

EUR 2288.f

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE - EURATOM

BOUCLES SOUS ELECTRONS SR_2 - SR_3 - SR_4

par

**A. HOUILLER, C. JAYET et H. MONEGER
(PROGIL)**

1965



Programme ORGEL

**Rapport établi par PROGIL — Laboratoire Central de Recherches
Lyon — France**

Contrat Euratom N° 017-61-2 ORGF

AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses cocontractants ou toute personne agissant en leur nom :

- 1° — Ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé décrit dans le présent document ne portent pas atteinte à des droits privatifs.
- 2° — N'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu au prix de 50 francs belges, sur demande adressée à : PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6.

Le paiement se fait par versement à :

- BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) — Bruxelles — compte N° 964.558,
- BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY — New York — compte N° 221.86.
- LLOYDS BANK (Europe) Ltd. — 10 Moorgate, London E. C. 2,

en mentionnant la référence : « EUR 2288.f — BOUCLES SOUS ELECTRONS SR₂ - SR₃ - SR₄ ».

Achévé d'imprimer par Vaillant-Carmanne, S. A., Liège.
Bruxelles, septembre 1965.

Manuscrit reçu le 9 octobre 1964.

EUR 2288.f

COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE - EURATOM

BOUCLES SOUS ELECTRONS SR_2 - SR_3 - SR_4

par

**A. HOUILLER, C. JAYET et H. MONEGER
(PROGIL)**

1965



Programme ORGEL

**Rapport établi par PROGIL — Laboratoire Central de Recherches
Lyon — France**

Contrat Euratom N° 017-61-2 ORGF

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 — BOUCLE SR ₂	3
1.1 — Déroulement des travaux	3
1.1.1 Etude du projet de boucle	4
1.1.2 Etude et essais préliminaires	4
1.1.3 Montage	6
1.1.4 Phase essai	6
1.2 — Description	7
1.2.1 Boucle d'irradiation	7
CHAPITRE 2 — BOUCLE SR ₃	10
2.1 — Etudes, travaux et essais	10
2.1.1 Circuit de terphényle	11
2.1.2 Cellule d'irradiation	12
2.1.3 Essai de réception	13
2.2 — Description	13
2.2.1 Boucle d'irradiation	13
2.2.2 Armoire de contrôle et de commande	20
CHAPITRE 3 — BOUCLE SR ₄	23
3.1 — Déroulement des travaux	23
3.1.1 Etude préliminaire de conception	24
3.1.2 Etude et essais préliminaires	24
3.1.3 Construction — Montage	25
3.1.4 Essais	25
3.2 — Description de la boucle	26
3.2.1 Chariot métallique	26
3.2.2 Circuit organique	26
3.2.3 Circuit de remplissage et de vidange	26
3.2.4 Pressurisation	26
3.2.5 Prise d'échantillon liquide	26
3.2.6 Circuit d'eau	27
3.2.7 Calorifuge	27
3.2.8 Armoire de régulation	27
3.2.9 Mesures — Regulations — Sécurité	27

BOUCLES SOUS ELECTRONS SR₂ - SR₃ - SR₄

INTRODUCTION

Le contrat EURATOM PROGIL N° 017-61-2 ORGF, prévoyait la construction de trois boucles sous électrons : SR₂, SR₃, SR₄.

La boucle SR₂ est destinée à l'étude du comportement radiolytique des terphényles. Elle est exploitée à SACLAY par le service de Physico-Chimie Appliquée du C. E. A., et par PROGIL (contrats EURATOM C. E. A. 013 et 052, et EURATOM PROGIL 015 et 059).

La boucle SR₃ doit permettre d'étudier l'encrassement d'une surface de transfert thermique sous flux d'électrons. Elle sera exploitée à GRENOBLE par un groupe mixte C. E. A.-PROGIL-I. F. P., en collaboration avec le service de Physico-Chimie d'EURATOM (C. C. R. ISPRA).

SR₂ fonctionne sous l'accélérateur MASSIOT de 4 Mev, SR₃ sous le Van de Graaf de 3 MeV du C. E. N. G.

La boucle SR₄ est destinée à l'étude du comportement radiolytique des substitués aux terphényles. Ces recherches se feront sous accélérateur de 1,2 Mev, du service des Accélérateurs du C. E. N. GRENOBLE, pour des coupes pétrolières dont la préparation et l'étude sont assurées par I. F. P.

L'étude, le montage et la mise au point de ces boucles ont été effectués par PROGIL, en collaboration étroite avec les organismes désignés ci-dessus.

Ce rapport final présente pour chacune de ces affaires :

- le déroulement des travaux ;
 - l'état des boucles au moment de leur réception ;
- Chapitre 1 — Boucle SR₂ ;
Chapitre 2 — Boucle SR₃ ;
Chapitre 3 — Boucle SR₄.

CHAPITRE 1 — BOUCLE SR₂

Ce chapitre comprend deux sections :

- La section 1 est consacrée à la présentation des travaux du début de l'étude à la réception de la boucle SR₂.
- La section 2, décrit la boucle sous sa forme définitive et présente les améliorations qui lui ont été apportées au cours de sa mise en exploitation à SACLAY.

1.1 — Déroulement des travaux

Du début de l'étude (février 1961) à l'essai de réception (28/2/63) nous décrivons les étapes suivantes :

- 1.1.1 — Etude préparant le projet de boucle.
- 1.1.2 — Etude et essais préliminaires à la construction.
- 1.1.3 — Construction.
- 1.1.4 — Essais :
 - essais précédant l'expédition ;
 - essais d'installation à SACLAY.

1.1.1 — Etude du projet de boucle

Le contrat initial prévoyait la construction d'une boucle pour l'irradiation des polyphényles, soit par les électrons, soit par le rayonnement γ ; cette boucle « polyvalente » devait donc facilement s'adapter soit sous l'accélérateur linéaire MASSIOT, soit sous les sources de Co^{60} .

L'examen dans ces deux cas des conditions de radiolyse des terphényles a montré :

- que le principe d'une boucle polyvalente n'était pas viable : la boucle sous électrons pouvait être un petit circuit ayant un rapport de dilution de 1/100 environ (volume irradié à volume total); alors que la boucle γ devait être un simple récipient dont la totalité du volume utile serait irradié par le flux uniforme de la source de Co^{60} .
- que la boucle sous électrons permettrait d'effectuer des expériences de radiolyse dans des temps raisonnables; l'énergie absorbée par le fluide pouvant être de l'ordre de 1 W. g^{-1} si le volume de la boucle reste faible. Au contraire, la boucle γ ne présentait aucun intérêt de ce point de vue, l'énergie moyenne absorbée étant beaucoup trop faible (0,0045 W. g^{-1}).

Finalement, seul le principe d'une boucle sous électrons était retenu et son schéma de principe découlait des considérations radiolytiques développées ci-dessus.

Il s'agissait d'une boucle étanche de faible capacité (250 cm^3 de fluide) comprenant :

- un circulateur;
- une chambre d'irradiation;
- un vase d'expansion.

Cette boucle devait être isotherme, à chauffage par résistance blindée, et devait pouvoir travailler à 450 °C et 25 Kg/cm^2 de pression. Enfin, elle devait être équipée d'appareils de mesure : thermocouples, débitmètre, manomètre.

1.1.2 — Etude et essais préliminaires

La boucle ainsi définie se présentait comme un prototype qui nécessitait notamment l'étude et la mise au point d'un circulateur de faible capacité et d'une chambre dont la fenêtre serait à la fois transparente aux électrons et posséderait de bonnes caractéristiques mécaniques aux conditions de travail imposées (450 °C, 25 Kg/cm^2).

1.1.2.1 — Circulateur

Le circulateur devait être étanche et de très faible volume. L'étude de cet appareil a été faite en collaboration avec le constructeur : « Le Matériel Magnétique ».

Les essais ont porté sur la mise au point :

- de l'entraînement, étanche, par accouplement magnétique : détermination expérimentale des jeux, du réchauffage de l'enceinte baignée de liquide, du refroidissement de la cage extérieure;
- de la géométrie de la turbine pour obtenir un débit suffisant (75 l/h). Essais de 4 types de turbine.

Directement liée au 1^{er} circulateur, l'adoption de paliers graphite a conduit à des essais de compatibilité du graphite avec le terphényle.

1.1.2.2 — Compatibilité graphite-terphényle

Nous avons vérifié :

- l'absence d'effet chimique : le graphite n'a pas d'influence sur la pyrolyse du terphényle (essais effectués à SACLAY par le S. P. C. A.);

— l'absence d'usure importante dans des conditions bien déterminées (essais effectués par PROGIL au L. C. R. sur le banc d'essai).

Conditions :

- vitesse de l'arbre 670 T/mn ;
- vitesse périphérique 0,3 m/sec ;
- durée de l'essai : 210 h 30 dans du terphényle à 450 °C.

Résultat :

On a observé une usure de 4 à 5/100 mm correspondant au rodage.

1.1.2.3 — Fenêtre d'irradiation

1.1.2.3.1 — Choix du matériau et caractéristiques

La fenêtre d'irradiation devait répondre au double objectif suivant :

- présenter une bonne transparence aux électrons, ce qui entraînait le choix d'un matériau très mince et éventuellement de faible densité ;
- avoir de bonnes qualités mécaniques pour résister aux conditions maximales de fonctionnement (450 °C 25 kg/cm²).

Ces dernières caractéristiques excluait a priori l'emploi de l'aluminium, couramment utilisé pour équiper les fenêtres des accélérateurs.

Nous nous sommes donc orientés vers des matériaux plus denses, recherchant un compromis entre la transparence et les qualités mécaniques. Notre choix s'est porté sur le « Tophet A » alliage Ni/Cr 80/20.

Nous avons adopté les dimensions suivantes :

- diamètre : 15 ;
- épaisseur : 12/100 (l'absorption d'énergie correspondant à cette épaisseur est de l'ordre de 20 % de l'énergie incidente, pour des électrons de 4 MeV).

Lorsque la boucle a été installée à SACLAY, des mesures d'absorption d'énergie ont conduit à modifier les dimensions de la fenêtre (cf. 1.2.1.1).

1.1.2.3.2 — Réalisation et essais

L'étude a porté sur la mise au point d'un dispositif permettant le soudage de la fenêtre après emboutissage de cette dernière dans une pièce porte-fenêtre.

Afin de vérifier qu'une telle construction présentait les garanties nécessaires, tant en ce qui concernait le cordon de soudure que pour la fenêtre proprement dite, il a été procédé aux essais d'endurance suivants :

- épreuve hydraulique : 80 kg/cm² à froid.

La fenêtre prend la forme sphérique et résiste parfaitement.

- épreuve en température à 40 kg/cm² :
 - à 450 °C pendant 66 h : flèche résiduelle 13/100 ;
 - à 500 °C pendant 64 h : flèche résiduelle 28/100 ;

A l'issue de ces essais le dispositif était adopté.

1.1.2.4 — Etude du circuit et de sa régulation

Cette étude a comporté notamment :

- l'implantation de la boucle sur un chariot ajustable et réglable sous accélérateur ;

- l'étude du préchauffage ;
- l'étude de la régulation et du contrôle.

(Pour plus de détails, se reporter au chapitre 1.2 de ce rapport, relatif à la description de la boucle).

1.1.3 — Montage

Le montage a été réalisé dans nos ateliers à LYON. Le planning initial a été perturbé du fait du retard dans la livraison du circulateur ; il s'agissait d'un prototype dont la mise au point a été plus longue que prévue.

1.1.4 — Phase essai

1.1.4.1 — Essais effectués à LYON

A la réception du circulateur, nous avons procédé aux essais de la turbine (cf. 1.1.2.1) puis aux essais proprement dits de la boucle. Ces essais ont eu pour but essentiel de vérifier que la boucle et son tableau de contrôle ne présentaient pas d'anomalies marquantes, et que la livraison pouvait être effectuée. Ils ont eu lieu en discontinu durant un fonctionnement d'une cinquantaine d'heures.

1.1.4.2 — Essais effectués à SACLAY

Après la mise en place de la boucle et les travaux de raccordement au tableau de contrôle, les essais de mise au point sous accélérateur ont commencé.

Le chapitre 2 consacré à la description de la boucle sous sa forme définitive fait état des modifications ou adaptations qui ont été faites. Nous les résumons :

- remplacement des joints Allpax par des joints ARMCO striés ;
- adaptation des conducteurs électriques pour faciliter l'implantation sous accélérateur et les démontages éventuels ;
- test de transparence de la fenêtre sous accélérateur, et modification de celle-ci pour une meilleure utilisation de l'énergie du faisceau ;
- amélioration du circulateur en utilisant d'une part un moteur à démarrage progressif, d'autre part, en augmentant le refroidissement du carter extérieur ;
- modification du circuit pour obtenir une vidange totale en liaison avec la récupération du liquide ;
- adaptation des dispositifs d'introduction du terphényle dégazé et de récupération des gaz et des produits légers.

L'ensemble de ces travaux a nécessité 200 heures en discontinu d'essais de pyrolyse. Ces essais ont été suivis par des essais de pyrolyse de longue durée et des essais de radiolyse.

1.1.4.2.1 — Essais de pyrolyse

Cinq essais de pyrolyse de longue durée (72 h) ont été effectués sous 25 kg/cm² de pression et aux températures suivantes : 350°, 375°, 400°, 425° et 450°. Ces essais, pleinement satisfaisants, ainsi que les résultats obtenus, ont été publiés dans le cadre du contrat 052 (cf. rapport final).

1.1.4.2.2 — Essais de radiolyse

En vue de préparer l'essai de réception de la boucle, pour un fonctionnement à 450° et sous 25 kg/cm² de pression durant 16 heures d'irradiation sous accélérateur, six essais ont été effectués. Leur présentation est donnée dans le rapport final du contrat 052.

1.1.4.2.3 — *Essai de réception*

L'essai de réception a eu lieu les 27 et 28 février 1963.

Au cours de cet essai la boucle a fonctionné pendant 21 h à des températures comprises entre 400° et 450 °C, dont 16 h à 450 °C sous rayonnement. La pression ajustée à 25 kg/cm² au démarrage est montée à 28 kg/cm². L'accélérateur d'électrons débitait 25 μ A.

1.2 — Description

La boucle a été livrée à SACLAY en juin 1962. Cette description tient compte de toutes les modifications apportées par l'équipe d'exploitation S. P. C. A-PROGIL depuis cette livraison jusqu'à la réception définitive.

1.2.1 — *Boucle d'irradiation* (plan N° 329)

La boucle pouvant contenir 250 cc de terphényle comporte :

- la cellule d'irradiation qui forme un tout avec le circulateur ;
- un vase d'expansion sur lequel on pressurise ;
- une prise de pression Taylor avec son transmetteur ;
- un emplacement prévu pour un débitmètre type moulinet.

Pour permettre à la boucle d'être facilement déplacée, introduite rapidement dans la casemate de l'accélérateur, centrée sous la fenêtre de l'accélérateur, réglée en hauteur, puis vidangée commodément après chaque manipulation, l'ensemble a été installé sur un châssis disposé sur une table élévatrice montée sur roues ; le châssis pouvant être incliné sans effort grâce à un réducteur, pour permettre la vidange de la boucle dans le vase d'expansion.

1.2.1.1 — *Fenêtre d'irradiation*

La fenêtre initialement prévue (diamètre 15 mm épaisseur 12/100) a été testée à SACLAY sous l'accélérateur. Les mesures effectuées ont permis de constater que 54 % de l'énergie incidente était absorbée.

Cette absorption d'énergie plus importante que prévue, provenait de la diffusion du faisceau électronique dans la couche d'air comprise entre le canon de l'accélérateur et la fenêtre. Des mesures complémentaires d'absorption ont été effectuées à SACLAY, en fonction de l'épaisseur du Tophet et de la distance canon-fenêtre.

Les résultats obtenus ont entraîné les modifications suivantes :

- le diamètre de la fenêtre a été porté à 20 mm. Cet accroissement a nécessité une surépaisseur du Tophet (porté à 15/100).

Ce nouveau type de cellule a été testé à 450 °C et 40 kg/cm².

- la diminution de l'épaisseur de la bride porte-fenêtre pour réduire au maximum la distance canon-cellule. Elle a été ramenée de 59 mm à 20 mm.

Dans ces conditions, l'énergie perdue a été ramenée à 35 % environ. Le S. P. C. A. a réalisé un dispositif de centrage de la cellule adapté à la fois sur l'accélérateur et sur la boucle et portant des cibles automatiques pour le contrôle en continu du faisceau d'électrons. Ce montage a augmenté l'éloignement de la fenêtre de 29,5 mm, portant la distance à 49,5 mm. Il en résulte qu'en exploitation normale le rendement énergétique ne dépasse pas 53 %.

Nota — Nous tenons à préciser que les pressurisations et dépressurisations de la boucle, nécessaires pour chaque essai, entraînent des déformations de la fenêtre et une fatigue du métal sur sa périphérie en contact avec la bague de fixation. Il s'ensuit au bout d'un certain temps (supérieur à 400 h) l'apparition de fissures et de fuites. Pour remédier à cet inconvénient la fenêtre est régulièrement changée toutes les 200 heures.

1.2.1.2 — *Circulateurs* (Plan N° 333 a)

Le circulateur forme un tout avec la cellule d'irradiation. Il comporte une turbine montée sur un palier graphite baignant dans le terphényle. Cette turbine est entraînée à travers une cloche magnétique par un rotor aimanté ; l'étanchéité de l'ensemble est parfaite.

Le moteur prévu à l'origine à démarrage direct (1500 tr/mn, réduction 1/2) a été remplacé par un moteur universel à vitesse variable, commandé par un rhéostat. Le démarrage progressif évite un désaccouplement de la transmission magnétique.

Au cours des premières séries d'essais effectués à SACLAY, nous avons été amenés à améliorer le refroidissement des roulements à bille de l'entraînement magnétique :

- en créant une barrière thermique par un serpentin d'eau à la partie inférieure du carter du circulateur ;
- en ouvrant des ouïes d'aération dans le carter.

Sous cette forme le circulateur donne satisfaction.

Paliers

Les expérimentateurs ne sont pas pleinement satisfaits de l'emploi du graphite comme palier.

Bien que les essais effectués à LYON aient montré une très faible usure du graphite, les remarques suivantes ont été formulées :

1) le graphite absorbe le terphényle jusqu'à 20 % de son poids, ce qui peut fausser certaines mesures ;

2) même lorsque l'usure du palier est faible, on observe un noircissement du terphényle par la poudre de graphite. Bien que les quantités de graphite en suspension soient faibles, ce point inquiète les expérimentateurs ;

3) si la vitesse de rotation, prescrite à la suite de nos essais (700 t/mn) est accidentellement dépassée, l'usure du palier devient plus importante. Contrairement à leur intention de monter un accouplement direct, les expérimentateurs ont ainsi été obligés de conserver une réduction de vitesse, par transmission par courroie.

Jusqu'au mois de mai 1963, aucune solution de rechange n'était apparue pour remplacer le graphite. Depuis, des essais effectués avec des roulements A. D. R., pour fonctionnement à haute température, ont donné de bons résultats.

1.2.1.3 — *Débitmètre*

Un moulinet de construction DE HAVILLAND était prévu pour équiper la mesure de débit de cette boucle. Au cours d'essais dans nos laboratoires, nous avons constaté.

- que le capteur à haute température se détériorait à 400 °C. En adaptant un système de refroidissement, on a pu éliminer cet inconvénient.
- que les paliers en graphite s'usaient rapidement.

Le constructeur a cherché une solution à cette défectuosité, mais malheureusement, par suite d'un retard dans la livraison de prototypes spéciaux, il a été décidé de suspendre cette mesure non indispensable à l'exploitation des manipulations.

En effet, une simple sécurité de débit est suffisante. Elle est fournie par la disposition des différentes températures enregistrées sur la boucle : des essais ont été réalisés lors de l'arrêt du circulateur, l'ensemble des températures normalement groupées pour un fonctionnement correct, se trouve immédiatement dispersé.

Un rapport particulier fera le point des résultats obtenus sur la mise au point des débitmètres spéciaux.

1.2.1.4 — *Joints*

La boucle avait été livrée avec des joints Allpax mais ceux-ci n'ont pas une bonne tenue à la température. L'ensemble des joints (du circulateur, du vase d'expansion, du moulinet) sont actuellement des joints ARMCO striés qui donnent toute satisfaction. Après montage de la boucle, un test d'étanchéité sous 25 kg/cm² de pression d'hélium a donné une entière satisfaction à 450 °C pendant 60 heures.

1.2.1.5 — *Vase d'expansion*

C'est un simple récipient en double communication avec la boucle et pourvu d'un tampon plein pour sa fermeture. Il comporte deux piquages isolés par des robinets PROLABO, l'un permettant la pressurisation, l'autre le remplissage ou la vidange. Les techniciens du PCA et de PROGIL ont mis au point à partir de ce piquage, les systèmes de remplissage et de récupération du terphényle et des gaz permettant de travailler sous vide.

1.2.1.6 — *Prise de pression*

Un détecteur de pression, type TAYLOR, à membrane et à liquide tampon haute température, est installé sur le vase d'expansion et, par l'intermédiaire d'un transmetteur accouplé à la boucle, donne une indication locale et sur le tableau de contrôle.

1.2.1.7. — *Réchauffage*

Le réchauffage de la boucle est réalisé par un traçage au moyen de thermocoax Sodern NCI 20 judicieusement réparti sur la boucle pour éviter les points chauds. La montée en température à 450 °C est possible en 3 heures. Différentes modifications ont dû être apportées aux sorties froides de ces éléments chauffants : initialement prévues en Pyronetax, elles ont été remplacées par des conducteurs Sodern (CZ AC 20) plus souples, donc mieux adaptés à cette petite installation.

1.2.1.8 — *Températures*

Différentes températures de parois sont enregistrées à partir de thermocouples fixés sur les tuyauteries et les appareils (10). Par ailleurs, deux prises de température fluide sont disposées en amont et en aval de la cellule et du circulateur. Cet ensemble de mesures est transmis à un MECI 12 directions.

1.2.1.9 — *Liaison boucle-armoire*

Les conducteurs de puissance, les câbles de thermocouples et les conducteurs du transmetteur de mesure de la pression forment un toron de câbles d'une dizaine de mètres de longueur reliant la boucle située dans la casemate de l'accélérateur à l'armoire de régulation située dans la salle de contrôle. Le raccordement de ces câbles est réalisé par une multiprise débrochable côté armoire et côté installation.

1.2.1.10 — *Calorifugeage*

Le calorifuge de l'installation initialement réalisé en coquilles d'Isolamiente, puis par un bac de Vermiculite renfermant toute la boucle, a été remplacé par des bandes d'amiante d'une manipulation plus facile et permettant une isolation suffisante, mais variable, car il est nécessaire de décalorifuger partiellement après chaque essai.

1.2.1.11 — *Armoire de contrôle*

Elle comporte :

— tout l'ensemble des contacteurs et des relais servant à l'alimentation et au contrôle des éléments de puissance de la boucle.

- les appareils de mesure :
- MECI N° L 30 217 E — enregistreur Speedomax 12 Directions — gradué 0-600° — pour l'enregistrement des températures de parois et des températures fluides. Il comporte une sécurité haute température qui déclenche une alarme. Par ailleurs, il peut réguler le chauffage de la boucle à partir soit des températures fluides, soit des températures de parois. A cet effet, un inverseur est prévu sur le tableau.
- Indicateur de pression (type X 115/54). Il reçoit les indications du transmetteur de pression Taylor.
- Auto-transfo à curseur (5 KVA) pour doser le chauffage de la boucle.
- Un ampèremètre et un voltmètre permettant par ailleurs le contrôle du bon fonctionnement des cordons chauffants.
- Auto-transfo à curseur pour régler le démarrage et la marche du moteur du circulateur.
- Alarmes température et pression : elles apparaissent sur des voyants lumineux.

Nota — L'indicateur de débit (type AB 44 WITHOF) destiné à la mesure du débit à partir du moulinet DE HAVILLAND par l'intermédiaire d'un convertisseur a été retourné au fournisseur ainsi que le convertisseur.

CHAPITRE 2 — BOUCLE SR₃

Ce chapitre comprend deux sections :

- La section 1 est consacrée à la présentation des études, de leur évolution, des travaux et des essais.
- La section 2 décrit la boucle sous sa forme définitive au moment de la réception.

2.1 — Etudes, travaux et essais

La boucle SR₃ doit permettre l'étude de l'influence d'un flux d'électrons sur l'encrassement d'une surface de transfert thermique. Sa conception tenait compte de son implantation à SACLAY, sous l'accélérateur linéaire MASSIOT du Service de Physico-Chimie Appliquée. Le transfert de cette boucle au C. E. N. G. nécessitera une modification de la tuyauterie pour adapter la hauteur de la cellule au canon de l'accélérateur.

Dans cette réalisation nous distinguons deux ensembles :

- Le circuit de terphényle qui est un ensemble classique de circuit pilote.
- La cellule d'irradiation dont les caractéristiques imposées constituent un problème plus difficile à résoudre.

Dans cette section nous décrivons les points suivants :

- 2.1.1 — Circuit de terphényle
 - 2.1.1.1 — Avant-projets
 - 2.1.1.2 — Etude
 - 2.1.1.3 — Construction
 - 2.1.1.4 — Essais — Essais de la pompe
 - Essais de la mesure de débit
 - Essais de l'ensemble.
- 2.1.2 — Cellule d'irradiation
 - 2.1.2.1 — Projet initial
 - 2.1.2.2 — Deuxième conception.
- 2.1.3 — Essai de réception

2.1.1 — Circuit de terphényle

2.1.1.1 — *Avant-projets*

Suivant les données d'Euratom, un premier avant-projet est établi en tenant compte de la possibilité d'étudier l'influence de la durée de vie des éléments actifs.

Pour atteindre cet objectif il est nécessaire de prévoir une installation d'un volume important (200 l), construite à l'extérieur de la casemate de l'accélérateur et dont le préchauffage est assuré par la vapeur.

Cet avant-projet est abandonné car l'intérêt de l'étude précitée est remis en cause et il devient nécessaire d'avoir un volume total de l'installation plus réduit pour permettre, par ailleurs, l'utilisation de produits radiolysés, disponibles sous faible quantité.

Le projet est alors étudié selon les bases suivantes :

- installation de faible volume (50 l);
- implantation dans la casemate de l'accélérateur MASSIOT (SACLAY);
- préchauffage électrique.

2.1.1.2 — *Etude*

Le circuit de terphényle dont la description détaillée est donnée au chapitre 2.2.1 est construit sur un châssis mobile permettant le déplacement et la positionnement de la boucle dans la casemate de l'accélérateur, et comprend :

- un bac avec niveau à glace jouant le rôle de réservoir de stockage, de vase d'expansion et de dégazeur, situé à l'aspiration de la pompe;
- une pompe centrifuge à garniture à tresse :

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{h} \quad H = 25 \text{ m C. E.};$$

- une chaudière;
- une mesure de débit par moulinet;
- une vanne manuelle pour le réglage du débit;
- deux filtres en parallèle;
- un circuit de pressurisation permettant la régulation de la pression;
- le préchauffage par cordons électriques blindés;
- la mesure des températures par thermocouples.

A ce circuit est adjointe une armoire de contrôle portant les appareils de mesure et les dispositifs de commande, dont la description est donnée au chapitre 2.2.2.

2.1.1.3 — *Construction*

La construction du circuit principal de la boucle et celle du tableau de contrôle se déroulent normalement de septembre 1962 à janvier 1963.

La fin de la construction, particulièrement pour le traçage électrique et la jonction Armoire-Unité, est suivie par l'équipe des techniciens du S. P. C. A. de SACLAY, prévue pour l'exploitation de la boucle.

2.1.1.4 — *Essais*

Des essais de mise au point de la pompe, de la mesure de débit, de l'ensemble de la boucle précèdent la réception de la boucle et sont conduits avec la participation de l'équipe de techniciens du S. P. C. A. de SACLAY.

2.1.1.4.1 — *Essais et mise au point de la pompe*

En juillet 1962 la technologie des pompes pour véhiculer le terphényle (à P-40 kg/cm² et T = 450 °C) est encore au stade expérimental et le seul matériel dont nous sommes alors

sûrs, est la pompe centrifuge à presse-étoupe de la société Salmson mise au point par notre Bureau d'Etudes sur le banc d'essai du L. C. R. PROGIL et sur les boucles « A » et « BLO 3 » du CENG/CEA. Malheureusement Salmson ne peut pas, à cette époque fournir une pompe entièrement en acier inoxydable. Notre choix se porte donc sur un matériel comparable de la Société Guinard.

Le choix de la garniture à étoupe plutôt que celui de la garniture « Mecanic » est conditionné par le fait que les études sur SR_3 doivent amener l'introduction de particules métalliques dont on ignore quelle peut être leur action sur la garniture mécanique.

L'étanchéité au presse-étoupe est donc obtenue par le refroidissement important de celui-ci pour amener les fuites de terphényle à l'état pâteux et réduire ainsi leur débit.

Dès réception de la pompe, celle-ci est essayée pour juger de ses bonnes conditions de fonctionnement. Malheureusement, c'est le début d'une longue série de mises au point du fait de la mauvaise adaptation des jeux (entre rouet et volute) aux conditions de fonctionnement, d'une réalisation défectueuse du palier de la pompe pour un équilibre correct de l'arbre.

Une fois ces difficultés écartées, nous réalisons des essais de longue durée pour éprouver l'étanchéité du presse-étoupe aux conditions nominales de fonctionnement ($450\text{ }^\circ\text{C}$, 25 kg/cm^2).

Après quelques heures de rodage nécessaire, la fuite du presse-étoupe est en moyenne de 30 g/heure , ce qui est satisfaisant pour des essais de 100 heures sur une charge totale de la boucle de 25 à 30 kg.

2.1.1.4.2 — Essais et mise au point de la mesure de débit

La mesure de débit prévue par le projet était effectuée par moulinet, type DE HAVILLAND. Par suite des difficultés déjà mentionnées (se reporter au paragraphe 1.1.2.3), la mesure du débit est finalement réalisée par mesure de la pression différentielle sur un diaphragme.

2.1.1.4.3 — Essais sur l'ensemble de la boucle et de l'armoire de contrôle

Les mises au point précédentes ainsi que des essais de longue durée à $T = 450\text{ }^\circ\text{C}$ et $P = 25$ à 30 kg/cm^2 soit 93 h, 48 h, 28 h, 24 h (non compris les temps de montée en température) nous permettent d'apprécier le bon fonctionnement des différents éléments de la boucle et de l'armoire de contrôle, en particulier :

- Réchauffage — traçage, contrôle des T^0 , régulation.
- Températures fluides — mesure, régulation, sécurités.
- Chaudières — régulation, sécurités.
- Pression — circuit de pressurisation, mesure, régulation, sécurités.
- Niveaux — tenue mécanique.
- Vannes — tenue mécanique.
- Filtres — efficacité.

2.1.2 — Cellule d'irradiation

2.1.2.1 — *Projet initial*

Les caractéristiques de la cellule définies par l'avant-projet sont les suivantes :

- \varnothing de la fenêtre : 15 mm ;
- longueur du canal : 20 mm ;
- \varnothing hydraulique : 5 mm ;
- longueur utile : 215 mm ;
- vitesse du fluide : 2 à 8 m/sec ;
- pression : 20 à 40 kg/cm^2 ;
- température maximale de la paroi : $550\text{ }^\circ\text{C}$;

— fonctionnement possible soit en isothermes, soit avec gradient thermique. Un chauffage homogène doit être réalisé sur la surface de transfert thermique.

Le canal doit être démontable pour permettre l'inspection et le changement de la surface de transfert.

Etudes et essais du projet initial

La cellule étant de forme parallélépipédique et démontable nous procédons d'abord à l'étude du joint. Les essais relatifs à ce problème sont pleinement satisfaisants.

Le deuxième problème est celui de la fenêtre d'irradiation ; il est résolu suivant le montage déjà réalisé pour SR_2 .

L'étude du chauffage de la surface de transfert thermique pour obtenir un flux de 100 W/cm^2 donne plus de difficultés ; si bien que la conception d'une telle cellule est remise en question.

2.1.2.2 — *Deuxième conception de la cellule d'irradiation*

Un deuxième projet s'inspirant des réalisations effectuées par le Service des Transferts Thermiques du C. E. N. G./C. E. A. pour la boucle A est adopté et réalisé en collaboration avec ce même Service.

Cette cellule est décrite au paragraphe 2.2.1.4. Elle permet des flux jusqu'à 150 W/cm^2 .

2.1.3 — **Essai de réception**

L'essai de réception a lieu les 9 et 10 décembre 1963. Il a été effectué à LYON en présence d'un représentant d'EURATOM.

Le tableau de la page 14 donne les conditions dans lesquelles l'essai s'est déroulé et les performances établies pour les caractéristiques principales de la boucle.

A cette occasion, le fonctionnement de tous les éléments de la boucle a été vérifié dans le détail.

2.2. — **Description**

Nous décrivons l'installation SR_3 au moment de la réception du 10 décembre 1963 au L. C. R. PROGIL, c'est-à-dire dans sa réalisation pour l'exploitation sous l'accélérateur MASSIOT du S. P. C. A. de SACLAY.

Cet ensemble comprend d'une part la boucle construite sur un châssis mobile qui permet son déplacement et son implantation sous l'accélérateur, d'autre part, une armoire de contrôle et de commande également sur chaîne mobile.

2.2.1 — **Boucle d'irradiation**

Le plan N° 795 donne le schéma de l'installation qui comprend :

- Un bac jouant le rôle de réservoir de stockage, de vase d'expansion et de dégazeur.
- Une pompe centrifuge.
- Des chaudières électriques.
- La cellule d'irradiation.
- Une mesure de débit.
- Un échangeur eau-terphényle.
- Une vanne de réglage.
- Deux filtres en parallèle.
- Un pressuriseur.
- Une capacité servant de niveau haut.

ESSAI DE RECEPTION SUR LA BOUCLE SR₃

Durée (heures)	Pression kg/cm ²	Température fluide (°C)	Température paroi (°C)	Δ T paroi fluide	Flux W/cm ²	Débit (m ³ /h)	Puissance chaudière (kw)	Puissance cellule (kw)	Point de consigne de réchauffage (°C)
2 h	0	20 à 200	20 à 200		0	0	0	0	200 (1)
2 h 30'	20	200 à 350			0	4,5	7		150 (2)
0 h 30	25	350 à 400	395 à 496		18 à 80	4,6	7	montée progressive de 0 à 10	150
4 h 30'	25	400	500	100	80	4,7	6 à 8 (3)	10,8	150
19 h	28	450	500	20	18 à 26	4,7	6 à 8 (3)	2,5 à 3 6	150
1 h 30'	28	375	500	125	100	4,5	6 (3)	13,8	150

- 1) La puissance mise en jeu pour l'ensemble du préchauffage est de 15 kw sous 200 V.
- 2) En cours de fonctionnement de la boucle le réchauffage n'agit que pour les seuls circuits où le fluide ne circule pas, si le point de consigne est inférieur à T fluide.
- 3) La chaudière réglée par l'autotransformateur régule sous l'action du MECI la température à l'entrée de la cellule.

Nota — Les pertes thermiques de la boucle sont évaluées à 11 kw maximum.
Les besoins en eau de la boucle sont de 3 m³/h maximum.

2.2.1.1 — Bac d'alimentation

D'une capacité de 25 litres ce réservoir est placé au point bas de l'installation et joue le rôle à la fois de bac d'alimentation, de vase d'expansion et de pressuriseur.

Ce bac construit pour travailler à P = 40 bars — T = 450 °C a été éprouvé à froid à 60 bars.

Ce bac est équipé d'un niveau à glace M. I. P. Un thermocouple Te 5 donne sur enregistrement la température du fluide dans le bac.

Le remplissage de ce bac se fait par pressurisation d'un fût de 200 litres, placé sur berceau chauffant et raccordé à la boucle par une tubulure mobile préchauffée, le contrôle de remplissage se fait sur le niveau.

Le remplissage de la boucle se fait en pressurant le bac.

2.2.1.2 — Pompe centrifuge

La pompe centrifuge de fabrication Guinard, est à garniture à tresse.

- Vitesse 2850 tr/mn.
- Débit horaire 5 m³/h.
- Hauteur manométrique totale : 25 m.
- Puissance absorbée : 1,09 CV.
- Moteur : 3,4 CV.

La garniture est constituée par :

- Une tresse d'amiante graphitée.
- De la bourre d'Allpax N° 2.
- Une tresse graphitée.

Une garniture nouvelle demande un rodage de quelques heures pendant lequel il est nécessaire de contrôler le serrage du presse-étoupe et le refroidissement de la boîte à étoupe.

Au droit de la garniture l'arbre de la pompe est muni d'un fourreau stellité pour éviter l'usure de ce dernier. En effet on obtient l'étanchéité la plus parfaite en gelant le terphényle dans la garniture, ce qui provoque un frottement important.

Chaque conditionnement de fonctionnement en température demande un réglage du refroidissement sur la boîte à étoupe.

Le débit d'eau maximum est de 2 m³/h.

Par ailleurs, le palier et le socle de la pompe sont également refroidis.

Un manomètre indique la pression au refoulement de la pompe.

2.2.1.3 — Chaudières

Les chaudières sont au nombre de trois. Chacune d'elles est constituée par un tube de 50/60 à l'intérieur duquel est logé un tube en doigt de gant de 33/42 renfermant les résistances chauffantes.

Il est possible de retirer un ensemble de résistances chauffantes sans arrêter la circulation du fluide. Il est également possible après arrêt et vidange de l'installation, de démonter les doigts de gant pour examiner la surface d'échange thermique.

La puissance totale installée sur chacun des doigts de gant est de 3 kw. Mais cette puissance est répartie de la façon suivante :

- 1/3 de la puissance de chaque élément est monté en parallèle sur un autotransformateur qui permet un réglage de 0 à 3 kw.

Cet ensemble est appelé chaudière N° 1.

- 1/3 de la puissance de chaque élément est monté en triangle en tout ou rien et constitue la chaudière N° 2.
- 1/3 de la puissance est monté d'une manière identique au N° 2 et constitue en tout ou rien la chaudière N° 3.

Le paragraphe 2.2.2 décrit la mise en œuvre et le contrôle de cette puissance.

2.2.1.4 — Cellule d'irradiation

Cette cellule est réalisée suivant le plan N° 796 et comprend :

a) Fenêtre d'irradiation

Un ensemble extérieur comportant la *fenêtre d'irradiation* peut être raccordé au circuit par un système de brides. Il est monté sur un support qui permet son positionnement et évite toute déformation de la fenêtre en cours de manipulation ou de serrage.

La fenêtre est réalisée en une épaisseur 3/10 de mm. pour permettre une utilisation optimale de l'énergie du faisceau d'électrons tout en conservant une bonne résistance mécanique. Elle est usinée sur une longueur de 30 mm dans la partie centrale d'un tube de 27/35 en Inconel. Ce tube est soutenu par un fourreau qui comporte une ouverture au droit de la fenêtre pour le passage du faisceau.

La fenêtre d'irradiation ainsi décrite a subi avant son montage sur la boucle les épreuves suivantes :

50 heures à 400 °C et 40 kg/cm² de pression ;

50 heures à 450 °C et 40 kg/cm² de pression.

b) Noyau chauffant

Un élément appelé noyau chauffant est introduit à l'intérieur de l'ensemble décrit plus haut pour donner au fluide une section de passage annulaire $\varnothing_H = 5$ mm.

Ce noyau chauffant est constitué par un tube inox $\varnothing 21/22$ parfaitement centré à l'intérieur du tube $\varnothing 27/35$ et chauffé par effet joule direct, l'amenée de courant s'effectuant par un barreau de cuivre intérieur au tube et fretté à une extrémité de celui-ci, le retour par un embout en cuivre fretté à l'extérieur du tube à son autre extrémité.

L'isolation entre le barreau et le tube est réalisée par un revêtement de zircone qui joue également le rôle de support du tube 21/22 soumis à la pression extérieure.

Deux thermocouples sont soudés à l'intérieur du tube 21/22 pour donner la température de la paroi chauffante au droit du faisceau d'irradiation et dans le tiers aval de la section circulaire (point de température plus élevé en l'absence de rayonnement).

Ce noyau chauffant a été mis au point et construit en deux exemplaires par le Service des Transferts Thermiques du C. E. N. G./C. E. A. Ces deux ensembles, ainsi que la fenêtre d'irradiation ont fait l'objet d'épreuves avant leur livraison.

Les conditions moyennes de fonctionnement ont été les suivantes :

- Débit : 3,47 m³/h.
- Vitesse dans le canal : 5 m/s.
- Flux : 115 W/cm².
- Intensité : 1580 A.
- Tension : 9,9 V.
- Pression statique : 26 kg/cm².
- Température fluide : 370 °C.
- Température paroi : 470 °C.
- Durée : 32 h.

Un flux maximal de 145 W/cm² a été obtenu pendant quelques minutes, celui de 133 W/cm² maintenu pendant cinq heures.

Le tableau de notre page 14 donne les performances établies par cette cellule lors de l'essai de réception :

Flux 100 W/cm² $T_p = 500$ °C.

$T_f = 375$ °C.

2.2.1.5 — *Détection de débit*

a) Diaphragme

La détection du débit se fait par diaphragme. Celui-ci est calculé et construit suivant la norme AFNOR X 10 101. septembre 1949.

Il est situé en aval de la cellule avec en amont et aval les longueurs de tranquillisation nécessaires. Les prises de pression diaphragme vers le détecteur sont dirigées vers le bas pour éviter, en cours de fonctionnement, une accumulation de gaz dans les chambres du détecteur de pression. Chacun de ces conduits de liaison porte un robinet qui permet d'isoler les chambres du détecteur et, par l'intermédiaire d'un by-pass, de faire le zéro de l'appareil en cours de fonctionnement de la boucle.

b) Détecteur transmetteur de pression différentielle

Il s'agit d'une chaîne de pression différentielle « SWARTOUT » de Elliott-Automation.

Elle comprend :

- Un transmetteur de pression différentielle type D 2 T, dont la détection est convertie en un signal électrique ce qui donne une transmission instantanée.

La pression différentielle agit sur une membrane en téflon. La force qui en résulte est transmise et réduite au moyen d'une série de leviers élastiques lesquels provoquent le déplacement du noyau d'un transformateur différentiel faisant ainsi varier la tension de sortie.

- Un indicateur électronique avec indication par une aiguille se déplaçant de 270° pour une échelle de 0 à 100 %. Cet indicateur est situé au tableau et décrit au paragraphe 2.2.2.2.5.

Les caractéristiques du transmetteur sont les suivantes :

- gamme de pression différentielle :
minimum 0 — maxima 0,5 à 5 mH₂O ;
- pression maxima de service 105 kg/cm² ;
- volume des chambres de pression HP : 15 cm³ ;
BP : 26 cm³ ;
- réglage du zéro et réglage de la gamme ;
- précision $\pm 0,5$ % de l'échelle totale ;
- fidélité 0,1 % ;
- spécifications électriques : entrée 1 VA sous 115 V. 50 Hz,
sortie 0 à 0,436 V.

Le transmetteur a été réglé pour $\Delta p = 100$ g à 100 % pour un fonctionnement à la température de 120 °C.

Le transmetteur est tracé électriquement à l'extérieur.

Un thermocouple situé à l'intérieur de la chambre HP permet, sur le système général de préchauffage, de réguler la température du transmetteur avec point de consigne de 120 °C.

Les chambres du transmetteur sont pourvues de robinets pointeau pour permettre la purge lors du remplissage et en fin d'expérimentation.

2.2.1.6 — Vanne de réglage du débit

La vanne de réglage du débit est située en aval du diaphragme. C'est une vanne manuelle prévue pour être commandée par téléflex. Le corps, le siège et le clapet ont été réalisés par nos soins, la tête de commande est celle d'un robinet Selfa à étanchéité par soufflet.

Le débit maximum de la pompe sur la boucle est de 4,5 m³/h. Les essais de réglage permettent de constater la stabilité du débit à tous les paliers situés entre le débit maximum et le débit minimum (1,8 m³/h).

La vanne de réglage est construite de telle sorte qu'en fin de course à la fermeture, elle permet un débit minimum qui assure une sécurité de circulation sur les chaudières et le noyau chauffant ; ceci dans le cas d'une mauvaise manipulation sur la fermeture de la vanne.

2.2.1.7 — Echangeur

Situé en aval de la cellule, entre le diaphragme et la vanne de réglage, un échangeur permet de dissiper le surplus de puissance fournie par la cellule à son régime maximum, et non évacué par les pertes thermiques normales de la boucle :

- Pertes de la boucle évaluées à 11 kw.
- Puissance maximum de la cellule 15 kw.

Cet échangeur est réalisé par trois tubes de cuivre 6/8 enroulés sur 1.2 m de conduite et noyés dans le thermon.

Chaque tube peut être alimenté séparément.

2.2.1.8 — *Filtres*

Deux corps de filtres montés en parallèle, isolables et by-passables, sont situés sur le circuit avant le retour du fluide au bac.

Pour l'ensemble nous avons huit cartouches filtrantes en boral inox C d'Ugine de calibres suivants :

- 2 bougies \varnothing 46-50 \times 300 classe 03C Seuil de filtration (3 μ) ;
- 2 bougies \varnothing 46-50 \times 300 classe 05C Seuil de filtration (8 μ) ;
- 2 bougies \varnothing 46-50 \times 300 classe 07C Seuil de filtration (14 μ) ;
- 2 bougies \varnothing 46-50 \times 300 classe 15C Seuil de filtration (28 μ) ;

Les cartouches filtrantes se nettoient par vibration dans un bain de benzène. Par ailleurs, un traitement thermique réalisé chez le fournisseur peut redonner au fritté sa perméabilité normale.

2.2.1.9 — *Prise d'échantillon*

Un robinet trois voies situé en by-pass sur la vanne de réglage permet l'adaptation d'une bouteille d'échantillons de 100 cm³. Cette capacité est pourvue de robinets permettant de faire le vide avant la prise de l'échantillon et de récupérer ensuite le produit sans aucun contact avec l'air.

2.2.1.10 — *Pressuriseur*

Cette capacité située en haut de l'installation est constituée par un simple tube de 60/64 pour permettre le raccordement des différentes tuyauteries par raccord Braun :

— Arrivée de l'azote de pressurisation.

Cette conduite est reliée au flexible qui relie l'armoire et la boucle pour véhiculer l'azote.

Une vanne Prolabo VN 12 permet l'isolement de la pressurisation.

Une vanne Prolabo VN 5 munie d'une microfuite réglable assure un débit d'azote continu de l'alimentation vers la boucle pour éviter des condensations de terphényle chaud dans le flexible.

- Un départ vers une électrovanne EV de décharge vers l'atmosphère qui régule la pression à partir d'un détecteur situé sur la rampe d'alimentation.
- Un départ vers une soupape de sécurité tarée à 35 kg/cm² et munie d'un disque de rupture à 35 kg/cm².
- Un départ vers le bac d'alimentation qui permet le remplissage de la boucle et la pressurisation constante. Ce circuit peut être isolé en VN 6, si l'on veut pressuriser par le haut.
- Un départ vers le point haut de l'installation pour permettre l'équilibrage des pressions pour la vidange ou si l'on veut la pressurisation vers le haut.

2.2.1.11 — *Niveau supérieur*

Ce récipient ne sert que lors du remplissage de la boucle, c'est le point haut de l'installation. Il est muni de deux regards en pyrex qui permettent de surveiller le remplissage de la boucle. Si une défaillance apparaissait pour le verre pyrex les regards pourraient être remplacés par des tampons pleins, existants, et le niveau serait contrôlé par deux thermo-

couples situés dans l'enceinte : les indications qu'ils donnent si l'un est situé dans la phase liquide, l'autre dans la phase gazeuse, sont suffisamment différentes pour l'indication attendue. Ces deux thermocouples sont enregistrés.

2.2.1.12 — *Robinetterie*

Sur le fluide la robinetterie équipant la boucle est de fabrication Selfa, avec étanchéité réalisée par soufflet ; elle comprend :

- 7 robinets type D 20 non compris la vanne de réglage ;
- 12 robinets type K 12.

Sur l'azote à l'alimentation, les robinets sont de Prolabo.

Sur l'eau, les robinets sont du type courant.

2.2.1.13 — *Joints — Boulonnerie — Raccords*

Les joints sont du type ARMCO strié pour les brides à double emboîtement.

La boulonnerie est en acier 35 CD4 traité 110-130 kg.

Dans de nombreux cas nous avons utilisé les raccords Braun, d'un dimensionnement plus réduit que les brides et d'un démontage plus rapide.

2.2.1.14 — *Réchauffage et contrôle des températures*

a) Cordons chauffants.

Le réchauffage de l'installation est réalisé suivant les schémas de repérage N^{os} 797 et 798.

Le cordon électrique blindé utilisé est du Sodern, type 1 NCI 20.

Chaque circuit de réchauffage qui comprend des éléments de tuyauterie ou d'appareils démontables, est réalisé en plusieurs tronçons entièrement indépendants au point de vue fonction. Les branchements électriques en série, pour réaliser le circuit en question, se font à l'intérieur de goulottes métalliques sur lesquelles chaque cordon chauffant est raccordé par des prises type « Socapex », étanches à l'humidité, qui tout en assurant une rigidité à la connexion, permettent un démontage rapide du branchement et par ailleurs de l'élément de la boucle que l'on désire enlever.

L'ensemble des cordons de réchauffage, ainsi que les câbles d'alimentation des chaudières et du moteur de la pompe sont ainsi reliés à une filerie souple qui, sous goulottes métalliques, rejoint un coffret central de raccordement fixé sur l'unité. La liaison de ce coffret à l'armoire de contrôle est réalisée par trois câbles multiconducteurs, chacun de 12 m de longueur. Le raccordement de ces câbles est débouchable sur le coffret central de l'unité, grâce à des prises type « Souriau » maintenues rigides en position de fonctionnement. Côté armoire, les câbles sont fixés, et directement reliés aux contacteurs.

b) Contrôle du réchauffage

Le contrôle des températures de paroi est réalisé par vingt thermocouples (Chromel — Alumel sous gaine silicone) brasés sur les appareils. Ces couples repérés sur le plan N^o 795 ont leurs « soudures froides » dans deux enceintes thermostatées (42 °C) situées dans un coffret, près du coffret central précédemment décrit. La liaison unité-tableau est ensuite réalisée par un câble multiconducteur cuivre, débouchable du côté unité (prise Souriau) et relié côté armoire sur le platine des relais.

Les thermocouples seront successivement contrôlés par un pyrectron type CORECI comme décrit au paragraphe 2.2.2.1.

c) *Températures fluides*

Douze thermocouples fluides, repérés Te sur le plan N° 795 sont réalisés avec les câbles Sodern 2 ABAC 20. Au moyen de raccords vissés ils plongent directement dans le fluide puis ils sont reliés à travers des microfiches Sodern à un toron de câbles de compensation qui va de l'unité au tableau de contrôle où les thermocouples sont distribués sur les prises débrochables du pyromètre-potentiomètre enregistreur (MECI).

2.2.1.15 — *Calorifuge*

L'ensemble de l'installation est entièrement calorifugé par des coquilles d'Isolamiente, lesquelles sont recouvertes de tôle galvanisée.

Toutes les parties démontables de la boucle sont calorifugées par des boîtiers, démontables eux aussi, garnis de laine de roche.

2.2.2 — *Armoire de contrôle et de commande*

2.2.2.1 — *Puissance*

Nous avons indiqué au chapitre précédent, les liaisons qui existent entre l'unité et l'armoire de contrôle et de commande. Celle-ci comprend l'ensemble des contacteurs et des relais servant à l'alimentation des éléments de puissance de la boucle. L'alimentation électrique de l'armoire est prévue de trois manières distinctes :

a) *Puissance* : 220 V — 50 Hz, triphasé, puissance 13,5 kW

soit : chaudière : 9 kW
pompe : 2,5 kW
armoire : 2 kW

b) *Réchauffage* : 200 V — 50 Hz, triphasé, puissance : 15 kW.

Cette puissance est maximum durant le démarrage du réchauffage de l'installation. Dès que la régulation intervient cette ligne est essentiellement déséquilibrée.

Nous avons prévu son alimentation en 200 V. maximum pour préserver les cordons électriques blindés des surtensions néfastes au niveau des jonctions des sorties froides. Durant tous les essais effectués dans nos laboratoires cette ligne était alimentée par un régulateur de tension sur la plage 150-220 V. Un voltmètre au tableau permet de contrôler cette tension.

c) *Cellule* : 380 V — 50 Hz — monophasé — puissance max. 20 kW.

Cette ligne alimente, à travers un contacteur de commande, un autotransformateur réglable de 0 à 380 V — 60 A, placé près de l'armoire de contrôle et qui alimente à son tour un transformateur basse tension (380/12 V — 0 à 1670 A) placé à proximité de la cellule.

La liaison transformateur BT cellule est réalisée par des barres de cuivre 80×5 , puis par des tresses souples.

2.2.2.2 — *Commande, Contrôle et Mesure*

Sur la face avant de l'armoire sont disposés tous les boutons de commande des différents éléments de la boucle ainsi que les appareils de mesure, et les voyants de contrôle et d'alarme.

Nous décrivons ce matériel suivant les différentes fonctions :

- Réchauffage.
- Chaudières.
- Cellule.

- Températures fluides.
- Débit.
- Pression.
- Alarmes diverses.

2.2.2.2.1 — Réchauffage

Vingt ampèremètres à cadran lumineux permettent le contrôle de chacun des circuits de réchauffage, l'ampérage de chaque circuit a été repéré à la mise en service.

Les couples de paroi décrits au paragraphe 2.2.1.14 b) sont scrutés à tour de rôle par un combinateur qui permet un contrôle de chaque circuit toutes les trois minutes. Pour le circuit contrôlé, l'ampèremètre correspondant s'allume et l'indication de température ainsi que la régulation se font sur un galvanomètre indicateur régulateur, type Pyrectron CORECI :

- graduation 0-600 °C ;
- résistance extérieure 30 Ω ;
- index régulateur et index d'alarme.

L'index d'alarme pour une température de paroi trop basse empêche ou coupe l'alimentation de la pompe.

Pour permettre l'utilisation du circuit de réchauffage, comme appoint à la puissance des chaudières, pour une montée plus rapide à 450 °C, nous avons prévu la mise « hors service », indiquée par voyant lumineux, de cette sécurité basse température. En effet, si l'on porte le point de consigne des circuits de réchauffage à $T = 350$ °C l'alarme basse température ne peut se trouver à plus de 100 °C au-dessous.

Or les circuits des détecteurs de mesure (pression différentielle, manomètres) sont construits pour ne pas dépasser 120 °C, donc ils déclenchent la sécurité basse température qui agit sur l'arrêt de la pompe.

2.2.2.2.2 — Chaudières

a) Commande

Les chaudières permettent la montée en température du fluide. Elles sont construites suivant la description du paragraphe 2.2.1.3. Ces chaudières ne sont pas pourvues du réchauffage classique. Ce dernier est réalisé grâce à la chaudière 1 que l'on dose à 60 % de sa puissance.

La mise en marche des chaudières se fait de la manière suivante :

Chaudière 1 : pour que le contacteur soit enclenché il faut que l'autotransformateur soit au zéro. Ensuite on dose la puissance à la valeur voulue.

Chaudière 2 : pour la mise en route de cette chaudière, il faut que la chaudière 1 soit amenée à sa puissance maximum puis ramenée à zéro. La chaudière 2 est portée d'un coup à la puissance 3 kw.

Chaudière 3 : même opération, la chaudière 1 doit être amenée à son maximum, puis ramenée à zéro avant de pouvoir mettre en service les 3 kw de la chaudière 3.

b) Régulation

La régulation de la puissance apportée au fluide est réalisée à partir du couple Te 1 situé à l'entrée de la cellule d'irradiation. Cette régulation est réalisée par le potentiomètre enregistreur (paragraphe 2.2.2.4) ; elle n'agit que sur la chaudière 1, en tout ou rien, pour le dosage choisi sur l'autotransformateur. Les chaudières 2 et 3 sont mises en service suivant le niveau de température choisi pour le fonctionnement de la boucle ou la puissance mise en œuvre sur la cellule d'irradiation.

c) *Sécurités et alarme*

Les chaudières 2 et 3 ont leur fonctionnement interdit ou arrêté par les sécurités suivantes :

- alarme température basse sur le réchauffage ;
- arrêt de la pompe ;
- température haute sur le fluide (MECI) ;
- détecteur de Burn Out — température haute sur la paroi de la cellule.

2.2.2.2.3 — *Cellule*

a) *Mesure*

Le dosage de la puissance sur la cellule se fait manuellement par l'autotransformateur décrit au paragraphe 2.2.2.1 c). Cette puissance est contrôlée sur un wattmètre placé sur le tableau alimenté par les transformateurs de mesure suivants :

- TI : placé sur les barres de cuivre du secondaire du transformateur basse tension, le TI a plusieurs rapports de transformation pour donner une mesure de puissance plus précise dans la plage de fonctionnement choisie : 1500 — 750 — 500 — 375/5 A.
- TU : 12/100 V branché aux bornes de la cellule.

Wattmètre : type Marine E 508 Chauvin et Arnoux — 5 A — 100 V graduation 0 — 500 W.

b) *Sécurités — Alarmes*

Des deux thermocouples soudés sur la paroi chauffante de la cellule, l'un est envoyé sur l'enregistreur MECI, l'autre sur un « Détecteur de Burn Out ».

Le couple enregistré est soumis à l'alarme et sécurité haute température du potentiomètre enregistreur. Cette sécurité coupe ou interdit la marche de la cellule et agit sur l'alarme sonore.

Le détecteur de Burn Out est réglé à un seuil de température choisi avant la mise en fonctionnement de la cellule. Il doit être réarmé après chaque fonctionnement de sa sécurité. Cette sécurité agit sur la coupure de l'alimentation de la cellule et sur l'alarme sonore. Le détecteur de Burn Out est une construction du Service des Transferts Thermiques du C. E. N. G. du C. E. A.

2.2.2.2.4 — *Températures fluides*

Les températures fluides sont enregistrées sur le potentiomètre MECI. Seule la température du fluide Te 1 à l'entrée de la cellule agit sur la régulation des chaudières.

Toutes les températures enregistrées sont soumises à la sécurité et alarme haute température.

MECI : type Speedomax — 12 directions

graduation 0 — 600 °C — Couples Ni Cr allié.

Les thermocouples fluides ont été étalonnés après un vieillissement de 48 heures à 450 °C.

2.2.2.2.5 — *Débit*

a) *Mesure*

La chaîne de transmission de pression différentielle décrite au paragraphe 2.2.1.5 envoie son signal de sortie 0 à 0,436 volts sur l'indicateur SWARTOUT situé sur le tableau. Un transformateur stabilisateur de tension alimente cette chaîne en 115 V — 50 c/s.

Indicateur : Cadran 80 mm — Rotation de l'aiguille 270°;
Précision 1 % ;
Sensibilité 0,1 % ;
Ajustement à deux positions : rapide ou lent.
Contacts d'alarme — haute et basse avec contacts normalement fermés.

Nota — Cet appareil étant venu en remplacement du moulinet, les deux contacts d'alarme existant sur cet indicateur ne sont pas branchés sur l'alarme sonore ou une sécurité. Ce branchement est possible.

b) Réglage

Le réglage du débit se fait manuellement comme décrit au paragraphe 2.2.1.6.

2.2.2.2.6 — *Pression*

Un manomètre sur tableau indique la pression d'alimentation en azote de la boucle.

Par ailleurs, trois pressostats situés sur la rampe d'alimentation à l'intérieur de l'armoire assurent les fonctions suivantes :

- Alarme haute pression — réglée à 30 kg/cm²
Alarme sonore et lumineuse.
- Régulation pression haute — commande l'électrovanne située sur le pressuriseur (paragraphe 2.2.1.10). Réglée entre 28,2 kg/cm² et 28 kg/cm².
- Régulation non installée sur l'alimentation en azote.

2.2.2.2.7 — *Alarme sur la pompe*

Un relais à maximum d'intensité donne une alarme sonore et lumineuse si un blocage de la pompe intervient.

Nota — Un inventaire du matériel a été fourni au C. E. A. lors de la remise de la boucle.

CHAPITRE 3 — BOUCLE SR₄

3-1 — Déroulement des travaux

La construction de cette boucle n'était pas initialement prévue au contrat. Elle a été envisagée à la demande d'EURATOM, à la fin du premier trimestre 1962 (Réunion EURATOM-C. E. A. - I. F. P.-PROGIL, tenue au C. E. N. Grenoble le 30.3.62).

Au cours de cette réunion, on admettait le principe de la construction d'une boucle fonctionnant sous accélérateur SAMES de 1,2 MeV et de 1,5 K. V. A. Cette boucle, de faible volume, devait permettre à l'I. F. P. d'étudier le comportement radiolytique de coupes pétrolières dont l'emploi, comme substituts aux terphényles est étudié au C. E. N. G.

On peut diviser le temps qui s'est écoulé à partir de cette date en 4 périodes :

- Etude préliminaire et conception
- Etude et essais préliminaires
- Montage
- Essais :
 - à Lyon après montage ;
 - au C. E. N. G. après installation.

Ces essais ont abouti à la réception de la boucle par EURATOM (1.10.63).

3.1.1 — Etude préliminaire de conception

Au cours de la réunion du 30.3.62, un certain nombre de caractéristiques de la boucle ont été définies.

Ces caractéristiques ont été étudiées et on fait l'objet d'un examen approfondi les 23 et 24 mai 1962, au cours d'une réunion regroupant les techniciens des différents organismes intéressés.

Les caractéristiques suivantes étaient adoptées :

- Température maxima : 400 °C.
- Pression maxima : 10 kg/cm².
- Volume fluide : 0,5 à 1,5 litre (par la suite, il était admis que le volume serait compris entre 1,5 et 2 litres).
- Etanchéité absolue non imposée (la fuite ne devait pas dépasser 100 cm³ en 40 h).

Le schéma de l'installation est représenté par le plan N° 325 a.

La boucle devait comporter les matériels suivants :

- une pompe SALMSON C. 30 T à presse-étoupe :
 - débit : 2 à 6 m³/h ;
 - hauteur de refoulement : 30 m.

Cette pompe présente un volume assez faible (600 cc) et la présence d'un presse-étoupe entraînant une faible fuite n'était pas jugée gênante.

- un dégazeur jouant également le rôle de vase d'expansion. Ce dégazeur était équipé de 4 piquages pour :
 - le remplissage ;
 - le dégazage ;
 - la pressurisation ;
 - la prise de pression.
- une cellule d'irradiation ayant les caractéristiques suivantes :
 - longueur : 200-250 mm ;
 - diamètre : 25-30 mm ;
 - épaisseur : 15/100.

La mise au point de cette cellule devait faire l'objet d'une étude et d'essais sur prototype (cf. 3.1.2).

- un détecteur de débit agissant sur une sécurité, dont le rôle est de couper l'alimentation de l'accélérateur ;
- une régulation de température fluide (± 3 °C) réglant la température d'entrée cellule.

Le chauffage électrique était assuré par résistances blindées.

L'implantation de la boucle dans la casemate des accélérateurs était également examinée.

3.1.2 — Etude et essais préliminaires

3.1.2.1 — Etude de la boucle

Cette étude était conduite pendant les mois de juin, juillet, août et septembre. Les plans étaient examinés par le Service des Accélérateurs qui prenait l'avis de la Commission de Sécurité du C. E. N. G.

Cette commission demandait notamment :

- l'adjonction d'une soupape tarée à 12 kg/cm², protégée par un disque de rupture ;
- l'isolement de la boucle par rapport à la bouteille d'azote de pressurisation par un robinet PROLABO ;
- l'action des sécurités température et débit sur :
l'arrêt du chauffage électrique (passage en régulation paroi),
l'arrêt de l'accélérateur.

3.1.2.2 — Cellule

L'étude a porté sur :

- la mise au point de la soudure du tube Tophet mince à deux embouts en inox, eux-mêmes soudés à deux brides qui permettent de raccorder la cellule au circuit (plan N° 1784) ;
- les essais de tenue mécanique de l'ensemble dans les conditions de température et de pression envisagées.

Une série de tests ont été effectués qui ont permis de conclure qu'on n'observait pas de déformation permanente de la cellule après un essai de 96 h à 400 °C et 10 kg/cm², suivi d'un essai de 70 h à 420 °C et 15 kg/cm²

Nota — Par la suite, à la demande du Service des Accélérateurs du C. E. N. G. on a diminué l'épaisseur du tube Tophet de la cellule ; cette épaisseur a été abaissée à 127/1000, ce qui entraîne une meilleure transparence aux électrons.

Cette cellule a été testée à 450 °C sous 10 kg/cm² pendant 4 h, puis sous 20 kg/cm² pendant 40 h. Le test a été satisfaisant.

3.1.2.3 — Dispositif de balayage du faisceau

L'étude et la construction de ce dispositif ont été effectuées au C. E. N. G. sous la direction du Service des Accélérateurs.

La cohabitation de la cellule et de ce dispositif a entraîné une adaptation de la cellule, afin de réduire au minimum l'épaisseur d'air comprise entre la fenêtre de l'accélérateur et la cellule.

3.1.3 — Construction — Montage

La construction et le montage de la boucle se sont déroulés pendant les mois de décembre 1962, janvier, février 1963.

Au point de vue planning, ce montage a été intégré avec celui de la boucle SR 3, qui se déroulait au même moment.

3.1.4 — Essais

- A LYON : avant livraison, la boucle a été essayée fin février et début mars. Les tests ont été effectués en présence de représentants du Service des Accélérateurs du C. E. N. G. et d'I. F. P.
- Au C. E. N. G. : après mise en place et raccordement, la boucle a été essayée, sous accélérateur, en vue de sa réception définitive.

Les essais-ci-dessous ont été effectués :

- *Réception provisoire*
19-21 mars sans irradiation sous l'accélérateur arrêté.
26-27 mars avec irradiation.

— Réception

Elle a été effectuée le 28 juin 1963 sous l'accélérateur arrêté.

3.2 — Description de la boucle

Constituée d'un circuit organique, très simple, sur lequel viennent se greffer des circuits secondaires, la boucle montée sur chariot métallique, se trouve dans la fosse de l'accélérateur. Elle est reliée par 2 câbles multi-conducteurs à l'armoire de régulation située dans la salle de contrôle du rez-de-chaussée.

3.2.1 — Chariot métallique

Le circuit organique est fixé sur un chariot monté sur roulettes lui permettant de se déplacer et de se loger exactement dans la position prévue sous l'accélérateur. Des crics le fixent dans cette position et permettent de présenter la cellule d'irradiation le plus près possible de la fenêtre de l'accélérateur.

Sur ce chariot en cornières métalliques, sont fixés également les boîtiers de raccordement, les boîtes thermostatées pour les couples Chromel-Alumel.

3.2.2 — Circuit organique

Le circuit organique a été conçu pour avoir un très faible volume ; il permet de tester des échantillons liquides de 1,750 litre.

Il est constitué :

- d'une pompe Salmson du type C 30 T AG 1 bis, assurant un débit de 2 à 6 m³/h sous une hauteur d'élévation de 30 m ;
- d'un dégazeur et d'une cellule d'irradiation ;
- d'un appareil d'alarme de débit trop faible ;
- des tubes série gaz renforcé en acier au carbone, étiré à froid, sans soudure, relie ces appareils entre eux (tubes 12 × 17 au refoulement ; tubes de 15 × 21 à l'aspiration) ;
- d'une cellule située sous le faisceau d'électrons, et montée entre brides. C'est un simple tube en Tophet de 127/1000 d'épaisseur, soudé selon un procédé mis au point en nos ateliers, à 2 embouts en inox eux-mêmes soudés à 2 brides (diamètre du tube 25,40).

La cellule est assez fragile et lors du montage ou du démontage, on risque de la déformer (vrillage notamment). Pour éviter cet incident, on l'a rendue solidaire d'une pièce massive en la serrant avec des boulons. Après montage, ces derniers sont desserrés afin d'éviter les contraintes consécutives à la montée de température.

3.2.3 — Circuit de remplissage et de vidange

L'orifice de vidange de la pompe a été utilisé à la fois pour le remplissage et la vidange de l'installation. Sur ce piquage est soudé un tube muni d'un appareil en forme d'entonnoir permettant le remplissage. Deux vannes Gachot isolent l'installation et le tube de remplissage.

3.2.4 — Pressurisation

La pressurisation est réalisée à partir d'une bouteille d'azote équipée d'un mano-détendeur permettant de pressuriser entre 1 et 20 kg/cm². On pressurise à la partie supérieure du dégazeur, c'est-à-dire au point haut de l'installation.

3.2.5 — Prise d'échantillon liquide

Un piquage sur le dégazeur par tube 4 / 8, plongeant dans la partie liquide, permet des prises d'échantillons au moyen de capsules métalliques étanches de quelques cm³ que l'on isole par des vannes Prolabo.

3.2.6 — Circuit d'eau

Le circuit d'eau est prévu pour refroidir le presse-étoupe de la pompe.

3.2.7 — Calorifuge

L'installation est soigneusement calorifugée. Les parties démontables sont équipées de coquilles qui pourront être démontées sans être détériorées. Un blindage en tôle galvanisée protège le calorifuge.

3.2.8 — Armoire de régulation

L'installation est commandée à distance par boutons poussoirs et rhéostats situés sur la partie frontale de l'armoire de régulation. Seuls les circuits d'eau et d'azote sont réglés dans la fosse de l'accélérateur au début de chaque manipulation.

Il est possible de régler à partir de l'armoire, les températures et de contrôler les débits en tout ou rien. La télévision permet de contrôler la pression indiquée par les manomètres et de surveiller la bonne marche de l'installation.

Les températures sont indiquées sur appareils indicateur CORECI ; des voyants lumineux correspondant aux différentes séquences d'alarme localisent instantanément les différents défauts.

A l'intérieur de l'armoire, sont groupés les appareils de régulation, genre rhéostats, transformateurs, etc... et tous les systèmes de relaiage.

Câbles de liaison

Des câbles multi-conducteurs relient l'unité à l'armoire.

Un 1^{er} câble de 30 m (24 conducteurs cuivre de \varnothing 12/10) transmet toutes les mesures de températures. On a jugé préférable de monter une boîte thermostatée reliée à l'armoire par câble cuivre blindé, plutôt que de revenir à l'armoire en câble de compensation.

Un second câble de 30 m (30 conducteurs cuivre \varnothing 16/10) alimente tous les câbles de chauffage.

Les liaisons de ces câbles sont du type à broche et se démontent instantanément.

3.2.9 — Mesures — Régulations — Sécurité

3.2.9.1 — Circuit organique — Pression

En marche normale, une soupape réglable (Grove) permet un dégazage régulier et l'envoi de ces gaz dans un compteur à gaz.

3.2.9.2 — Mesures

Les mesures sur le ciel gazeux du dégazeur se font par 2 manomètres Bourdon à séparateurs et contacts à maximum. Mesures par lecture directe grâce à la télévision.

3.2.9.3 — Régulation

Lorsque par suite de décomposition ou pour toute autre raison, la pression dépasse le 1^{er} point de consigne affiché sur un manomètre, un contact alimente une électrovanne et le dégazage se fait automatiquement tout en allumant le voyant « haute pression ».

3.2.9.4 — Sécurité

Si la pression augmente encore, le 2^e point de consigne déclenche les séquences d'alarme et de sécurité, qui sont les mêmes pour débit trop faible et température trop haute, à savoir :
— arrêt de l'accélérateur ;

- arrêt du chauffage ;
- arrêt de la pompe ;
- alimentation du relais clignotant et du klaxon.

Un bouton acquit arrête le klaxon et met le voyant en feu fixe.

Une seconde sécurité « trop haute pression » est montée en parallèle avec la 1^{re}. C'est une sécurité mécanique : elle se compose d'un disque d'explosion taré et d'une soupape de sûreté tarée également qui évacue les gaz dans une manche à air.

3.2.9.5 — Débit

- le débit n'est pas mesuré ;
- un voyant lumineux au tableau indique si la pompe fonctionne ou non ;
- une sécurité débit faible a été montée sur le circuit principal. En principe, cet appareil provoque l'arrêt de l'accélérateur et l'arrêt du chauffage par manque de débit.

Nota — Cet appareil ne fonctionnant pas, on a :

- mis une sécurité sur la pompe ;
- soudé un thermocouple sur la paroi de la cellule placée sous rayonnement.

3.2.9.6 — Températures

2 Coreci indiquent les températures, 1 Meci enregistre les températures entrée et sortie cellule. Ce Meci n'est pas régulateur ; il permet de connaître la T entrée-sortie cellule.

3.2.9.7 — Préchauffage

Toute l'installation est portée à 150 °C avant l'introduction du fluide. Préchauffage et chauffage sont réalisés par cordons Sodern NCI 10, 18 et 20 noyés dans un revêtement de Thermon.

Les températures sont prises sur les différents circuits par couples Chromel-Alumel, sur parois ou dans le fluide par doigts de gant étanches.

La régulation est obtenue par un Coreci régulateur qui alimente des relais correspondant aux circuits de chauffage.

Un Crouzet à 11 directions permet d'envoyer alternativement chaque température sur le Coreci et de contacter en même temps le relais correspondant. Chaque direction testée alimente le voyant correspondant à cette direction.

Un circuit, non prévu au départ, a été réglé par thermostats Fonwall, montés en séries sur les cordons chauffants.

Les appareils tels que régulateur de pression Grove, électrovanne, ne sont pas préchauffés, mais une partie ailetée les protège des surchauffes qui pourraient détériorer les sièges en téflon.

3.2.9.8 — Chauffage

Le chauffage permettant la montée en température à 400° est conçu sur le même principe.

La régulation se fait sur la 2^e plage du même Coreci et ceci en tout ou rien sur 3 contacteurs. Un seul circuit de 2,3 KW est réglable par auto-transformateur. Ce Coreci du type retardé évite tout battement sur la régulation. En fait, les contacteurs sont alimentés une à 2 fois par minute et la régulation s'effectue à $\pm 3^\circ$, ceci pour un point de consigne de 400°.

3.2.9.9 — Sécurité

Un second Coreci 2 plages permet de tester 5 températures en 5 points de la boucle. Il alimente les séquences alarme et sécurité en cas de dépassement du point de consigne par l'une quelconque des 5 directions.

3.2.9.10 — Débit d'eau

Le débit d'eau se règle manuellement. Un bon refroidissement du presse-étoupe de la pompe est nécessaire pour refroidir le terphényle circulant entre la chemise d'arbre et le presse-étoupe. La fuite de terphényle au presse-étoupe et le débit d'eau de refroidissement varient en sens inverse.

3.2.9.11 — Débit d'azote

En principe, il n'est pas nécessaire d'alimenter en permanence le ciel gazeux, la boucle étant pressurisée et isolée de l'alimentation en azote.

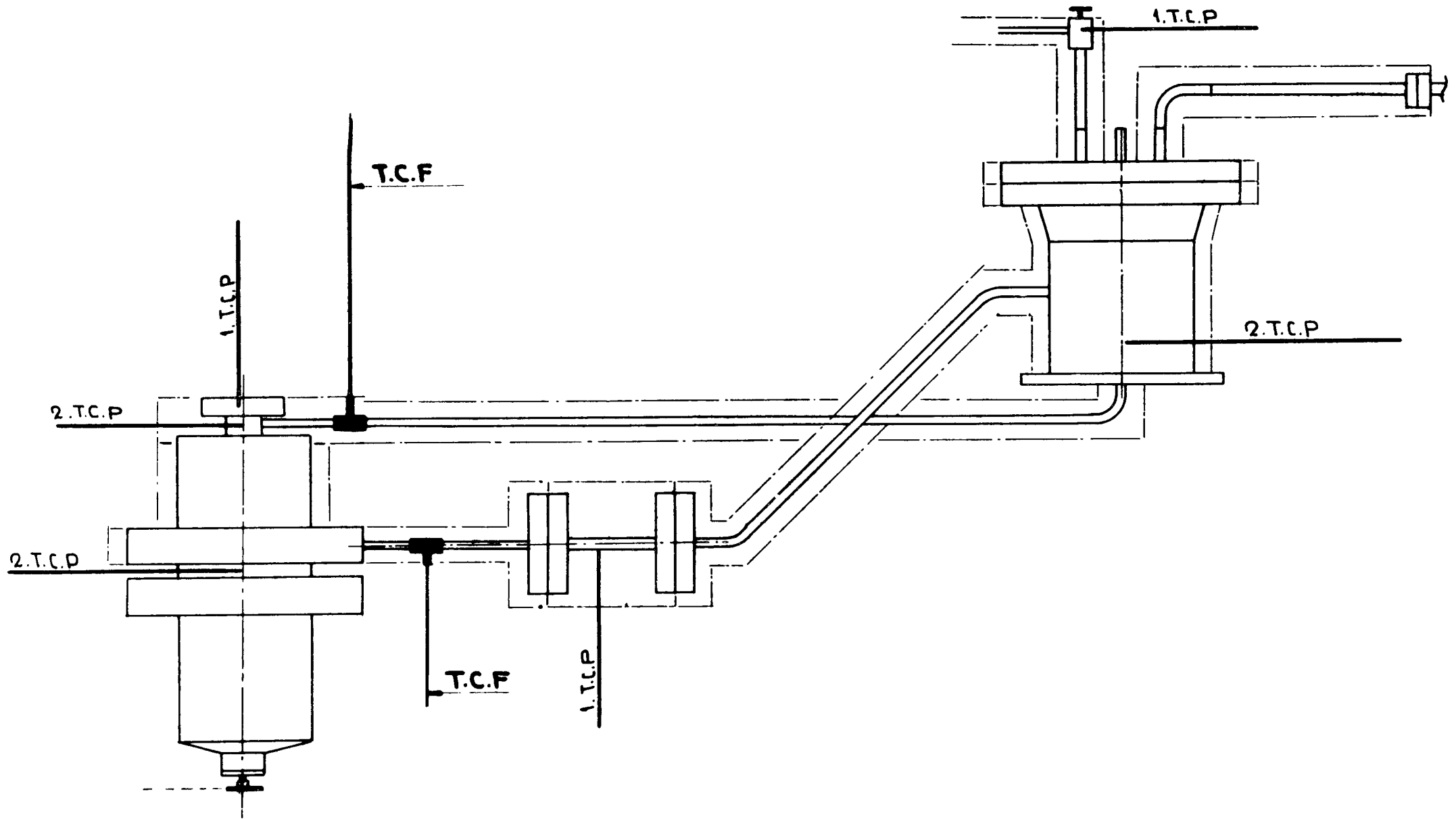


Fig. 1. — Boucle (ou) Electrons. Schéma de chauffage du circuit (plan n° 329).

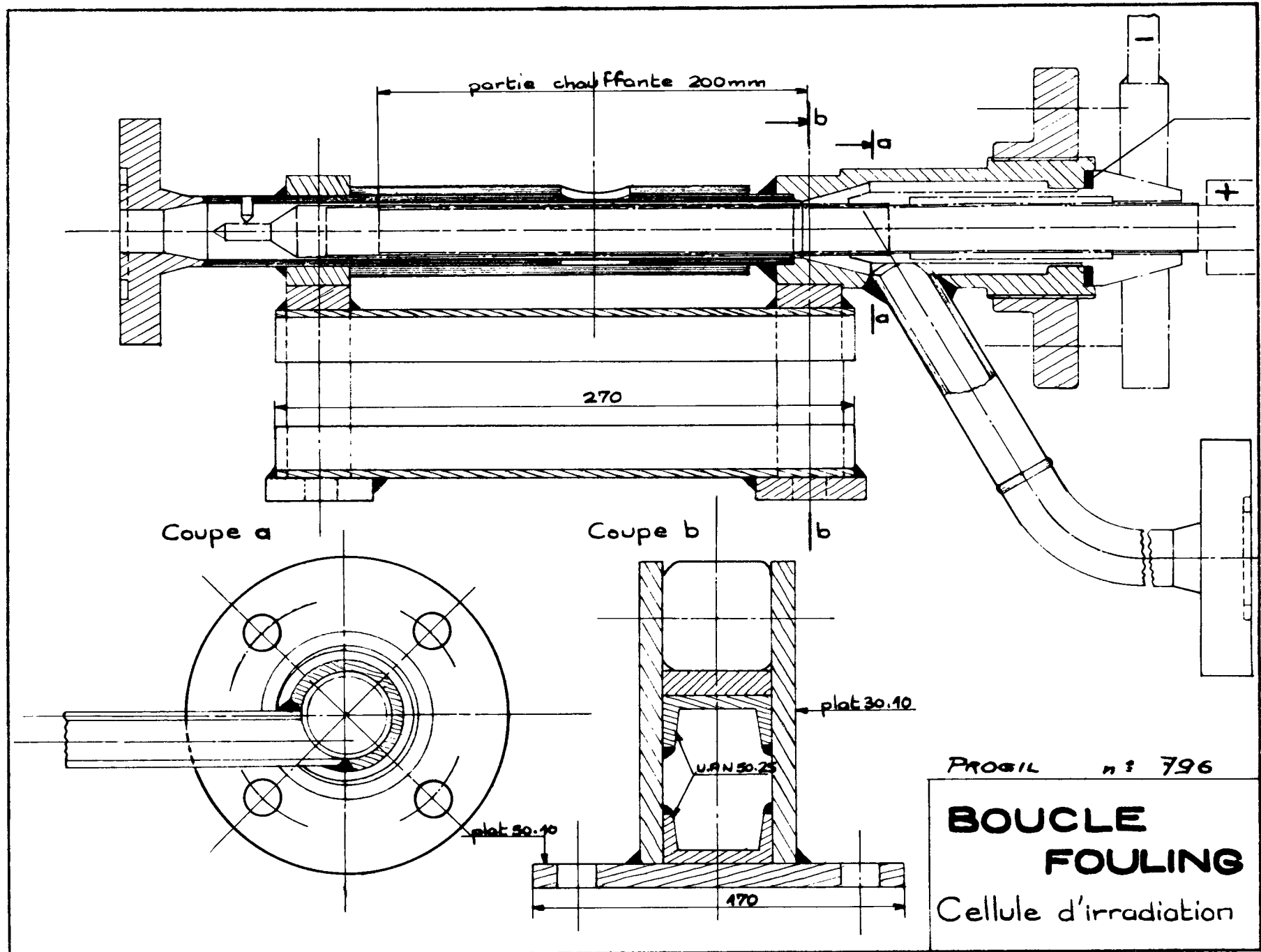
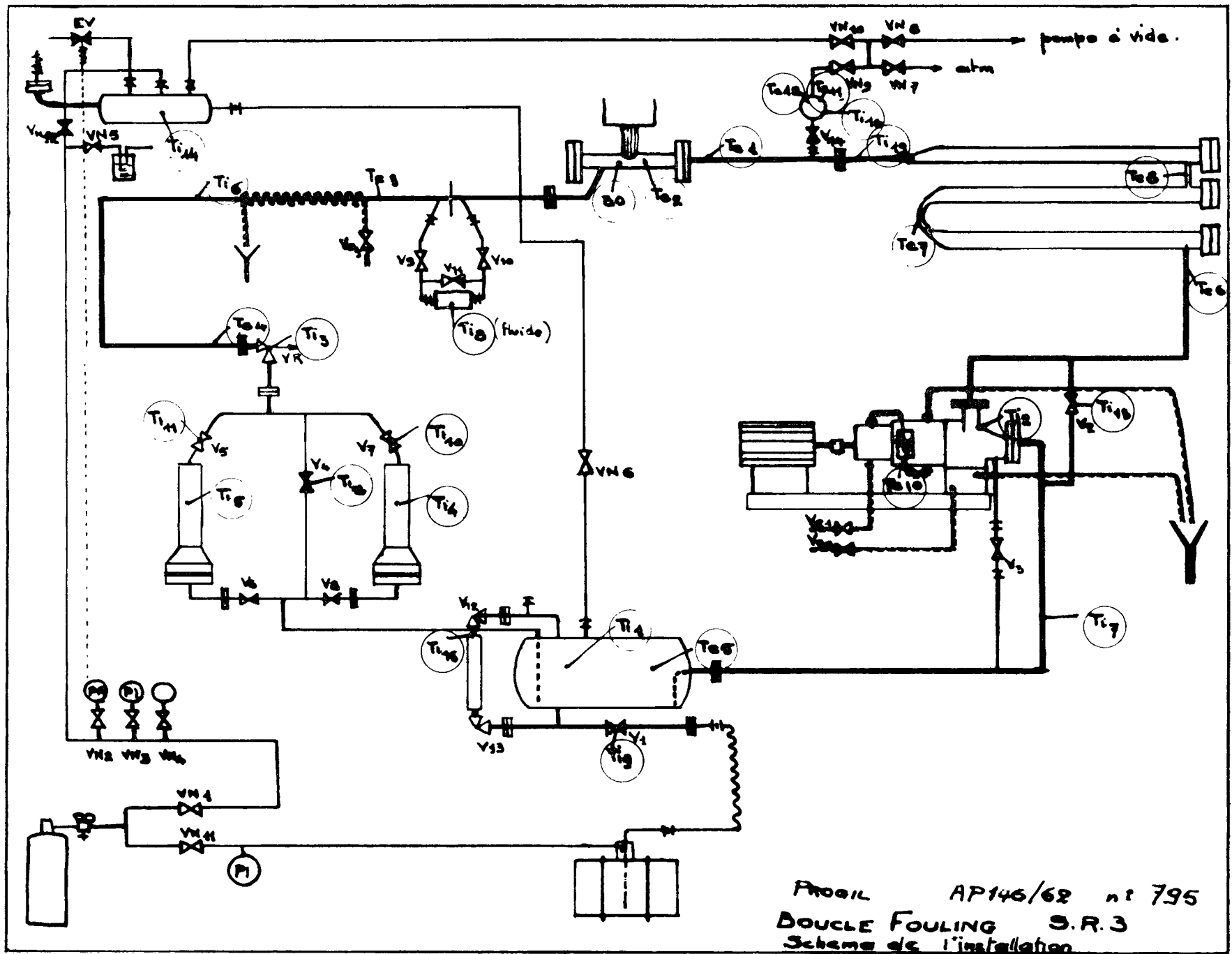


Fig. 4.



PROFIL AP146/62 n° 795
 DOUCLE FOULING S.R.3
 Schéma de l'installation

Fig. 3.

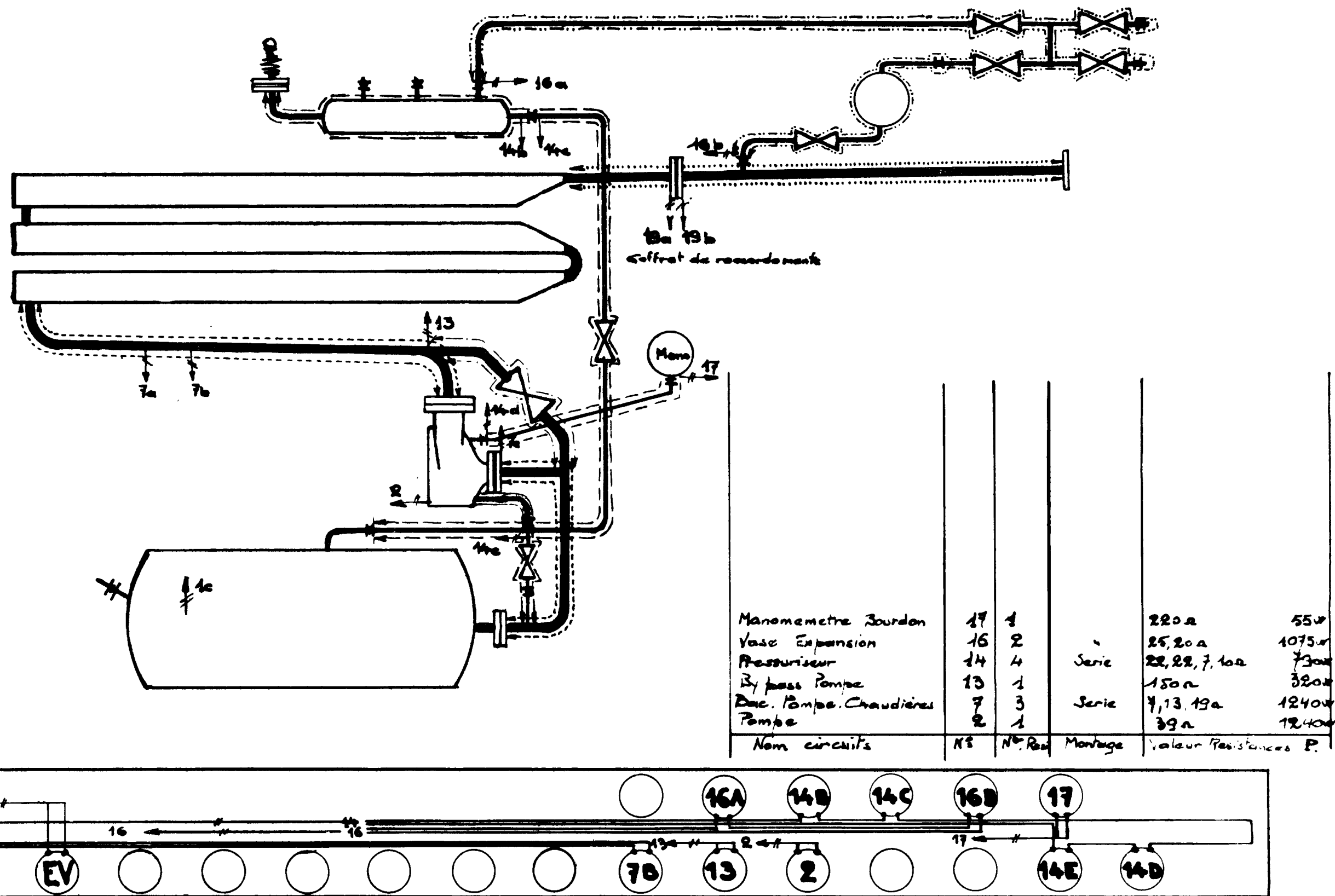
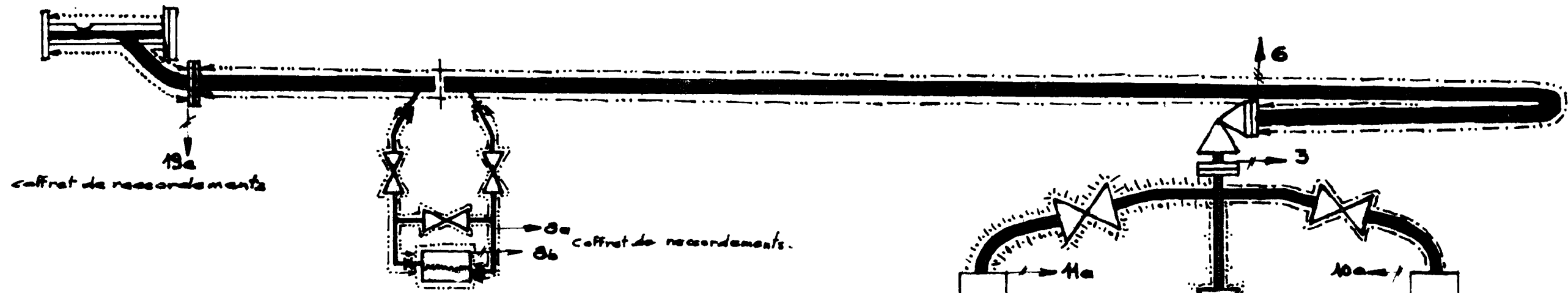


Fig. 5. — Schéma tuyauterie et circuit puissance côté pompe (plan n° 797).



Amont cellule et cellule	19	3	serie	16, 32, 35 Ω .	570w
Niveau Bac Alimentation	15	1		58 Ω	580w
By Pass filtres	12	1		100 Ω	485w
Amont Aval filtre Gauche	11	3		26, 24, 19 Ω	700w
Amont Aval filtre Droit	10	3	serie	25, 24, 19 Ω	700w
Vidange	9	1		45 Ω	1075w
Swartout.	8	2	"	15 Ω , 45 Ω	200w
Bac. Pompe. Chaudières	7	3	serie	7, 13, 19 Ω	1240w
Echangeur	6	1		65 Ω	750w
Filtre Gauche	5	1		80 Ω	605w
Filtre droit	4	1		80 Ω	605w
Vanne de Reglage	3	1		80 Ω	605w
Bac Alimentation	1	3	Δ	10, 30, 30 Ω	3720w
Nom circuits	N°	N°Res.	Montage	Valeur Resistances	P. w

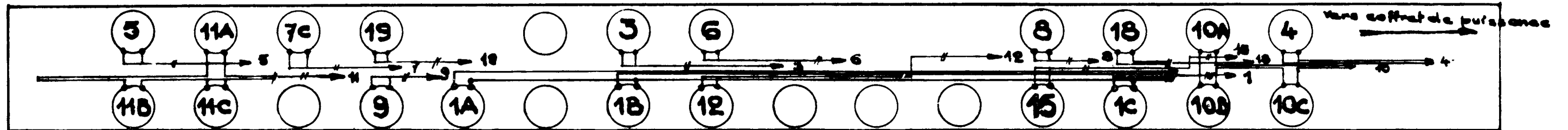
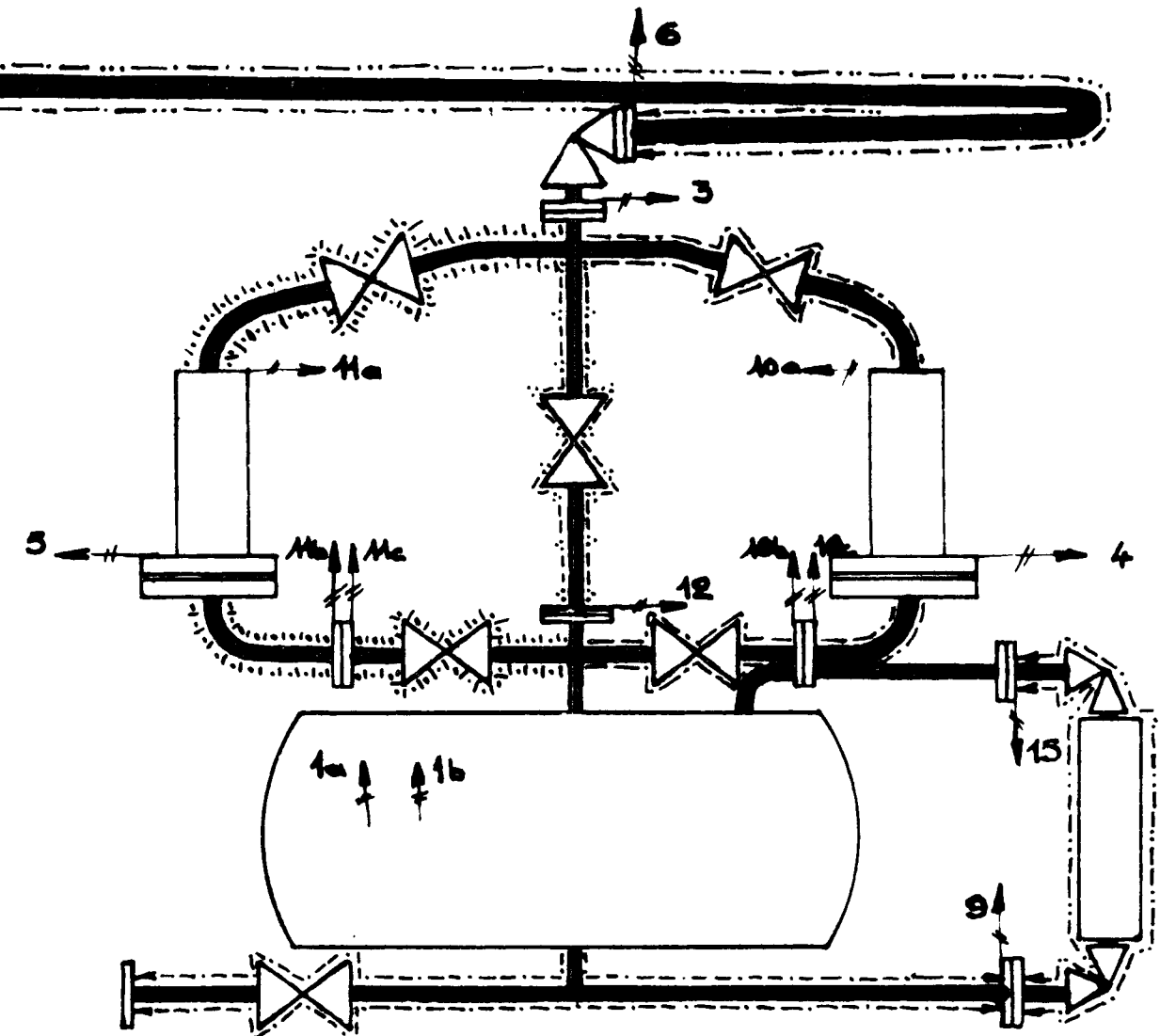


Fig. 6. — Schéma tuyauterie et circuits puissance côté filtre (plan n° 798).

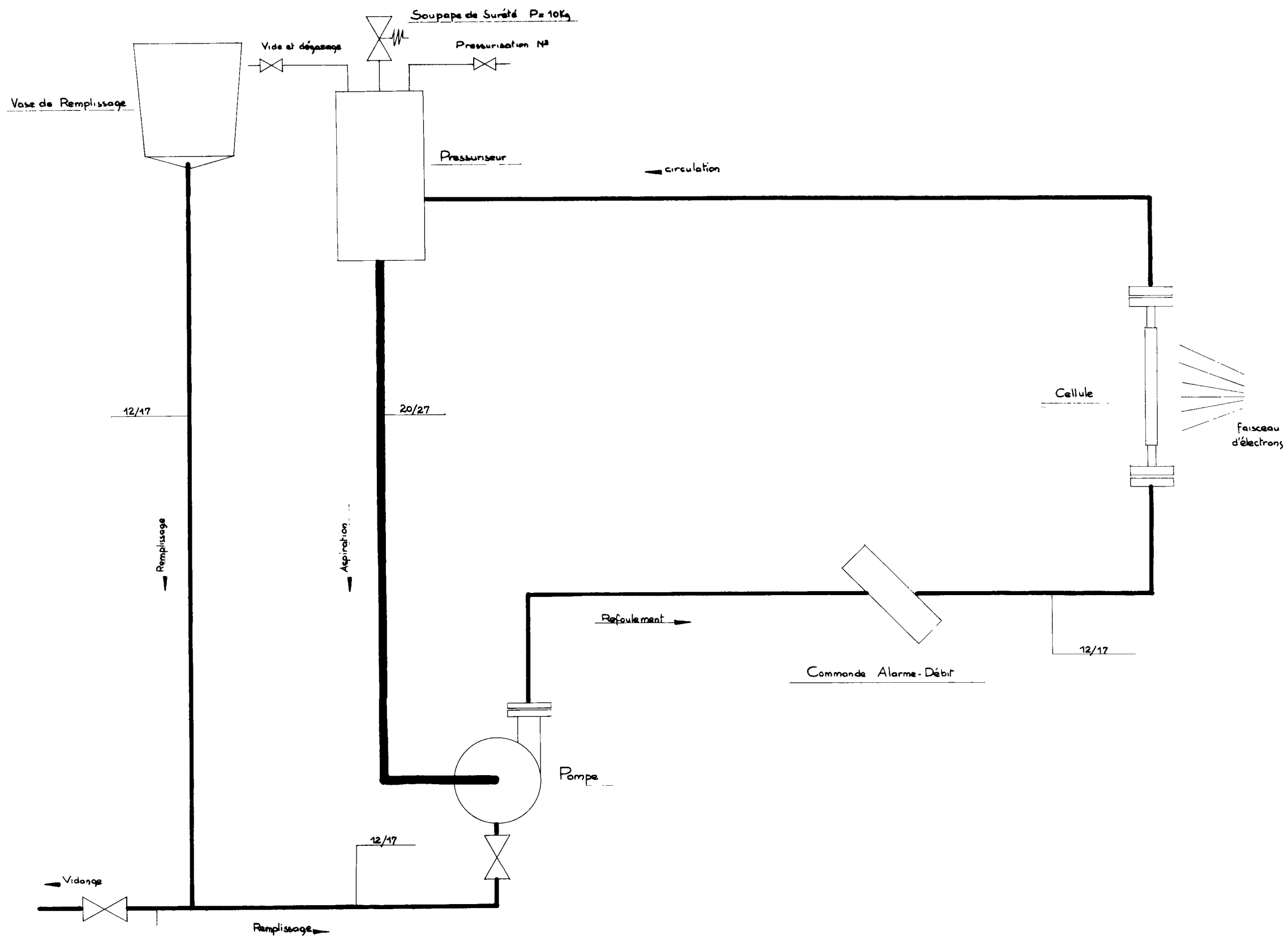
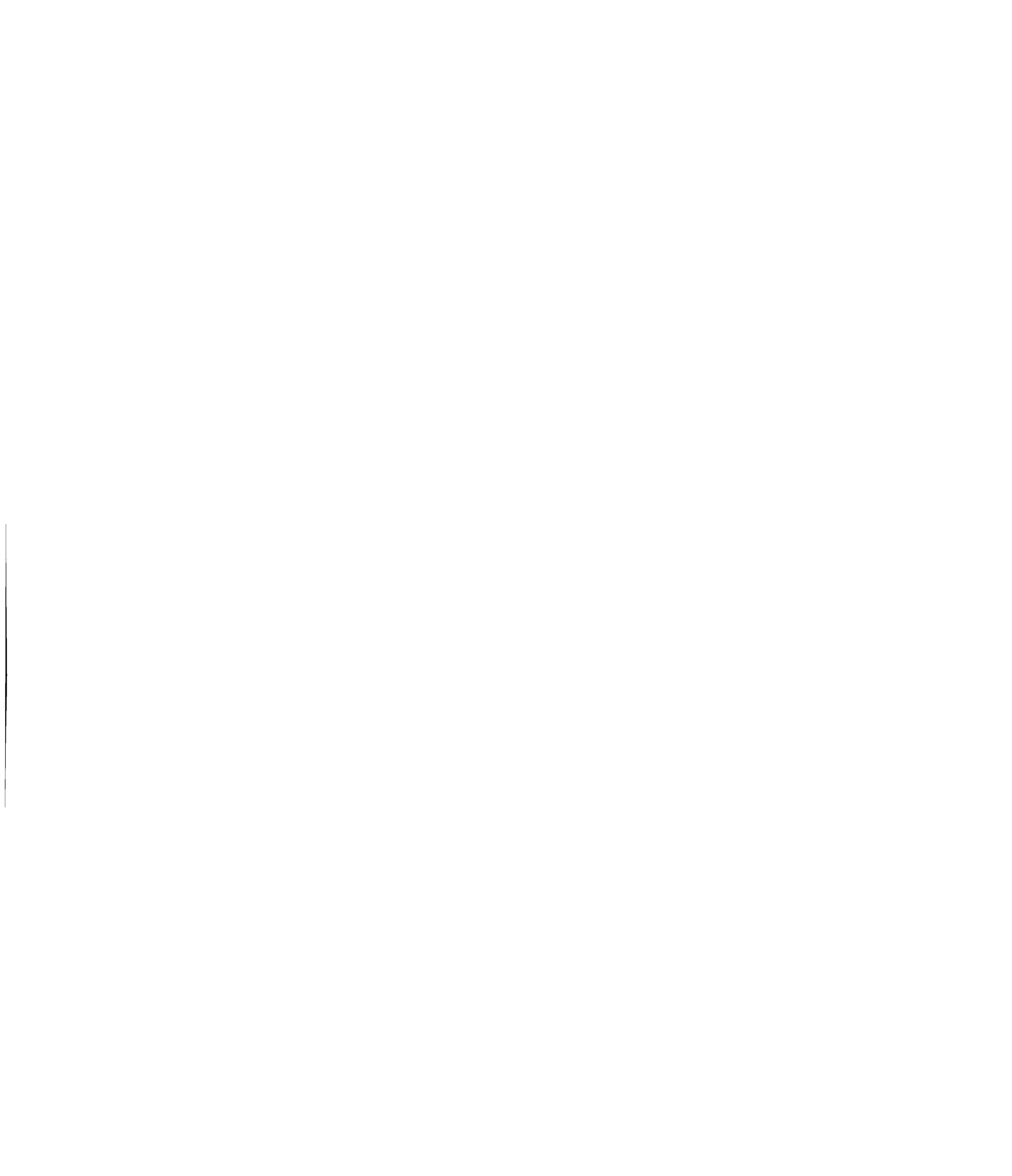
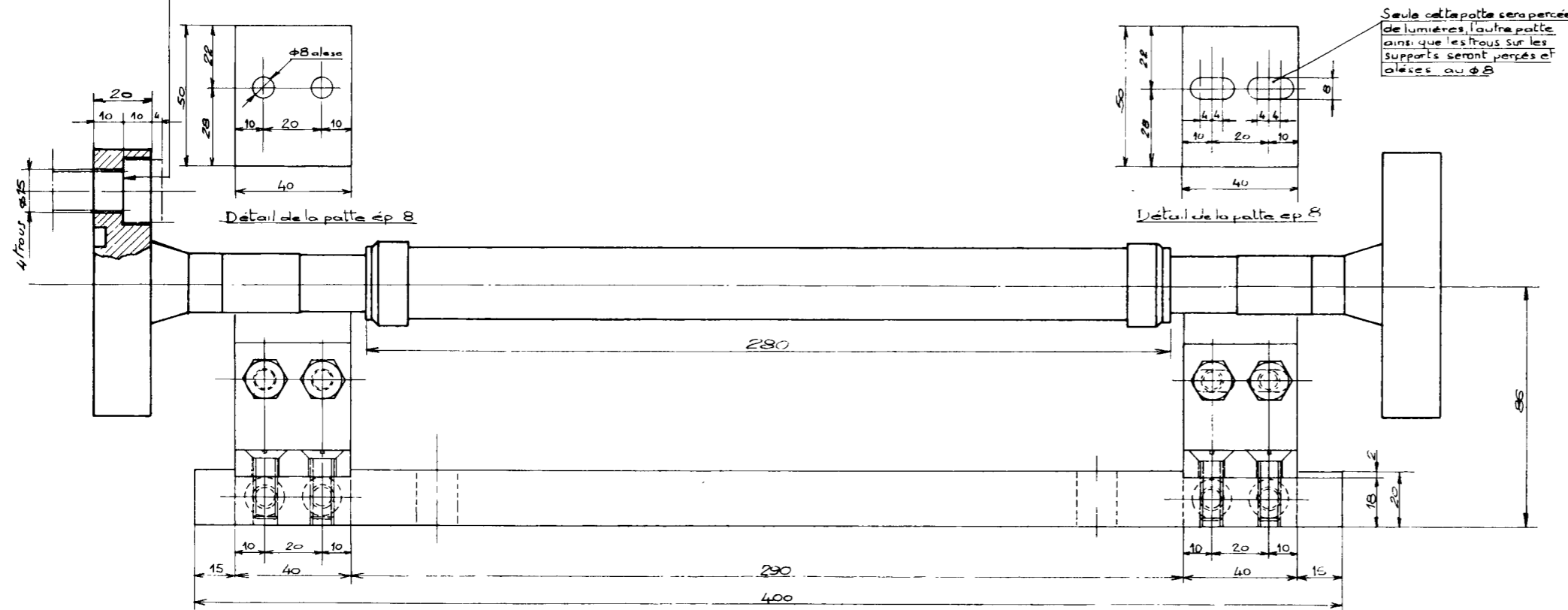


Fig. 7. — Schéma de principe boucle I.F.P. (plan n° 325a).

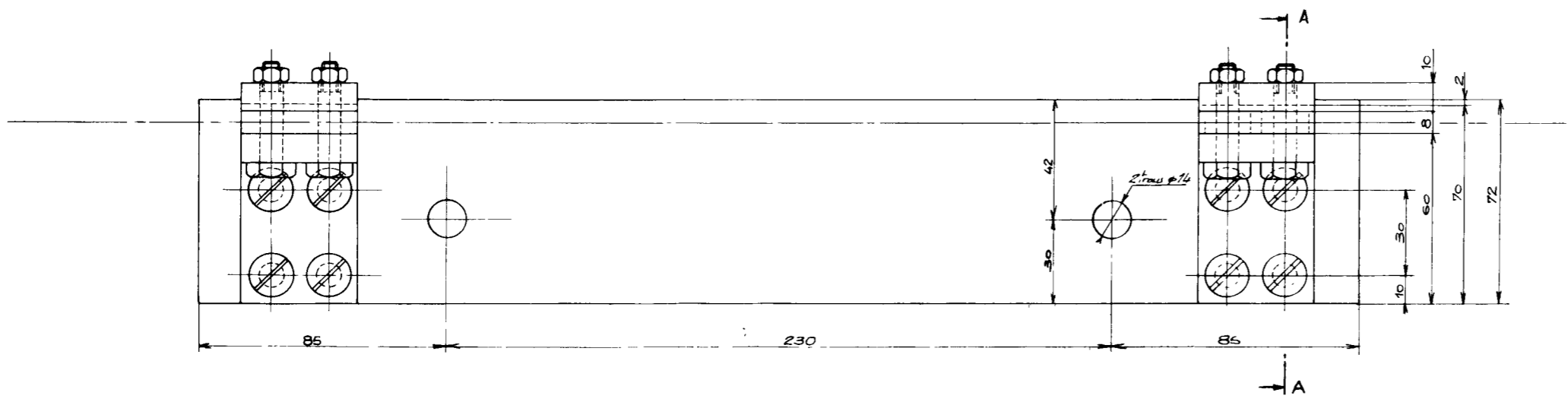
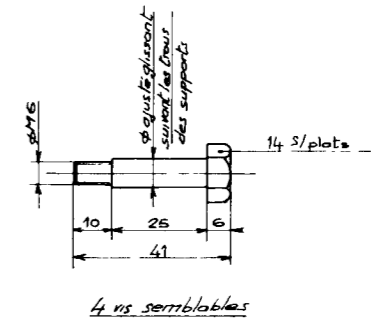
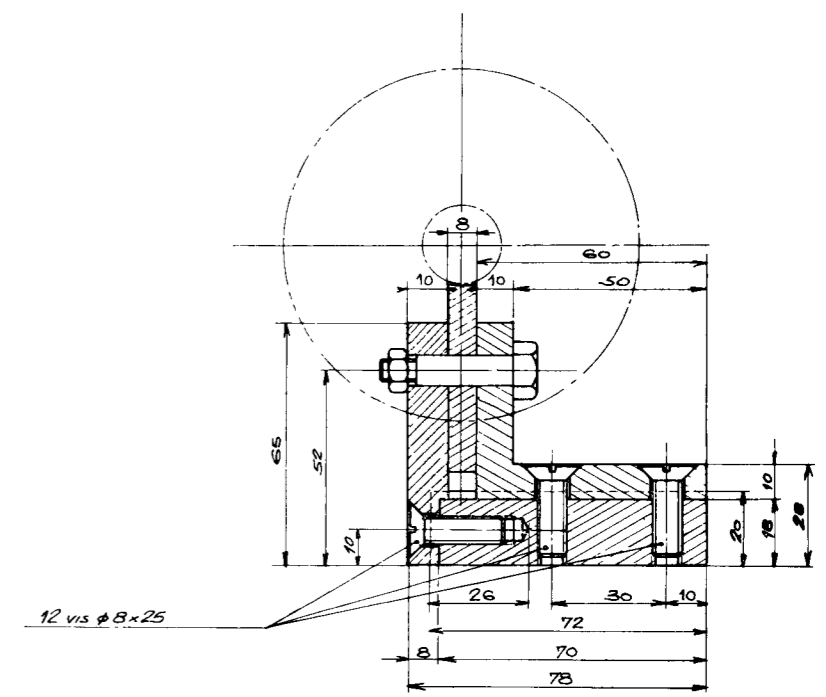


LAMPE SUIVANT VIS A EPANS CREUX



Seule cette patte sera percée de lumière, l'autre patte ainsi que les trous sur les supports seront percés et alésés au $\phi 8$

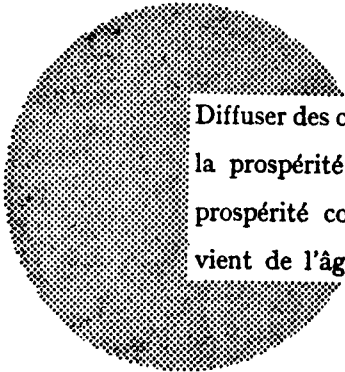
Coupe A



Construction: acier Inox

INDICES	MODIFICATIONS	DATES	DESSINÉ PAR	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR
SOCIÉTÉ PROGIL			SERVICE CENTRAL RECHERCHES LYON		
SUPPORT DE CELLULE TUBULAIRE					
DATE 10-6-64	DESSINÉ PAR -DF-	VÉRIFIÉ PAR	APPROUVÉ PAR	ÉCHELLES 1/1	
DESTINATION SR4 pour IFP		CLASSEMENT DOSSIER	CLASSEMENT GÉNÉRAL 1784		

Fig. 8.



Diffuser des connaissances c'est distribuer de la prospérité — j'entends la prospérité collective et non la richesse individuelle — et cette prospérité contribue largement à la disparition du mal qui nous vient de l'âge des ténèbres.

Alfred Nobel

EURATOM — C.I.D.

51 - 53, rue Belliard

BRUXELLES (Belgique)