

**RACCORD ETANCHE POUR CONDUCTEUR  
ELECTRIQUE CHAUFFANT A GAINÉ COAXIALE**

Par

Philippe ARRAGON , Robert AUBERT-CHEVALLIER  
Jean GENTIL , Maurice SEGUIN , Marc VILCOT  
Jacques VILLIERS

**Rapport C E A - R 2755**

CEA-R 2755 - ARRAGON Philippe, AUBERT-CHEVALLIER Robert,  
GENTIL Jean, SEGUIN Maurice, VILCOT Marc,  
VILLIERS Jacques

RACCORD ETANCHE POUR CONDUCTEUR ELECTRIQUE CHAUFFANT  
A GAINÉ COAXIALE (type 1964)

Sommaire. - De nombreux dispositifs d'irradiation nécessitent un chauffage électrique d'appoint capable d'assurer une température constante.

Nous décrivons un raccord dont les bonnes performances permettent à la résistance électrique gainée de dissiper une puissance élevée.

Etant étanche et n'ayant pas besoin d'un refroidissement spécial, ce raccord peut être placé dans n'importe quelle partie d'un dispositif d'irradiation.

1965

15 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

---

CEA-R 2755 - ARRAGON Philippe, AUBERT-CHEVALLIER Robert,  
GENTIL Jean, SEGUIN Maurice, VILCOT Marc,  
VILLIERS Jacques

SEALED COUPLING FOR AN ELECTRICAL HEATING CONDUCTOR  
WITH COAXIAL SHEATH (pattern 1964)

Summary. - Many irradiation devices call for supplementary electrical heating which can provide a constant temperature.

We describe a coupling whose high performance makes it possible for the sheathed electrical resistance to produce maximum power.

Since this coupling is sealed and does not require special cooling, it may be placed in any position on the irradiation device.

1965

15 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

*Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.*

*The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.*

-Rapport CEA-R 2755 -

Département de Physico-Chimie  
Service de Physico-Chimie Appliquée  
Section de Préparation et d'Exploitation des Irradiations

RACCORD ETANCHE POUR CONDUCTEUR ELECTRIQUE  
CHAUFFANT A GAINÉ COAXIALE  
(type 1964)

par

Philippe ARRAGON, Robert AUBERT-CHEVALLIER, Jean GENTIL  
Maurice SEGUIN, Marc VILCOT, Jacques VILLIERS

- Mars 1965 - .

## SOMMAIRE

	Pages
I - Introduction	1
II - Exécution du raccord	3
III - Montage complet d'une résistance chauffante	6
IV - Précautions finales et derniers contrôles	6
V - Performances réalisées	7
VI - Améliorations envisagées	8
VII - Conclusions	9
Bibliographie	10
Liste des plans joints	

Leurs performances maximales, juste avant le claquage étaient de 10 ampères et 220 volts.

Ajoutons que de légères modifications avaient permis de faire fonctionner pendant plus de deux ans, à EL. 2, des raccords sous 7 ampères, mais avec une tension plus élevée : 260 volts.

Depuis, l'expérimentation dans des réacteurs à flux gamma de plus en plus élevé nous a obligé à améliorer encore ce type de raccord. En effet, le chauffage électrique d'appoint a dû être accru dans de notables proportions du fait de l'accroissement des variations d'intensité de flux gamma, au cours d'un cycle et de cycle à cycle, lorsque les flux de ces réacteurs expérimentaux augmentent.

Nous décrivons l'exécution d'un raccord entre une résistance SODERN 1NcI 15 et une amenée de courant PYROTENAX de 2 millimètres de diamètre extérieur (voir plan DPC. PCA. SPEI. 100. 20) et également l'exécution d'un ensemble comprenant une résistance chauffante reliée aux deux amenées de courant au moyen de deux raccords.

De tels ensembles, en essais, ont permis de dissiper dans la résistance plus de 7000 watts (7310 et 7250 watts, voir tableau I, page 7).

# RACCORD ETANCHE POUR CONDUCTEUR ELECTRIQUE CHAUFFANT A GAINÉ COAXIALE

## I - INTRODUCTION

Nombreux sont les dispositifs d'irradiation pour lesquels un chauffage électrique d'appoint doit assurer une température constante grâce à une chaîne de régulation adéquate.

La résistance électrique est généralement constituée par une âme cylindrique disposée coaxialement à l'intérieur d'une gaine cylindrique, l'isolement électrique entre âme et gaine étant assuré par de la magnésie.

L'amenée de courant a une configuration semblable à celle de la résistance, mais son âme est à base de cuivre.

Le raccord doit être conçu de telle manière

- qu'il permette à la résistance chauffante de dissiper le plus de puissance possible,
- qu'il ne s'échauffe pas trop par effet Joule et par échauffement nucléaire; donc ses dimensions et sa masse doivent être petites,
- qu'il soit étanche afin que le dispositif d'irradiation (ou autre)
  - ne présente pas de fuite à travers la magnésie de l'amenée de courant si ce dispositif renferme un fluide sous pression,
  - ne présente pas d'entrée de fluide si, au contraire, ce dispositif fonctionne en dépression.

Un premier type de raccord a été mis au point en 1960 [1], [2], [3], [4].

Ceux de ce type, montés sur les bombes ont tenu deux ans dans MELUSINE et leur test n'a été arrêté que par le défournement de ces dispositifs.

## II - EXECUTION DU RACCORD

Rappelons que les bobines de résistances chauffantes et celles d'aménées de courant ont toujours, pendant leur stockage, leurs extrémités protégées contre l'humidité.

### 2.1 - Résistance chauffante.

2.11 - On en coupe une longueur, légèrement supérieure à celle nécessaire et l'on dé-nude l'extrémité non protégée contre l'humidité.

Pour ce faire, la résistance est tenue dans une pince-morille et la gaine est tronçonnée avec une lime plate d'horloger (n°5). L'extrémité de la gaine est retirée, avec précaution, au moyen d'une pince.

On contrôle au binoculaire (grossissement 30) le travail exécuté.

La gaine doit être coupée franchement sans bavures; il ne doit pas y avoir de poussières de gaine collées sur l'isolant en magnésie, ces poussières tendant à mettre en court-circuit l'âme et la gaine. La magnésie doit présenter une section droite et surtout ne pas former de cratère à l'endroit où la gaine a été coupée.

2.12 - On teste au diélectromètre. S'il se produit un courant de fuite entre âme et gaine pour une tension inférieure à 1100 - 1200 volts, la résistance est rebutée.

2.13 - La gaine (extrémité dénudée) est nettoyée au papier abrasif très fin puis avec un chiffon imbibé d'alcool éthylique.

2.14 - On enfile quelques disques (repère 7).

2.15 - On enfile le bouchon (repère 2) à la place exacte qu'il doit occuper, raccord terminé.

2.16 - On exécute la brasure Ag-Mn (LYON-ALLEMAND), (3 spires de fil de diamètre 0,4 mm) au moyen d'un chalumeau oxyacétylénique (bec de 10 litres-heure).

Le flux de brasure (CLA 527), rendu pâteux par adjonction d'eau, est déposé avec une petite palette en quantité minimum.



Cette brasure terminée est nettoyée au mieux par grattage (lame courbe du couteau d'électricien), puis au moyen d'une lime de GENEVE et d'une fine brosse métallique.

2.17 - On réalise la protection contre l'humidité grâce à une perle de RILSAN fabriquée à partir de poudre enrobant l'extrémité, poudre que l'on chauffe ensuite à la flamme de la lampe à alcool.

Par sécurité, on enfile une petite longueur de THERMOFIT (diamètre 1/8 de pouce) dont le retrait est obtenu par chauffage avec un chalumeau à air chaud.

## 2.2 - Amenée de courant.

2.21 - Semblable à 2.11.

2.22 - Semblable à 2.12.

2.23 - Semblable à 2.13.

2.24 - On enfile 3 ou 4 spires de fil de brasure Ag-Mn, puis le carter (repère 1) et le manchon d'alumine (repère 3) à une certaine distance sur la gaine afin de ne pas être gêné pour les travaux ultérieurs.

2.25 - On met en place le rubis (repère 6).

2.26 - On procède au nettoyage de l'âme par grattage au moyen de la lame courbe du couteau d'électricien. Afin d'éviter que des particules métalliques aillent du côté de l'amenée de courant (risque de court-circuit entre âme et gaine), on protège ainsi le travail : l'âme est enfilée à travers une plaque (1 x 4 centimètres) de caoutchouc mousse d'épaisseur 3 mm. Le caoutchouc mousse est tenu rabattu sur la gaine de l'amenée de courant.

2.27 - L'âme, coupée à la longueur exacte, est enfilée dans la pièce de jonction (repère 4); on la sertit à la pince (plate à becs lisses effilés) puis on soude électriquement en 4 ou 5 points.

On contrôle le travail au binoculaire.

2.28 - L'extrémité ainsi préparée, est mise en attente dans un four (150°C environ) afin d'éviter toute reprise d'humidité par la magnésie.

## 2.3 - Résistance chauffante.

2.31 - On la coupe à la longueur voulue et on la dénude en laissant 2 mm de longueur de gaine après le bouchon (opération semblable à 2.11).

On contrôle, évidemment, le travail au binoculaire.

2.32 - On procède à son nettoyage (semblable à 2.26).

2.33 - On enfile le rubis (repère 5).

#### 2.4 - Assemblage final.

2.41 - Après avoir retiré du four l'extrémité préparée de l'amenée de courant, on enfile l'âme de la résistance chauffante dans la pièce de jonction (repère 4).

On procède au sertissage et à la soudure par points (semblable à 2.27).

2.42 - On glisse en place le manchon d'alumine (repère 3), puis le carter (repère 1).

2.43 - Au moyen du chalumeau oxyacétylénique, on chauffe légèrement sur 40 centimètres environ l'amenée de courant et la résistance chauffante, en allant de l'"extérieur" vers le raccord. Le but est de chasser les traces d'humidité qui ont pu s'introduire dans la magnésie pendant les phases précédentes d'exécution.

2.44 - On procède alors à la brasure Ag-Mn côté amenée de courant (semblable à 2.16).

2.45 - On brase finalement le carter (repère 1) sur le bouchon (repère 2).

Pour ce faire, on enduit de flux rendu pâteux par l'eau, la gorge formée par les deux chanfreins. On dépose deux anneaux brisés de fil de brasure Ag-Mn, et l'on brase au chalumeau oxyacétylénique.

### III - MONTAGE COMPLET D'UNE RESISTANCE CHAUFFANTE

On procède, de même, à la confection du second raccord.

### IV - PRECAUTIONS FINALES ET DERNIERS CONTROLES

- 4.1 - On teste l'ensemble au diélectromètre
- 4.2 - Lorsque les brasures d'extrémités étaient réalisées à l'Ag-Cu (fil de diamètre 0,5 mm; flux également rendu pâteux par l'eau), le raccord était traité ainsi :
  - 4.21 - Mis au contact d'eau ordinaire bouillante durant trois heures.
  - 4.22 - Mis au contact d'eau permutée bouillante durant trois heures.
- 4.3 - Les brasures actuelles étant réalisées à l'Ag-Mn, on procède à un nettoyage comme celui décrit en 2.16.
- 4.4. - Après retrait des protections RILSAN-THERMOFIT, l'ensemble monté est placé durant 48 heures dans une étuve à 200°C.

Le refroidissement s'effectue dans un dessiccateur.

Cette opération essentielle permet d'obtenir des valeurs élevées d'isolement électrique entre âme et gaine.
- 4.5 - On protège, dès la sortie du dessiccateur, les extrémités libres par le RILSAN et le THERMOFIT.
- 4.6 - Contrôle final.

Tout ensemble présentant, au diélectromètre, un courant de fuite entre âme et gaine pour une tension inférieure à 700-800 volts est rebuté.

## V - PERFORMANCES REALISEES

Plusieurs ensembles ont été testés hors pile.

En particulier, deux résistances chauffantes étaient bobinées sur un barillet en magnésium, lui-même placé à l'intérieur d'une capsule refroidie par l'eau : essais préliminaires pour l'utilisation d'OSIRIS (voir plan DPC. PCA. SPEI. 218. 0).

Ces résistances étant alimentées finalement l'une après l'autre, à cause de la tenue en température du magnésium, leur claquage a été obtenu dans les conditions suivantes :

TABLEAU I

	Ampères	Volts	Température en °C	
			du barillet	des raccords
1ère résistance	18,60	393	517	645
2ème résistance	18,50	392	516	694

La température indiquée pour le barillet était celle prise à sa mi-hauteur (trou pour passage du thermocouple TC percé sur un rayon de 17 millimètres sur 62 millimètres de longueur).

La température donnée pour les raccords n'est qu'indicative : elle est trop faible; en effet, le thermocouple (2 AB Ac 10, SODERN) était seulement posé, et tenu par un fil fin en acier inoxydable sur la paroi extérieure des raccords, au niveau de la brasure, côté résistance chauffante.

Notons que ces quatre raccords ne possédaient pas de disques de refroidissement (repère 7), que leur pièce de jonction (repère 4) était encore en acier inoxydable et que les brasures d'extrémité étaient en Ag-Cu.

Ajoutons que dans ces essais, comme d'habitude, par résistance chauffante, un seul des deux raccords à claqué, l'autre restant en parfait état.

Sous radiations, plus de cent raccords fonctionnent (dispositifs dans MELUSINE et SILOE).

Au HIGH FLUX REACTOR ( PETTEN - HOLLANDE) 16 raccords ont fonctionné sans défaillance durant 4 cycles, 16 autres durant 5 cycles sous des intensités égales à 10-11 ampères pour des tensions de 150-165 volts, malgré une régulation du chauffage par tout ou peu. L'échauffement gamma dans l'acier atteignait 6 watts par gramme. Le défournement des capsules a empêché de les tester plus longtemps.

## VI - AMELIORATIONS ENVISAGEES

6.1 - Afin de réduire la température de la zone chaude, située au niveau du rubis (repère 5), zone où claquent toujours ces raccords, nous procédons actuellement à quelques améliorations; citons les principales :

6.11 - Réduction de l'épaisseur du rubis (repère 5) de 0,51 à 0,30 mm et de son diamètre extérieur : 2 mm au lieu de 2,1.

6.12 - Réduction de la distance comprise entre le rubis (repère 5) et le bouchon (repère 2) par tronçonnage de la gaine de la résistance chauffante au ras du bouchon.

6.13 - Réduction du diamètre extérieur du manchon d'alumine (repère 3) de 4 à 2,6 mm.

6.14 - En conséquence, réduction de 1,4mm des diamètres du bouchon (repère 2) et du carter (repère 1).

6.15 - Corrélativement à cette diminution de la masse (donc de l'échauffement gamma), augmentation de la surface d'échange par refroidissement : la partie lisse du carter (repère 1) portera un filetage carré (profondeur 0,25 mm, largeur 1 mm, pas 2mm).

6.16 - Remplacement de l'acier inoxydable par du nickel, ayant une meilleure conductibilité thermique, pour la pièce de jonction (repère 4). Il sera alors nécessaire de procéder au nickelage de l'âme en cuivre de l'amenée de courant.

6.17 - Substitution de la soudure argon-arc à toutes les brasures afin d'éliminer les inconvénients corrosifs du flux de brasure.

6.2 - Nous espérons améliorer nos contrôles par le diélectromètre : le courant de fuite sera mesuré pendant que l'âme sera parcourue par un courant électrique au moins égal à celui envisagé durant l'utilisation future de l'ensemble.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 J. GENTIL -  
Projet de bombes CO<sub>2</sub>-graphite pour pile piscine.  
Rapport interne non diffusé (1960)
  
- 2 J. GENTIL -  
Projet définitif de bombes CO<sub>2</sub>-graphite pour pile piscine.  
Rapport interne non diffusé (1960)
  
- 3 M. SEGUIN - J. GENTIL -  
Capsule d'irradiation. B. F. n° PV 824 250 du 13 avril 1960  
Brevet déposé en Allemagne, Belgique, Grande-Bretagne, Italie,  
Luxembourg, Pays-Bas.
  
- 4 M. SEGUIN - J. GENTIL -  
Capsule d'irradiation (additif). B. F. n° PV 836 683 du 25 août 1960.  
Brevet déposé à l'étranger comme 3

Plans joints

D.P.C. P.C.A. SPEI. 100.20  
218.0

## VII - CONCLUSIONS

Nous espérons, grâce à ces améliorations, augmenter un peu l'intensité admissible dans ces raccords; cette intensité dépend de la façon dont la résistance chauffante transmet son flux calorifique au dispositif (rappelons que le 1 NcI 15 est donné pour 17 ampères lorsqu'il est employé, tendu horizontalement, dans l'air calme).

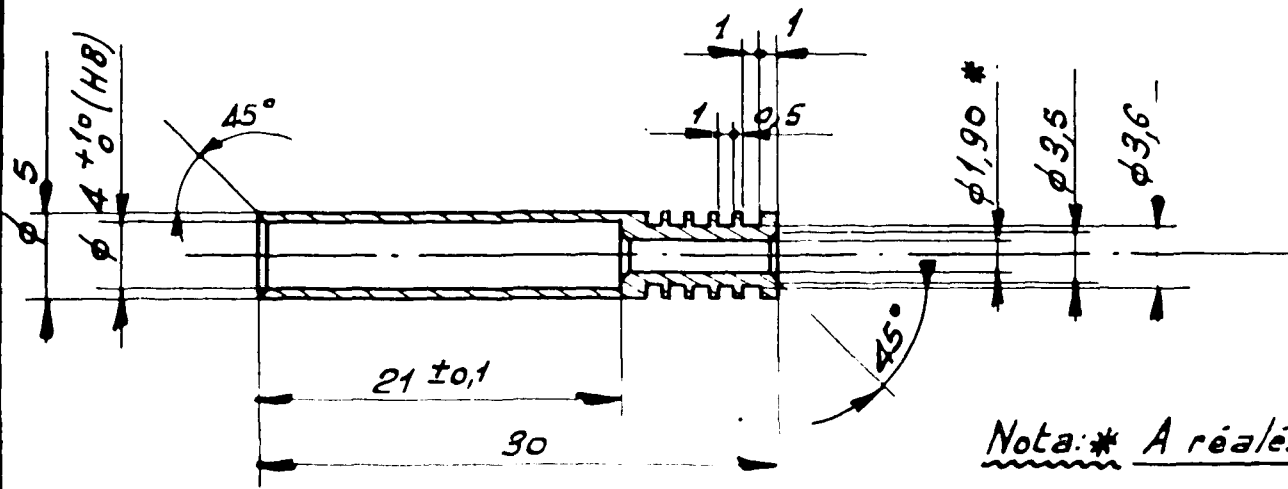
Nous cherchons surtout à augmenter le plus possible la valeur de la tension de claquage afin de pouvoir fonctionner sous un voltage le plus élevé possible.

Ces améliorations nous amèneront à un nouveau type (1965), mais nous travaillons également sur un autre mode de réalisation ; la liaison entre la résistance chauffante et l'amenée de courant se ferait par une courte amenée de courant intermédiaire, de diamètre extérieur plus grand (4 mm environ).

Nous avons cru utile d'informer nos collègues de cette technique d'exécution de raccord. D'autant plus qu'il ne faut pas oublier que ces raccords sont étanches, qu'ils sont logeables au coeur des dispositifs d'irradiation, que, par conséquent, il n'est pas nécessaire de les accoler à la paroi extérieure de ces dispositifs, paroi refroidie par l'eau dans le cas des piles piscines. Ces "raccords chauffants" peuvent donc fonctionner dans n'importe quel type de pile puisqu'ils supportent une haute température; enfin, lorsqu'ils seront réalisés par soudure argon-arc, ils ne seront pas corrodables par le NaK.

Manuscrit reçu le 20 Janvier 1965

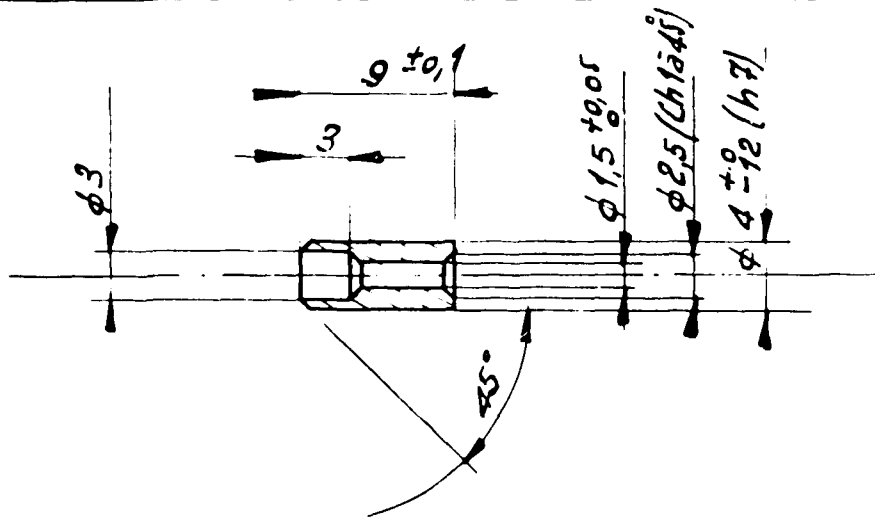
Ensem



Nota: \* A réaliser à  $\phi$  1,95 ou 2 suivant  $\phi$  du fil d'amorçage de courant

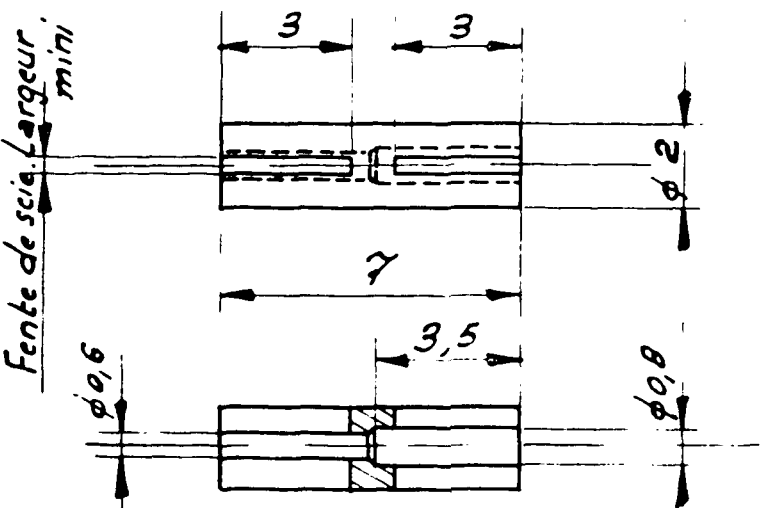
Carter. Inox. Echelle 2/1

1



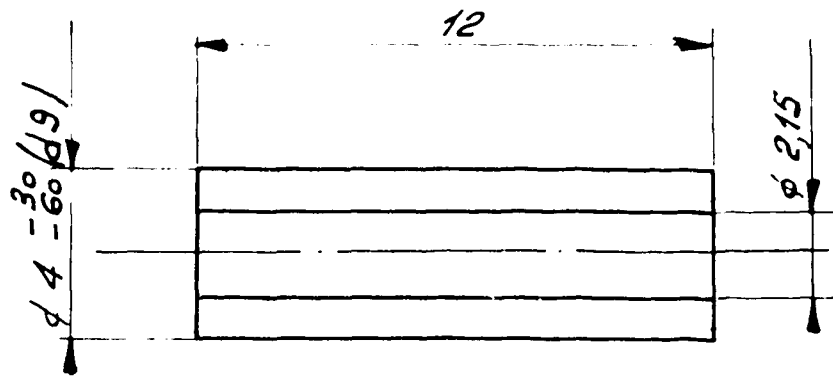
Bouchon. Inox. Ech 2/1.

2



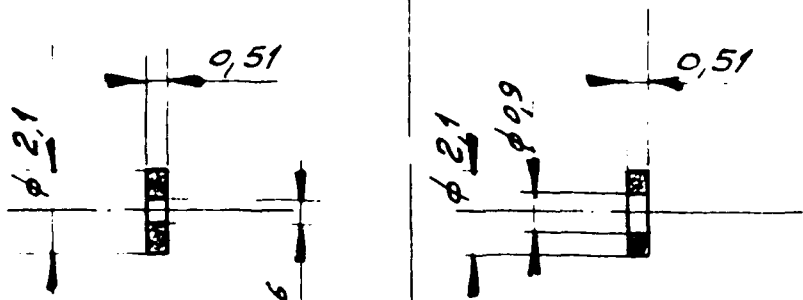
Pièce de Jonction. Inox. Ech: 5/1

4



Manchon "Alumine" - Ech 5/1

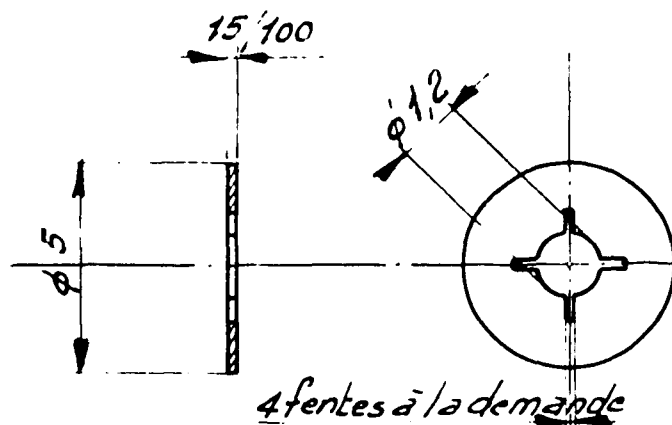
3



Rondelle "Rubis" - Ech 5/1 Rondelle "Rubis" Ech 5/1

5

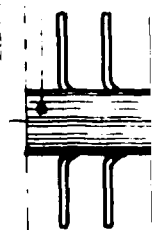
6



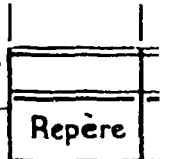
Disque. Inox. Ech 5/1

7

1 M.



Bra.



Repère

Tolérance sauf spé

C.1

Ech: 5/1

2/1

Repère	Pièces à approvisionner	Matière	Nbre	Observations
--------	-------------------------	---------	------	--------------

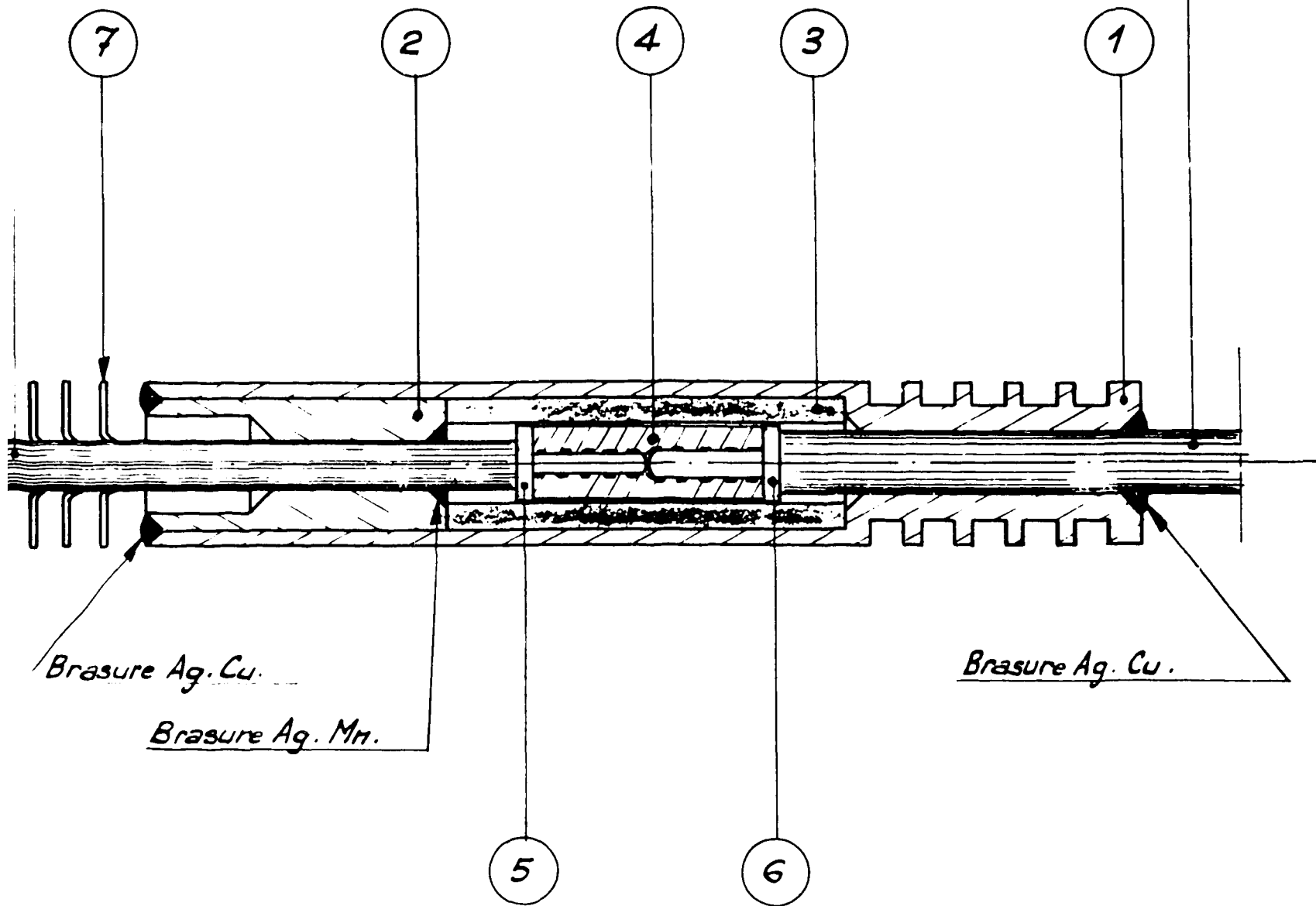


Ensemble: Ech 5/1

Conducteur coaxial d'amenée de courant : âme Cu  $\phi 0,7$

1 NCI 15

Gaine acier inox  $\phi 2$



Echelle grandeur

Repère	Pièces à usiner	Matière	Nbre	Observations
Désignation des modifications			Indice	Cordonnées
			Date	Visa
Tolérance générale sauf spécifications		Dessinateur: <i>B. Ferriz</i>	Verificateur:	Poids:
				Nbre par ensemble
<b>C.E.A. CEN-G</b>			Reproduction interdite sans autorisation (Loi du 11 Mars 1902)	
			Date: <i>19 Sept 1964</i>	
Labo. N° de l'Etude		Ens.	S/Ens	N° Pièce
<i>Raccord de thermocoax chauffant</i>		<i>DPC.FCA.SPEI</i>	<i>100</i>	<i>20</i>

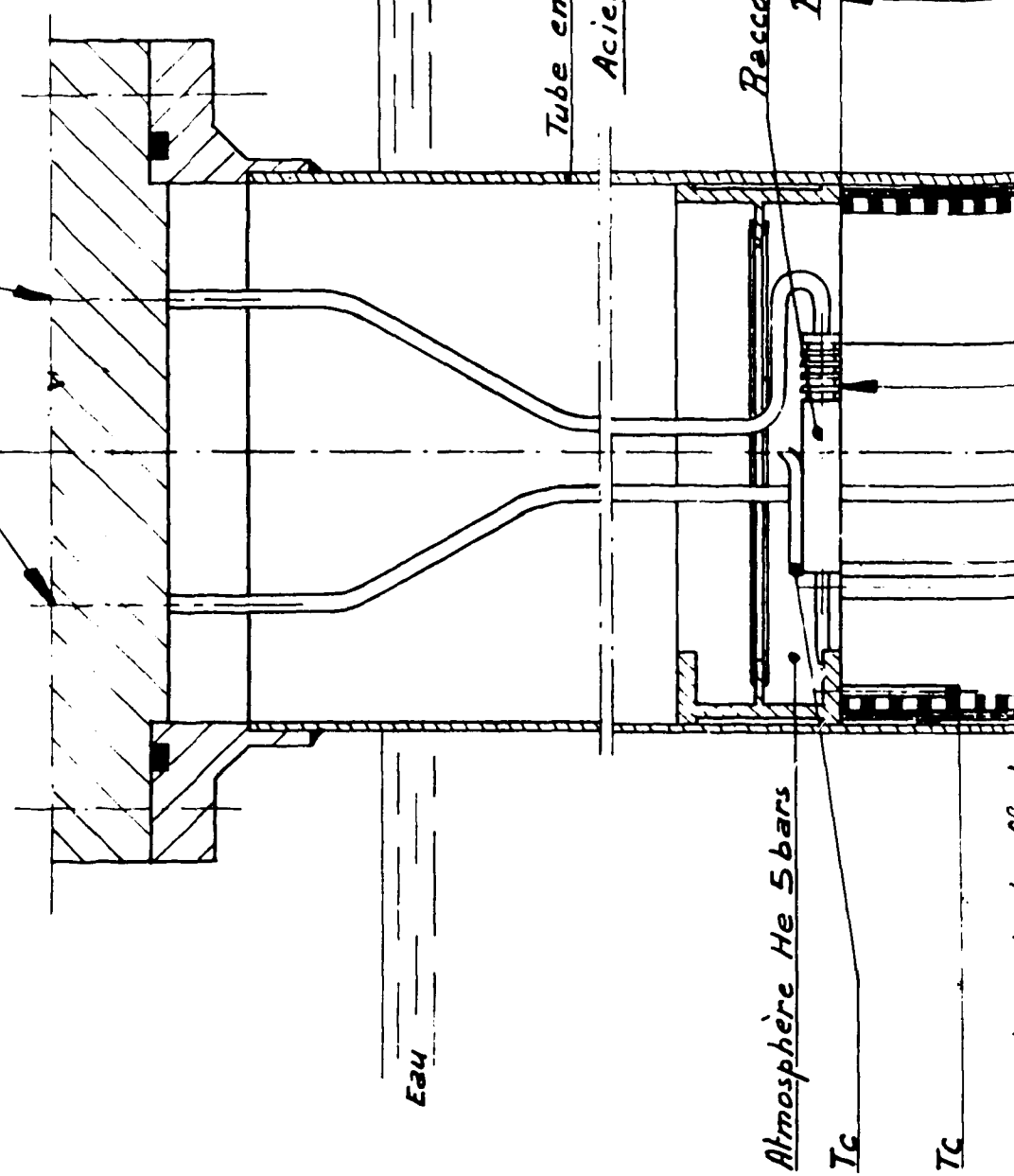
ch: 5/1  
2/1

III

II

<p>- <u>Résistance chauffante SODERN</u>  <u>1NC1A5</u> - Longueur par enroulement : 3,71 m          - 1<sup>er</sup> enroulement : 21,6 Ω          - 2<sup>e</sup> enroulement : 21 Ω</p>	<p>- <u>Amenée de courant:</u>          Conducteur coaxial          PYROTENAX.          Âme : Cuivre φ 0,7          Gaine : Ac. inox φ 2</p>
--	--

Passage étanches P.E.I.



Tube enveloppe φ 68x70,5  
Acier inox.

Becord chauffant  
P.E.I.

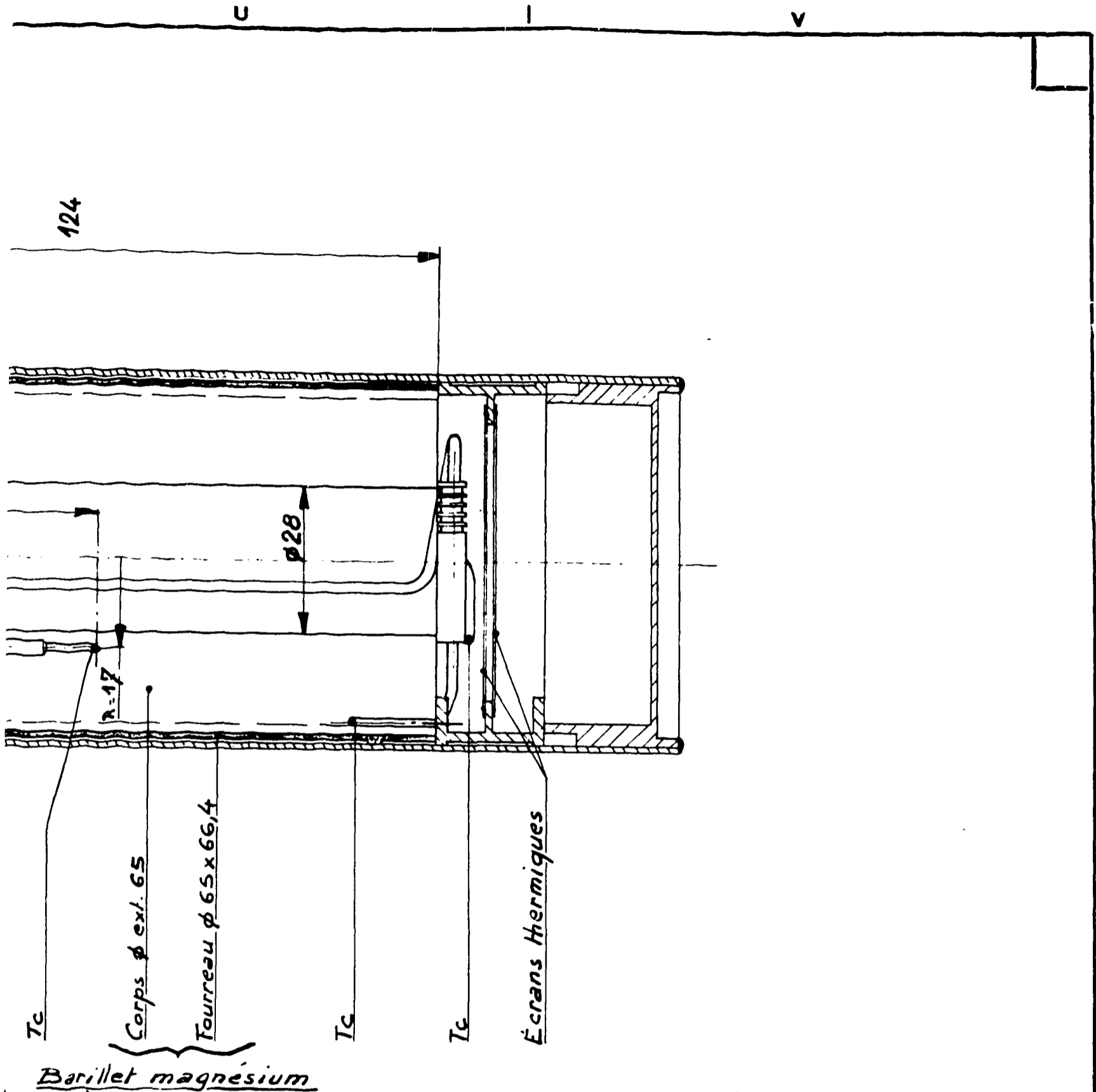
Atmosphère He 5bars

Tc

Tc

Document de travail

Repère	Pièces à approvisionner	Matière	Nbre	Observation
--------	-------------------------	---------	------	-------------



Repère	Pièces à usiner	Matière	Nbre	Observations
Désignation des modifications			Indice	Cordonnées
Date		Date		Visa
Tolérance générale sauf spécifications _____	Dessinateur: R. PAQUIE	Vérificateur:	Poids:	Nbre par ensemble _____
<b>C.E.A. CEN-G</b>		Reproduction interdite sans autorisation (Loi du 11 Mars 1902)		Date: 3.12.1964
		Labo. N° de l'Etude	Ens.	S/Ens
Ech: $\frac{1}{1}$	Montage d'essai pour OSIRIS		DPC.PCA.SPEI	218-0

**FIN**