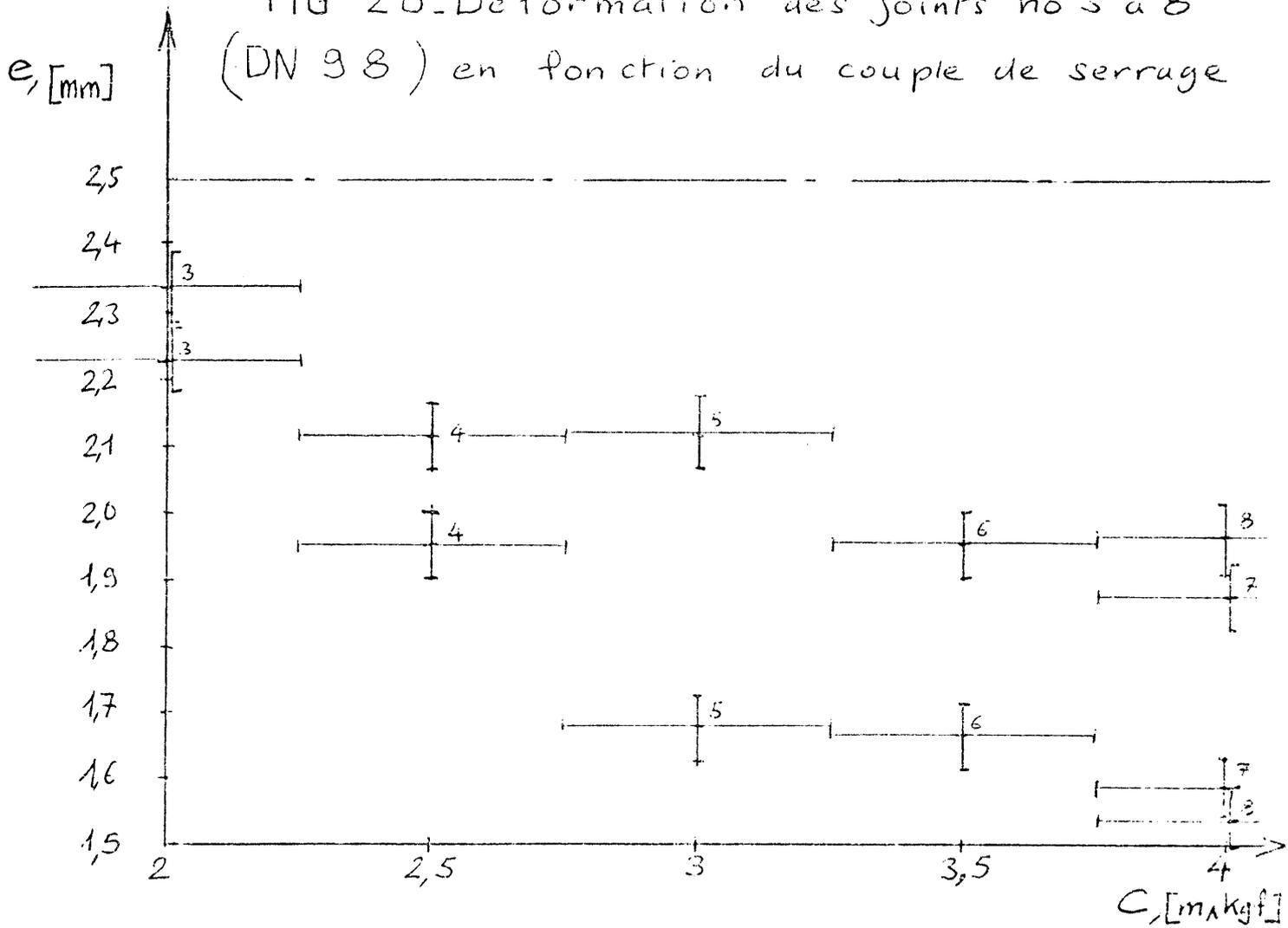


FIG 29 3.5.2 - ACCOUPLEMENT A JOINT EN BOUT DN 195

DATE	No	No DE JOINT	TYPE DE BRIDE	COUPLE DE SERRAGE	PRESSION	TEMPS	JAUGE	FUIITE	DETECTEUR	Etat du contact du joint				REMARQUES
										Epaisseur		Largeur		
										haut	bas	haut	bas	
10.5.73	1	3	Inox	5	-	-	-	-	-	2,15	2,35	0,7	0,4	sans pompage
	2	4	"	8	-	-	-	-	-	1,70	2,20	1,3	0,6	sans pompage
11.5.73	3	5	"	2	$10^{-1}$	5 min.	Penning	-	He	2,35	2,45	0,4	0,2	
	4	6	"	5	"	4 min.	"	-	He	2,20	2,30	0,7	0,6	
	5	7	"	8	"	3 min.	"	-	He	2,00	2,00	0,8	0,6	
	6	8	Antico	2	"	3 min.	"	-	He	-	-	-	-	
	7	8	"	5	"	-	"	-	He	-	-	-	-	
	8	8	"	8	"	-	"	-	He	-	-	-	-	

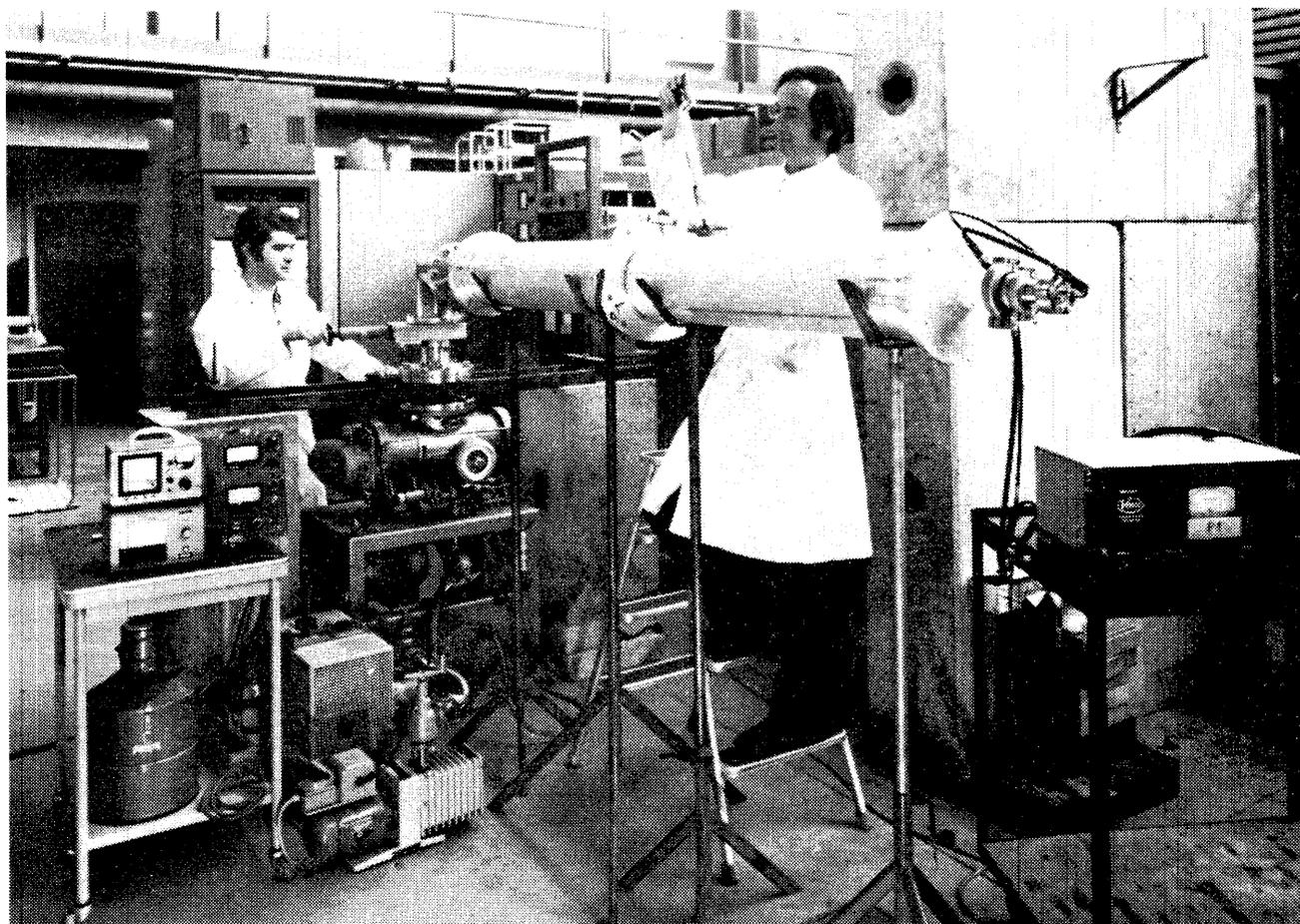


FIG 30-1 : Dispositif d'essai pour accouplement à joint en bout DN 195. Serrage du joint. Dispositif de détection de fuite.

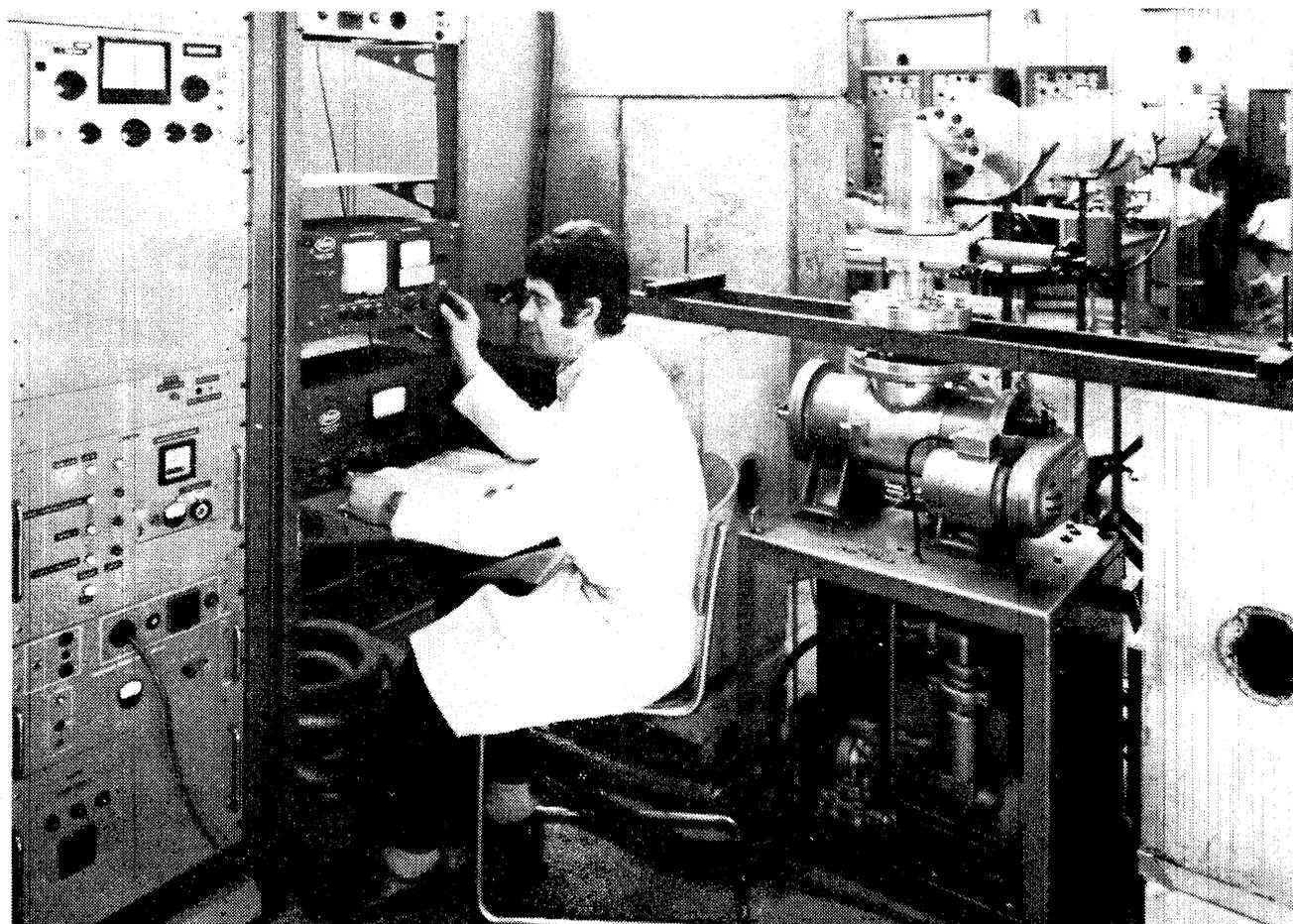


Fig. 30-2 : Dispositif d'essai pour accouplement à joint en bout DN 195. Station de pompage. Panneau de commande et de mesure.