

EUR 3611 f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

**INSTALLATION PILOTE DE SEPARATION
DU CAESIUM 137 PAR PRECIPITATION**

(PILOTE C. 10)

par

J. FRADIN et M. QUESNEY
(C.E.A.)

LIBRARY

1967



Rapport établi par le C.E.A. - Commissariat à l'Energie Atomique
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France

Département des Radioéléments

Contrat Euratom No. 025-62-10 RISF

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 contractants, ou toute personne agissant en leur nom :

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 quelconque décrits dans le présent document ne porte pas atteinte à des droits privatifs;

n'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés décrits dans le présent document.

Ce rapport est vendu dans les bureaux de vente indiqués en 4^e page de couverture

au prix de FF 31,—	FB 310,—	DM 24,80	Lit. 3.870	Fl. 22,30
--------------------	----------	----------	------------	-----------

Prière de mentionner, lors de toute commande, le numéro EUR et le titre qui figurent sur la couverture de chaque rapport.

Imprimé par Guyot, s.a.
Bruxelles, septembre 1967

Le présent document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

EUR 3611 f

COMMUNAUTE EUROPEENNE DE L'ENERGIE ATOMIQUE - EURATOM

**INSTALLATION PILOTE DE SEPARATION
DU CAESIUM 137 PAR PRECIPITATION**

(PILOTE C. 10)

par

J. FRADIN et M. QUESNEY
(C.E.A.)

1967



Rapport établi par le C.E.A. - Commissariat à l'Energie Atomique
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France

Département des Radioéléments

Contrat Euratom No. 025-62-10 RISF

RESUME

L'installation pilote a été réalisée pour vérifier la valeur du procédé chimique de séparation et obtenir des renseignements technologiques sur l'appareillage chimique et les matériaux employés. Un autre but a été de séparer une quantité significative de caesium 137 nécessaire à l'étude et à la mise au point de la fabrication des sources scellées.

Le rapport décrit le procédé chimique, l'implantation et la protection de l'installation, les appareillages utilisés ainsi que les méthodes de mesure, commande, régulation et contrôle.

Le bilan de quatre années d'exploitation et la critique de l'installation servent de conclusion au rapport.

MOTS CLES

CAESIUM 137

ISOTOPE SEPARATION

PRECIPITATION

LABORATORY EQUIPMENT

RADIATION PROTECTION

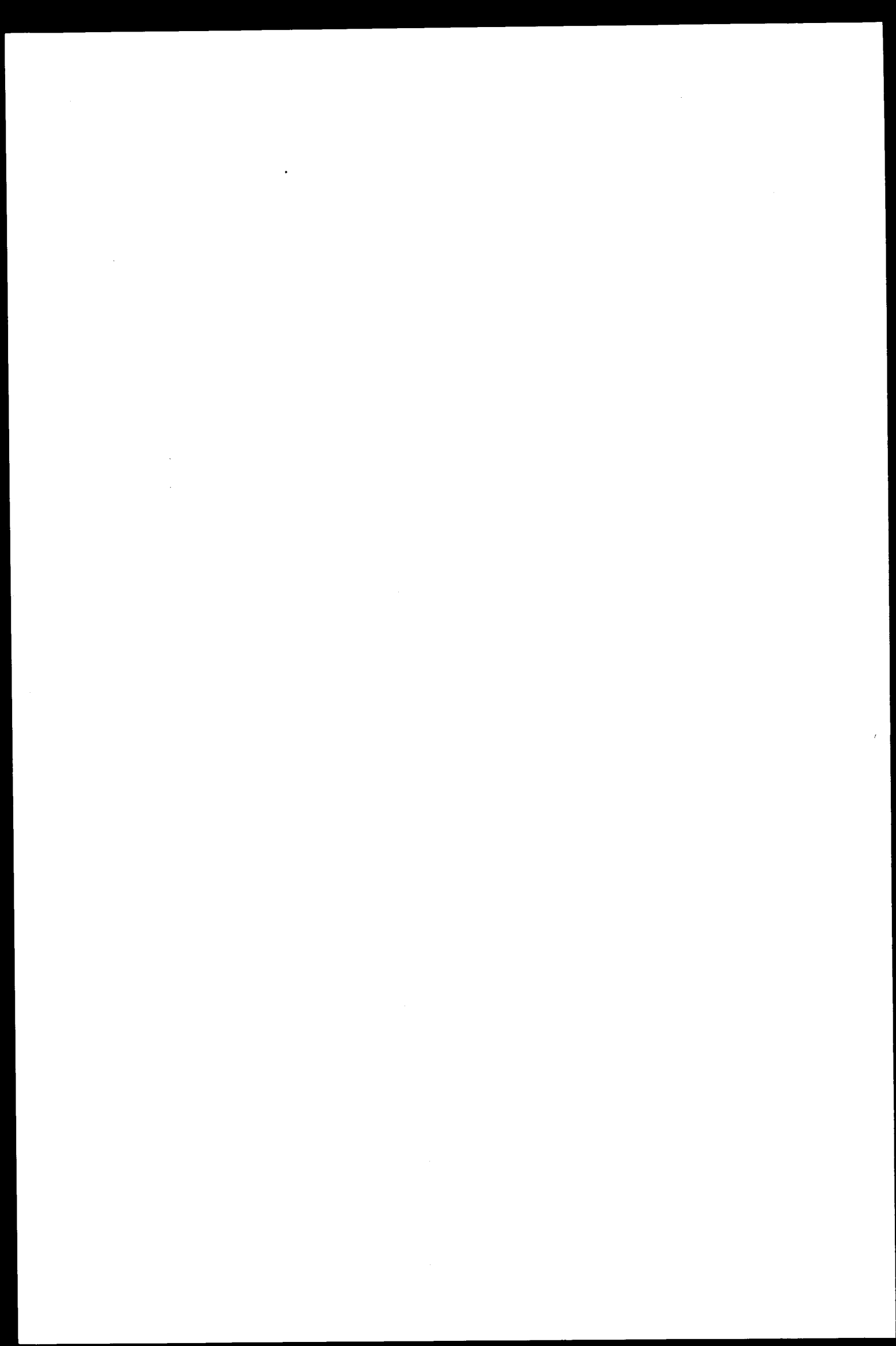
REMOTE HANDLING

Pilot Plant

TABLE DES MATIERES

Installation pilote de séparation du caesium 137
par précipitation

	Page
I - <u>But de l'installation</u>	3
II - <u>Procédé chimique de séparation</u>	3
1. Précipitation du caesium	4
2. Lavage du précipité	4
3. Décomposition du précipité	4
4. Élimination de l'ammonium	5
5. Élimination du baryum	5
III - <u>Implantation - Protection - Sécurité</u>	5
1. Disposition générale de l'installation	5
2. Protection	6
3. Description de l'installation	7
4. Sécurité	13
IV - <u>Choix de l'appareillage</u>	14
1. Généralités	14
2. Alimentation en solution actives	19
3. Alimentation en solutions inactives	19
4. Transfert des solutions actives	19
5. Sortie des déchets solides	20
6. Sortie des sources scellées	20
7. Prélèvement d'échantillons	20
8. Équipement spécifique à chaque caisson	21
V - <u>Commandes - Mesures - Régulations - Contrôles</u>	28
VI - <u>Exploitation de l'installation pilote</u>	32
VII - <u>Bilan de 4 années d'exploitation</u>	35
<u>Critique de l'installation</u>	35
VIII - <u>Description d'appareillages utilisés dans</u> <u>l'installation</u>	44



Installation pilote de séparation du caesium 137
par précipitation (*)

I - But de l'installation

La séparation du caesium 137 a été entreprise, d'une part pour répondre à l'intérêt croissant porté aux sources de caesium 137 par les utilisateurs de rayonnement et, d'autre part pour utiliser et valoriser la quantité importante de produits de fission produite à l'Usine de Marcoule.

Nous avons donc créé une installation pilote de production du caesium 137 qui devait nous permettre :

- 1° - de vérifier la méthode et les rendements du traitement chimique des solutions de produits de fission en traitant environ 100 curies de caesium 137 par opération.
- 2° - d'obtenir des renseignements techniques et technologiques sur l'appareillage chimique et les matériaux employés, ainsi que des renseignements d'ordre général sur la conduite d'installation (volumes optimaux, valeur des différentes télécommandes, facilité d'entretien et de dépannage).
- 3° - de séparer une quantité suffisante de caesium 137 nécessaire à la mise au point de la fabrication des sources scellées.

II - Procédé chimique de séparation

Les solutions de produits de fission à traiter sont fournies par l'Usine de Marcoule après récupération de plutonium et de l'uranium.

Pour 15 curies/litre, soit 600 mg/litre de caesium , ces solutions contiennent environ 100 g/litre de sels secs (à 650° C) et sont en milieu HNO_3 2 à 3 N.

(*) Manuscrit reçu le 29 juin 1967.

L'acide phosphotungstique utilise pour précipiter le caesium est également un réactif de précipitation de l'ammonium, du potassium et du rubidium. La concentration en ammonium est environ 250 mg/litre. On peut négliger celles du potassium et du rubidium.

1) - Precipitation du caesium sous forme de phosphotungstate

La precipitation quantitative du phosphotungstate de caesium peut être obtenue sans precipiter totalement le sel d'ammonium. Dans ce but, il n'est ajouté qu'une fraction de la quantité d'acide phosphotungstique nécessaire à la precipitation totale du caesium et de l'ammonium, soit pour les proportions citées : 10 g/litre d'acide phosphotungstique precipitant la totalité du caesium et une fraction de l'ammonium.

2) - Lavage du précipité de phosphotungstates de caesium et d'ammonium

Les lavages du précipité ont pour but :

- a) - d'éliminer totalement la solution de produits de fission traitée,
- b) - d'éliminer les ions nitriques.

Ces lavages sont effectués en deux temps :

- a) - par une solution nitrique N qu'il est possible de joindre aux solutions de produits de fission déjà traitées,
- b) - par une solution d'acide sulfurique N pour l'élimination des ions nitriques.

3) - Décomposition par la baryte du sel précipité

Les phosphotungstates se décomposent en milieu alcalin avec passage en solution de l'hydroxyde du cation précipité.

Par traitement à la baryte, les phosphate et tungstate de baryum restent insolubles.

Ce traitement est effectué après accumulation de 3 ou 4 précipitations de phosphotungstates de caesium et d'ammonium correspondant chacune à 2 litres de solutions de produits de fission.

Dans ces conditions, la reprise s'effectue avec un excès de baryte concentrée (0,15 M) en deux opérations successives :

- a) - 2 litres de baryte
- b) - 2 litres de baryte

soit au total un excès de baryte égal à 200% de la quantité théoriquement nécessaire.

4) - Elimination de l'ammonium

L'ammonium est chassé par distillation de la solution barytique. Cette distillation est poussée jusqu'à concentration de moitié du volume. La solution restante (soit 2,2 litres) contient donc l'hydroxyde de caesium et la baryte en excès.

5) - Elimination du baryum

La solution précédente est neutralisée exactement par H_2SO_4 4N. La solution de Cs_2SO_4 peut être ensuite concentrée, puis évaporée à siccité. Le produit final contient environ 5% en poids de $BaSO_4$.

III - Implantation - Protection - Sécurité

1) - Disposition générale de l'installation

Implantée dans une cellule des Laboratoires de Haute Activité l'installation pilote se présente sous une forme linéaire, les différentes parties de l'appareil étant accolées les unes aux autres. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur 10 mètres
- largeur 1,5 "
- hauteur 2 "

Sa face avant se prolonge jusqu'au plafond de la cellule sur toute sa longueur et délimite ainsi une zone étanche A par rapport, à l'appareil lui-même et à la zone située derrière lui.

Cette zone étanche, inactive, est le lieu de séjour normal du personnel desservant l'appareil : elle contient les différents appareils de commande et de contrôle.

La zone B délimitée par le dessus et l'arrière de l'appareil est desservie par un pont roulant. Elle est dite " d'intervention " ,car c'est dans cette zone que l'on effectue toutes les manipulations présentant un risque de contamination radioactive (introduction des produits de fission, sortie des effluents fortement actifs, sortie des sources de ¹³⁷caesium, dépannage de l'appareillage, etc....).

Enfin, l'appareil lui-même, C, dont l'ossature est constituée d'une charpente d'acier, est divisé en 8 compartiments dont les faces internes sont revêtues de tôles d'acier inoxydable soudées.

2°- Protection

La protection périphérique, ainsi que celle du toit de l'appareil, sont réalisées en dalles de plomb armé facilement démontables, et dont l'épaisseur est de 150 millimètres.

Les compartiments formés par l'ossature de la charpente sont protégés les uns par rapport aux autres par des dalles de plomb de 100 millimètres d'épaisseur.

Dans toutes ces dalles, sont prévus des passages standards nécessaires aux différents branchements.

En regard de chaque compartiment, la face avant est munie de hublots de vision en verre au plomb stabilisé, moulé dans des encadrements de plomb. L'épaisseur de ces verres est de 330 millimètres et leurs dimensions en façade sont de 110 x 110 mm ou de 220 x 220 mm.

L'ensemble de la protection est supporté par la charpente métallique qui repose elle même sur des linteaux d'acier scellés dans le sol sur 300 millimètres de profondeur.

Ces linteaux, tout en servant d'assises à la charpente, forment aussi la protection de la partie inférieure de la cellule contre les rayonnements réfléchis vers le bas de l'appareil.

Deux compartiments équipés de télémanipulateurs ont nécessité une avancée de la face avant. Ces avancées ont été réalisées en béton baryté (densité 3,3) d'une épaisseur de 600 millimètres. Elles comportent chacune un hublot de vision en verre au plomb stabilisé (densité 3,3) de 600 millimètres^s d'épaisseur et dont les autres dimensions sont les suivantes :

- face froide 900 x 500 mm
- face chaude 1100 x 700 mm

3°- Description de l'installation

a- Zone située sous l'appareil :

- Ventilation

Elle comporte, d'une part, une gaine de ventilation de 0,8 x 0,8 m de section qui est fermée à une extrémité et connectée à l'autre à des batteries de filtres et de ventilateurs d'où l'air est expulsé vers la cheminée centrale du bâtiment. Le circuit de filtration comporte un préfiltre de 40 dièdres roses et en aval, deux batteries de quatre filtres montés en parallèle.

La partie supérieure de la gaine comporte une série d'embouts correspondant à chaque compartiment.

L'installation est prévue pour un renouvellement d'air de 50 fois par heure en période de fonctionnement normal et de 120 fois par heure en cas d'accident ou de démontage. La gaine a une légère pente et une chasse d'eau placée à une extrémité en permet le lavage éventuel en cas de poussières trop abondantes.

L'installation comporte un ventilateur de soufflage à deux vitesses et deux ventilateurs d'extraction à deux vitesses.

a - régime normal

Le ventilateur de soufflage est en petite vitesse ainsi qu'un des deux ventilateurs d'extraction. Le débit soufflé est de 2000 m³/heure. La dépression dans la zone d'intervention est alors de 5 mm d'eau.

A titre d'exemple on a les caractéristiques suivantes pour un des caissons munis de télémanipulateurs :

- débit = 160 m³/heure
- dépression = 7 mm d'eau par rapport à la zone d'intervention
- vitesse d'aspiration = 85 mètres/minute pour un conduit de 200 mm de diamètre

Il est toutefois bien entendu que les débits et dépressions dans les différents caissons peuvent varier suivant les réglages effectués en fonction des impératifs d'utilisation.

b - régime de secours

Le ventilateur de soufflage ainsi que les deux ventilateurs d'extraction sont en grande vitesse.

Le débit soufflé est de 5000 m³/heure. La dépression dans la zone d'intervention est de 8 mm d'eau.

Dans ce régime de secours, les 3000 m³/heure supplémentaires ne traversent pas les caissons, mais sont extraits par la gaine d'extraction d'ambiance de la zone d'intervention.

Ce résultat est obtenu par l'ouverture d'un registre motorisé situé sur la gaine d'extraction d'ambiance qui rejoint la gaine d'extraction générale en aval du préfiltre (ces 3000 m³/heure ne traversent pas le préfiltre).

Toutefois une dérogation manuelle permet, par la commande d'un commutateur, de fermer le registre, ce qui oblige les 5000 m³/h à passer par les caissons.

Cette manoeuvre n'est recommandée que lors l'un des caissons est ouvert pour avoir un balayage accéléré de ce caisson, la fermeture du registre, tous les caissons étant fermés risquant de mettre la zone d'intervention en surpression.

- Effluents

Parallèlement à la gaine de ventilation, la zone située sous l'appareil comporte également 2 canalisations d'effluents en acier inoxydable soudé.

Une des canalisations évacue normalement les effluents faiblement actifs vers les cuves de stockage pour traitement.

La seconde canalisation, connectée au point bas de chaque compartiment, peut, en cas d'accident, évacuer une petite quantité de liquide très actif vers une cuve spéciale fortement protégée.

Cette dernière canalisation peut être lavée et dans ce cas les eaux de lavage peuvent être envoyées dans la première cuve à l'aide d'un jeu de vannes pneumatiques commandées du tableau de commande.

b - Compartimentation de l'appareil

L'appareil est divisé en 8 compartiments dont 6 sont utilisables sur toute leur hauteur (2 mètres). Les 2 autres sont des compartiments spéciaux destinés à la confection des sources scellées de caesium 137, dont on n'utilise que la moitié supérieure pour les manipulations. Ces compartiments sont munis de télémanipulateurs (Argonne Modèle 7)

Ces 8 compartiments reçoivent chacun un caisson étanche amovible réalisé en acier inoxydable Z 8 CNDT 18-12 (NSMC Ugine) et contenant une partie de l'appareillage chimique. Les raccords à la gaine de ventilation et aux canalisations d'effluents sont effectués par emmanchement et écrasement d'un joint : cet écrasement est assuré par le propre poids de chaque caisson (300 à 500 kg).

Ces caissons étanches sont mis en place et retirés à l'aide du pont roulant qui peut être commandé à distance.

Les fluides inactifs et les cables de commande ont leur arrivée dans chaque cloison de compartiment et sont reliés aux caissons sur leur face arrière. Pour le démontage, il suffit d'ôter le panneau de protection correspondant et de dévisser à distance les raccords spéciaux.

Les autres branchements sur les caissons amovibles sont implantés sur le plafond de protection. Ce sont :

- les arrivées de réactifs qui se font par gravité à partir de la zone inactive. La liaison entre le caisson et les réserves de réactifs se fait par piquage d'aiguilles (tubes d'acier inoxydable de 3 x 5 mm) dans des membranes de caoutchouc réalisées avec une partie extérieure en latex très souple et une partie intérieure en perbunan ayant une bonne tenue à la corrosion et à l'irradiation.

Les membranes de caoutchouc sont serties dans une bague fixée sur le caisson amovible et très facilement éjectable pour remplacement ou démontage.

Ce système de raccordement présente les avantages suivants :

- il permet une grande latitude d'ajustage du caisson (donnée par le diamètre de la membrane 45 mm)
- l'étanchéité de la liaison aiguille-membrane est excellente (vide 600 mm.Hg-pression 1 kg/cm²).
- il assure un démontage très facile à distance : il suffit de tirer sur l'aiguille.
- lorsque l'on sort l'aiguille, la membrane de caoutchouc assure un essuyage automatique qui est particulièrement intéressant dans le cas de solutions contaminées.
- enfin, après la sortie de l'aiguille, le caoutchouc se resserre et conserve au caisson une étanchéité quasiment parfaite.

- les passages de solutions actives entre chaque caisson

Ces branchements se font à l'aide d'un tube d'acier inoxydable (3 x 5 mm) en forme de pont dont chaque extrémité est emmanchée dans un cône de polythène par un trou excentré.

Les cônes de polythène s'introduisent dans des cônes femelles en acier inoxydable soudés sur le toit de chaque caisson. On serre l'ensemble à l'aide de colliers facilement démontables à distance à l'aide d'une clé spéciale.

- les enceintes réservées aux prises d'échantillons dans les récipients des caissons

On dispose à cet effet de 2 enceintes, chacune d'elle groupant les prises de deux caissons successifs.

Implantées sur le plafond de protection dans l'axe des cloisons, ces enceintes ne sont pas étanches : elles sont mises en dépression par rapport à la zone arrière par l'intermédiaire de gaines de ventilation placées verticalement dans les cloisons et raccordées sous l'appareil à la gaine centrale.

Elles sont réalisées en panneaux démontables de plomb (épaisseur 50 mm) gainé de tôles d'acier, elles-mêmes recouvertes de peinture antiacide.

c - Appareillage annexe

- Installation générale de vide

Le groupe de pompage fournissant le vide à toute l'installation est constitué d'une pompe à anneau liquide dont les performances limitées par la tension de vapeur d'eau sont toujours suffisantes pour permettre les transferts de liquides. Ce type de pompe a été choisi en fonction de sa robustesse et de son important pouvoir décontaminant qui est de 80% .

Une réserve d'eau et une réserve de vide, chacune de 200 litres, complètent l'ensemble qui est installé sur un châssis facilement démontable.

Par l'intermédiaire d'un système de relais et de manocontacts, la pompe est asservie à la pression qui règne dans la réserve de vide, ce qui permet de ne pas la faire travailler en permanence.

Le vide est ensuite distribué dans une canalisation générale placée sur le toit de l'appareil. Chacun des caissons est raccordé à cette canalisation par l'intermédiaire d'une platine comportant 8 électrovannes munies d'un filtre, et qui sont commandées suivant les cas soit manuellement à partir du pupitre général de commande, soit asservie aux électrodes-sondes de niveau, à l'aide d'un ensemble relais-amplificateurs.

Les vannes et les filtres sont très facilement démontables et interchangeables, leur emmanchement étant réalisé uniquement par des joints toriques.

Enfin, une vanne de sécurité pouvant être télécommandée de chaque caisson est placée en tête de ligne sur la canalisation de vide. Elle permet, en cas de montée anormale de liquide vers les électrovannes, de couper instantanément le vide et de faire une mise à l'air générale sur l'appareil.

- Groupes de chauffage

Les appareils nécessitant un chauffage: distillateur d'ammonium et concentrateur de solution neutre de Cs_2SO_4 sont reliés à un ensemble chaudière-pompe qui assure un chauffage régulier. L'appareil de mise à sec de la solution concentrée et neutre de sulfate de caesium est relié à un deuxième ensemble chaudière-pompe de puissance plus faible que le précédent.

Le thermofluide circule dans des canalisations d'acier inoxydable soudées et calorifugées dont les raccords se font à l'extérieur des caissons étanches, l'ensemble étant parfaitement démontable.

4° - Sécurités

- a - Les caissons sont étanches, entièrement soudés sauf sur leur face postérieure où l'étanchéité est réalisée à l'aide d'un joint comprimé par une série de clips. Ils sont ventilés et filtrés et on y maintient en permanence une dépression de 10 à 20 millimètres d'eau.
- b - Le circuit de ventilation fonctionne sur le réseau prioritaire enclenché automatiquement sur le réseau de secours en cas de panne de secteur.
- c - En cas d'incident de contamination, les ventilateurs à deux vitesses de marche sont immédiatement mis en fonctionnement et portent de 50 à 120 le taux d'extraction de la zone d'intervention.
- d - Le fond de chacun des caissons étanches comporte un point bas relié au réseau d'effluents actifs. Il en est de même du bac de compartiment situé sous le caisson étanche.
- e - Une rampe intérieure à chaque caisson, comportant plusieurs tuyères de pulvérisation à nappe plane permet de décontaminer l'ensemble de chacun des caissons et de l'appareillage qui s'y trouve.
- f - Les canalisations de fluides circulant en zone active ne sont pas reliées directement au réseau général.
- g - Les divers réservoirs constituant l'appareillage sont munis d'une sonde électrique d'alarme de niveau point haut.
- h - Les transferts de liquides actifs sont effectués avec des capacités intermédiaires évitant les remontées intempestives de liquide dans le réseau de vide.

- i - Le circuit de vide est contrôlé automatiquement en permanence et chacun des réservoirs de transfert est surmonté d'un ensemble " clapet à flotteur-dévésiculeur-filtre ".
- j - Les circuits de transfert sont asservis à une série de sondes électriques de niveau évitant tout débordement intempestif de liquide.
- k - Les vannes installées sur les circuits d'arrivée de réactifs sont doublées.
- l - Les organes électriques de contrôle sont réalisés en installation basse tension.
- m - Des chambres d'ionisation et des prélèvements d'air en continu contrôlent l'atmosphère des différentes zones.
- n - Une chambre d'ionisation placée sur le préfiltre de la gaine de ventilation en détermine l'irradiation.
- o - La porte de la zone d'intervention ne peut être ouverte qu'avec une clef électrique à partir du pupitre de contrôle.
- p - Les manoeuvres des portes blindées de caissons munis de télémanipulateurs, ainsi que leurs chariots pour introduction ou sortie des sources ne peuvent être effectuées qu'à distance à partir du pupitre de commande et les opérations sont contrôlées à distance au travers d'un hublot étanche.

IV. Choix de l'appareillage

1) Généralités

a) Capacité

Rappelons que l'installation n'est pas conçue pour la production. Aussi compte tenu des impératifs de vérifications technologiques, d'échantillonnage et d'analyse, nous avons calculé l'appareillage de façon à pouvoir traiter

mensuellement un maximum de 15 litres de solution concentrée de produits de fission.

b) Principes de conception et de montage

La conception générale se caractérise par :

- l'élimination des opérations nécessitant un appareillage d'entretien difficile : c'est ainsi que nous avons supprimé toutes les vannes sur les circuits de solutions actives.
- la limitation des opérations manuelles
- le renvoi en zone inactive des appareils délicats tels que les moteurs ou les électrovannes.
- la facilité de remplacement ou de modification d'une partie de la chaîne de traitement, ce qui est indispensable pour une installation pilote.
- la simplification maximale des opérations chimiques et mécaniques.

Ensuite, la disposition des appareillages les uns par rapport aux autres est faite de façon à :

- permettre, chaque fois que c'est possible, l'écoulement des liquides par gravité
- grouper sélectivement les différents organes pour réduire au maximum les longueurs de tuyauterie
- grouper les canalisations de prélèvements d'échantillons pour limiter au minimum la zone de manipulation de ces échantillons.

En outre, nous avons adopté les principes suivants :

- transfert des liquides radioactifs sous vide par l'intermédiaire de récipients en verre polythéné munis de vannes à billes rodées présentant l'avantage d'une part de supprimer toutes les vannes traditionnelles sur les circuits actifs et d'autre part de vérifier à vue les niveaux et le bon fonctionnement des transferts. Le polythène appliqué sur le verre a pour rôle de recueillir le liquide en cas de bris du verre.
- mise en place de sondes électriques d'alarme niveau point haut dans chaque récipient
- doublement des sondes électriques par des sondes pneumatiques dans les réservoirs de stockage des produits de fission.

c) Niveaux d'appareils

L'implantation des appareils est faite aux niveaux suivants :

- au dessous du niveau 0^m50 sont implantés les réservoirs de stockage des diverses solutions actives
- entre les niveaux 0^m50 et 1^m20 se trouvent les appareillages spécifiques au traitement des solutions actives
- au dessus du niveau 1^m20 sont implantés les réservoirs intermédiaires de transfert avec leurs sécurités (clapets à flotteur)
- enfin sur le toit des caissons et hors de la protection biologique sont implantés d'une part les caissons protégés de prélèvements d'échantillons et d'autre part l'appareillage nécessaire aux transferts de liquide et à la mesure pneumatique des niveaux.

d) matériaux - capacités - formes

Hormis les récipients de transfert en verre polythéné, tout l'appareillage est réalisé en aciers inoxydables de différentes nuances suivant leur destination.

Les réservoirs de stockage de solutions nitriques froides et peu concentrées ainsi que leurs tuyauteries sont en acier Z 3 C N 18 - 10 ou Z 8 C N D T 18 - 12, tandis que les appareils plus délicats, en particulier les récipients de neutralisation et de distillation devant recevoir des solutions sulfuriques et travaillant à chaud, sont réalisés en acier Z 2 N C D 25 - 20

Caractéristiques des appareils				
Reservoir	Matière	Volume litres	Diamètre mm	hauteur mm
RL I	Z8CNDT-18-12	6	140	430
RL 2	"	6	140	430
Ro	Z3 CN-18-10	25	306	370
R _e ^o	"	1,8	100	225
R' ^o	"	30	306	410
R ₁	"	25	306	370
R _e ¹	"	1,8	100	225
R' ¹	"	30	306	410
RS	"	35	306	430
R3	Z2NCD25-20	30	344	375
R _e ³	"	2	124	223
D1	"	6	---	---
R5	"	8	120x280	350
R6	"	30	344	375
R _e ⁶	"	2	124	223
R7	"	7	184	260
R8	"	5	184	180
D2	"	6	---	---
R9	"	30	344	375
R _e ⁹	"	2	124	223
R10	"	8	120x280	350
R11	"	30	344	375
R _e ¹¹	"	2	124	223
R12	"	7	184	260
R13	"	5	184	180

Tous les réservoirs sont repérés sur le schéma SPF - CR. 431

2) Alimentation en solutions actives

L'introduction des solutions à traiter (produits de fission) est effectuée de la manière suivante :

Les solutions parviennent dans la cellule par fraction de 8 litres dans des récipients de transport "Cendrillon 15/10" - On dépose "Cendrillon" sur un support adjacent à la face arrière du compartiment de stockage qui est muni d'une série d'embouts (goulottes) identiques à celui du récipient de transport. Chacun des embouts étant connecté à un réservoir du caisson de stockage, soit pour l'entrée soit pour la sortie des solutions actives , soit encore pour le lavage de "Cendrillon" et de ses connexions, un tube en forme de pont, et protégé assure la liaison entre l'embout du "Cendrillon" et celui du réservoir à remplir ou à vider. Le transfert est effectué sous vide.

Signalons que toutes les manipulations de "Cendrillon" (1300 kg) et du pont de transfert (400 kg) sont effectuées à l'aide du pont roulant.

3) Alimentation en solutions inactives

Les réactifs sont introduits par gravité dans l'appareillage, à partir de récipients jaugés placés en zone inactive, la canalisation passant par un raccord étanche.

Les vases jaugés sont eux-mêmes alimentés à partir de réserves de réactifs constituées par des récipients placés au sol et pouvant être raccordés aux vases jaugés par un raccord rapide. Le transfert est assuré par mise sous pression des récipients de réserve.

4) Transfert des solutions actives

Les solutions actives sont transférées d'un réservoir à un autre par l'intermédiaire des boules à vides munies de vannes à billes rodées et du système de sécurité vide-casse vide.

Quand ces solutions doivent passer d'un caisson à un autre, le passage est effectué par le toit où une canalisation en forme de pont, et protégée, assure la liaison entre les goulottes placées sur les caissons. L'étanchéité est réalisée par serrage d'un cône mâle de polythène coulissant autour de la canalisation de liaison, dans le cône femelle en acier inoxydable solidaire du caisson.

5°) Sortie des déchets solides

Les caissons ayant des déchets solides comme résidus (phosphate, tungstate, sulfate de baryum) sont munies d'une flasque de sortie en zone d'intervention, à laquelle vient s'adapter un récipient de filtration. Les déchets solides sont mis en suspension par brassage et agitation, et évacués vers le filtre par depression. Ils peuvent aussi être évacués dans les canalisations d'effluents, soit par écoulement direct à la base du décanteur, soit à sa partie supérieure par siphonnage.

6°) Sortie des sources scellées

Les opérations de sortie des sources scellées sont effectuées par le sas des caissons munis de télémanipulateurs, à l'aide d'un chariot électrique télécommandé portant le conteneur de transport.

La même installation sert à l'entrée ou à la sortie de matériel (enveloppes de sources, électrodes de soudeuse, etc.---) le conteneur étant alors remplacé par un récipient blindé de plus grand volume intérieur.

7°) Prélèvement d'échantillons

Les dispositifs de prélèvement d'échantillons sont placés dans les enceintes protégées situées sur le toit de l'appareil, à cheval sur deux caissons.

Il en existe deux par caisson ce qui permet ainsi de prélever dans deux récipients de chaque caisson.

La liaison entre le dispositif et le réservoir est faite comme dans le cas des liaisons d'alimentation en réactifs c'est à dire par l'intermédiaire d'une membrane en caoutchouc.

Le liquide à prélever est aspiré au travers d'un robinet à quatre voies dans le boisseau duquel on emprisonne, par rotation d'un quart de tour, un volume précis du liquide qui constitue l'échantillon. Cet échantillon est ensuite déversé, à l'aide d'un système de perforation à aiguilles, dans un flacon (type pénicilline) de verre de 30 ml préalablement bouché et capsulé. On peut effectuer sur ce flacon la dilution désirée.

Les flacons sont manipulés à l'intérieur des enceintes à l'aide d'une pince à distance. Ils sont ensuite introduits dans leur conteneur de plomb pour le transport. Ce conteneur (30 kg) est sorti de l'enceinte par rotation d'une porte placée à l'arrière et manipulé au pont roulant en zone semi-active.

8) Equipement spécifique à chaque caisson

L'ensemble des opérations de séparation du caesium 137 et de confection des sources scellées correspondantes nécessite une série de huit caissons amovibles : les six premiers sont de 0 à 5, les deux derniers sont repérés par les lettres C et D. L'un des caissons sert de stockage de solutions de produits de fission, dans les trois suivants, on effectue l'ensemble du traitement chimique, trois autres caissons servent à l'élaboration des sources scellées, le dernier enfin comporte l'installation générale de vide.

a) caisson zéro

C'est le caisson dans lequel on introduit les produits de fission. Il sert à la fois pour le stockage et pour la répartition des produits de fission dans les différents caissons.

C'est aussi dans ce compartiment que reviennent les résidus "effluents liquides" très actifs d'où on les extrait pour transport à l'usine de traitement. Ce caisson comporte donc essentiellement des réservoirs de stockage et les

ensembles de transfert correspondants.

Certains réservoirs comportent en appendice une capacité utilisée comme étalon pour prélever les volumes d'une façon toujours identique.

b) caisson N° 1

C'est dans ce compartiment que commencent les opérations chimiques. On y effectue :

- la précipitation du phosphotungstate de caesium et d'ammonium
- la séparation du précipité des solutions de produits de fission ou de lavage par décantation
- la remise en solution du caesium et de l'ammonium sous forme d'hydroxydes.
- la séparation des hydroxydes par décantation.

Pour mener à bien cette série d'opérations chimiques, on dispose d'un appareil unique dit " précipitateur - décanteur " décrit en annexe.

Le caisson comporte en outre des réservoirs de stockage intermédiaire et les ensembles de transfert correspondant. Parmi les réservoirs de stockage il en est un qui comporte un second vase à l'intérieur, c'est un vase à débordement servant à mesurer le volume de la solution qu'on y prélève.

c) caisson N° 2

C'est dans ce compartiment que l'on effectue les opérations suivantes :

- distillation de la solution des hydroxydes pour en chasser l'ammonium,
- précipitation du sulfate de baryum par addition d'acide sulfurique,
- neutralisation de l'hydroxyde de caesium sous forme de sulfate de caesium par addition d'un excès d'acide sulfurique.

L'appareillage de ce caisson est constitué de la façon suivante :

- un distillateur
- un précipitateur - décanteur
- une microburette pour la neutralisation
- des réservoirs de stockage intermédiaire avec les ensembles de transfert correspondants.

Signalons qu'un des réservoirs de stockage est un réservoir étalon servant à mesurer les volumes de solution qu'on y accumule.

d) caisson N° 3

Ce caisson est le dernier compartiment où l'on traite les liquides. On y fait la concentration et la mise à sec de la solution neutre de sulfate de caesium.

Cette solution est concentrée environ 10 fois dans un appareil identique au distillateur précédemment décrit. Elle est ensuite stockée dans un récipient où il est possible de prélever de petites quantités de solution destinées soit à un contrôle de concentration, soit à la confection de sources peu actives.

La mise à sec du sulfate de caesium est effectuée dans un récipient épais d'acier inoxydable Z 2 NCD 25 - 20. Son volume est de 100 millilitres et son fond est parfaitement sphérique. On y accumule la quantité désirée de sulfate de caesium par additions et évaporations successives de la solution concentrée.

L'utilisation du caisson N° 3 est assez différente de celle des caissons précédents. En effet, les opérations chimiques ne sont pas effectuées ici d'une manière complètement automatique. Le caisson possède sur sa face antérieure deux pinces de manipulation à distance qui permettent de manipuler le récipient de mise à sec et d'atteindre les différents éléments du système de chauffage.

Chacune des deux pinces de manipulation est montée dans une rotule de plomb de 225 mm de diamètre. Les rotules sont cerclées de chemins de roulement en acier inoxydable et reposent sur un système de roulements à aiguilles, ce qui leur assure une mobilité parfaite.

L'ensemble caisson-rotules-pincés est rendu étanche par rapport à l'atmosphère de l'extérieur à l'aide de membranes de caoutchouc plissées.

L'utilisation de ces pinces à distance nécessite un plan de travail situé à mi-hauteur du caisson et sous lequel se placent l'appareil de concentration et les différents récipients de stockage.

Le caisson N° 3 est aussi différent des précédents par le fait qu'il communique avec le caisson N° 4 par l'intermédiaire d'un tunnel latéral horizontal destiné à transférer le sulfate de caesium sec.

Ce tunnel est un cylindre épais d'acier inoxydable de 150 mm de diamètre contenant un chariot qui se déplace sur 2 glissières. Le chariot, émergeant du tunnel en porte-à-faux, reçoit le récipient contenant le sel sec puis à l'aide d'une des pinces à distance, l'ensemble est introduit dans le tunnel que l'on referme par un bouchon étanche. L'autre extrémité du tunnel débouchant dans le caisson N° 4 étant aussi munie d'un couvercle étanche. Ce tunnel sert de sas entre les 2 caissons successifs.

Il n'est solidaire des 2 caissons que par l'intermédiaire des joints d'étanchéité et peut donc être facilement démonté.

e) caisson N° 4

Les quatre caissons précédents réservés au traitement chimique des liquides ont des formes identiques mais le caisson N° 4 n'ayant pas la même destination, sa conception a été

différente. Ayant un volume d'environ un mètre cube, ses dimensions ont été imposées par le champ des deux manipulateurs; en particulier, sa face inférieure est située à un mètre du sol. Sa face avant est constituée d'une glace de verre trempé et stabilisé au cérium, l'étanchéité étant assurée par un joint de perbunan. Le plafond de ce caisson est percé de 2 trous par lesquels passent les bras esclaves des télémanipulateurs, l'étanchéité de l'ensemble, au niveau de ces 2 trous, étant réalisée au moyen de deux membranes plissées en caoutchouc.

La face arrière du caisson comporte un plan incliné vers l'avant qui est percé d'une ouverture circulaire de 400 mm de diamètre. Un couvercle étanche que l'on manipule de l'intérieur obture cette ouverture qui sert à transférer dans leurs conteneurs de transport les sources de caesium 137. L'ouverture, dont la grandeur est assez importante peut servir éventuellement à sortir une partie détériorée de l'appareillage et à introduire une nouvelle pièce.

Un chariot, se déplaçant sur deux rails et télécommandé, supporte le conteneur qui reçoit la source. Il vient appliquer ce conteneur de façon étanche sur l'ouverture que l'on découvre en manipulant son couvercle de l'intérieur. On y introduit la source et on referme le couvercle après avoir mis en place le bouchon de plomb du conteneur. Le chariot est alors renvoyé vers l'arrière et stoppé par un contact de butée de fin de course et la porte de plomb de protection du caisson qui est une porte à guillotine (1500 kg) est refermée par télécommande du pont roulant.

Dans le caisson N° 4, dont l'équipement essentiel est constitué d'une presse à pastiller, d'un appareil de soudure à l'arc sous atmosphère d'argon et d'un four électrique, on procède aux opérations suivantes:

- Pastillage du sel

Une presse hydraulique à double effet d'une puissance de 10 tonnes et munie d'un poinçon de 6 mm de diamètre permet d'obtenir des comprimés compacts dont la tenue mécanique est satisfaisante.

On comprime le sel après avoir rempli la matrice par arasages et tassages successifs. Les pastilles sont alors introduites dans le four et chauffées à 450°C.

- Conditionnement des pastilles

Les comprimés de sulfate de caesium sont distribués dans des enveloppes en acier inoxydable dont on ferme hermétiquement le couvercle par soudure. L'ensemble est placé dans une deuxième enveloppe fermée par un couvercle que l'on soude comme précédemment. Toutes les pièces métalliques sont en acier inoxydable, elles sont soudées à distance sous atmosphère d'argon à l'aide d'un mandrin rotatif et d'une électrode de tungstène thorié asservie à un système de positionnement.

Les commandes de la presse ainsi que celles du poste de soudure, du débit d'argon et du mandrin sont effectuées de la zone inactive devant le hublot de vision.

Les opérations de décontamination et de contrôle d'étanchéité des enveloppes de sources sont exécutées dans un autre compartiment.

f) caisson N° 5

Ce caisson contient le groupe de pompage fournissant le vide à l'ensemble de l'installation.

g) caisson C

La conception et les dimensions de ce caisson sont identiques à celle du caisson N° 4.

Toutefois certaines améliorations y ont été apportées du fait que sa construction a été exécutée postérieurement à celle du caisson 4.

En particulier le système de filtration est plus souple et plus facilement démontable et interchangeable.

Une autre amélioration d'importance est le remplacement des collerettes souples d'étanchéité des trous de passage de télémanipulateurs par des collerettes métalliques et un joint à la paraffine.

Enfin l'équipement intérieur de ce caisson est plus élaboré. La soudeuse a été améliorée mécaniquement et la presse à pastiller d'une puissance de 13 tonnes permet la réalisation d'une gamme de pastilles allant de 2 à 30 millimètres de diamètre. Les récipients contenant les sels à pastiller sont fermés de façon étanche et transférés du caisson N° 4 par l'intermédiaire d'un récipient protégé spécial.

h) caisson D

Ce caisson est jumelé au caisson C par l'intermédiaire d'un sas-tunnel semblable à celui reliant les caissons 3 et 4.

Son rôle essentiel est de stocker la majeure partie de l'activité lors des interventions sur les télémanipulateurs. Ce caisson qui est, comme le caisson N° 3 équipé de 2 pinces de manipulation à distance contient en outre un appareillage

permettant la réouverture des enveloppes de sources mal soudées. Cet appareillage est constitué d'une part d'une dessertisseuse rotative et d'autre part d'une scie alternative.

V. Commandes - Mesures - Régulations - Contrôles

1°) Contrôle des niveaux

a) contrôle électrique

Les divers récipients constituant l'appareillage sont équipés de sondes électriques.

Ces sondes, suivant les récipients, montées soit avec alarme point haut ou point haut et bas, soit en mesure discontinue à différents niveaux prédéterminés du récipient.

Toutes les indications de mesures sont affichées au pupitre de commande sur indicateurs à lecture directe avec signalisation lumineuse et, pour certaines, sonore.

b) contrôle pneumatique

Certains récipients sont équipés de jauges pneumatiques de niveau dont les indications de mesure sont affichées au pupitre de commande sur indicateurs à lecture directe et enregistrées sur enregistreurs miniatures multidirections.

2) Mesure des volumes

a) solutions actives

Les volumes sont mesurés de façon discontinue par récipients-étalons.

b) réactifs

Les volumes sont mesurés dans des réservoirs jaugés et leurs débits sont contrôlés par une vanne pointeau.

c) cuves

Les volumes sont mesurés par jauge à flotteur avec renvoi d'une indication électrique au pupitre de contrôle.

3) Contrôle des transferts

a) recipient de transport (Cendrillon)

Les transferts sont contrôlés en amont par mesure dynamométrique du récipient et en aval par mesure pneumatique des différences de niveaux.

b) réservoirs intermédiaires

Les transferts partiels sont contrôlés par mesure pneumatique des différences de niveaux, les transferts totaux étant contrôlés par sondes électriques point haut et point bas.

De plus, on a la possibilité d'effectuer un contrôle visuel du remplissage et de la vidange des boules de transfert.

4) Contrôle des températures

Les mesures de température sont effectuées à l'aide de sondes placées en doigts, de gants sur les récipients.

L'indication et l'enregistrement des températures sont affichés au pupitre de commande.

Les réglages des températures sont effectués par thermostats et circuits thermostatés.

En ce qui concerne les circuits de thermofluide, on peut aussi agir sur le réglage des pompes de circulation.

5) Contrôle de pH

Les mesures et contrôles de pH sont effectués avec un titrimètre dont les indications sont enregistrées au pupitre de commande.

6) Contrôle des pressions

Les pressions d'air comprimé et d'argon sont contrôlées par manomètre détendeur.

Les pressions hydrauliques sont contrôlées sur indicateurs manométriques.

7) Contrôle des densités

Les densités sont mesurées par cannes pneumatiques plongeantes différentielles. Les mesures sont enregistrées au pupitre de commande sur enregistreur miniature multi-directions.

8) Contrôle des vitesses

Les vitesses des oscillateurs de commande des précipitateurs sont réglés par variateur et les indications sont affichées sur un cadran par un index solidaire de l'arbre de transmission.

9) Contrôle du vide de transfert

Le réglage de la dépression est réglé par manovacuumètres à contacts électriques.

La distribution du vide est effectuée à partir d'une capacité importante sur laquelle se fait la régulation.

10) Contrôle d'irradiation et de contamination

Les appareils de contrôle sont répartis dans la zone de commande et dans la zone d'intervention.

De plus, une chambre d'ionisation placée sur le pré-filtre en contrôle en permanence l'irradiation.

Tous ces appareils sont contrôlés d'un tableau central auquel sont aussi reliés tous les systèmes de sécurité et de contrôle des manipulations faites dans l'installation.

Signalons aussi qu'une chambre haut-flux contrôle l'intensité d'irradiation des sources dans les caissons munis de télémanipulateurs.

11) Pupitres de commande et de contrôle

Les pupitres de commande sont répartis en trois ensembles distincts :

- en façade de la zone de commande de l'appareillage sont situés les pupitres de commande et de contrôle de l'appareillage qui ne comportent que les organes concernant les transferts, les niveaux électriques, les contrôles des vitesses et des débits.
- derrière ces pupitres, une seconde ligne groupe les organes pneumatiques (enregistreurs, indicateurs, vannes et transmetteurs différentiels), les organes de mesure de températures (indicateur, enregistreur), les organes de mesure de pH (enregistreurs), les organes

de régulation du circuit de vide, les organes de contrôle du poste de soudure et des presses hydrauliques. un troisième ensemble groupe les indications des appareils de santé, les commandes d'ouverture de portes et de manoeuvre du pont roulant, les niveaux des cuves et la manoeuvre des vannes pneumatiques des cuves, les transformateurs, redresseurs, amplificateurs et commandes de l'éclairage.

VI. Exploitation de l'installation pilote

A - Description d'une opération chimique

1) Précipitations - Décantations - Lavages

On introduit dans le bac decanteur deux litres de solution de produits de fission ainsi que la quantité nécessaire d'acide phosphotungstique. On effectue une agitation de quelques minutes de façon à obtenir une précipitation homogène et on bloque la palette d'agitation par rapport au bac decanteur.

Après une décantation statique de huit heures, on procède à la rotation lente du bac qui permet en 4 heures d'écouler le liquide clair surnageant. Ce liquide (solution des produits de fission pratiquement exempt de caesium) est recueilli dans un récipient de 20 litres puis renvoyé au caisson de stockage (caisson zero). Le decanteur est renvoyé en position horizontale par rotation rapide et se trouve prêt à recevoir à nouveau 2 litres de produits de fission. On répète l'ensemble de ces opérations jusqu'à accumulation dans le decanteur de la quantité convenable désirée de phosphotungstate de caesium et d'ammonium.

On lave ensuite le précipité avec 2 litres d'acide nitrique normal et on décante la solution nitrique qui est renvoyée au caisson de stockage.

Après un deuxième lavage du précipité par une solution nitrique que l'on décante vers la cuve d'effluents, on lave à nouveau deux fois le précipité avec deux litres d'acide sulfurique normal et on décante les solutions sulfuriques vers la cuve d'effluents.

Le précipité ainsi lavé, on lui ajoute deux litres de solution de baryte 0,15 M qui remet en solution sous forme d'hydroxydes, le caesium et l'ammonium.

Après repos de 12 heures, cette solution est décantée et recueillie dans un récipient de stockage avant d'être envoyée dans le distillateur du caisson N° 2.

Une deuxième reprise par deux litres de baryte 0,15 M est effectuée, suivie d'un lavage des précipités par deux litres d'eau bipermutée. Ces solutions sont recueillies dans le récipient de stockage avant distillation.

Les précipités de phosphate et de tungstate de baryum sont remis en suspension par agitation avec deux litres d'eau bipermutée et décantés rapidement pour être recueillis dans un récipient de stockage des déchets solides.

On rince le décanteur qui se trouve ainsi disponible pour un nouveau cycle d'opérations.

2) Distillation

La solution des hydroxydes est transférée dans le distillateur où l'ammonium est éliminé par chauffage.

3) Précipitation - Neutralisation - Décantation - Lavage

Les solutions restant dans le distillateur sont transférées dans un précipitateur-décanteur identique à celui du caisson N° 1.

La neutralisation de la solution des hydroxydes est alors effectuée par addition d'acide sulfurique 4 fois normal pour obtenir un précipité de sulfate de baryum.

Cette neutralisation est contrôlée à tout instant et la fin de la réaction détectée à l'aide d'un appareil de polarovolttrie dont l'électrode d'un modèle spécial est incorporée au précipitateur.

L'addition d'acide sulfurique se fait à l'aide d'une microburette automatique installée dans le caisson et dont le moteur a été fortement protégé par 100 millimètres de plomb. Un récipient de quatre litres alimente la microburette en acide sulfurique.

En cas de panne du moteur, l'addition d'acide sulfurique est effectuée à l'aide d'une seconde microburette automatique installée hors du caisson et dont l'arrivée sur le décanteur est faite d'un capillaire.

La neutralisation étant terminée, on laisse reposer quelques heures et on décante lentement la solution neutre de sulfate de caesium dans un récipient de stockage avant son transfert au caisson N° 3.

Le précipité de sulfate de baryum est lavé par agitation avec deux litres d'eau bipermutée. Cette solution de lavage est décantée puis jointe à la solution de sulfate de caesium. Le précipité de sulfate de baryum est remis en suspension par agitation avec deux litres d'eau bipermutée et le tout est transféré rapidement dans un récipient de stockage.

4) Concentration - Mise à sec

La solution neutre de sulfate de caesium est transférée dans un concentrateur, appareil identique au distillateur du caisson N° 2, et concentrée environ dix fois.

Cette solution concentrée est ensuite évaporée à siccité dans un creuset d'acier inoxydable.

VII - Bilan de quatre années d'exploitation
Critique de l'installation

1° - Disposition générale de l'installation

Le principe de séparation en trois zones s'est révélé excellent.

L'utilisation de la zone arrière a montré qu'il fallait prévoir de larges ouvertures d'accès, des moyens de levage et de manutention importants et simples à mettre en oeuvre.

Enfin nous estimons qu'il est nécessaire d'avoir sous crochet du pont roulant une hauteur environ double de celle des cellules blindées.

2° - Ventilation

Le principe d'implantation des gaines sous l'appareillage est très satisfaisant.

Le principe de soufflage sans extraction en zone de travail avec extraction en zone active est aussi satisfaisant, toutefois pour que la sécurité soit complète il est nécessaire d'asservir les clapets de passage aux commandes de ventilation.

Le principe du préfiltre en série sur la ventilation est très efficace. Il est alors nécessaire d'avoir un by-pass sur la gaine de façon à pouvoir changer le préfiltre sans arrêt total de la ventilation.

Signalons d'autre part qu'il est commode de pouvoir agir sur la dépression de chaque partie de l'installation sans modification du réglage de l'ensemble.

Notons enfin que la ventilation doit fonctionner sur un circuit prioritaire.

3° - Effluents

L'expérience a montré qu'il fallait particulièrement soigner l'ensemble d'installation des cuves, des canalisations, des pompes et des vannes.

Il faut non seulement étudier avec soin les matériaux de construction en fonction de la nature des effluents, mais il faut exiger le même soin pour la réalisation, en particulier pour la qualité des soudures ainsi que pour les opérations de décapage et de passivation.

Il est nécessaire aussi d'étudier les modes de raccordement entre cuves et vannes, étudier les joints et prévoir les démontages éventuels.

Il faut étudier l'ensemble de façon à pouvoir intervenir à distance sur chacun des éléments constitutifs.

Cette étude n'est pas très compliquée et conduit à utiliser un matériel peu onéreux s'il a été bien conçu.

Il est très commode aussi de prévoir le maximum de possibilités pour l'utilisation des différentes cuves : au prix de quelques vannes et circuits supplémentaires il est aisé d'augmenter d'un facteur considérable les possibilités de dépannage.

Enfin nous avons grandement apprécié l'utilisé des chasses d'eau sur les canalisations d'effluents : nous avons ainsi vérifié que le rinçage systématique est une opération primordiale qui décontamine automatiquement d'un facteur considérable.

4° - Circuit général de vide de transfert

L'exploitation de l'installation a confirmé que le circuit général de vide de transfert en est une partie essentielle. Et nous ne regrettons pas d'avoir consacré beaucoup de temps à son étude et beaucoup de soin à sa réalisation.

- Le groupe de pompage tel qu'il a été réalisé est d'un fonctionnement très sûr et possède un pouvoir décontaminant très important.

En cours d'exploitation, nous avons dû modifier à plusieurs reprises et par approximations successives, la régulation de la pression. Nous sommes parvenus ainsi à obtenir une grande souplesse d'utilisation du vide.

- La vanne quart de tour à serrage différentiel montée en amont de l'ensemble du circuit est un matériel assez onéreux mais la sécurité qu'elle apporte à l'exploitation justifie pleinement son prix.
- Les électrovannes à corps cylindrique que nous avons mises au point, démontables et interchangeables instantanément sont d'un emploi particulièrement satisfaisant. Elles ont d'ailleurs fait l'objet d'une demande de brevet.
- Les porte-filtres interchangeables instantanément et contenant chacun un filtre spécifique à chaque circuit sont très efficaces et très commodes. Toutefois nous avons constaté à diverses reprises qu'il faut nécessairement les doubler d'un dévésiculeur.
- Les clapets à flotteur enfin, confèrent au circuit une sécurité qu'il ne faut pas négliger.

Signalons enfin, qu'il est indispensable à chaque poste de travail d'avoir une commande permettant de mettre instantanément hors circuit une partie de l'installation.

5°) Commandes et contrôles - Pupîtres -

a) Sondes de niveau

Les sondes électriques de niveaux nous ont donné satisfaction; toutefois, il faut noter que leur construction est assez délicate et que leur entretien doit être fait régulièrement et systématiquement.

Les sondes utilisées sont de 2 types : tension alternative sur les sondes de cuves de stockage et tension continue sur tout l'appareillage chimique, cette dernière méthode plus délicate, permet d'obtenir un réglage très fin (intensité inférieure à 50 microampères).

Les tubes électroniques de relais sont vérifiés toutes les 200 heures de fonctionnement et la tension de polarisation est ramenée à la tension de référence.

Les tubes présentant une différence de tension de plus de 5% sont changés systématiquement. Nous tenons à jour une courbe statistique nous permettant de connaître les tubes dont la tension a tendance à s'écarter de la tension de référence.

Ces précautions étant prises, nous obtenons un fonctionnement excellent des sondes électriques de niveaux.

Les sondes pneumatiques nous ont donné aussi de bons résultats, mais leur utilisation est plus délicate d'une part, pour les opérations de transfert (lecture continue de niveau) et d'autre part, du fait que notre installation ne comporte que des récipients de faible volume.

b) Sondes de densité :

Leur exploitation nous a montré que les sondes pneumatiques différentielles ne sont réellement utilisables que sur des réservoirs de forte capacité.

c) Thermo fluide - chauffage:

Le principe est satisfaisant mais l'appareillage doit nécessairement être robuste et assez largement calculé.

Les difficultés que nous avons rencontrées proviennent essentiellement de la fragilité des pompes.

d) Neutralisation

Le dispositif automatique de titrimétrie que nous avons utilisé permet une approche de la neutralisation en fonctionnement normal.

Le contrôle du pH et son ajustage se fait au papier pH ce qui constitue une méthode assez imprécise et peu satisfaisante. La neutralisation à distance s'est révélée être un problème difficile qui doit être particulièrement bien étudié.

e) Télécommandes générales

- Les commandes pneumatiques de vannes sont très agréables et très satisfaisantes.

- Les commandes à distance des engins de manutention et des portes de protection sont très commodes et confèrent à l'installation une grande sécurité.
- Les relais des commandes de toute nature nous ont donné satisfaction après une mise au point fine et délicate.

f)- Eclairage

L'éclairage des cellules de manipulation est efficace mais pas totalement satisfaisant.

Il se révèle assez fatigant pour les opérateurs : le montage et le positionnement des lampes est un point que l'on néglige souvent et qui pourtant a son importance.

6°) Appareillage chimique

a)- Caisson de stockage

Le transfert des solutions dans les réservoirs de stockage est un des problèmes les plus délicats. Nous sommes arrivés à le résoudre de façon très satisfaisante en étudiant avec soin tous les organes de transfert, leurs connexions, leurs joints et leur rinçage. Dans ces conditions, nous opérons sans contamination.

Ensuite, les difficultés de transfert aux autres compartiments sont dues essentiellement au faible volume des réservoirs et au faible diamètre des tuyauteries (réponse des sondes de niveaux difficiles dans de petits volumes).

b)- Caisson de précipitation

Fonctionnement satisfaisant.

Le précipiteur-mélangeur constitue un appareil de fonctionnement simple, robuste et sûr à l'échelle à laquelle nous travaillons.

Les seules difficultés rencontrées sont dues au fonctionnement mécanique du réducteur oscillant à variation de vitesses qui a été assez long à mettre au point et qui a été un peu trop miniaturisé, ce qui a provoqué la faiblesse

de certains de ses organes (les pignons en particulier).

c)- Caisson de distillation

Fonctionnement satisfaisant.

Mêmes remarques que précédemment.

d)- Caisson de mise à sec

Fonctionnement satisfaisant.

Toutefois cet ensemble est un peu incomplet :

- Le concentrateur ne possède qu'un organe de transfert de faible volume, il serait souhaitable de disposer d'une possibilité de reprise avec rejet vers les effluents dans le cas de rinçage total de l'appareillage.
- Pour les neutralisations, les dispositifs d'entrée de réactif ne sont pas commodes (seringues).
- Il serait souhaitable de filtrer l'extraction de ce caisson où l'on manipule des poudres.
- Les soufflets d'étanchéité des pinces sont en latex et leur tenue aux radiations est mauvaise d'ou nécessité de changements fréquents.

e)- Remarques générales sur l'appareillage

- Le transfert par boules à vide en verre polythéné permet un contrôle efficace et permanent mais ne peut être adapté à l'échelle industrielle.

Le polythène gainant les boules commence d'ailleurs à se détériorer et plusieurs incidents ont été dûs à la rupture de tubes de polythène, ce qui laisse présager des difficultés futures avec le polythène d'isolement des sondes de niveau.

- La chaîne complète de séparation du caesium n'a pas été conçue pour permettre un retour en arrière pour les solutions à traiter.

Cette possibilité a un intérêt certain mais complique sérieusement l'appareillage et multiplie les organes de

transfert ce qui a pour conséquence d'alourdir l'ensemble, en ce qui concerne notamment, l'entretien et le contrôle avec tout son appareillage annexe. Le prix de revient de l'installation en est de ce fait considérablement augmenté.

7) Prises d'échantillons

Le système adopté pour les prises d'échantillons conduit à un système mécanique assez délicat à utiliser.

Le principe des aiguilles fixes est à retenir mais la partie mécanique mobile pourrait être simplifiée en partant d'une autre conception de l'enceinte elle-même.

Cette enceinte n'est pas étanche et n'a malheureusement pas pu avoir les dimensions souhaitées ce qui a eu pour conséquence de serrer et de miniaturiser au maximum toutes les servitudes.

8) Caissons munis de télémanipulateurs

En premier lieu, il faut noter que les faiblesses de ces caissons sont inhérentes à l'emploi du télémanipulateur ARGONNE Mod.7 dont le passage se fait par le toit. Nous nous trouvons donc devant les difficultés d'étanchéité et de protection de l'orifice assez large de passage du bras esclave.

La faiblesse de protection a été très partiellement résolue par l'adjonction de protections locales superposées. Quant à la faiblesse d'étanchéité, elle semble avoir été résolue en remplaçant la manchette souple de latex, qui est très sensible aux radiations et se détériore rapidement, par un joint fixe de brai ou de paraffine.

Une autre faiblesse du caisson provient du fait que les sorties de matières actives sont réalisées de manière assez simple. Le manque de place nous a pratiquement interdit la possibilité d'avoir un véritable sas qui pourrait être facilement nettoyable et décontaminable. Il faut donc noter que ce

problème de sortie des caissons est très important et doit exiger une étude très soignée.

D'autre part, l'expérience nous a montré la nécessité d'avoir un filtre sur l'extraction de ce caisson où l'on manipule des poudres.

En ce qui concerne les télémanipulateurs ARGONNE Mod.7, nous sommes satisfaits de leur fonctionnement et leur changement est assez aisé à réaliser, toutefois il faut noter que si ces appareils sont précis et d'utilisation agréable, ils ne sont pas conçus pour faire de gros efforts et acusent une assez grande fragilité dans les conditions où on les utilise.

Quant à l'équipement intérieur du caisson, nous pouvons en conclure :

- a/ pour le four une régulation avec programme semble indispensable.
- b/ pour la soudeuse, nous souhaiterions une plus grande automaticité, problème que nous étudions.
Toutefois dans les conditions d'utilisation actuelles, elle nous donne toute satisfaction.
- c/ pour la pastilleuse, il s'avère nécessaire de pouvoir démonter à distance les organes de pastillages (matrice et poinçons) indépendamment des organes de la presse.

Il est bon aussi de pouvoir contrôler la pression exercée sur plusieurs échelles de sensibilités croissantes. Enfin nous pensons souhaitable de conserver un contrôle manuel de la presse et ne pas trop l'automatiser.

- Enfin, il apparaît nécessaire de jumeler deux caissons où l'on manipule des poudres et de posséder dans ces caissons un stockage de matière active avec une protection suffisante pour éviter l'irradiation inutile de l'intérieur du caisson (hublots de vision, éclairage, moteurs etc....).

- Toutes les critiques concernant le caisson en général, et son appareillage en particulier, ont servi de base à la réalisation d'un second ensemble de caissons de télémanipulation qui nous l'espérons donnera entière satisfaction.

VIII. Description d'appareillages utilisés dans l'installation

Nous avons rassemblé ici les schémas de fonctionnement accompagnés de brèves descriptions des principaux équipements et dispositifs utilisés dans l'installation.

1. Pont de passage de liquide entre deux caissons étanches
2. Introduction des réactifs liquides dans un caisson étanche
3. Dispositif de transfert de liquides radioactifs
4. Ensemble vide-casse vide pour transfert de liquides
5. Sas tunnel de liaison entre deux caissons étanches
6. Installation générale de vide de transfert
7. Dispositif de prélèvement d'échantillons
8. Précipitateur-décanteur
9. Dispositif de commande du précipitateur-décanteur
10. Récipient de stockage avec étalon
11. Ensemble de transfert, stockage et évacuation des déchets solides
12. Appareil de distillation
13. Appareillage de mise à sec
14. Sonde détectrice de niveau
15. Presse-pastilleuse de 10 tonnes
16. Presse-pastilleuse de 13 tonnes
17. Système d'introduction de pastilles dans un tube
18. Soudeuse télécommandée
19. Dessertisseuse coupe-tube
20. Scie alternative
21. Stockage de creusets
22. Dispositif de bouchage et débouchage d'un conteneur de transport GT

PONT DE PASSAGE DE LIQUIDE ENTRE DEUX CAISSONS ETANCHES

Le but du dispositif est d'assurer le passage de liquide entre deux caissons étanches et amovibles.

- DESCRIPTION -

Le pont de passage de liquide fait la liaison entre deux récipients placés l'un dans un caisson étanche, l'autre dans un second caisson étanche. Cette liaison se situe sur le toit des caissons et, de ce fait, nécessite un transfert sous vide pour le liquide.

Chaque caisson est muni sur son toit d'une pièce conique femelle en acier inoxydable dite "goulotte". Entre deux goulottes de deux caissons voisins, un tube d'acier en forme de pont a ses extrémités qui plongent dans les goulottes.

L'étanchéité est assurée par un cône de polythène prenant place dans le cône de la goulotte et traversé en son centre par le tube du pont.

Une contre- bride applique le cône dans son logement et assure l'étanchéité.

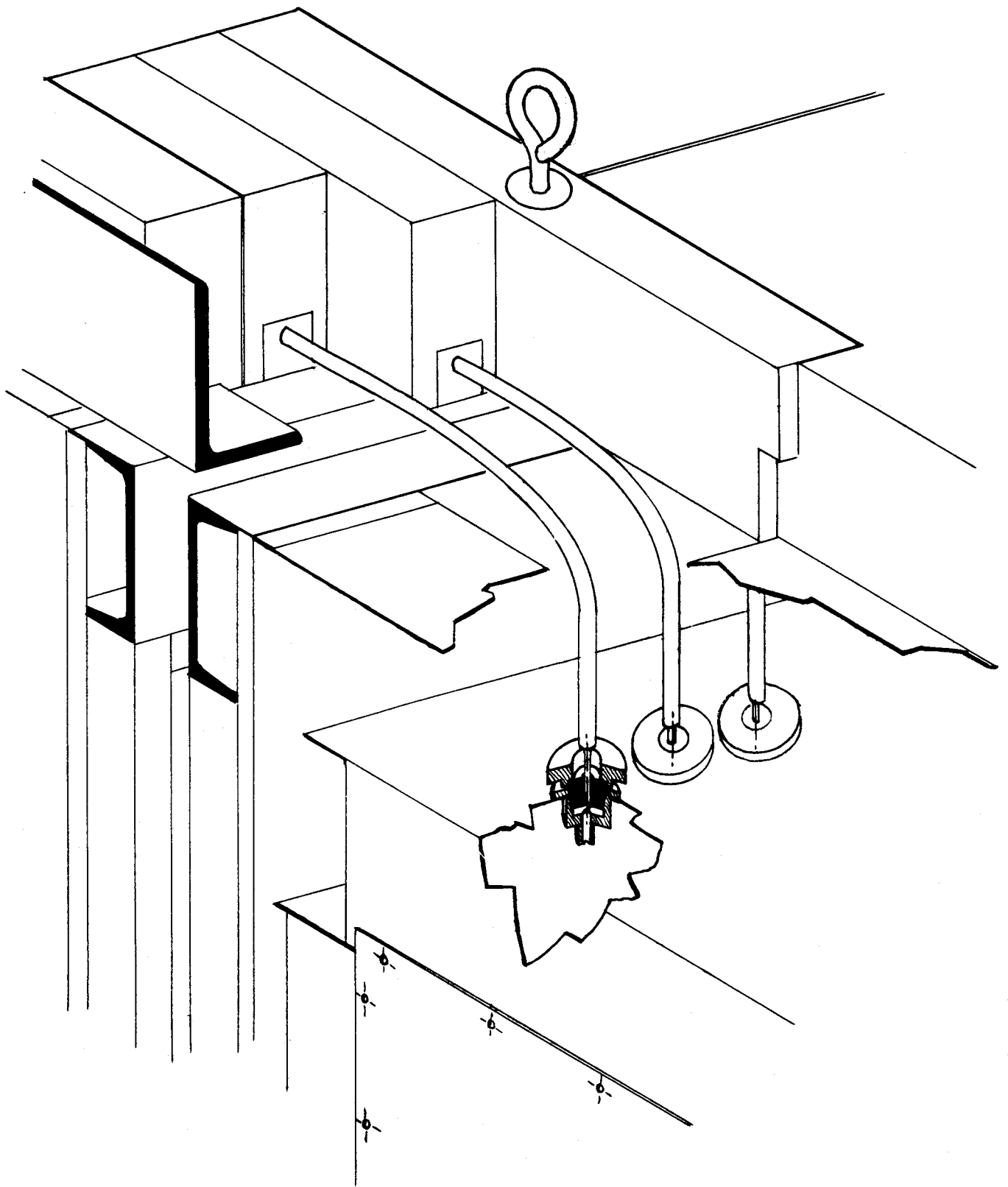
- FONCTIONNEMENT -

Le tube est mis en place au-dessus des toits de caisson et les contre-bridés sont serrés de façon à obtenir l'étanchéité du raccord.

Ensuite, chaque tube de liaison est recouvert d'une dalle de plomb de même épaisseur que la protection d'ensemble des caissons.

- REMARQUES -

- 1° - Les caissons amovibles sont mis en place au pont roulant et l'entraxe des goulottes n'est pas fixé avec une grande précision. Aussi, les trous dans les cônes de polythène sont excentrés de façon à donner à l'ensemble une grande latitude de positionnement.
- 2° - Le diamètre du tube de passage peut varier dans d'assez larges mesures, le principe restant valable.
- 3° - Les contre-bridés sont serrés avec une clé spéciale permettant d'opérer à distance sans risque d'irradiation de l'opérateur.



PONT DE PASSAGE ENTRE CAISSONS

INTRODUCTION DES LIQUIDES INACTIFS DANS UNE ENCEINTE
ÉTANCHE ET BLINDÉE

Ce dispositif permet à partir d'une zone (A) inactive et au travers d'une paroi étanche (C), d'introduire des liquides inactifs dans l'appareillage situé dans une enceinte (B) étanche et blindée.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un récipient mesureur (6) muni de deux vannes (2),
- une canalisation (1) comportant un filtre (3), reliée à la vanne supérieure du mesureur, et que l'on peut à volonté relier au circuit de vide, de mise à l'air ou de pression,
- une canalisation munie d'un raccord démontable (4), traversant la paroi étanche,
- une aiguille mobile raccordée à la canalisation (4) ,
- une goulotte (8) munie d'une membrane élastique, solidaire de l'enceinte étanche, et par laquelle on introduit le liquide après avoir piqué l'aiguille dans la membrane,

- un chariot se déplaçant au sol et portant les réserves de réactif (12). Chaque réservoir de réactif est muni d'un entonnoir (11) et d'une vanne (2) ainsi que de deux tubes dont l'un plonge au fond du réservoir. Ces deux tubes sont munis de raccords rapides (7).

- FONCTIONNEMENT -

Le liquide étant dans le réservoir (12) doit être transféré dans le réservoir (10).

Le réservoir (12) de grande capacité est rempli par l'entonnoir (11) dont on ferme ensuite la vanne.

Les tubes du récipient (12) sont reliés à l'aide des raccords rapides, l'un à l'air comprimé, l'autre plongeur à la canalisation de liaison au mesureur.

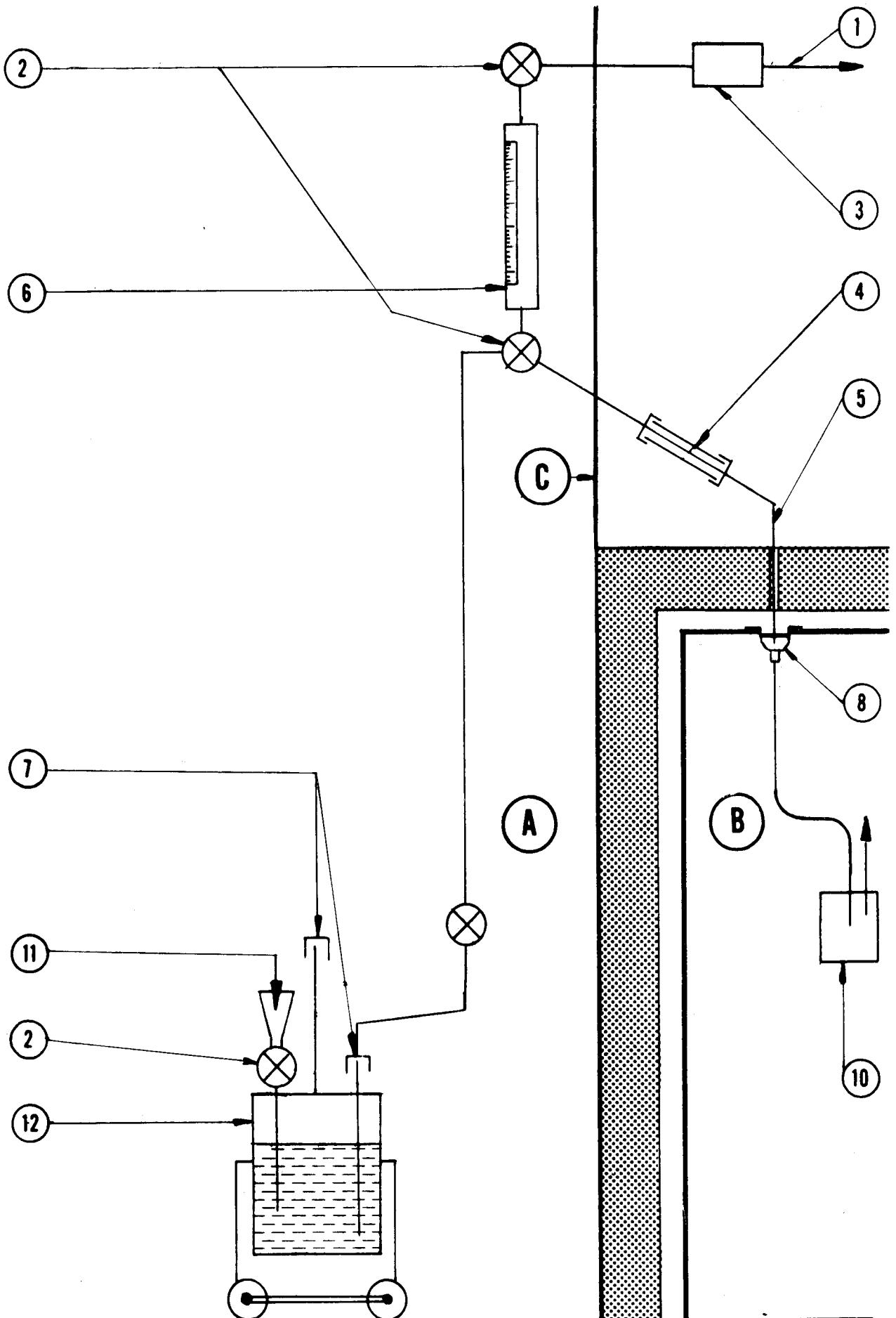
La pression réglable fait monter le liquide dans le mesureur (6) la vanne supérieure (2) étant ouverte sur la canalisation de mise à l'air.

Le volume de liquide à transférer est ensuite délivré à l'aide de la vanne inférieure du mesureur qui interdit les remontées d'aérosols.

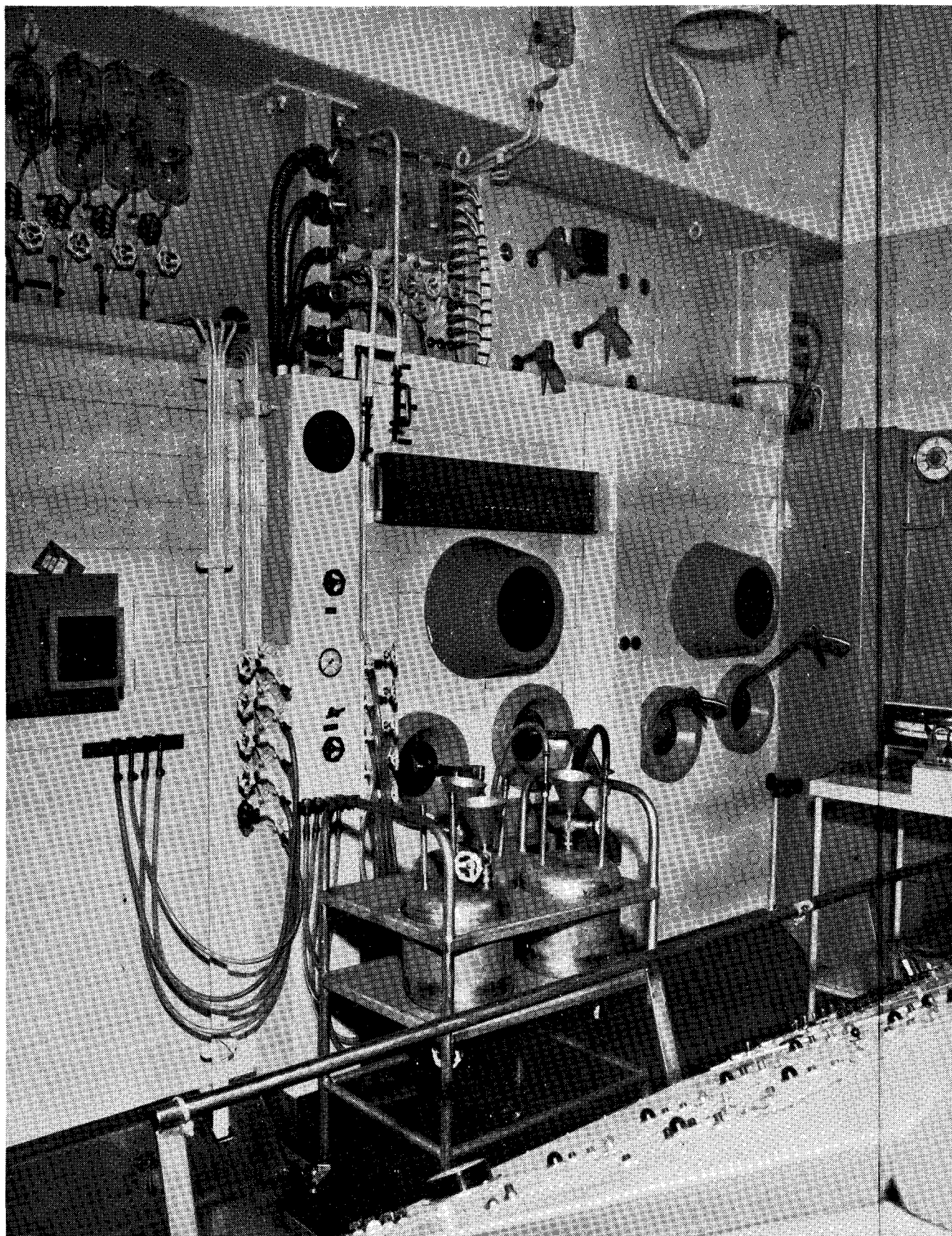
- REMARQUES -

- 1° - Le chariot comporte plusieurs réservoirs des différents réactifs correspondant chacun à un mesureur.
- 2° - Le système aiguille-membrane de raccordement à l'enceinte étanche présente les avantages suivants :

- la partie supérieure de la goulotte est constituée d'une pièce amovible que l'on installe et retire à distance à l'aide d'un outil spécial se plaçant dans les encoches F. Lorsque l'on installe cette pièce, la partie inférieure K de la membrane vient en contact de la partie supérieure de la goulotte P et rend le récipient étanche.
- la membrane inférieure K en perbunan résiste bien tant à la corrosion qu'à l'irradiation, tandis que la membrane supérieure H en latex plus épaisse et plus souple permet la percée de l'aiguille tout en conservant l'étanchéité de l'ensemble.
- les surfaces assez larges des membranes évitent l'obligation d'avoir un alignement précis de la protection et de la cellule.
- L'étanchéité de la liaison aiguille-membrane est excellente :
 - tenue au vide : 600 mm Hg
 - tenue à la pression : 1 Kg/cm²
- L'opération de percée et de retrait de l'aiguille peut être effectuée dix fois de suite en n'importe quel endroit de la membrane sans nuire à la tenue du vide de transfert : le caoutchouc se resserre et conserve au récipient une étanchéité quasi parfaite.
- Etant réalisée de façon à avoir un faible prix de revient, la partie supérieure de la goulotte peut être mise au rebut à n'importe quel moment.



INTRODUCTION DES REACTIFS



Dispositifs d'introduction des réactifs

SYSTEME DE TRANSFERT DE LIQUIDES RADIOACTIFS ^x

(Cf. Note CEA n° 267 du 3/12/1958)

L'ensemble est destiné au transfert d'un liquide radioactif d'un récipient protégé dans un autre récipient protégé. Ce système évite au maximum les contaminations par le liquide.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

1° - Pont de transfert

- deux aiguilles (1) reliées par un tube (2) comportant un point haut
- un fourreau mobile (3) maintenu sorti par un ressort (4) terminé par une membrane (5) et protégeant les aiguilles
- un blindage de plomb protégeant le tube (2)
- un système de vannes pour vide, mise à l'air, et rinçage, placé au point haut du tube (2)

2° - Goulottes équipant les récipients

Les récipients protégés sont équipés à leur partie supérieure d'une pièce métallique (6) soudés sur un tube plongeur du récipient et dite "goulotte".

^x Brevet CEA PV n° 47 685 du 28.1.66

Cette goulotte comporte :

- une collerette (7) permettant de la fixer solidement sur la protection:
- trois tétons (8) situés entre la goulotte et sa collerette et l'ensemble est surmonté d'une pièce comportant :
- un corps métallique (9)
- des trous de préhension (10)
- une membrane souple sertie dans une pièce métallique (11) et constituée d'une feuille épaisse (12) de latex sous laquelle est collée une feuille mince (13) de perbunan
- des encoches baïonnette s'accrochant dans les tétons (8) de la goulotte

- FONCTIONNEMENT -

Le pont de transfert ayant un entraxe des aiguilles (1) bien déterminé se pose sur les orifices des deux récipients, ces orifices ayant le même entraxe.

Le fourreau (3) vient en appui sur les parties supérieures des goulottes. Sous le poids du pont, les aiguilles (1) perforeront les membranes souples (5) (12) (13), on fait alors le vide dans le tube (2) soit pendant l'ensemble du transfert, soit uniquement pour l'amorçage du siphon suivant les positions relatives des récipients.

Le transfert de liquide étant terminé, et le pont ayant été rincé, le tube (2) est mis à l'air, le pont est soulevé et sous la poussée des ressorts, les fourreaux (3) viennent recouvrir les aiguilles (1).

Le pont est alors mis sur deux récipients dont les goulottes ont des entraxes identiques et des transferts de liquide de décontamination sont effectués jusqu'à ce que l'ensemble soit décontaminé.

- REMARQUES -

1° - La partie supérieure de la goulotte est constituée d'une pièce amovible que l'on installe et retire à distance à l'aide d'un outil spécial se plaçant dans les encoches (10). Lorsque l'on installe cette pièce, la partie inférieure (13) de la membrane vient en contact de la partie supérieure de la goulotte (6) et rend le récipient étanche.

- La membrane inférieure (13) en perbunan résiste bien tant à la corrosion qu'à l'irradiation, tandis que la membrane supérieure (12) en latex plus épaisse et plus souple permet la percée de l'aiguille tout en conservant l'étanchéité de l'ensemble au vide de transfert.

- Lors du retrait du pont de transfert l'aiguille est essuyée d'abord par la membrane de la goulotte, et ensuite par la membrane (5) du pont. Enfin l'aiguille s'éclipse derrière cette membrane (5) dans le tube télescopique du pont.

La contamination externe de l'aiguille est ainsi minimum, la dernière goutte éventuelle de rinçage étant retenue par la membrane (5)

- Les surfaces assez larges des membranes évitent l'obligation d'avoir des cotes d'entraxes de récipients assez rigides.

- L'étanchéité de la liaison aiguille-membrane est excellente

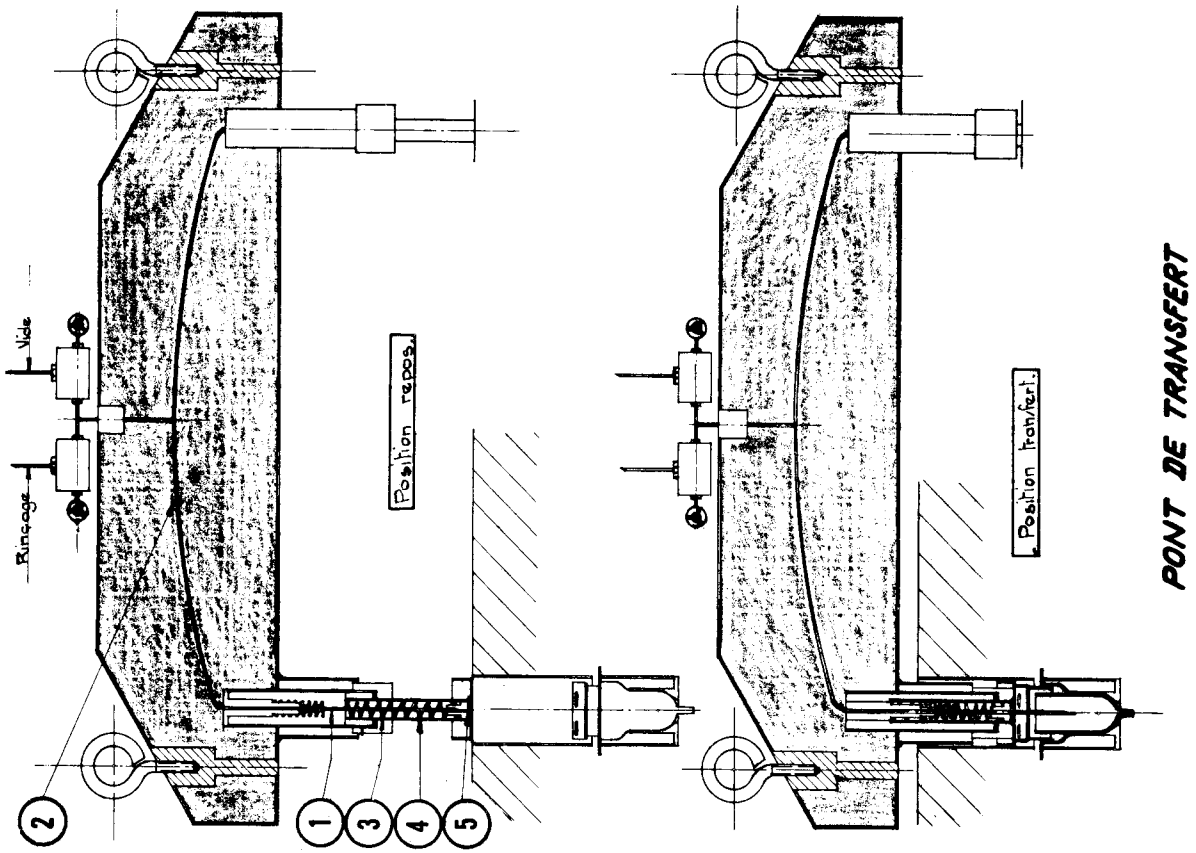
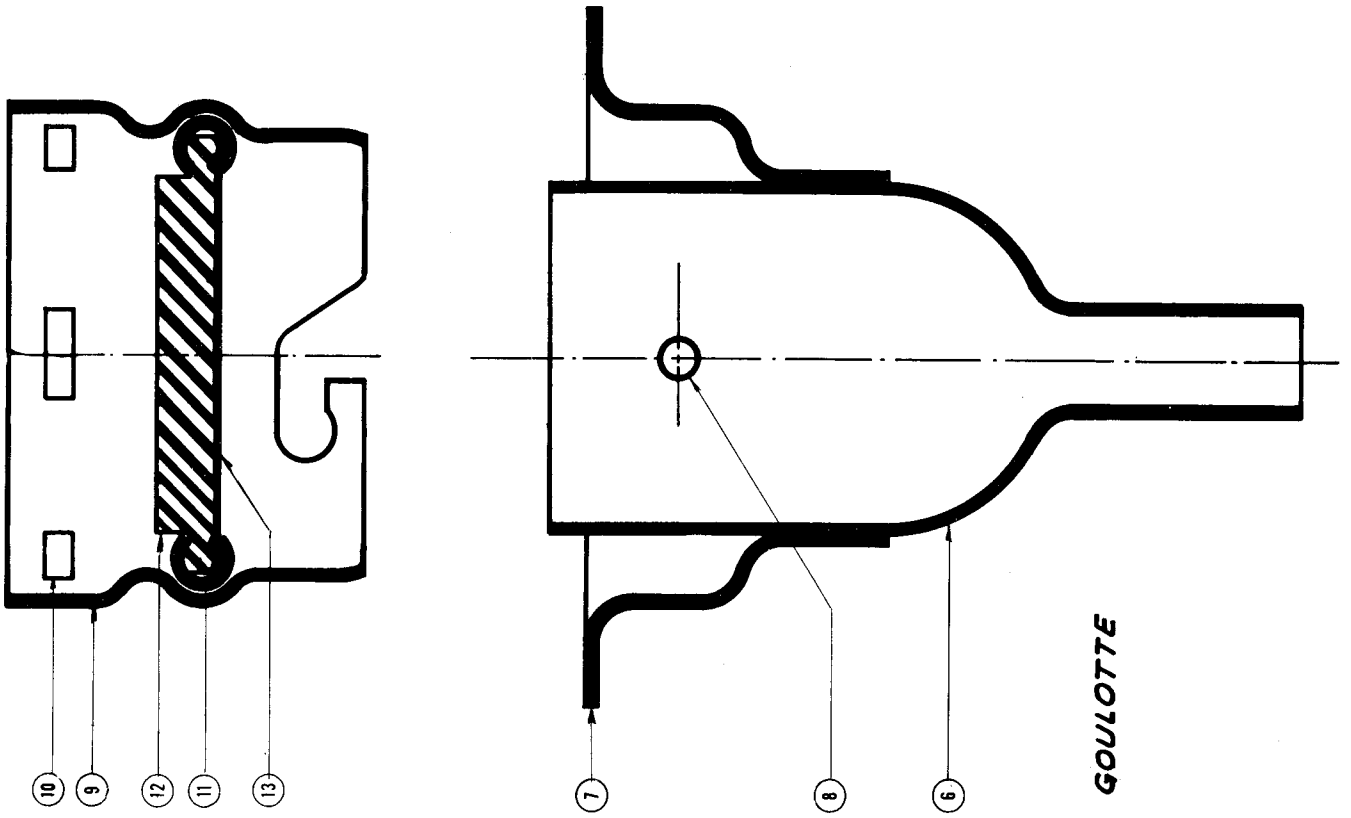
- tenue au vide : 600 mm Hg

- tenue à la pression : 1 kg/cm^2

- L'opération de percée et de retrait de l'aiguille peut être effectuée dix fois de suite en n'importe quel endroit de la membrane sans nuire à la tenue du vide de transfert : le caoutchouc se resserre et conserve au récipient une étanchéité quasi parfaite.

- Etant réalisée de façon à avoir un faible prix de revient, la partie supérieure de la goulotte peut être mise au rebut à n'importe quel moment.

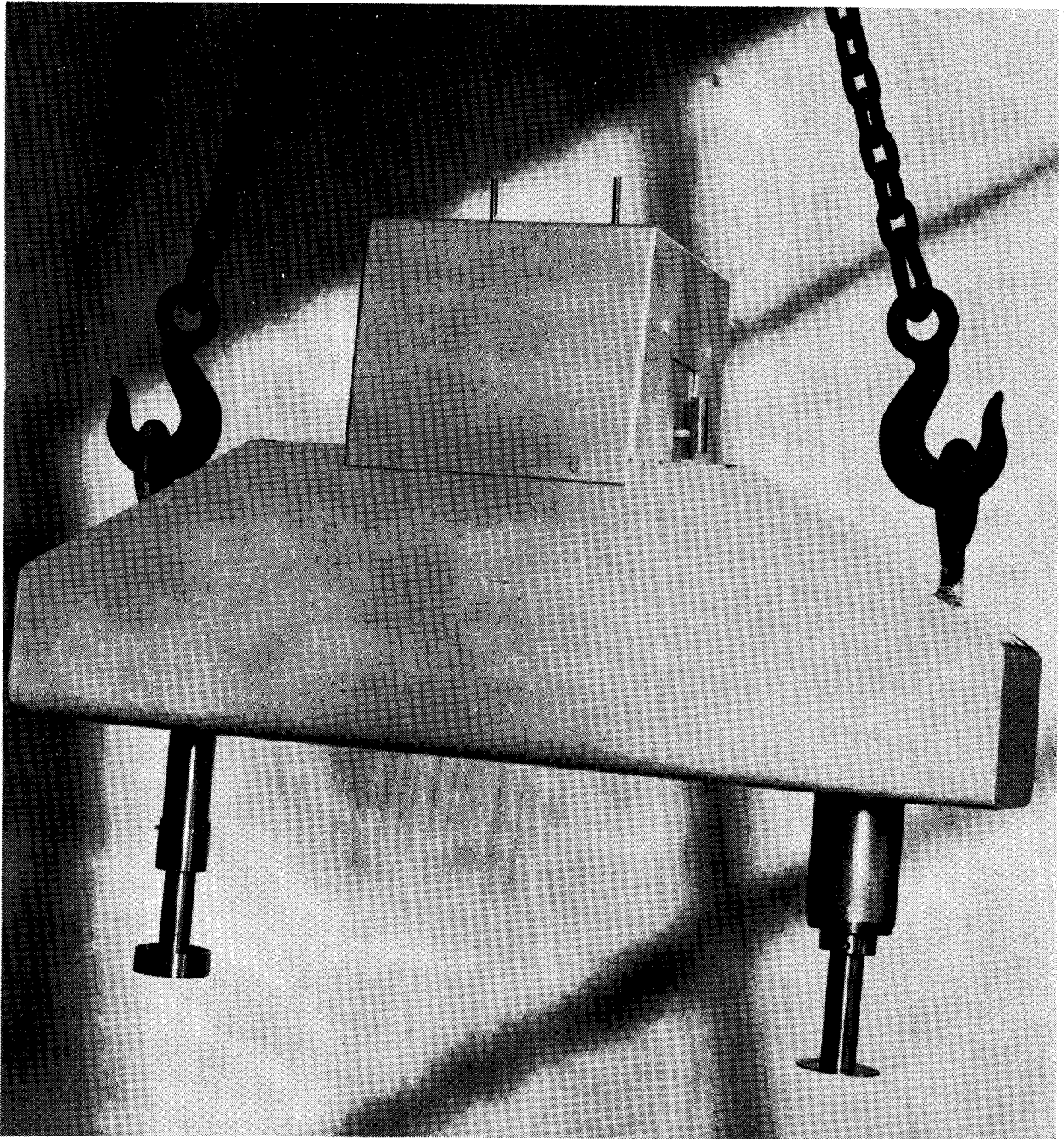
- 2° - Le blindage du tube (2) , ainsi que l'entraxe des aiguilles (1) peuvent être réalisés à différentes côtes en fonction des activités de liquides et de la disposition des récipients.
- 3° - Les aiguilles (1) , le fourreau (3), le ressort (4) et le joint (5) sont facilement interchangeables.
- 4° - L'opération de transfert peut être effectuée à distance avec un pont roulant télécommandé.



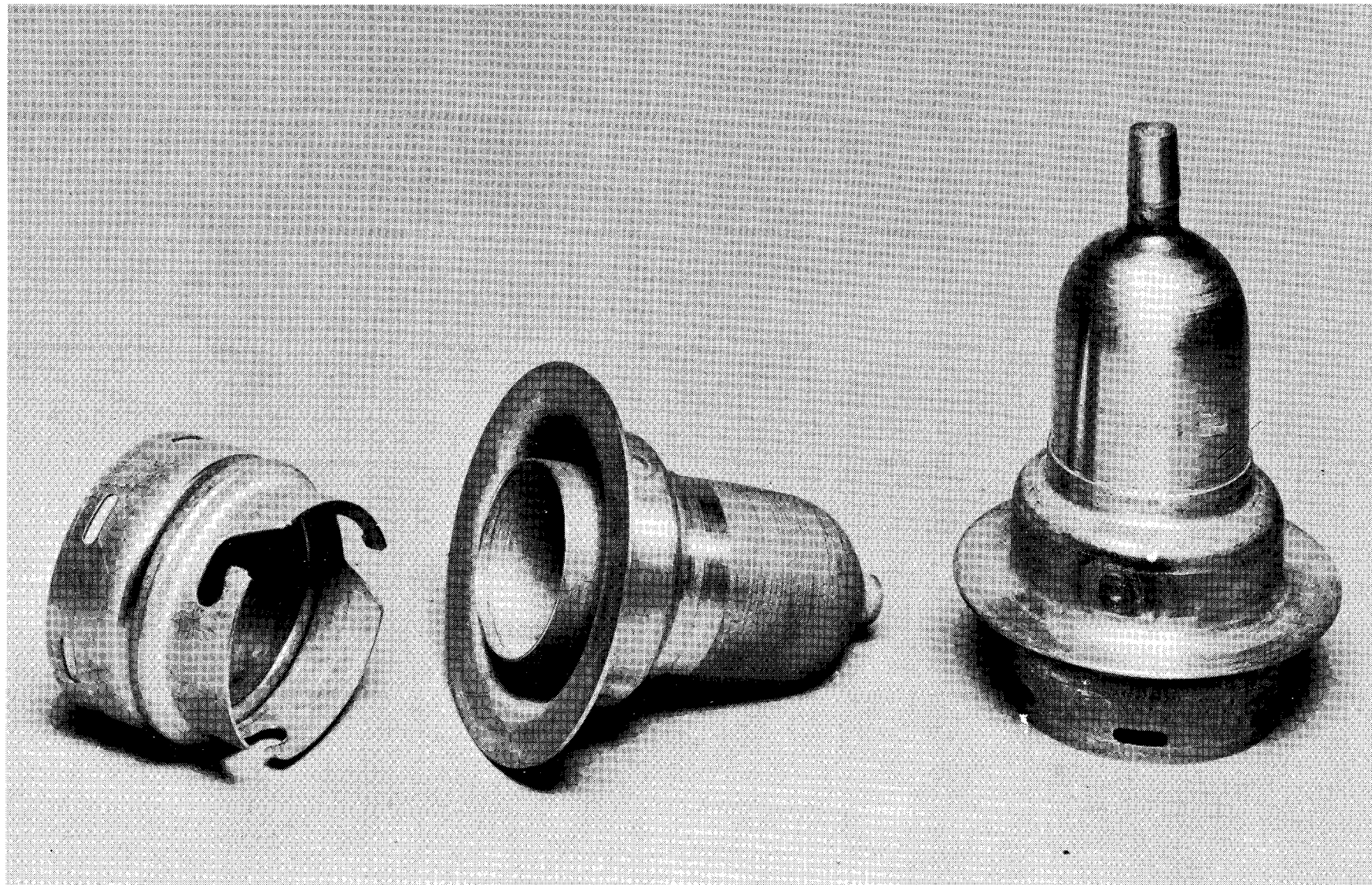




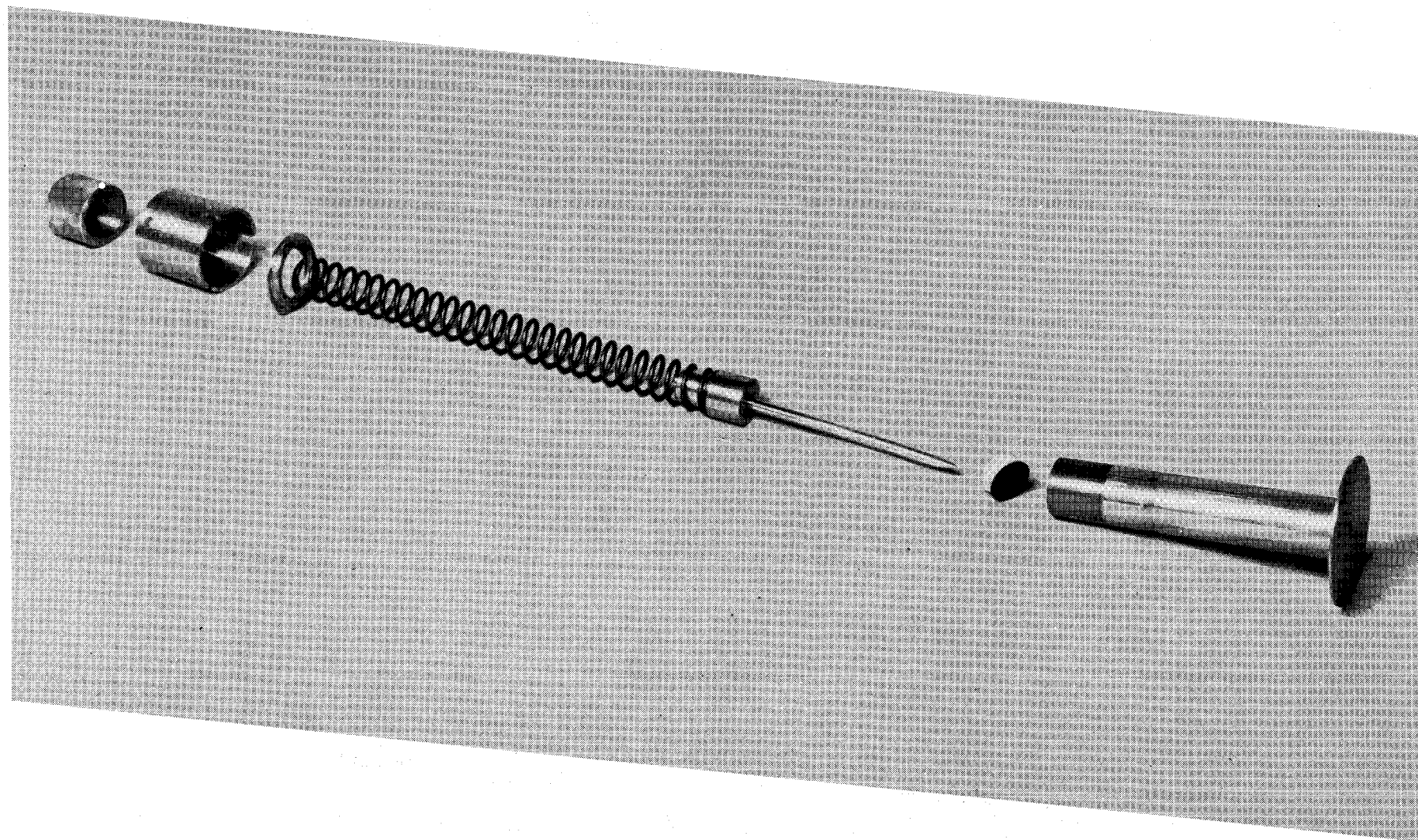




Pont de transfert



Goulotte et membrane



Aiguille et embout démontables

ENSEMBLE VIDE - CASSE VIDE POUR x
TRANSFERT DE LIQUIDES

Ce dispositif permet de transférer un liquide d'un réservoir (A) dans un autre réservoir (B) par l'intermédiaire d'un troisième réservoir (C) placé à un niveau plus élevé.

Le transfert s'effectue en toute sécurité et chaque partie du dispositif est démontable instantanément pour dépannage ou décontamination.

- DESCRIPTION -

Le dispositif a été étudié pour être installé sur le plafond d'une enceinte étanche. L'enceinte étant représentée en (1) et sa protection biologique en (2), l'ensemble comporte les éléments suivants :

- une platine (3) située hors de la protection biologique,
- une électrovanne (4) mise en place sur la platine ,
- un embout porte-filtre (5) traversant la platine, la protection biologique et s'enfilant dans un entonnoir (6) solidaire de l'enceinte étanche.

- un clapet à flotteur (7) solidaire de l'entonnoir (6).

1° - Platine (3)

C'est une pièce épaisse fixée à l'extérieur de la protection biologique comportant deux trous parfaitement alésés recevant l'un l'électrovanne (4), l'autre l'embout porte-filtre (5).

Deux tubulures latérales permettent la liaison de l'électrovanne soit avec la pompe à vide, soit avec une gaine de ventilation.

Un canal (8) horizontal, percé dans le corps de la platine, assure par l'intermédiaire de l'électrovanne la communication d'une des deux tubulures avec l'embout porte-filtre.

2° - Electrovanne (4)

C'est une électrovanne 3 voies comportant deux clapets (9) et (10) reliés par un tige (11). Elle assure la mise à l'air ou le vide sur le canal (8) par l'intermédiaire des joints (12) qui obstruent l'un ou l'autre des sièges.

La commande est effectuée par un électro-aimant et le rappel par un ressort (13). Le corps de cette électrovanne est constitué d'un cylindre en acier inoxydable comportant 3 gorges munies de joints toriques. Les gorges inférieures et supérieures assurent la liaison aux tubulures de vide et de mise à l'air, tandis que la gorge centrale assure la liaison à l'embout porte-filtre par l'intermédiaire du canal (8).

3° - Embout porte-filtre (5)

Cet embout assure la liaison entre l'électrovanne et l'appareillage installé en cellule étanche. Il est composé d'un fourreau en acier inoxydable dont la partie supérieure correspondant à l'épaisseur de la platine (3), comporte deux gorges munies de joints toriques entre lesquelles un canal horizontal est percé et traversé par un canal vertical faisant communiquer l'électrovanne et l'appareillage en cellule.

La partie centrale de ce fourreau comporte un filtre (14) standard qui est selon les cas en papier (absolu papier rose) ou en charbon activé.

Le canal vertical débouche au-dessus de ce filtre et est noyé dans du plomb coulé dans le fourreau et assurant la continuité de la protection biologique.

La partie inférieure se compose d'une tête (15) en acier inoxydable comportant deux gorges munies de joints toriques. Cette tête est solidaire d'un embout (16) par l'intermédiaire d'une membrane plissée inox (17).

L'embout (16) comporte deux gorges munies de joints toriques et prend place dans le fourreau, sous le filtre (14). Il est maintenu en place par un écrou (18) se vissant sur le fourreau.

4° - Clapet (7)

Le clapet de sécurité (7) en acier inoxydable est solidaire de l'entonnoir (6) lui-même soudé au plafond de l'enceinte étanche

Il comporte un flotteur (19) en acier inox muni d'une tige de guidage (20) et d'une membrane (21) en perbunan.

Les trous (22) assurent le passage de l'air lors de la mise sous vide.

- FONCTIONNEMENT -

L'électrovanne (4) est mise en place dans son logement et son alimentation reliée au pupitre de commande.

Le porte-filtre (5) est mis en place dans son logement de la platine, tandis que la tête (15) vient prendre place dans l'entonnoir (6). Toutes les étanchéités sont assurées par les joints toriques.

L'électrovanne étant sous tension ou non, on fait ou non le vide dans l'appareillage, le filtre (14) retenant poussières et aérosols et évitant une contamination importante de l'installation de vide.

- REMARQUES -

1° - Le remplissage du réservoir (C) est arrêté quand le niveau du liquide atteint la sonde de sécurité à laquelle est asservie l'électrovanne. En cas de défaillance de cette sonde, le clapet (7) évite les remontées intempestives de liquide dans le circuit de vide.

2° - Les changements de filtre sont instantanés, il suffit de tirer sur l'anneau (23) de l'embout pour l'extraire et le remplacer par un ensemble neuf pendant la décontamination du premier.

Les changements d'électrovannes sont aussi aisés en cas de défaillance d'une garniture ou du bobinage.

3° - La membrane plissée (17) permet une grande latitude d'ajustement dans l'entonnoir (6), celui-ci au montage de l'enceinte étanche n'étant pas toujours parfaitement aligné avec le trou porte-filtre de la protection biologique.

4° - L'étanchéité est réalisée à tous les niveaux par des joints toriques. Elle est excellente, toutefois lorsque les démontages sont peu fréquents (de l'ordre de plusieurs mois) il y a lieu de procéder au remplacement des joints toriques.

5° - Transvaseur - jaugeur

C'est une application du dispositif :

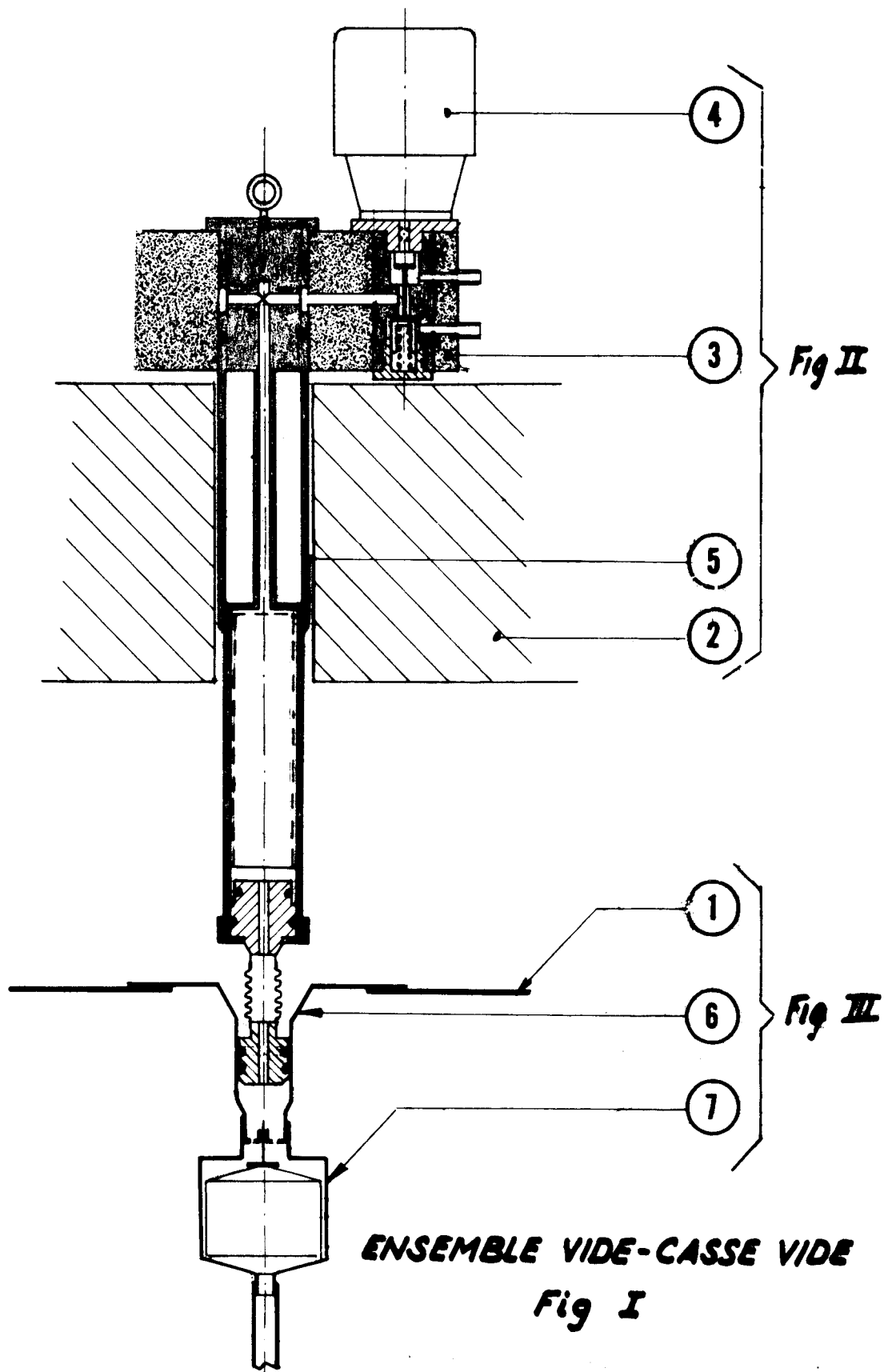
- une vanne vide-casse vide est ajoutée dans le circuit. Elle possède une double sécurité électrique et pneumatique.
- le récipient intermédiaire (C) jauge exactement le volume de liquide à transférer par un système de sondes de niveau haut et bas, une électrovanne (24) étant asservie à la sonde point bas.

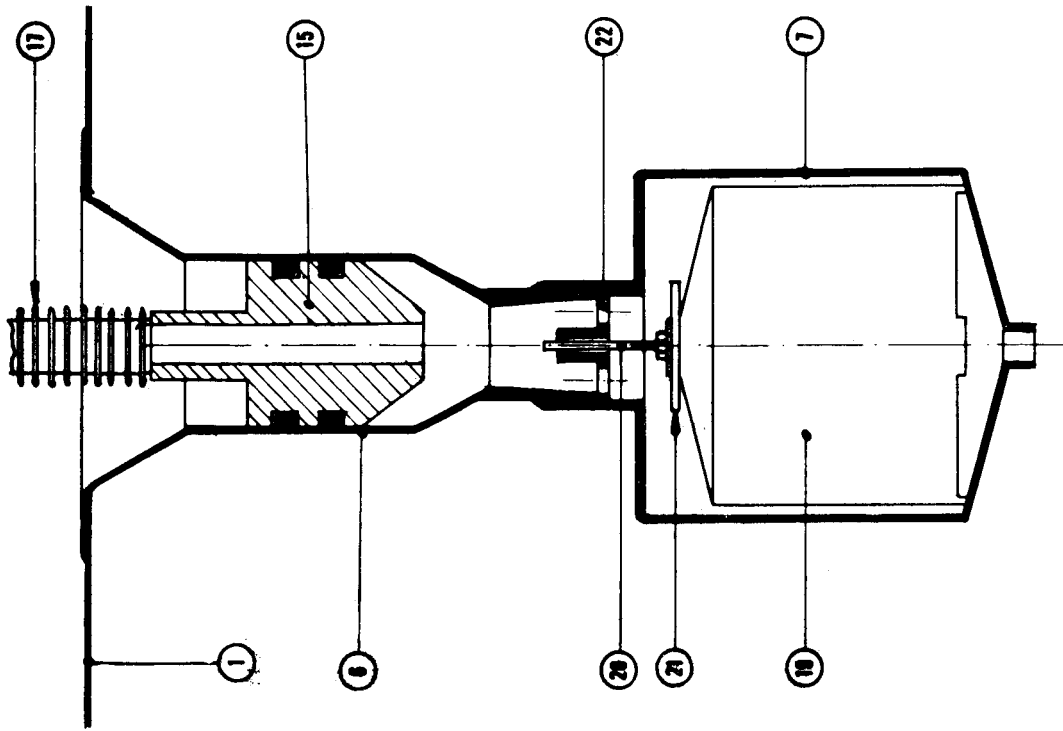
6° - Amorçage d'un siphon

C'est une autre application du dispositif :

- la vanne V.C.V de sécurité peut ainsi prendre place dans le circuit.

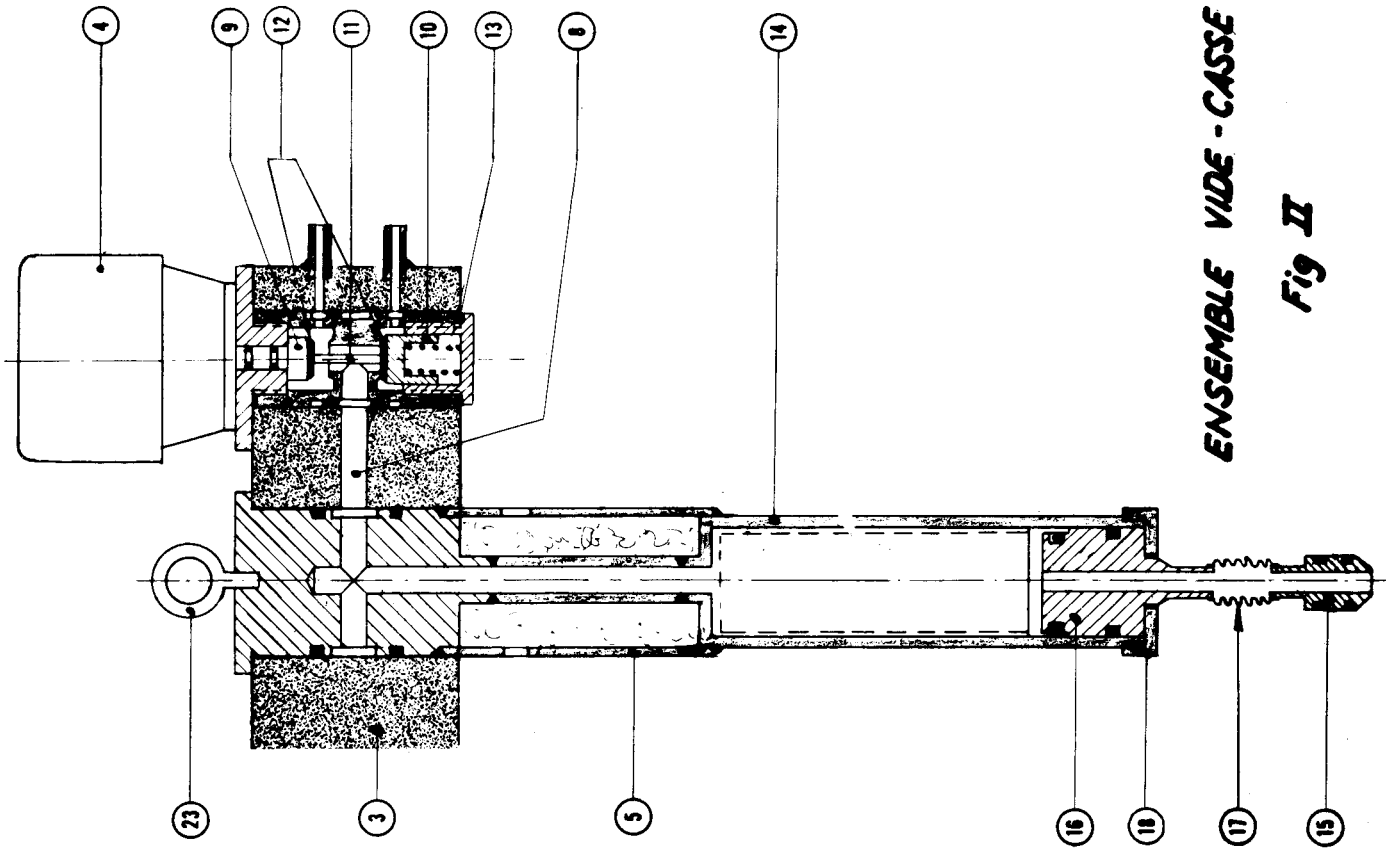
- le récipient (D) ne sert que de capacité d'amorçage du siphon et est situé sur la tubulure de liaison entre les récipients (A) et (B). Cette tubulure a une pente descendante vers (B) et ce dernier récipient est obligatoirement placé plus bas que le récipient (A).





ENSEMBLE VIDE - CASSE VIDE

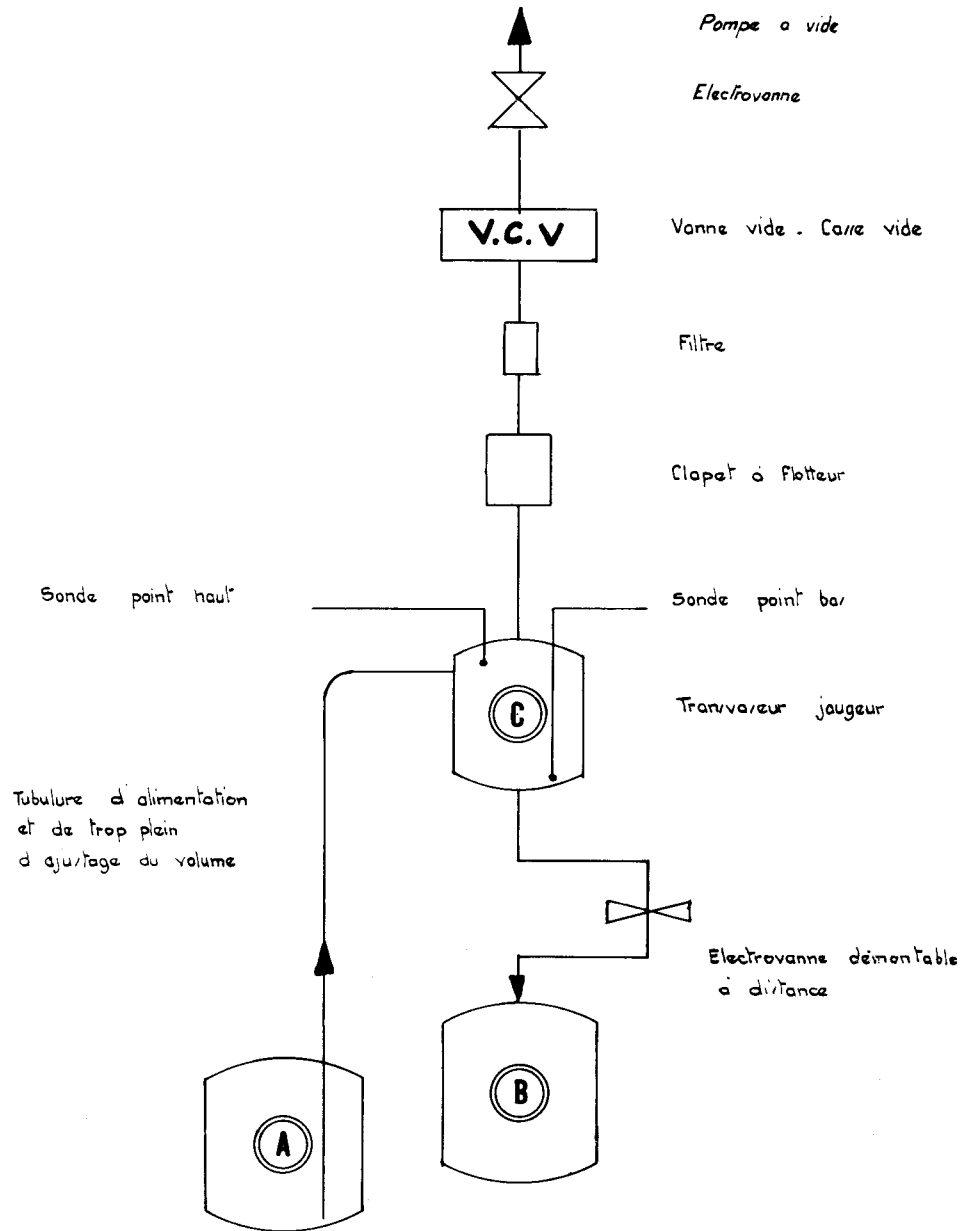
Fig III



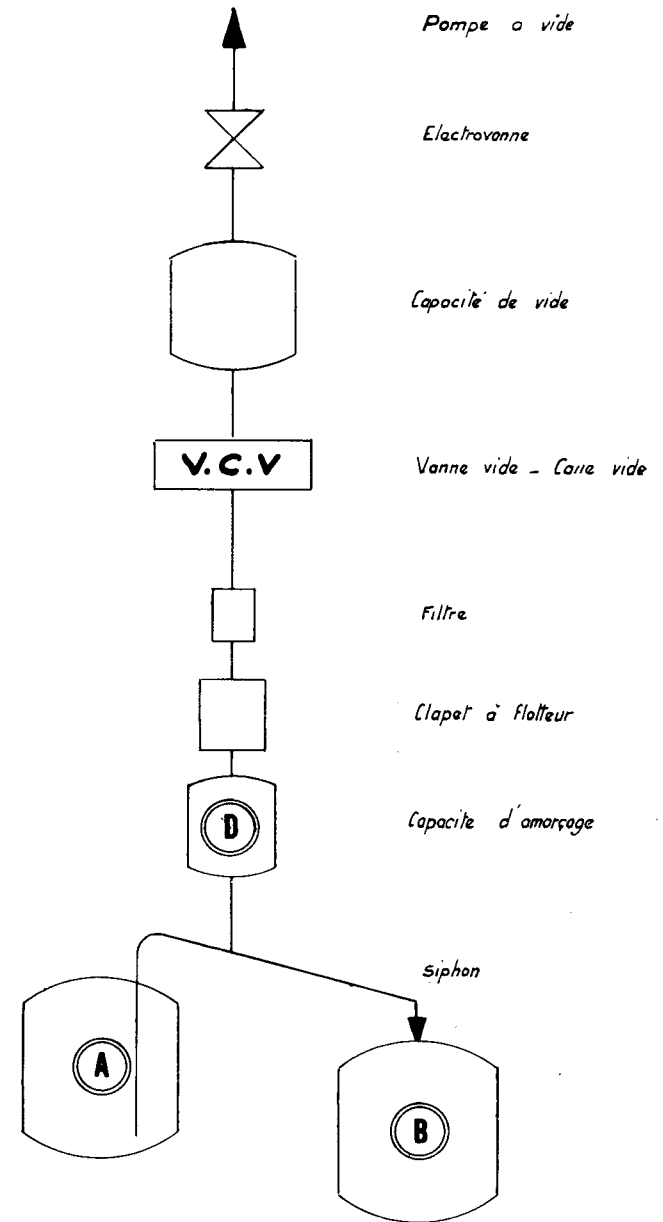
ENSEMBLE VIDE - CASSE VIDE

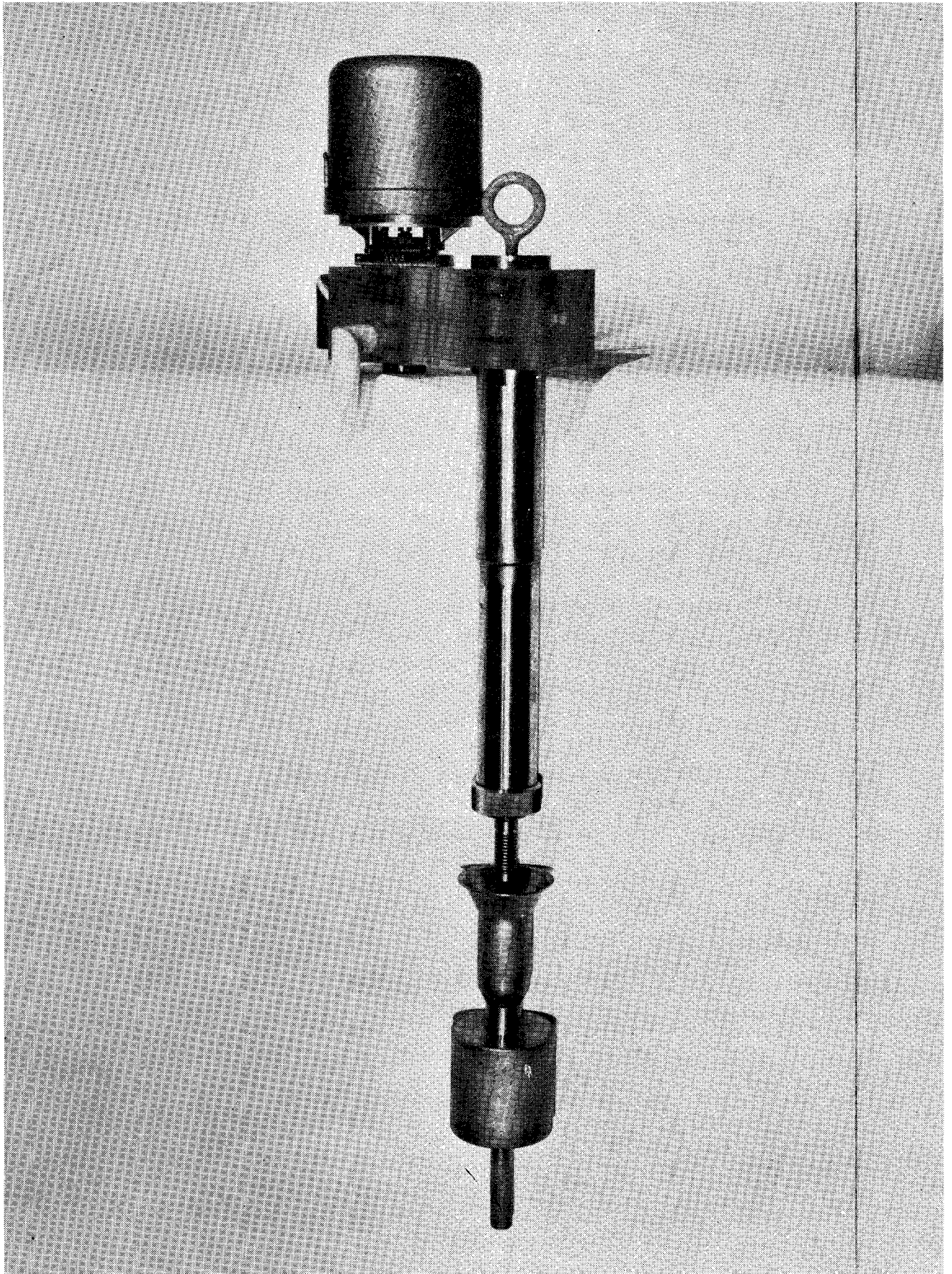
Fig II

TRANSVASEUR JAUGEUR

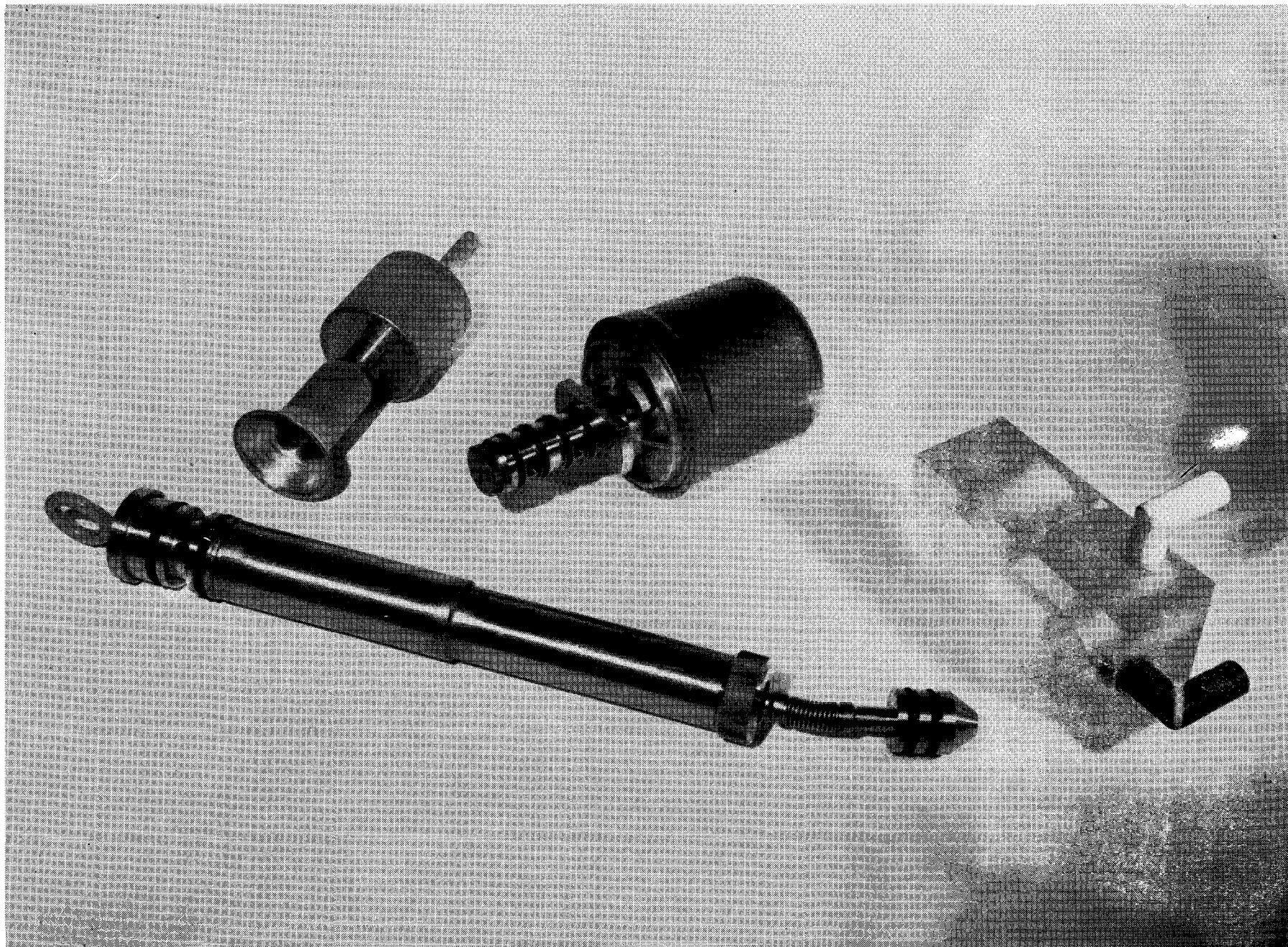


SIPHON AMORCÉ PAR UN VIDE LIMITÉ

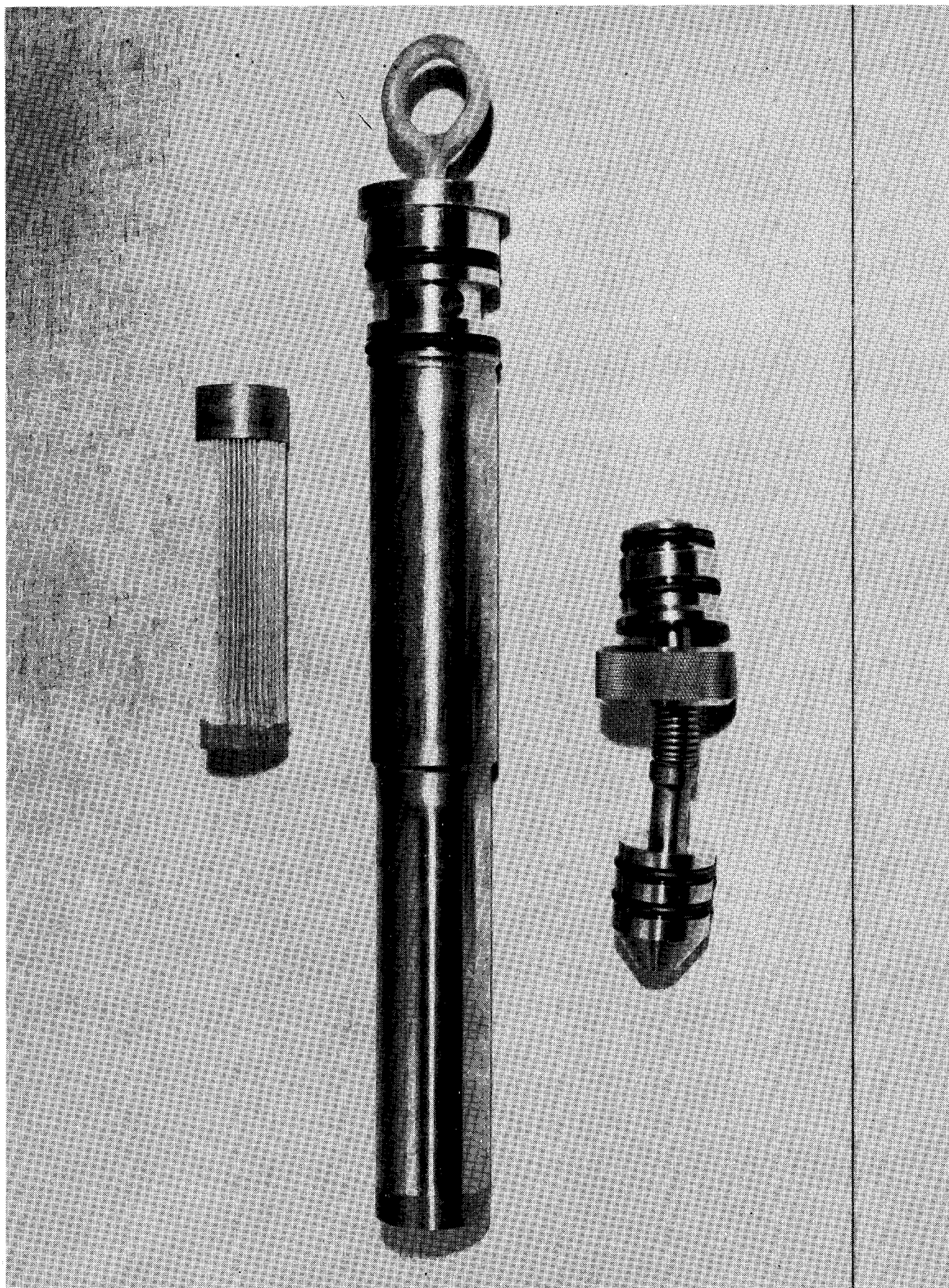




Ensemble vide-casse vide en position



Ensemble vide-casse vide démonté



Embout porte-filtre

SAS-TUNNEL DE LIAISON ENTRE DEUX ENCEINTES ETANCHES x

Le sas permet le passage d'objets entre deux enceintes étanches A et B séparées par une cloison épaisse de protection C.

DESCRIPTION

a - L'enceinte étanche A comporte :

- un appendice 1 soudé sur la paroi,
- une porte 15 solidaire de 1 et équilibrée par le contrepoids 17, ce qui lui permet d'être stable dans deux positions (horizontale et verticale),
- un crochet 16 assurant le verrouillage de la porte ,
- une bride 2 comportant un joint torique, soudée sur 1 extérieurement à l'enceinte.

b - L'enceinte étanche B comporte :

- en ensemble 3 de brides, contrebrides et joints permettant d'aligner un appendice 4 avec celui 1 de l'enceinte A.

c - Le tunnel comporte :

un cylindre 5 muni à une extrémité (côté A) d'une bride lisse, et à l'autre extrémité (côte B) d'une bride 6 avec joint torique, et comportant aussi une porte identique à 15,

- deux rails 7 et 8 fixés à l'intérieur et dépassant du côté A dans l'appendice jusqu'à la porte 15,

- un chariot double permettant de faire déborder le récipient à transférer 11 dans chacune des enceintes étanches, composé de :

- un chariot simple 10, où repose le récipient, à deux lignes de roues

- un chariot simple 9 à trois lignes de roues, et sur lequel se déplace le chariot 10.

Les roues circulent dans les rails en U, 7 et 8 permettant ainsi de faire déborder une partie de ce chariot soit dans une enceinte, soit dans l'autre.

Dans toutes les positions il y a toujours deux lignes de roues dans les rails. Des butées évitent au chariot de tomber dans les enceintes.

Dans l'enceinte B les butées 12 sont fixes alors que dans l'enceinte A, la compression du ressort 14 permet de dégager le pion 13. Une tige solidaire du chariot 10 permet le déplacement de l'ensemble.

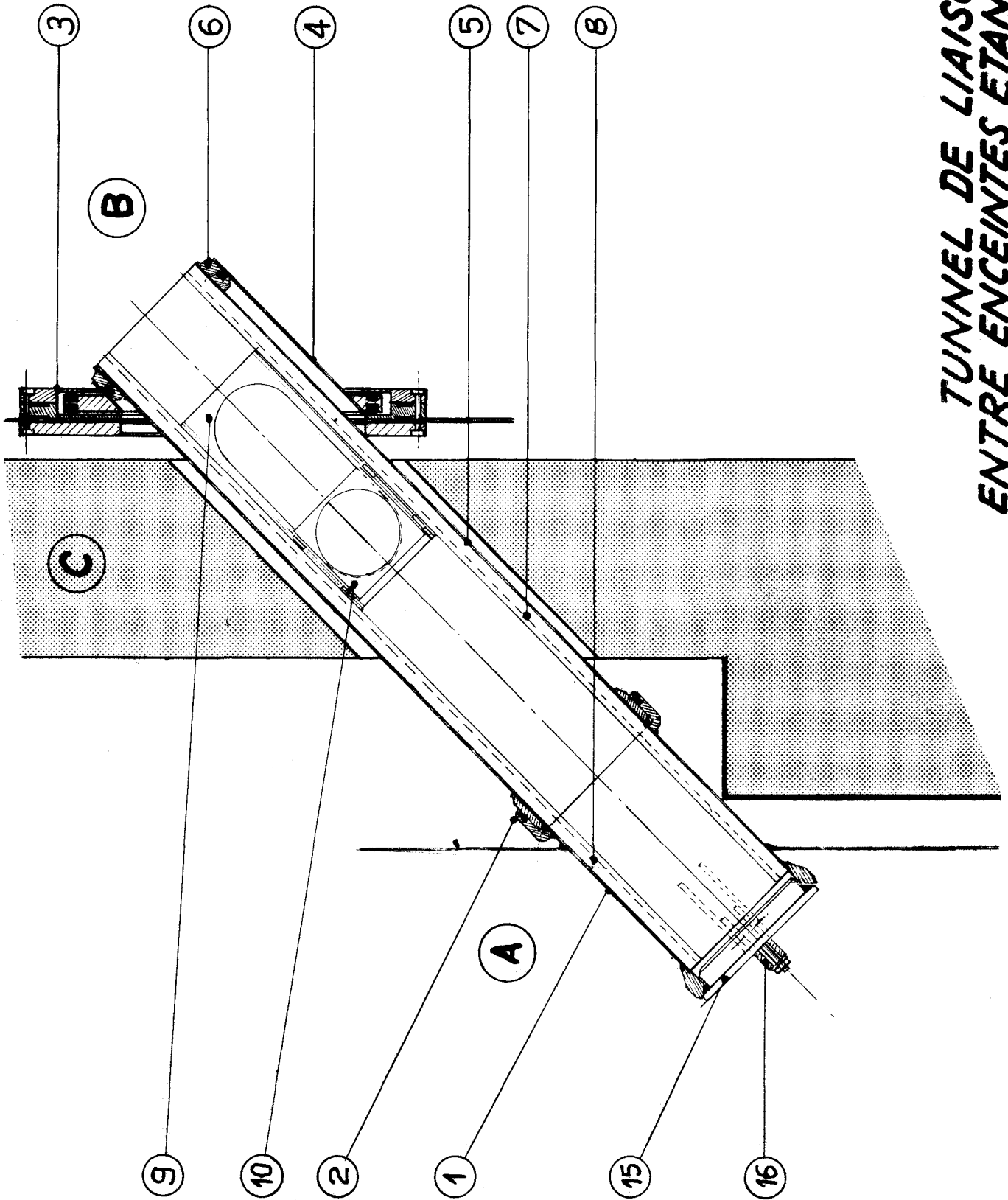
REMARQUES

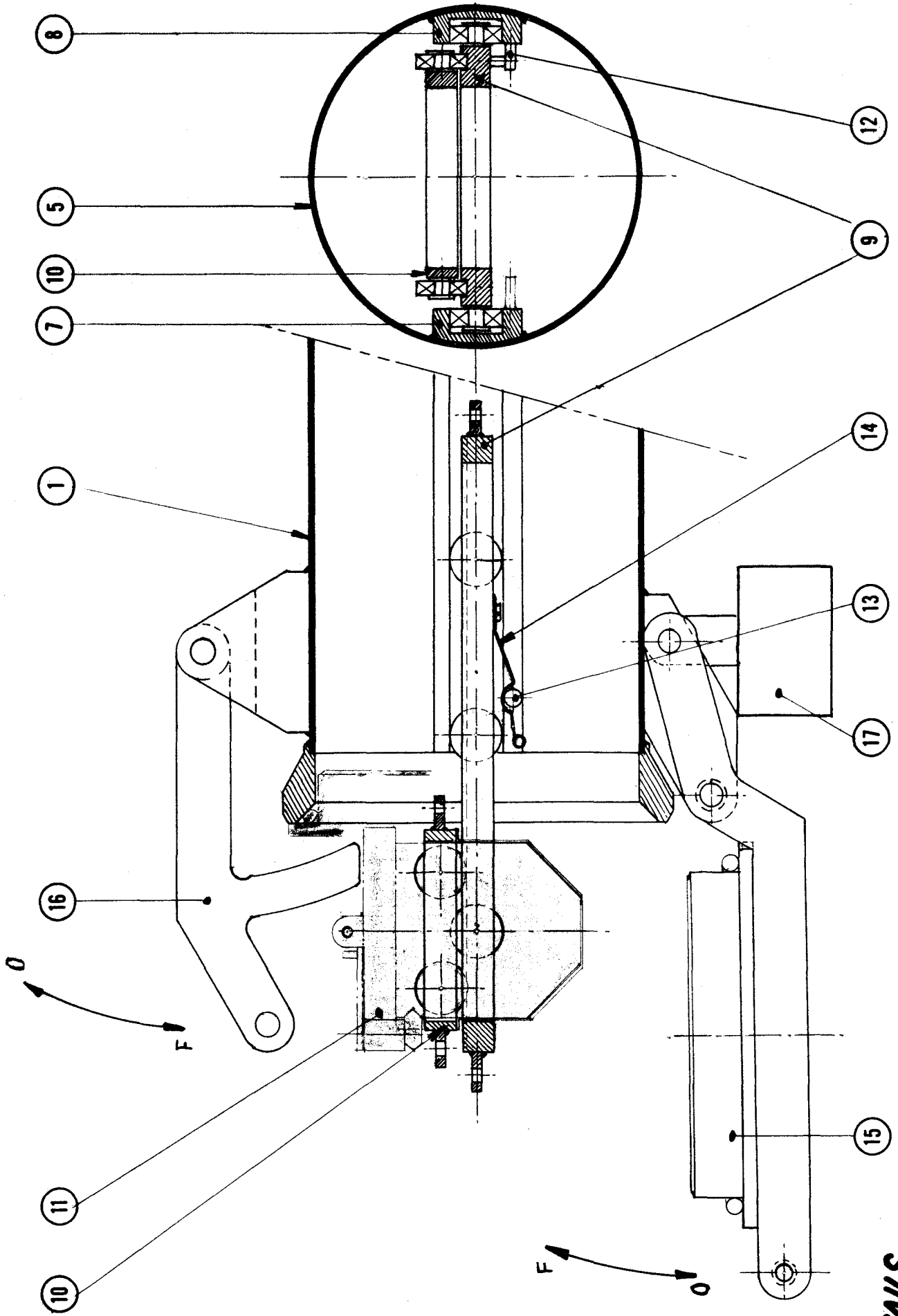
1° - La mise en place du cylindre est effectuée de l'intérieur de l'enceinte étanche B.

L'étanchéité est réalisée entre 6 et 4 d'une part et 2 et 18 d'autre part.

2° - L'ensemble est réalisé en acier inoxydable.

**TUNNEL DE LIAISON
ENTRE ENCEINTES ETANCHES**





DETAILS. TUNNEL DE LIAISON ENTRE ENCEINTES ETANCHES

INSTALLATION GENERALE DE VIDE DE TRANSFERT
(type C.10)

=====

I - VIDE DE TRANSFERT -

Le terme "vide de transfert" utilisé dans une installation pilote semi-industrielle correspond à la dépression nécessaire à appliquer sur un réservoir pour lui transférer le liquide contenu dans un autre réservoir. Compte tenu de la densité du liquide et des diverses pertes de charge, on n'utilise généralement ce mode de transfert que pour des différences de niveau n'excédant pas 4 mètres. Il en résulte qu'une pompe pouvant produire un vide de 600 millimètres de mercure effectifs, c'est à dire une pression absolue de 160 millimètres de mercure est convenable pour satisfaire à ce mode de transfert, les autres caractéristiques de la pompe étant fonction des conditions mêmes du transfert.

II - CHOIX DE LA POMPE

La pompe utilisée est une pompe à anneau liquide. Ce choix a été guidé par certaines caractéristiques convenant particulièrement bien à une installation radioactive semi-industrielle.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

- D'abord l'aspiration simultanée d'air et d'eau, caractéristique convenant particulièrement bien à la décontamination. La pompe étant alimentée en eau et aspirant un air chargé d'aérosols radioactifs, on a déterminé son aptitude à décontaminer cet air et les résultats ont été très satisfaisants : l'activité retenue est de 75 à 90 % pour des pressions absolues allant de 300 à 500 millimètres de mercure.

(Cf. note technique SRA du 7 janvier 1958)
(et note technique DR-SPF/JF n° 139)

D'autre part, l'installation est facilement décontaminable puisqu'on peut y faire circuler divers liquides à des températures variables.

- Robustesse de la pompe et prix d'achat, entretien, usure réduits

La vitesse de rotation est assez basse ($1\ 450\ \text{t}\ \text{min}^{-1}$) et la pompe ne comporte que l'arbre et les turbines comme pièces en mouvement.

- Encombrement réduit.

La pompe est à accouplement direct donc compacte et facile à protéger.

- Vide industriel très convenable.

- Puissance absorbée assez faible.

Le couple de démarrage est très réduit et la puissance absorbée varie entre 1,1 et 2,2 CV.

Variations continues et régulières des débits (voir courbes Cr 464 et Cr 465).

- Facilité de télécommande, d'asservissement et de régulation.

III - DESCRIPTION DE LA POMPE - (croquis Cr 573)

C'est une pompe SIHI de type 20 044 RRTU à anneau liquide. La turbine (1) est excentrée par rapport au corps de pompe (2) et tourne entre deux disques avec un jeu très faible. Dans un de ces disques sont prévues les ouvertures d'aspiration (3) et de refoulement (4). La pompe est remplie partiellement avec le liquide de refroidissement (l'eau dans notre cas). Au démarrage de la pompe, ce liquide est projeté à la périphérie du corps de pompe, par la force centrifuge et forme un anneau liquide (5) concentrique au corps de pompe.

Il se forme ainsi des espaces libres entre le moyeu de la roue, les ailettes et l'anneau liquide. Ces espaces vont en croissant de A en B suivant le sens de rotation, en diminuant de B en A.

Durant l'augmentation de volume de ces espaces, il se crée dans ceux-ci une dépression, et l'air est aspiré par la lumière (3). Quand le volume des espaces diminue, l'air est comprimé et s'échappe par la lumière de refoulement (4). Le fonctionnement d'une telle pompe est donc semblable à celui d'une pompe à piston dans laquelle le liquide joue le rôle de piston entre chaque ailette.

IV - DESCRIPTION DE L'INSTALLATION - (croquis Cr 480)

L'ensemble peut se diviser en 4 parties essentielles :

- le groupe électro-pompe A
- le réservoir d'eau B
- le réservoir de vide C
- le bac de réception D

1° - La pompe (1) est rendue solidaire de son moteur (2) par l'intermédiaire de l'accouplement (3).

L'ensemble électro-pompe (A) est fixé sur un châssis par l'intermédiaire de supports élastiques (4).

Les diverses tuyauteries sont raccordées à la pompe par l'intermédiaire de membranes plissées inox (5).

L'ensemble électro-pompe est ainsi "flottant" et fonctionne silencieusement sans transmettre de vibration aux tuyauteries lors des démarrages du moteur.

2° - Le réservoir d'eau (B) est cylindrique et comporte :

- un niveau visuel (6) ,
- une sonde de température (7),
- une canalisation de vidange (8) reliant le point bas du réservoir au réseau d'effluents par l'intermédiaire d'une vanne,
- une canalisation d'arrivée d'eau (9)
- un tube plongeur (10) assurant l'arrivée d'eau à la pompe,
- une canalisation (11) de refoulement de l'eau de la pompe,
- une canalisation (12) de mise à l'air du réservoir reliée à la ventilation générale.

3° - La réserve de vide (C) est fixée à la partie supérieure de l'ensemble et comporte :

- une canalisation (13) reliée à l'aspiration de la pompe,
- un vacuomètre (14),
- un raccord démontable (15) reliant la réserve de vide au circuit général de distribution du vide,
- une canalisation (16) d'arrivée d'eau permettant une décontamination éventuelle,
- une canalisation (17) reliant le point bas du réservoir au réseau d'effluents par l'intermédiaire d'une vanne.

4° - Le bac de réception (D) est placé sous l'ensemble pour recevoir les fuites éventuelles. Son point bas est relié au réseau d'effluents par l'intermédiaire d'une canalisation (18).

L'ensemble est monté sur un châssis amovible, et se place derrière une protection de plomb de 100 millimètres d'épaisseur.

V - FONCTIONNEMENT -

L'ensemble commande - régulation permet de réaliser l'asservissement et la commande du groupe électro-pompe destiné à entretenir un vide constant dans la réserve de vide.

Le schéma SPF Cr 504 comporte :

- le groupe électro-pompe
 - une électrovanne
 - une réserve de vide
- } montés en série
- deux vacuomètres V1 et V2 branchés en dérivation de chaque côté de l'électrovanne - ces deux capteurs peuvent fournir une information (vide maxi - vide mini) par deux index réglables.

En considérant le vide comme un fluide, nous indiquons que la réserve est vide lorsqu'elle se trouve à la pression atmosphérique.

1°) Les deux index des vacuomètres sont réglés ainsi :

V1 - maxi au vide désiré maximum,
mini au vide désiré minimum.

V2 - maxi au vide maximum de la pompe,
mini légèrement au-dessus de la P.A.

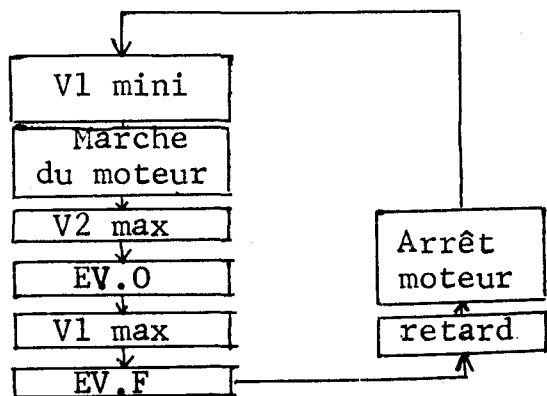
2°) Fonctionnement :

Supposons les conditions initiales suivantes :

- réserve pleine,
- V1 entre les deux index,
- V2 à zéro,
- groupe électro-pompe arrêté,
- électrovanne fermée.

Si l'on utilise le vide contenu dans la réserve, V1 va décroître jusqu'à atteindre l'index inférieur. A cet instant, le groupe électro-pompe se met en marche. Le vide monte dans la partie reliant la pompe à l'électrovanne. V2 monte rapidement à son maximum. Lorsque V2 est au maxi, l'électrovanne s'ouvre, la réserve se remplit. V1 monte au maxi, et ferme l'électrovanne, puis avec un retard arrête le moteur. V2 retombe à zéro. La réserve est de nouveau à son état initial.

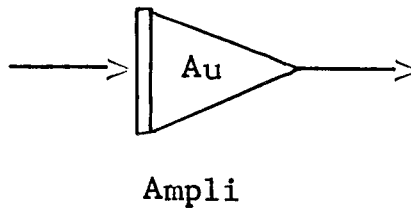
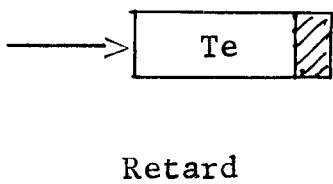
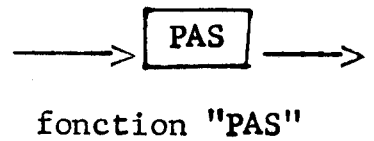
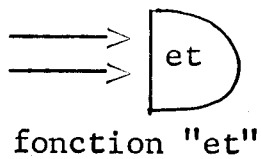
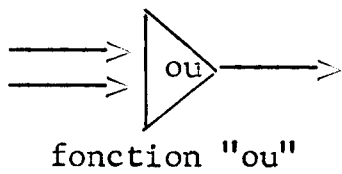
3°) Organigramme de fonctionnement :



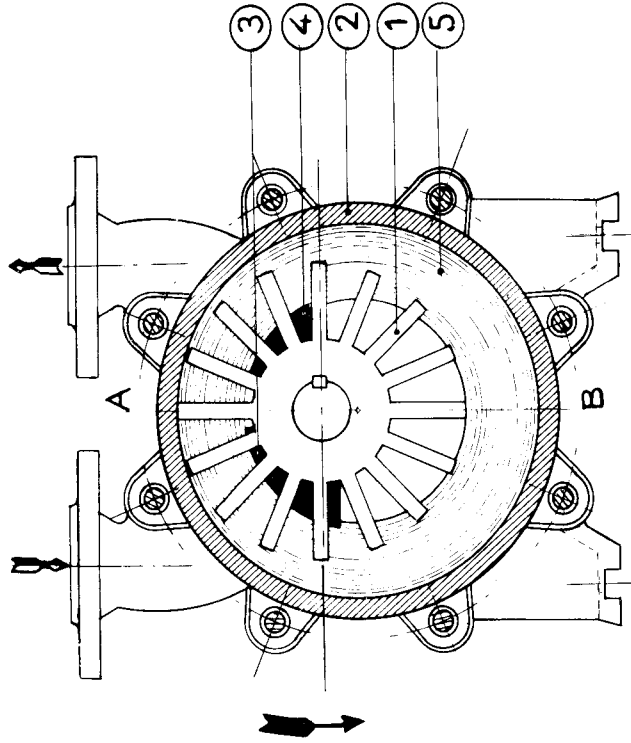
4°) Réalisation - (schéma SPF Cr 504

L'ensemble est réalisé à l'aide de modules statiques. Ces modules sont montés sur des plaquettes imprimées, ce qui permet de réduire l'encombrement.

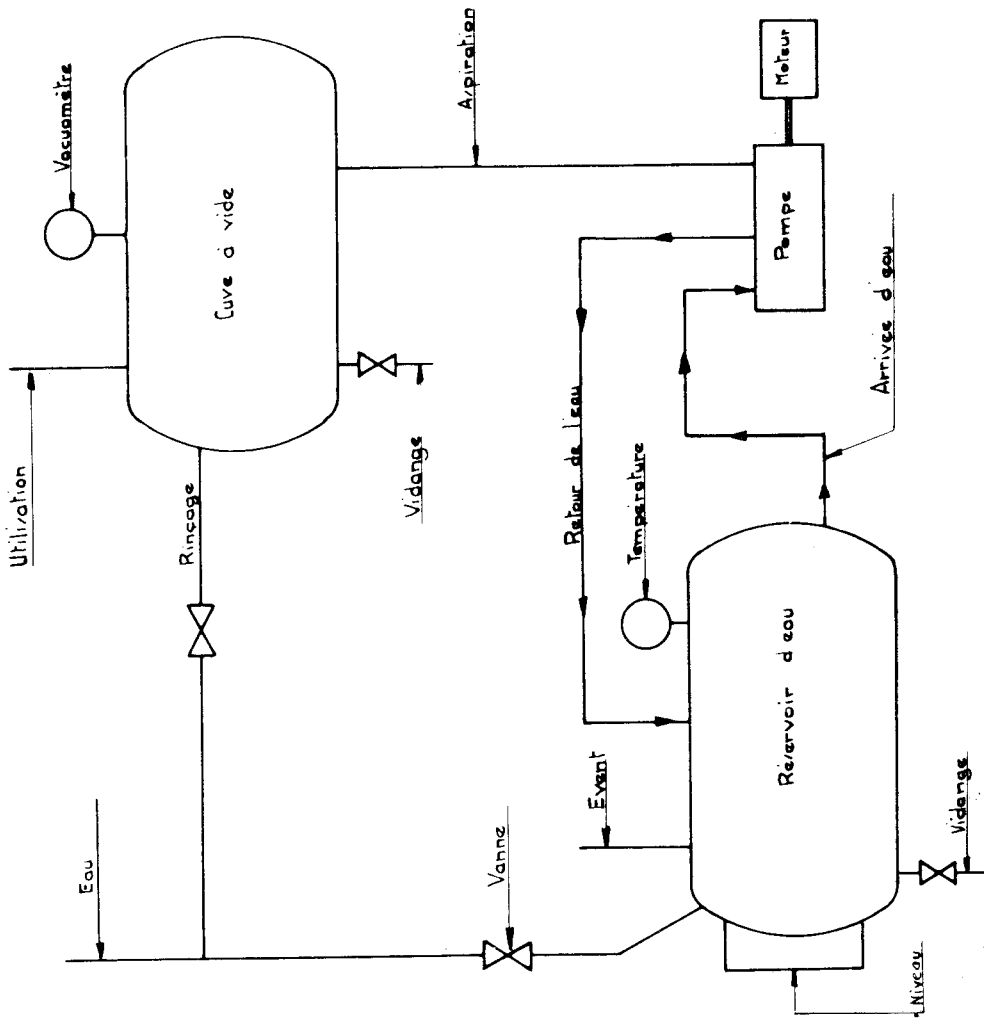
L'information donnée par les vacuomètres est une fonction logique binaire. Le plan Cr 504 donne la représentation logique dont les organes de base sont :



VUE EN COUPE

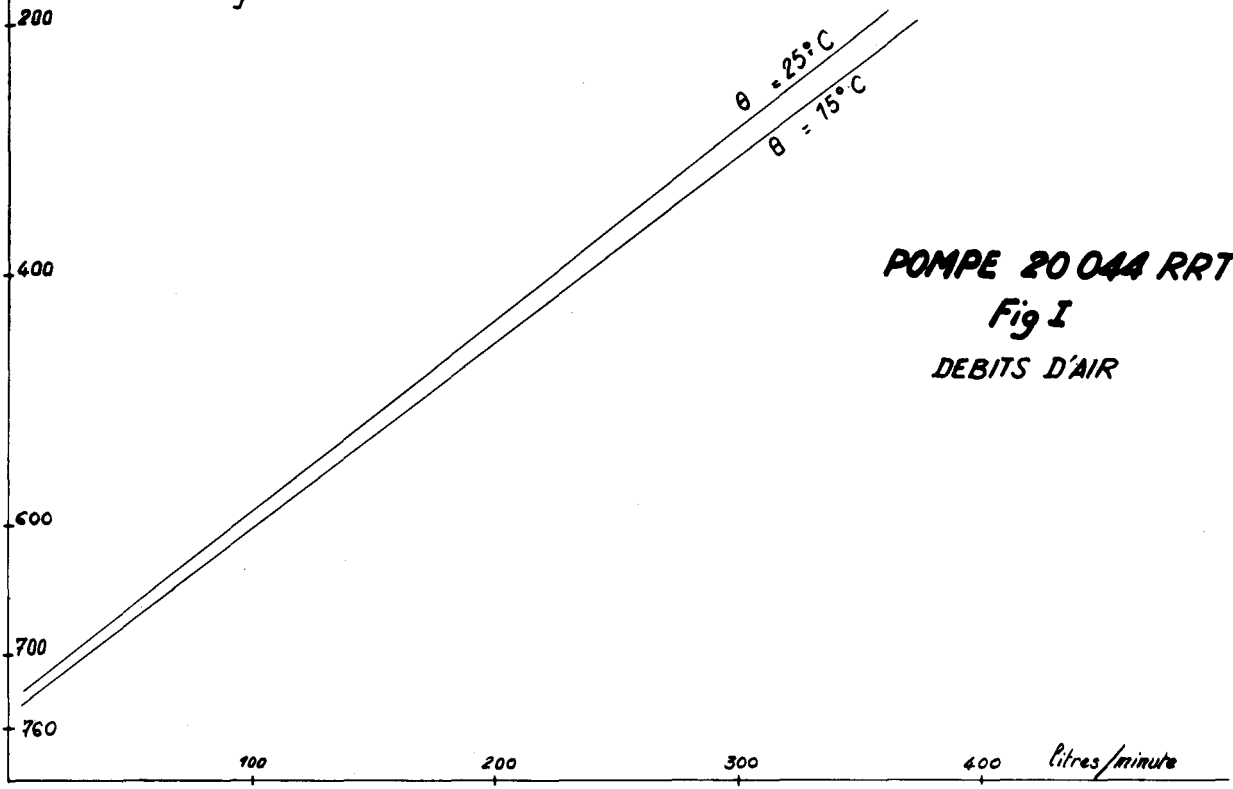


POMPE A ANNEAU LIQUIDE

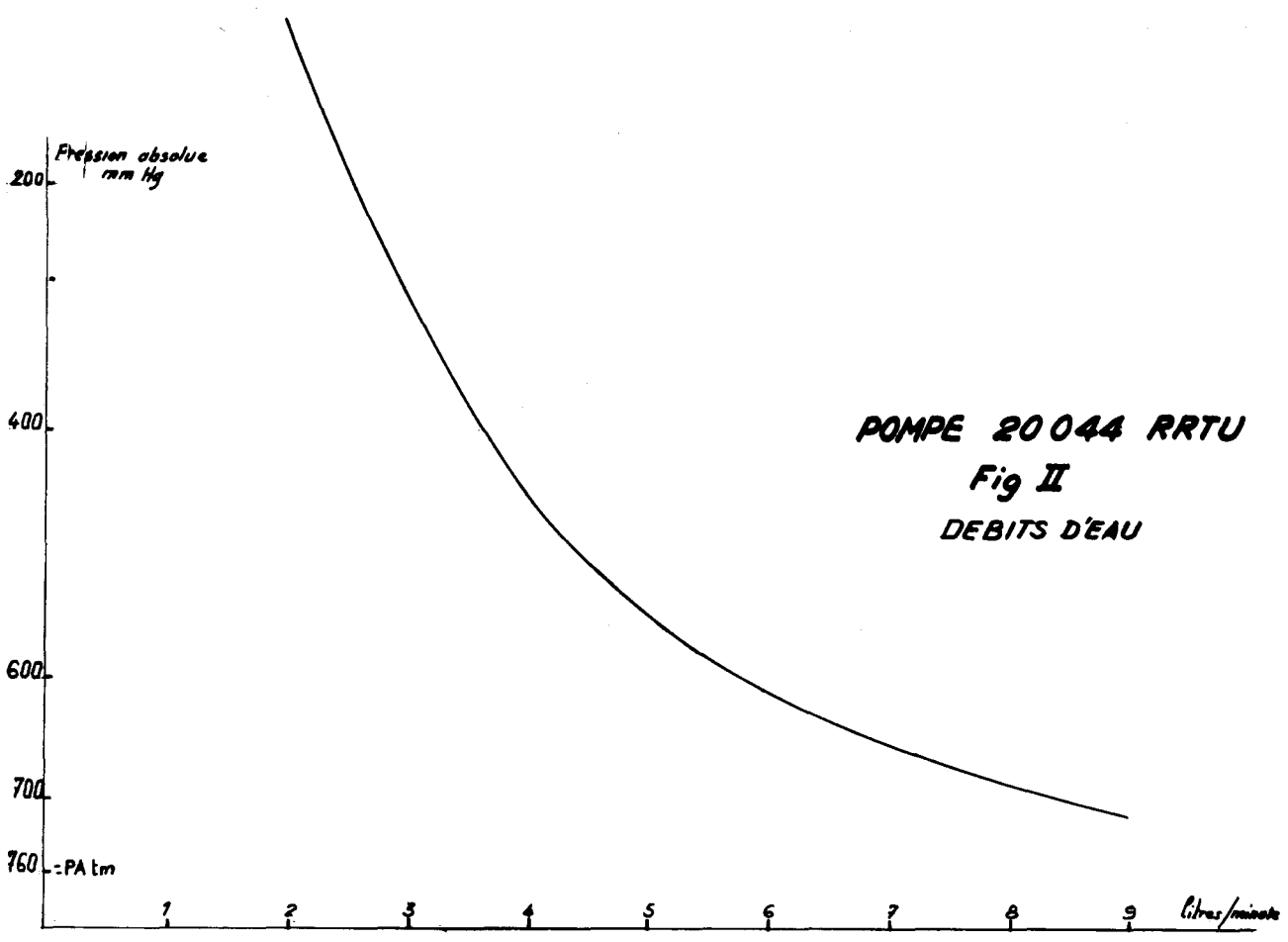


INSTALLATION DE VIDE
DE TRANSFERT
DE TYPE C10

Vide indiqué par le vacuomètre
mm Hg

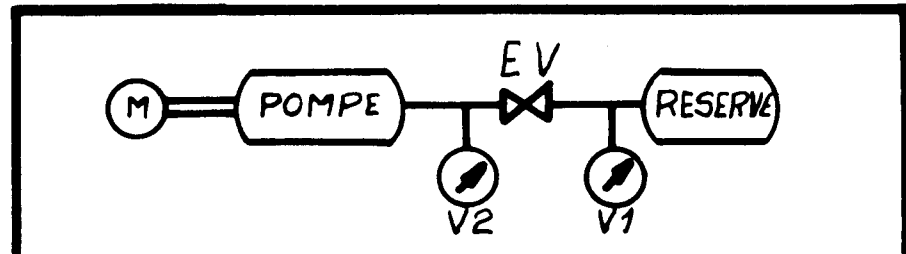
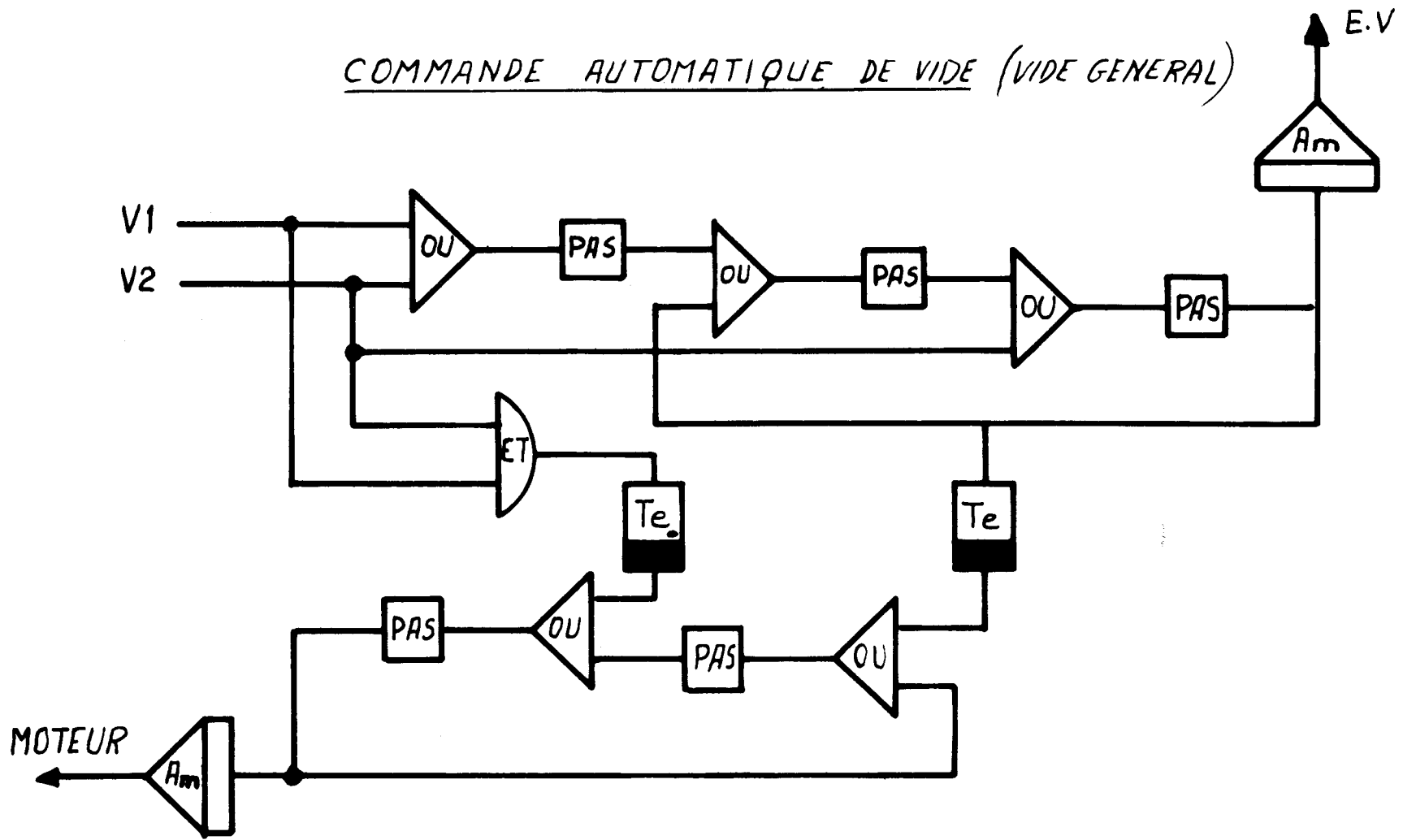


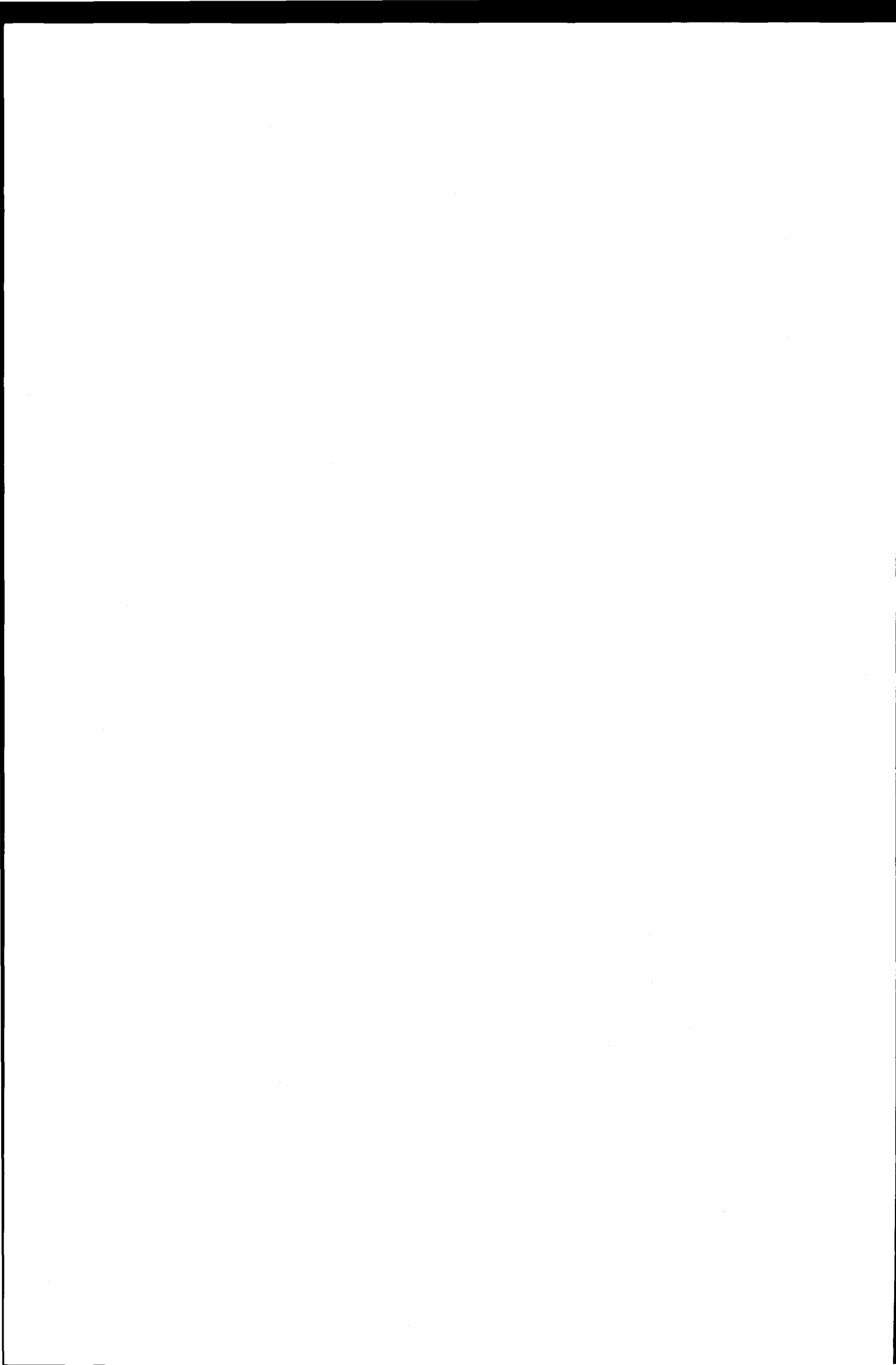
Pression absolue
mm Hg

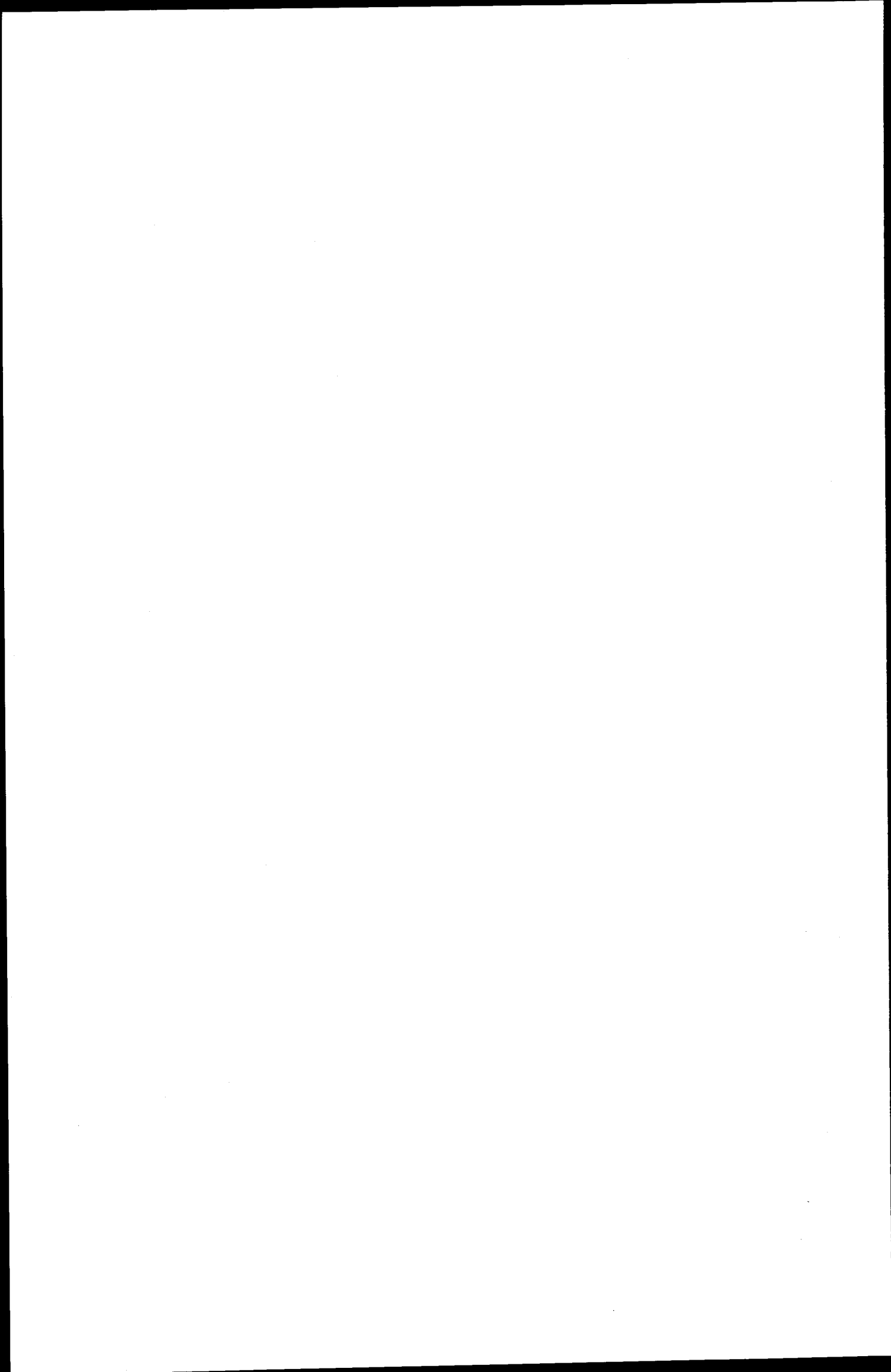


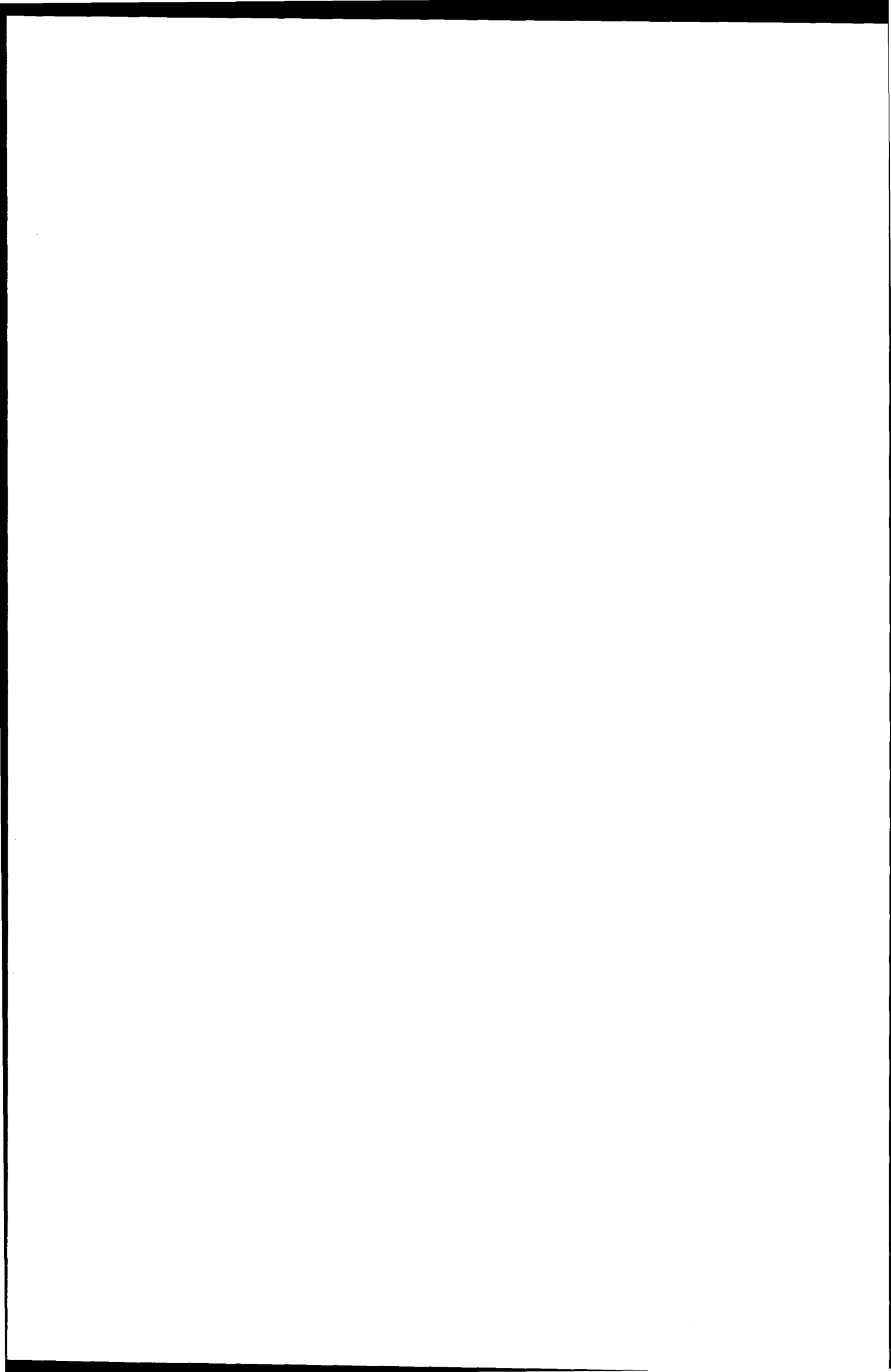
760 = PA tm

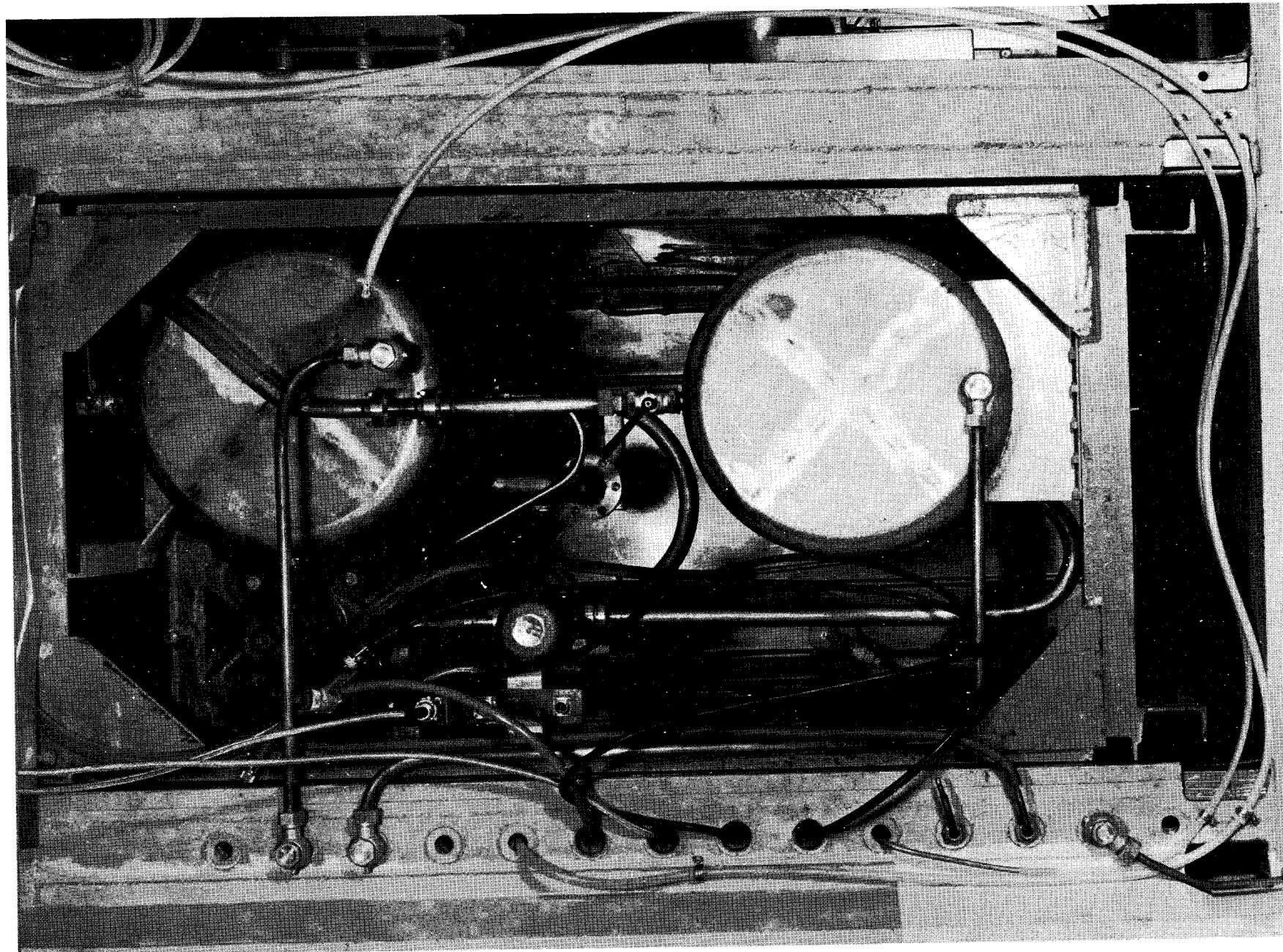
COMMANDE AUTOMATIQUE DE VIDE (VIDE GENERAL)



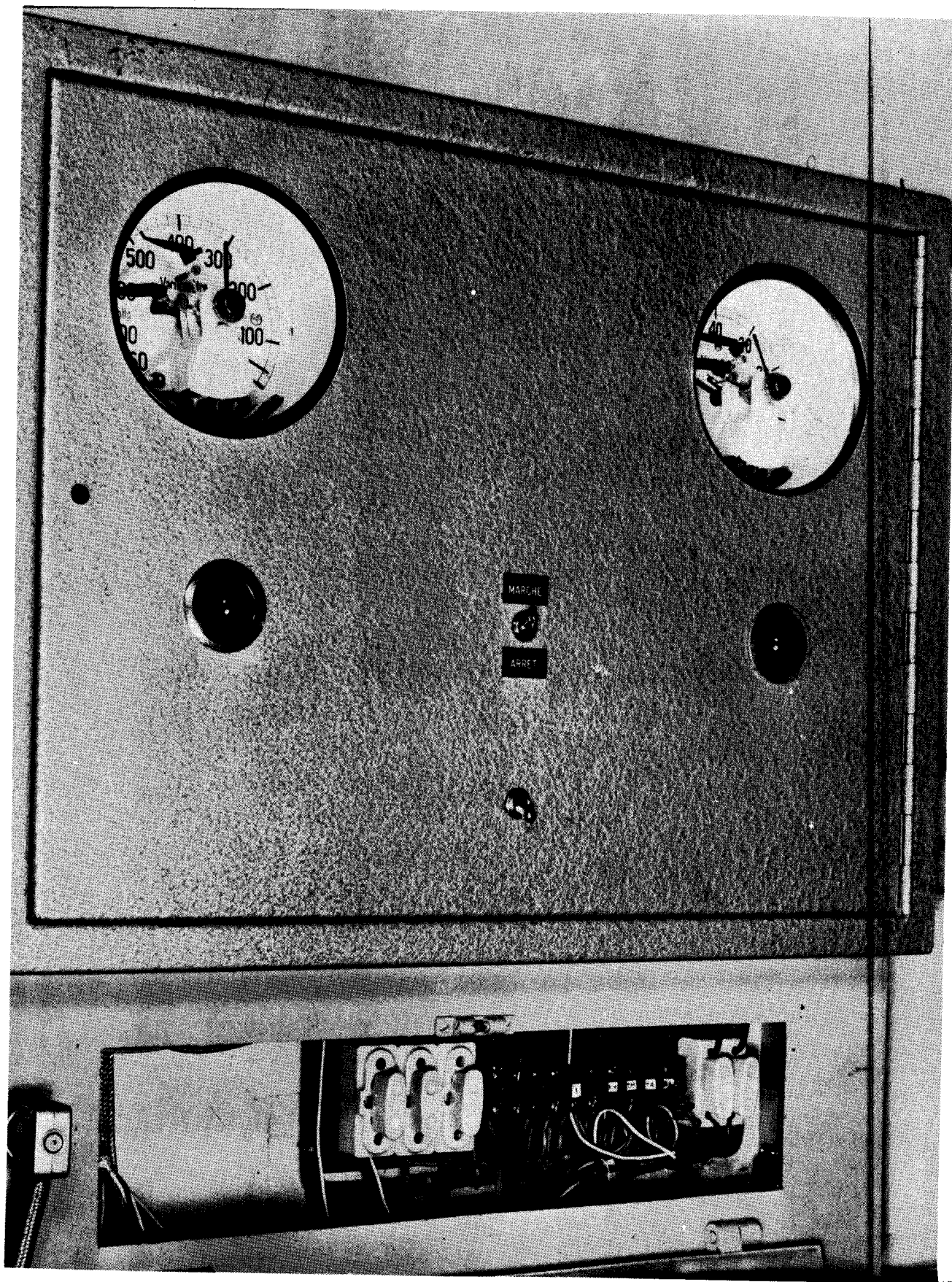








Installation générale de vide de transfert



Pupitre de commande et de régulation de la pompe à vide

DISPOSITIF DE PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS
PAR ROBINET A BOISSEAU
(Cf. note CEA n° 268 du 3/12/58)

Ce dispositif permet de prélever des échantillons de liquides radioactifs dans une cellule étanche et blindée.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un bloc (3) dans lequel se trouvent deux aiguilles d'acier fixes de longueurs inégales. Ce bloc comporte aussi un guide mobile excamotant complètement les aiguilles sous l'action d'un ressort.
- un bloc (14) comprenant un ensemble pignon-crémaillère. Une tige de commande dans l'axe du pignon permet de faire monter la crémaillère possédant à sa partie supérieure un porte flacons.
- un robinet à boisseau (13) constitué d'un corps en acier inoxydable et d'un boisseau à une voie en téflon ou polyéthylène.

- FONCTIONNEMENT -

a) - Principe -

La voie du robinet à boisseau étant dirigée dans le sens A-B, on crée une dépression sur le réservoir B. Le liquide à échantillonner monte dans le récipient B et remplit celui-ci. On casse le vide sur le réservoir B; le liquide redescend vers le réservoir A.

. Au cours de cette descente de liquide, on tourne le boisseau d'un quart de tour dans la direction C-D.

Le volume emprisonné dans le passage du boisseau constitue l'échantillon de volume exact qui s'écoule dans le flacon C de prélèvement.

On peut faire éventuellement un rinçage ou une dilution par l'intermédiaire du réservoir-mesureur D.

b) - Dispositif

Le flacon vide (1), bouché et capsulé, est mis en place sur le porte-flacons de la crémaillère (14).

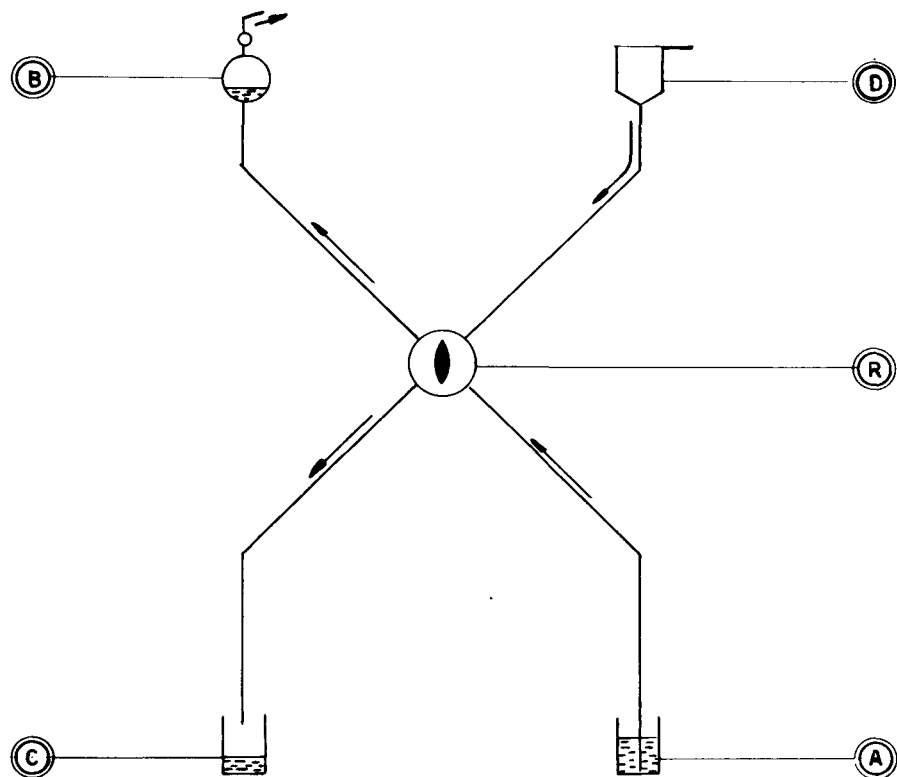
En manoeuvrant la crémaillère, le flacon s'élève et les aiguilles viennent se piquer dans le caoutchouc du bouchon; l'une plonge à demi pour débiter la solution, l'autre servant uniquement à la mise à l'air du flacon. Le robinet à boisseau est manoeuvré, lui aussi, par l'intermédiaire d'une tige extérieure.

- REMARQUES -

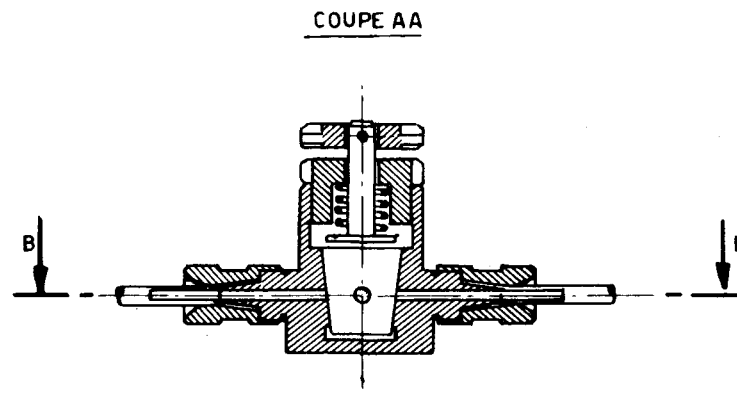
1° - Les flacons sont du type "pénicilline". Ils sont préalablement bouchés et capsulés avant leur introduction dans l'enceinte de prélèvement.

Ils peuvent être de capacités différentes, le guide-flacons et la longueur des aiguilles étant conçus à cet effet.

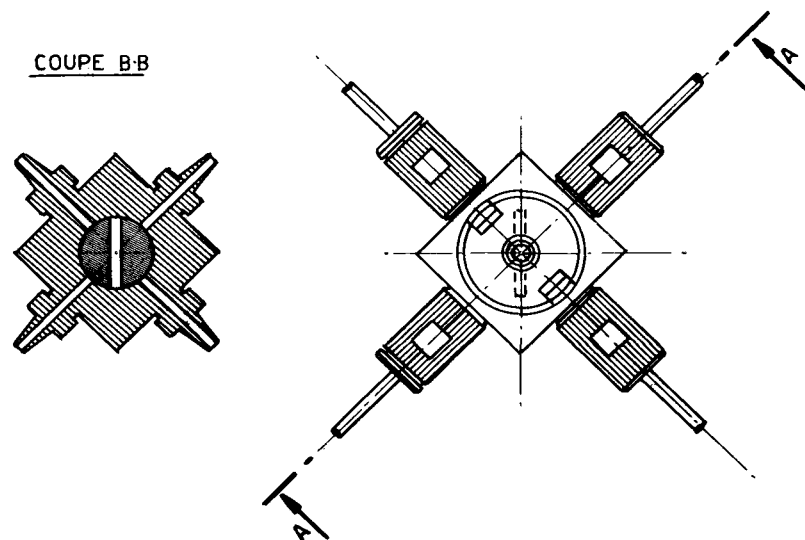
- 2° - L'ensemble est réalisé en acier inoxydable, hormis le boisseau et le guide aiguilles réalisés en matière plastique.
- 3° - Les diamètres des aiguilles sont les suivants :
intérieur 11/10 mm,
extérieur 15/10 mm.
- 4° - Le boisseau du robinet-étalon est étanche et constamment appliqué sur son siège sous l'action d'un ressort.
- 5° - Les boisseaux sont interchangeables à distance, ce qui permet de faire varier le volume échantillonné avec des boisseaux dont les trous de passage ont des diamètres différents.
- 6° - Dans le cas où l'on désire prélever un plus grand volume de solution, le boisseau classique est remplacé par un boisseau en T permettant de débiter dans le flacon le volume désiré.
- 7° - On peut grouper en série plusieurs dispositifs semblables, de façon à obtenir différents étages de dilution permettant une dilution extrême.
- 8° - Tous les raccordements entre aiguilles, robinets, réservoirs sont effectués à l'aide de tubes de polyéthylène fixés par des raccords coniques étanches en acier inoxydable.



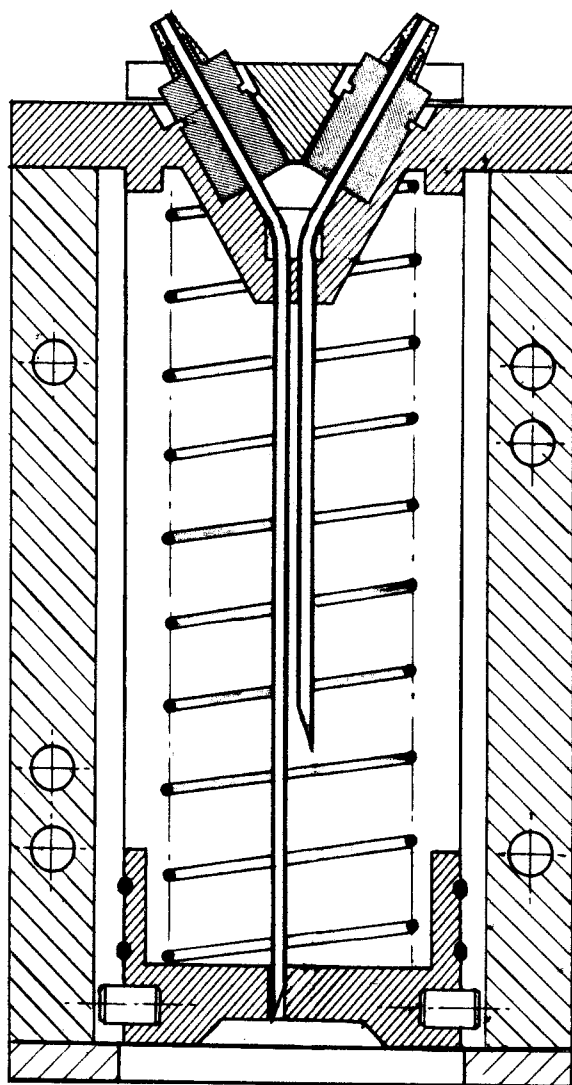
SCHEMA DE PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS
Type C 10



COUPE B-B



ROBINET-ETALON

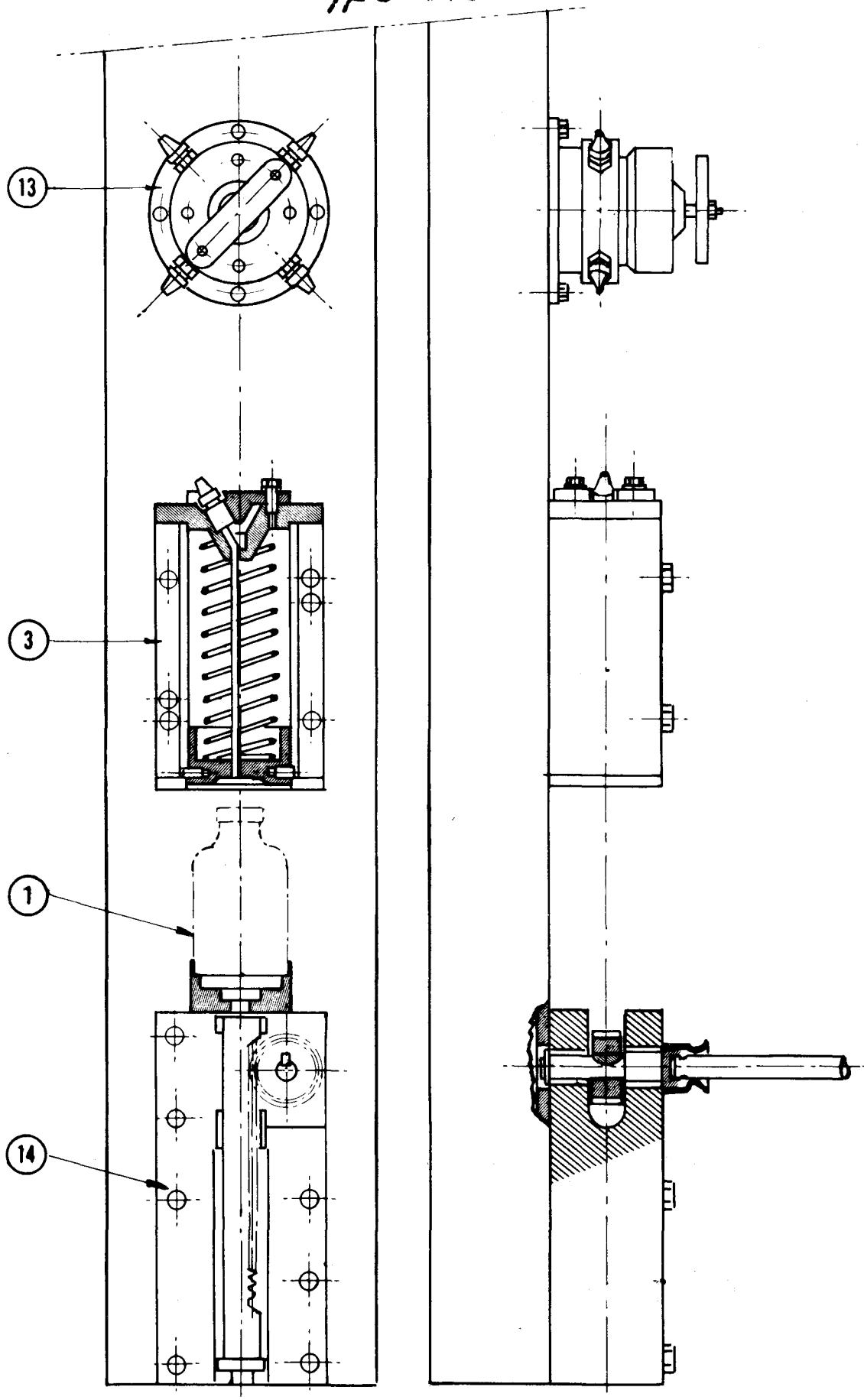


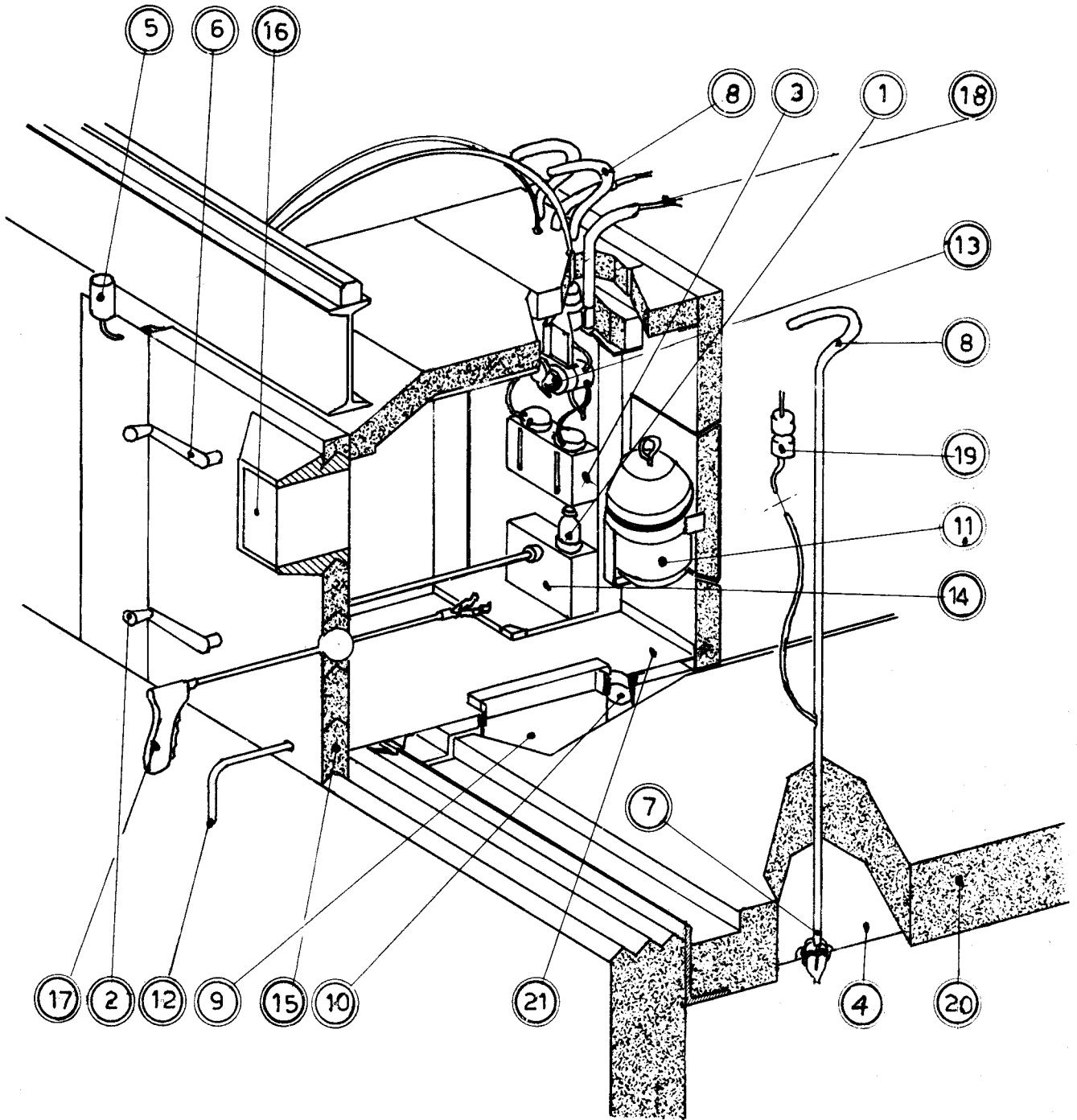
PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS

Type C10

Détail de piquage des aiguilles

DISPOSITIF DE PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS Type C10



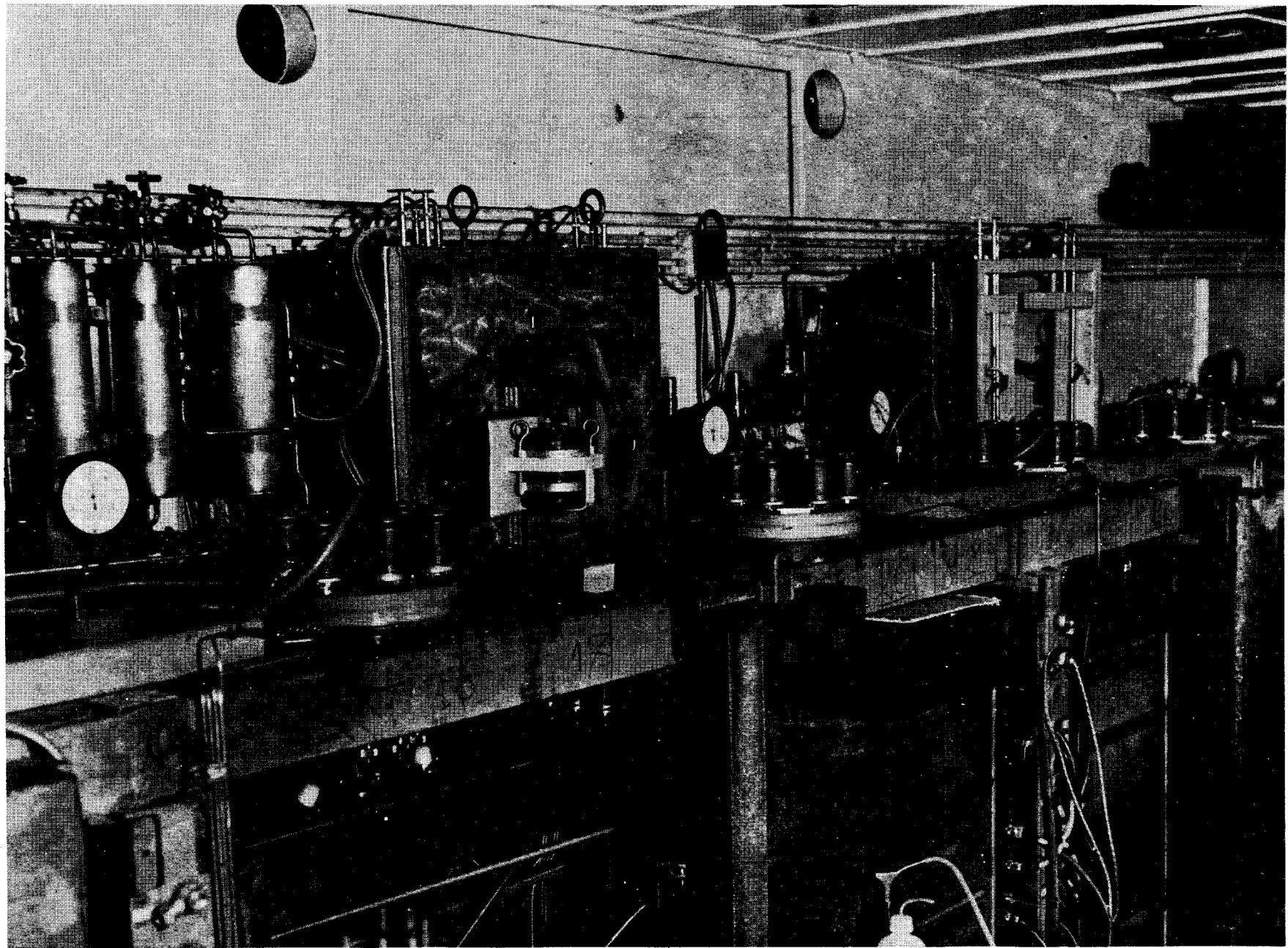


**PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS
TYPE C10**

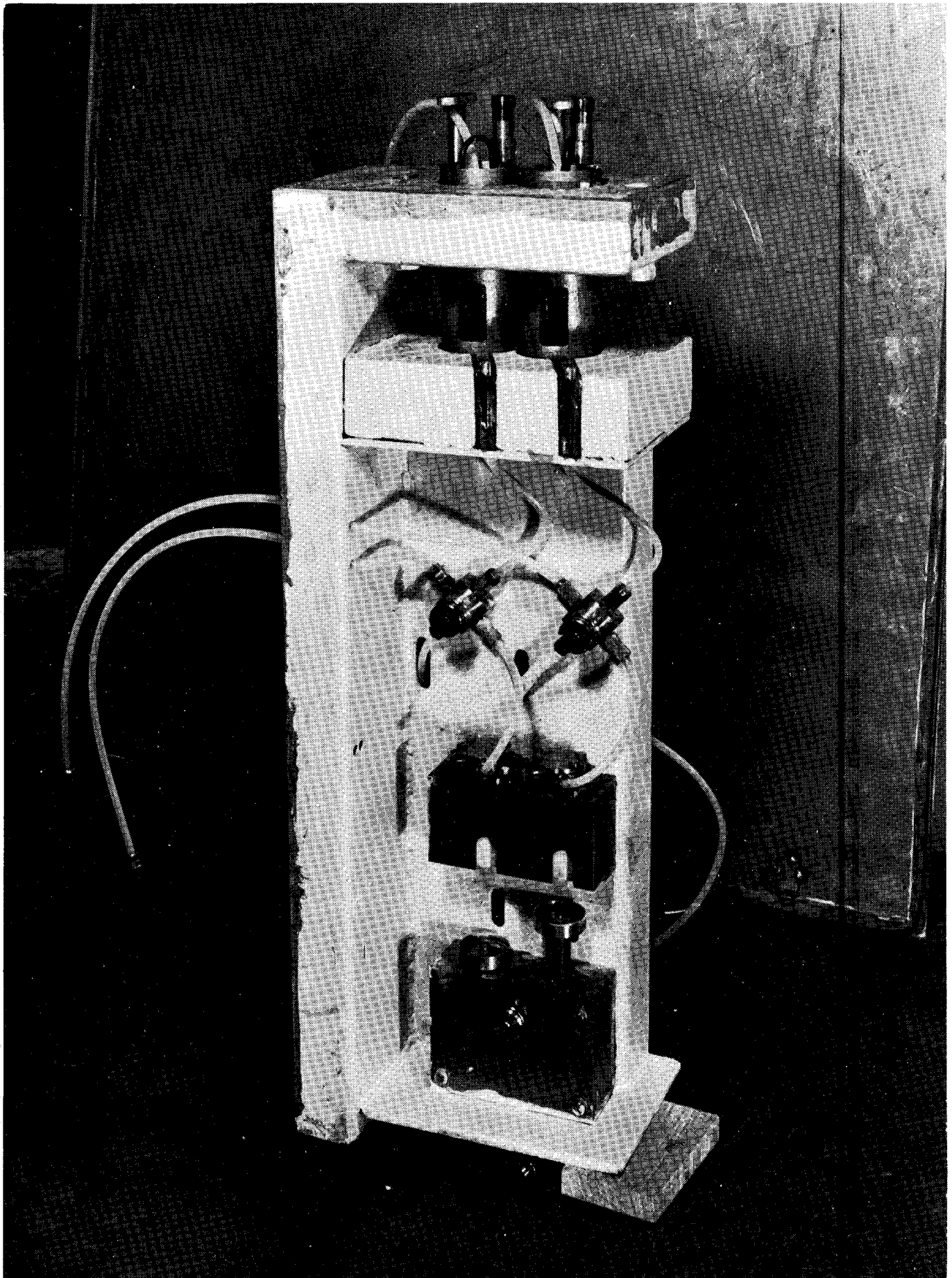
LEGENDE

(croquis SPF Cr. 429)

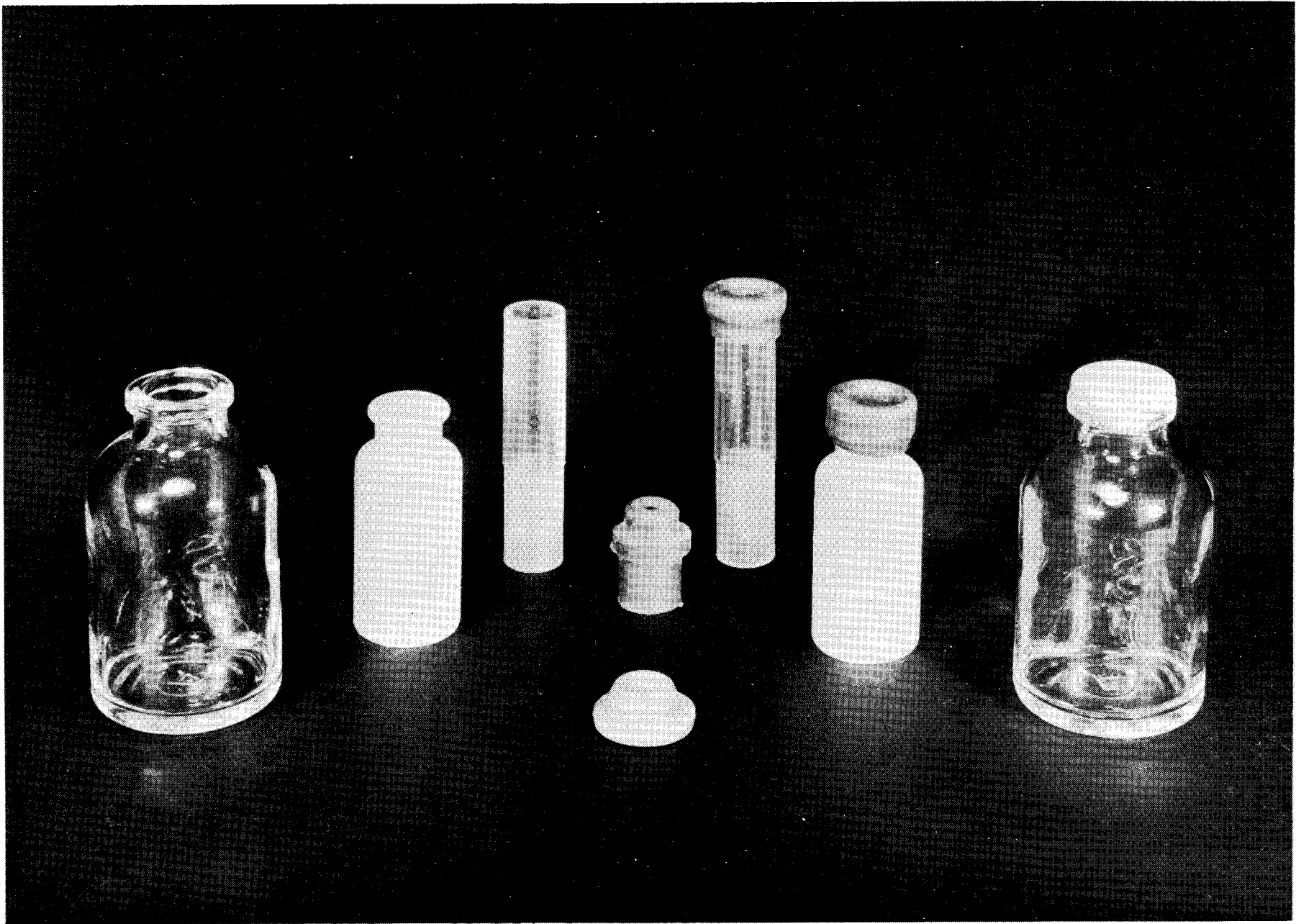
- 1 - Flacon de prélèvement
- 2 - Tige de manoeuvre de la crémaillère
- 3 - Bloc porte-aiguilles
- 4 - Caisson étanche
- 5 - Introduction des solutions de dilution
- 6 - Tige de manoeuvre du robinet étalon
- 7 - Goulotte de caisson
- 8 - Canne-aiguille de raccordement à la goulotte
- 9 - Gaine de ventilation
- 10 - Canalisation d'effluents
- 11 - Conteneur de transport du flacon de prélèvement
- 12 - Tige de manoeuvre de la porte blindée arrière
- 13 - Robinet étalon
- 14 - Bloc-crémaillère
- 15 - Protection biologique de l'ensemble
- 16 - Hublot de verre au plomb stabilisé
- 17 - Pince de manipulation des flacons
- 18 - Canne d'éclairage des flacons
- 19 - Réserve de solution à échantillonner
- 20 - Toit de protection du caisson étanche
- 21 - Bac de rétention



Vue générale du caisson de prélèvement



Potence de prise d'échantillons



Flacons d'échantillonnage

PRECIPITATEUR-DECANTEUR ^x

L'appareil est destiné à exécuter des cycles d'opérations chimiques dont le schéma est le suivant : précipitation, lavage, décantation, remise en solution.

- DESCRIPTION -

a) - Bac decanteur :

Il est constitué par un demi-cylindre (2) à axe horizontal dont la partie supérieure est fermée partiellement par une tôle soudée. De chaque côté du cylindre, perpendiculairement aux génératrices supérieures, le bac comporte un tube (8) permettant l'évacuation du liquide.

Une palette (4) d'agitation du liquide se trouve à l'intérieur du bac, son axe de rotation étant coaxial à l'axe de rotation (5) du decanteur.

Le bac decanteur, d'un volume utile de 2 litres, est enfermé dans un carter fixe (1) et peut subir une rotation partielle (3) autour de son axe ainsi qu'une translation (9) suivant ce même axe qui coulisse dans un ensemble de paliers graphités (10) solidaires du carter.

^x Brevet CEA PV n° 746. 934 du 9.9.1957

b) - Carter -

Le carter (1) contenant le bac est constitué de 2 parties. La partie supérieure comporte les tubes d'arrivée (6) de solutions et de réactifs, un tube de prises d'échantillons qui plonge à mi-hauteur dans le bac et, enfin, les sondes électriques de contrôle de niveau. Tous ces tubes sont soudés sur le carter.

La partie inférieure du carter comporte quatre orifices de sortie (7) en forme d'entonnoir et disposés suivant un carré. Ces quatre orifices sont reliés à quatre récipients ou canalisations qui reçoivent, soit les liquides décantés, soit les solides remis en suspension.

Le choix de la voie d'évacuation est conditionné par les mouvements de translation et de rotation du bac décanteur.

Les deux parties du carter sont solidaires l'une de l'autre par écrasement après chauffage d'un joint de polythène qui assure l'étanchéité de l'appareil par rapport à l'atmosphère du caisson.

- FONCTIONNEMENT MECANIQUE DE L'APPAREIL -

La transmission des mouvements se fait à partir de la zone inactive de commande (14) par l'intermédiaire de trois tubes coaxiaux (11) :

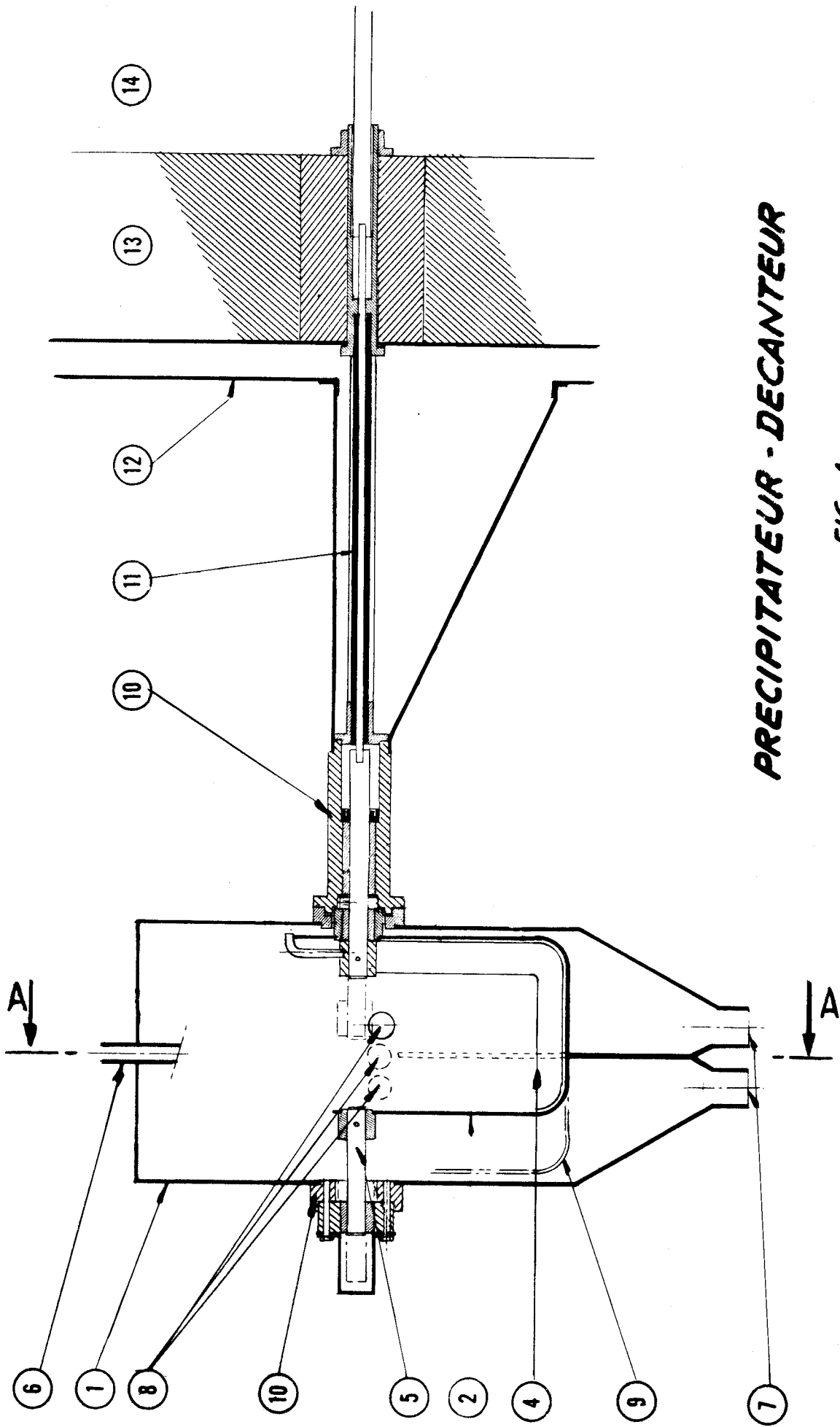
- le tube central relié à la palette d'agitation (4),
- le tube intermédiaire solidaire du bac décanteur (2) en permet la translation et la rotation,
- le tube extérieur solidaire du carter fixe (1) sert d'assises et de guidage aux 2 autres tubes.

Des passages d'axes étanches et une surpression d'air comprimé assurent une traversée étanche des tubes dans la paroi de protection (13) et dans celle du caisson (12).

Les diverses transmissions de mouvements peuvent se faire soit manuellement, soit à l'aide d'un ensemble moteur-boite de vitesse réglé pour obtenir les mouvements suivants :

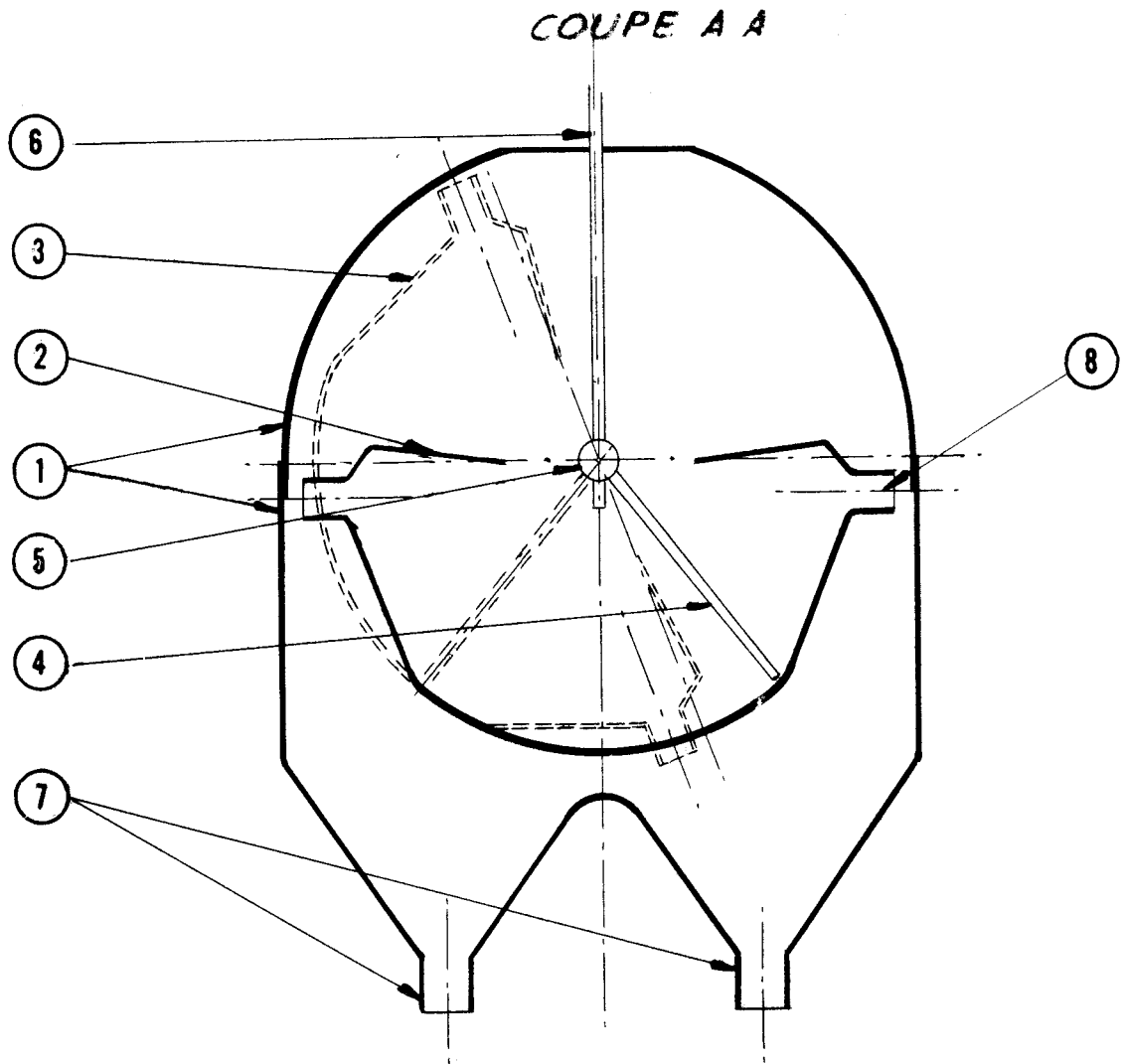
- battement de la palette d'agitation à raison de 40 coups/minute,
- rotation lente du décanteur (1 tour par 24 heures) soit dans un sens, soit dans l'autre,
- rotation rapide instantanée du décanteur,
- translation du décanteur.

Le système mécanique comporte un index indiquant à tout instant la position exacte du bac decanteur et de la palette. Il est asservi à des dispositifs d'automatisme et de sécurité (contacts et butées de fin de course, blocage en position horizontale du décanteur, blocage de la palette par rapport au décanteur, renversement du sens de rotation).



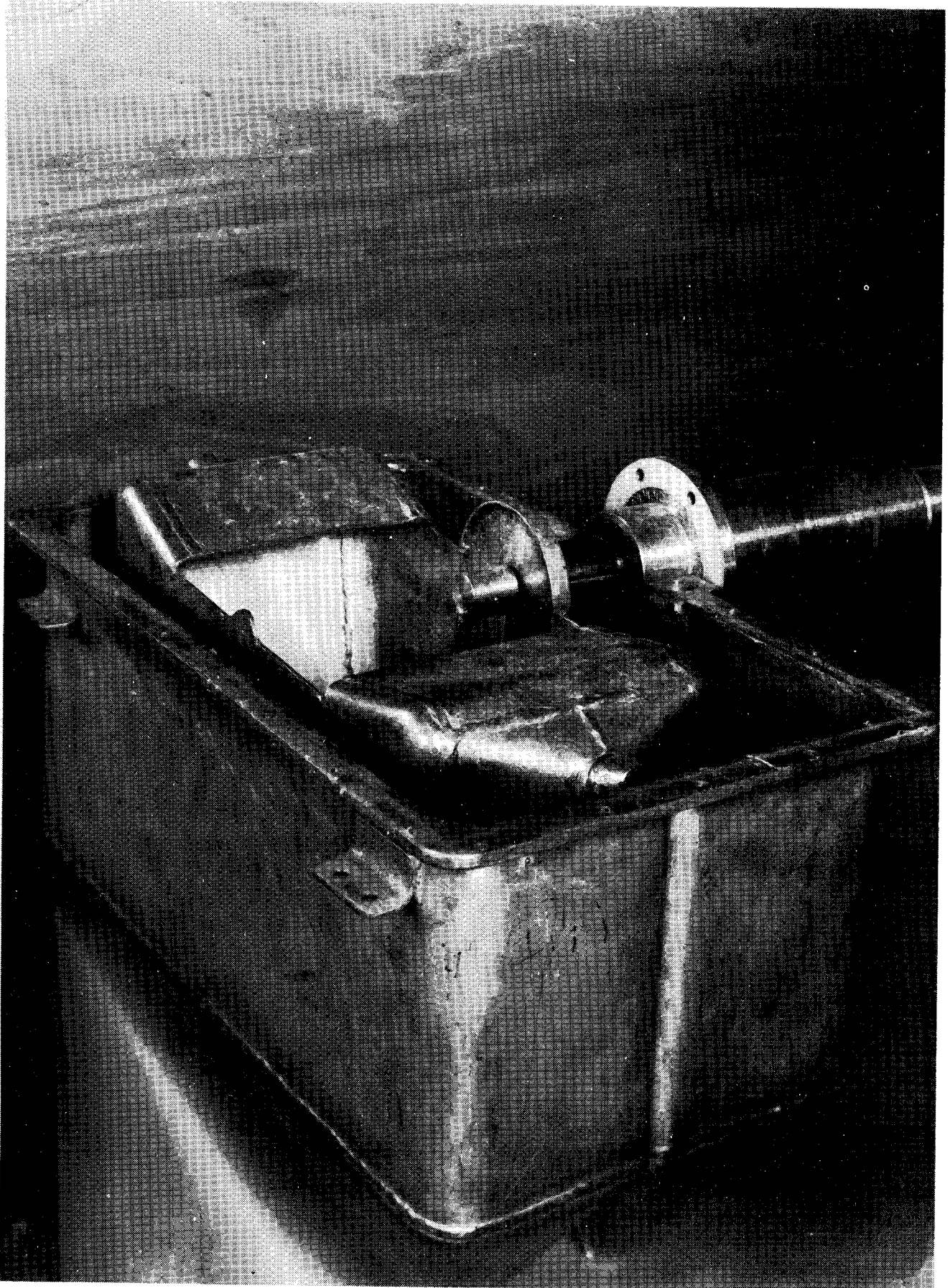
PRECIPITATEUR - DECANTEUR

FIG. 1

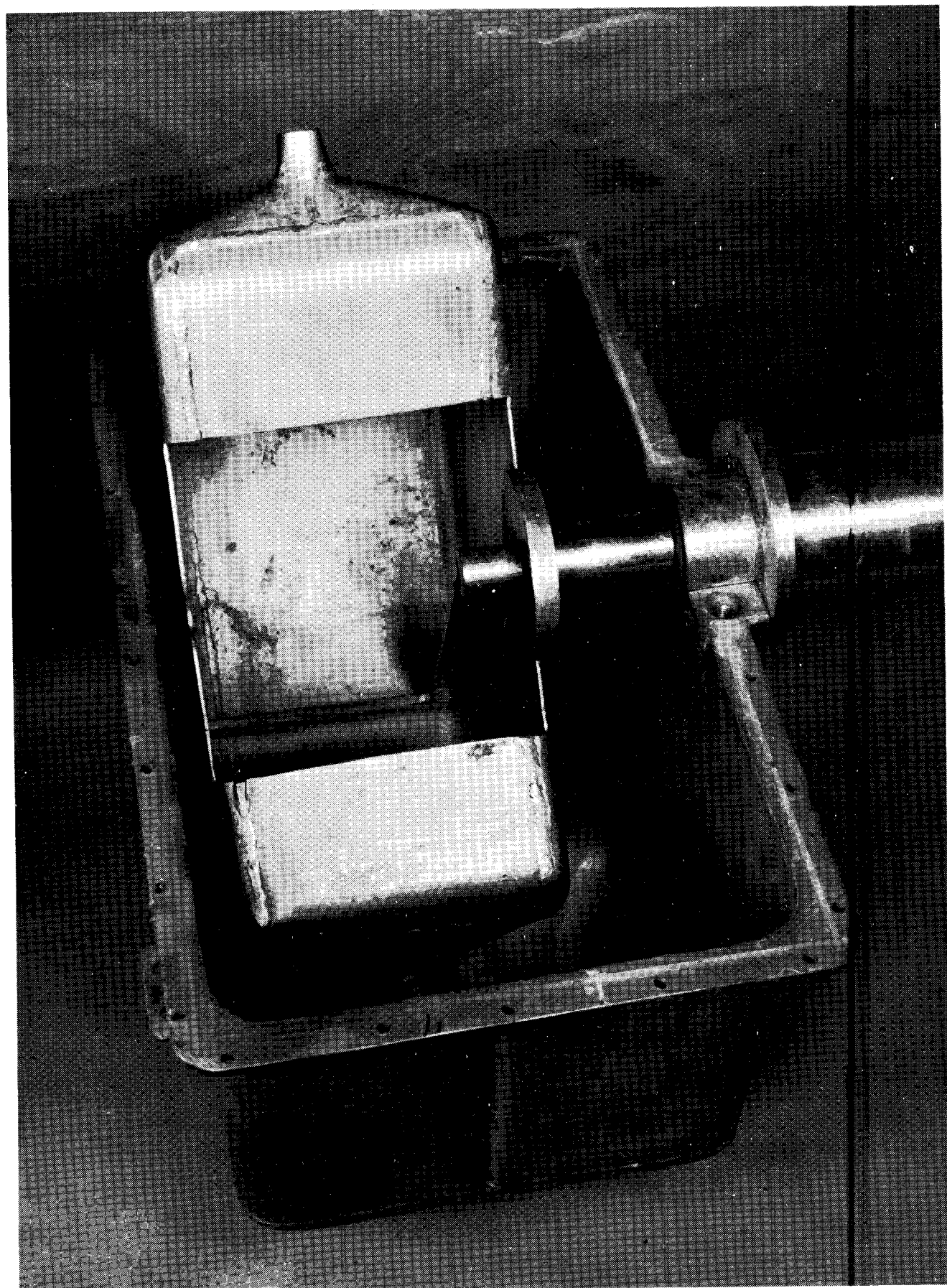


PRECIPITATEUR - DECANTEUR

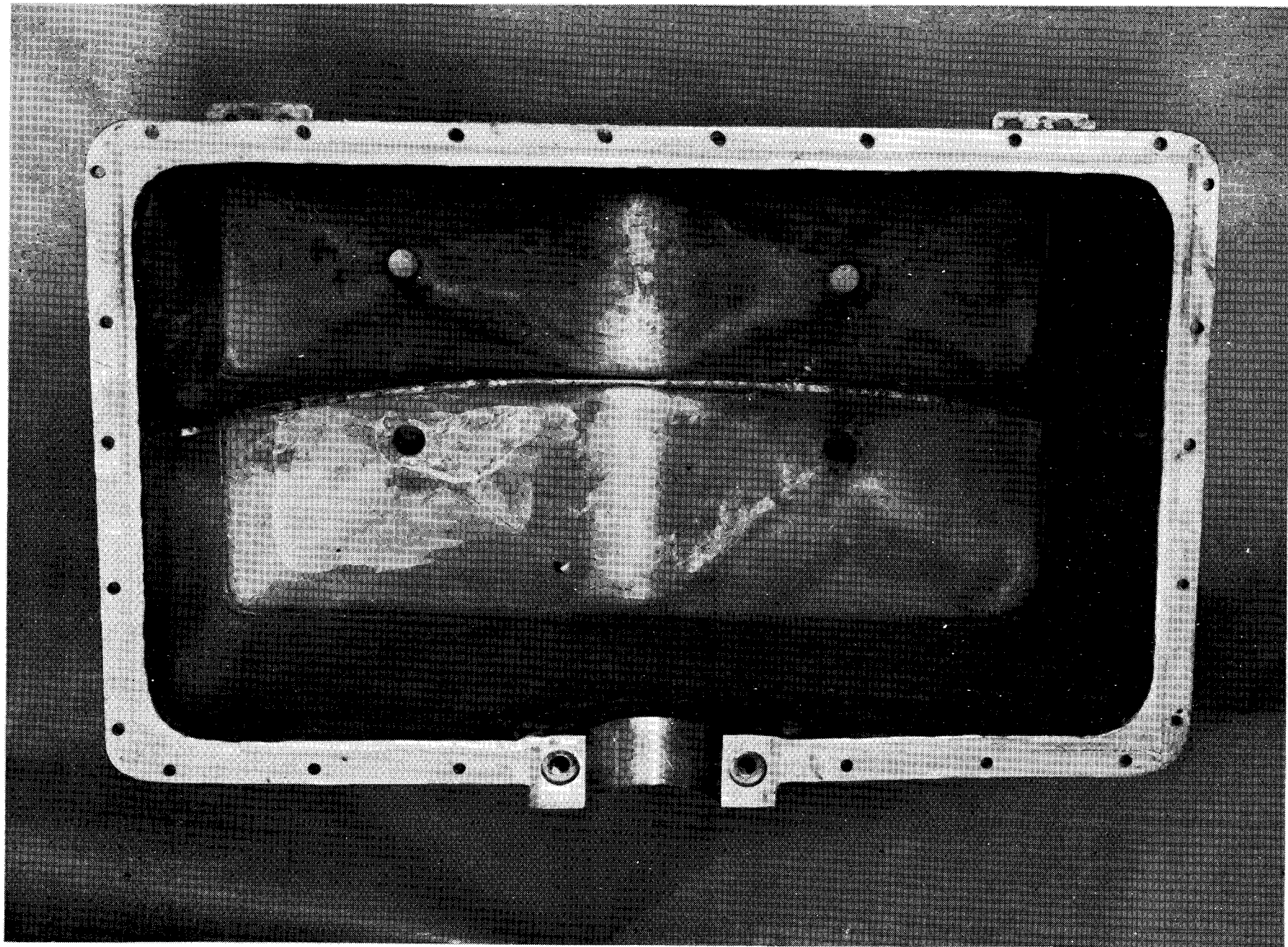
FIG. 2



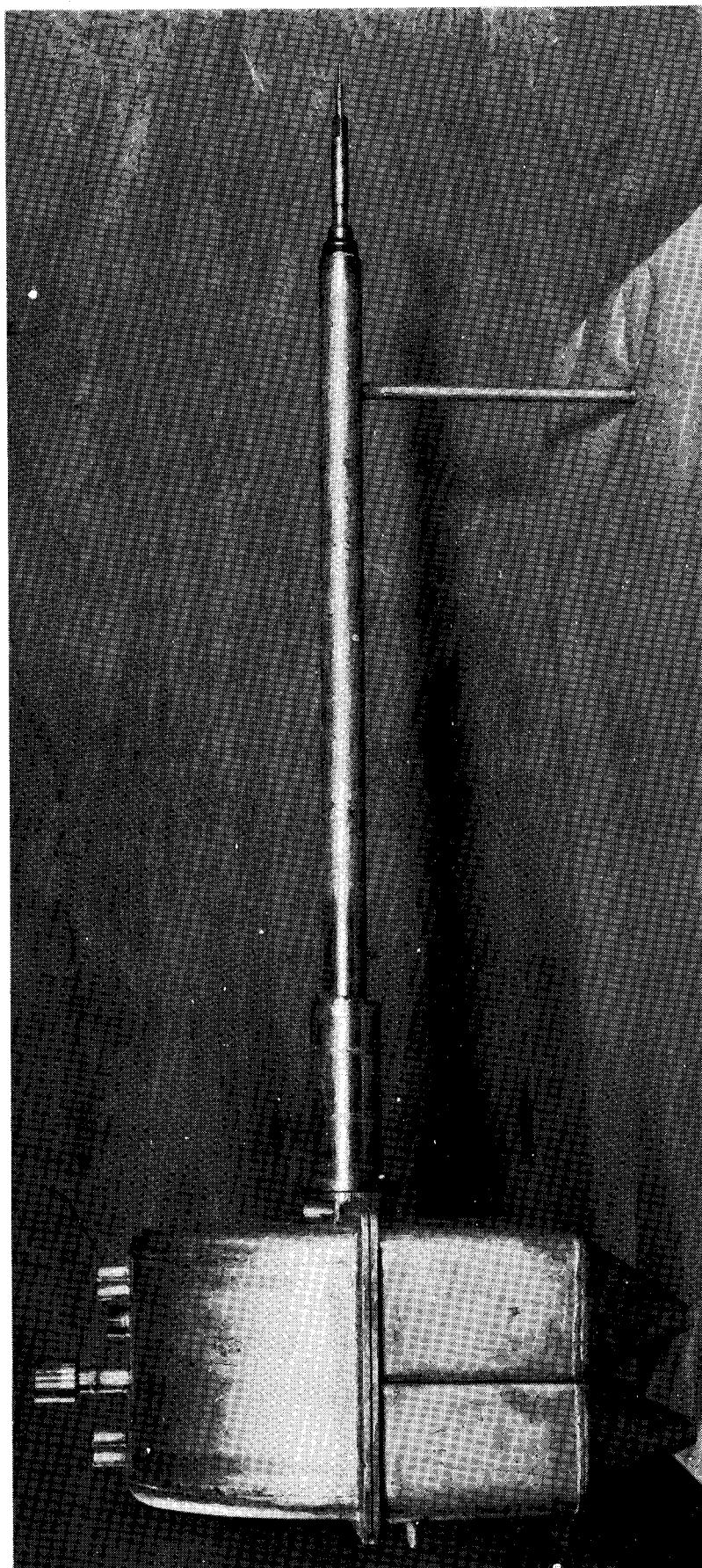
Précipitateur-décanteur



Précipitateur - décanteur vue de dessus



Précipitateur - décanteur bac fixe



Précipitateur-décanteur ensemble

DISPOSITIF DE COMMANDE ^X
D'UN PRECIPITATEUR MELANGEUR

Le dispositif permet la commande à distance :

- du mouvement alternatif de rotation d'un agitateur situé dans le mélangeur,
- du mouvement de translation du décanteur,
- du mouvement de rotation lente permettant la décantation du précipité et le versement du liquide situé dans le mélangeur.

- DESCRIPTION -

L'appareil peut fonctionner automatiquement ou manuellement.

Il commande le bac mélangeur (B) qu'il peut verser à volonté à droite ou à gauche dans les orifices (8) ou (4) et par translation dans les orifices (10) ou (6).

^X Brevet CEA PV n° 990.838 du 9.10.64

L'ensemble comporte :

- un arbre creux (A1) dont une extrémité est solidaire du bac mélangeur (B), l'autre extrémité étant solidaire d'un engrenage (P1),
- un arbre (A2) concentrique et intérieur à l'arbre (A1). Cet arbre a une de ses extrémités solidaire du bras de battage (A), l'autre extrémité étant solidaire de la platine (C1),
- un motovariateur de vitesse à deux sens de marche, entraînant 4 étages successifs de roues et vis sans fin, ce qui permet une transmission avec une réduction importante de la vitesse,
- un jeu d'engrenages (P2) et (P3) mus par le 4ème étage de roue et vis, et commandant le versement du bac mélangeur (B) par l'intermédiaire de l'engrenage (P1),
- une platine (C1) entraînée par le moteur par l'intermédiaire d'un système bielle-manivelle commandé par le 1er étage de roue et vis sans fin. Cette platine (C1) commande le mouvement oscillant du bras (A),
- une pièce (C3) portant l'engrenage (P1),
- une pièce intermédiaire (C2) sélectionnant les différentes positions de travail en s'accouplant par translation :
 - soit avec la pièce (C1) par l'intermédiaire de la goupille (V1) pour produire le mouvement oscillant du bras (A) ,
 - soit avec la pièce (C3) par l'intermédiaire de la goupille (V3) pour produire le mouvement de rotation du bac (B).

Les pièces (C2) et (C3), liées par un roulement à bille sont solidaires en translation mais normalement indépendantes en rotation.

- FONCTIONNEMENT -

Le dispositif comporte un levier (L) solidaire de la pièce intermédiaire (C2), utilisé par l'accouplement au moteur des arbres (A1) et (A2). En manoeuvrant ce levier, on peut donc à volonté accoupler l'ensemble au motovariateur et obtenir un fonctionnement automatique des opérations de battage et de versement - on peut au contraire désaccoupler l'ensemble et obtenir un fonctionnement manuel, c'est à dire qu'on peut effectuer le battage en actionnant de droite et de gauche le levier (L) et qu'on peut aussi effectuer le versement du bac (B) à droite ou à gauche au moyen de ce même levier.

1° - Fonctionnement automatique

- battage : pour effectuer le battage du bras (A), on amène le levier (L) en position arrière de façon à le verrouiller sur la pièce (C1),
- versement : pour effectuer le versement du bac (B), on pousse le levier (L) de façon à verrouiller les pièces (C2) et (C3).
En continuant de pousser sur (L), on accouple l'engrenage (P1) sur (P2) ou (P3) suivant que le versement doit s'effectuer en (8-4) ou (10-6).
Le sens de marche du moteur sélectionne le versement soit à droite soit à gauche.

2° - Fonctionnement manuel

- battage : pour effectuer le battage manuel du bras (A), on amène le levier (L) en position intermédiaire entre les pièces (C1) et (C3) de façon à n'avoir aucune goupille engagée dans la pièce (C2),
- versement : pour effectuer le versement manuel du bac (B), on pousse le levier (L) de façon à solidariser les pièces (C2) et (C3) mais pas trop pour ne pas accoupler l'engrenage (P1) aux pignons (P2) ou (P3).

- REMARQUES -

1° - Les positions du levier (L) sont indiquées sur le schéma Cr.183.

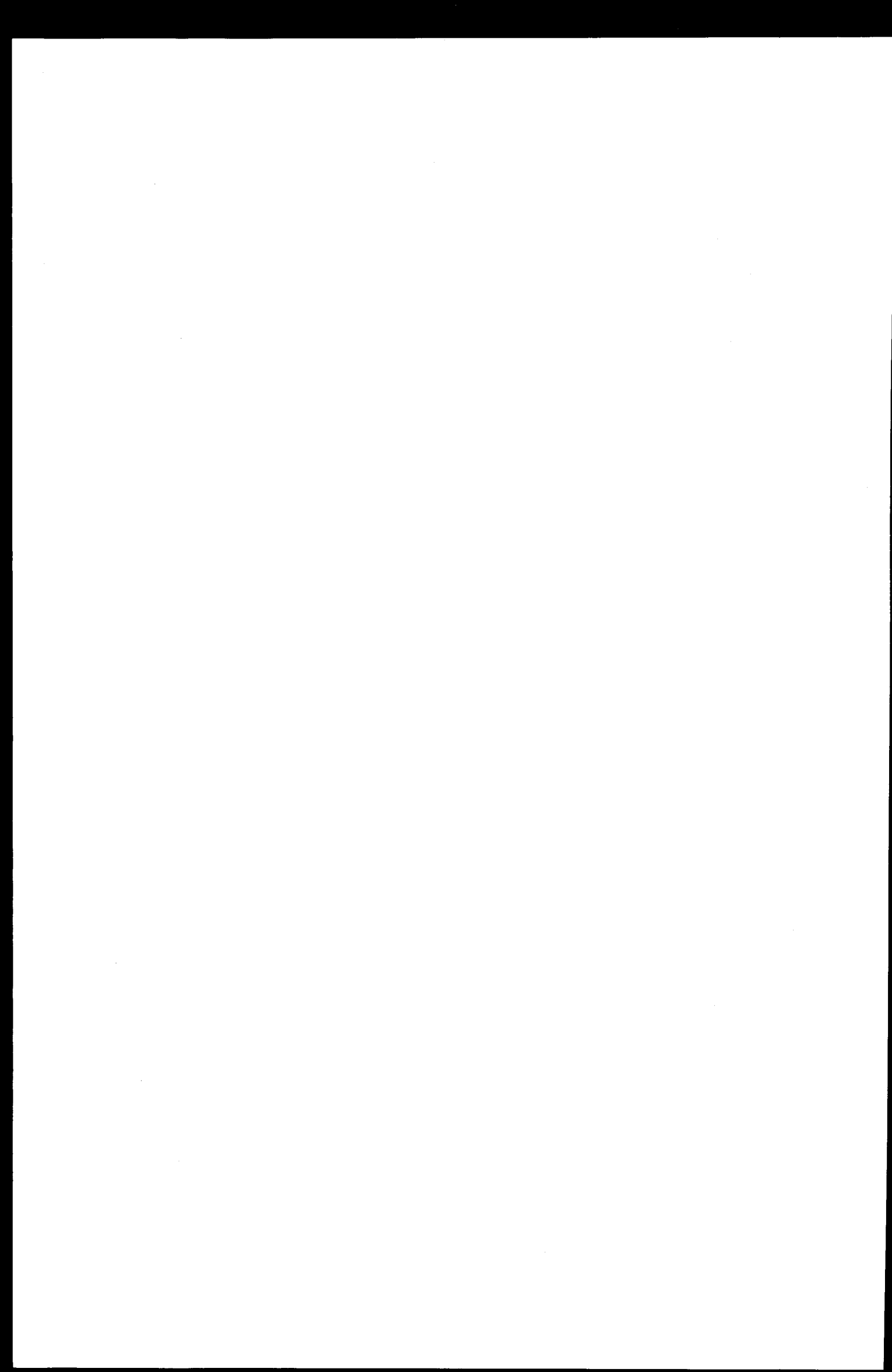
2° - Le faible encombrement de l'ensemble est une de ses caractéristiques pratiques. Les microrupteurs de fin de course sont incorporés et les positions du bac et du bras d'agitation sont repérées sur un capot muni d'un index.

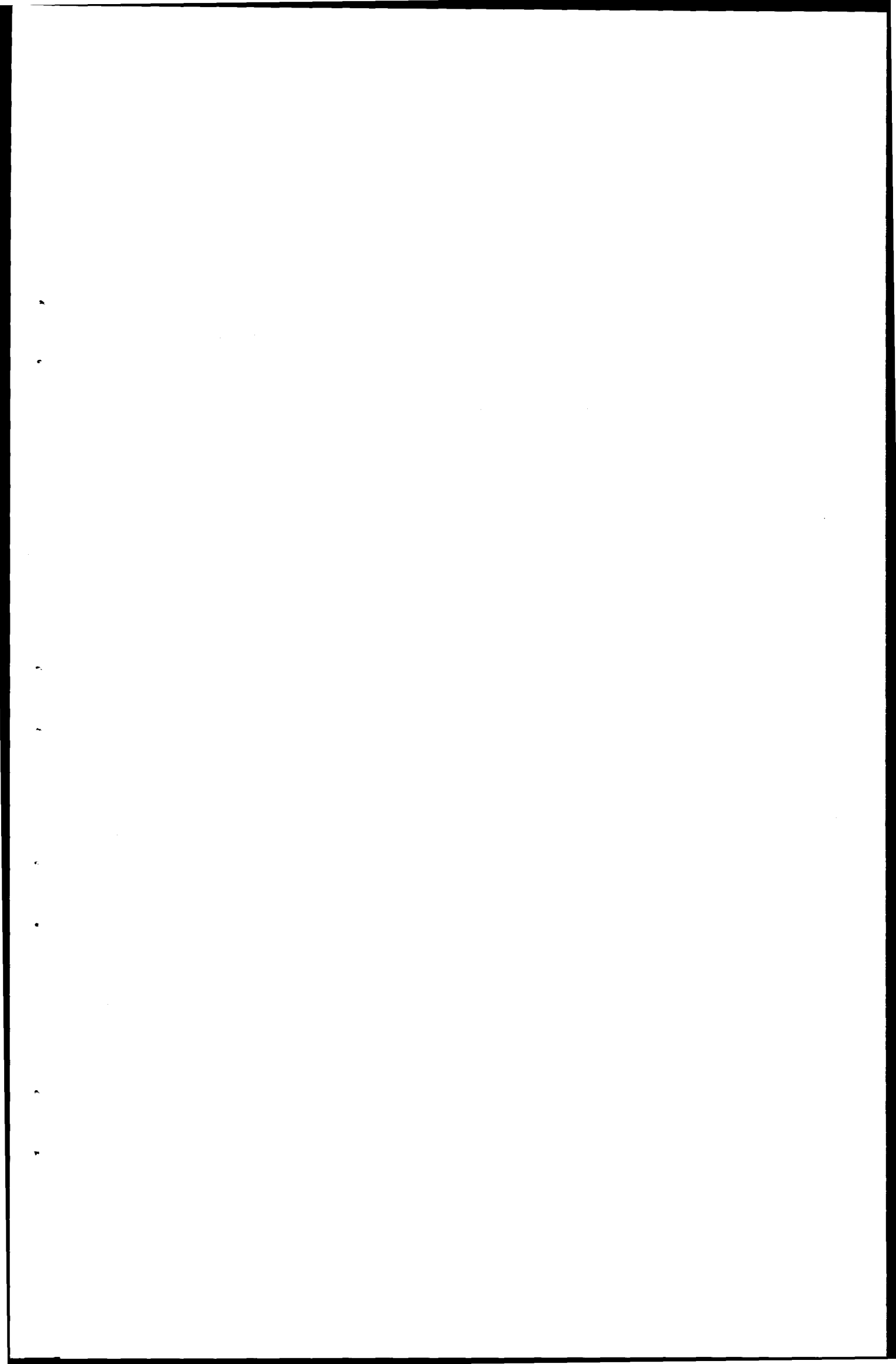
3° - L'accouplement du dispositif est à deux étages concentriques : tournevis pour le bras de battage et carré pour le bac de décantation.

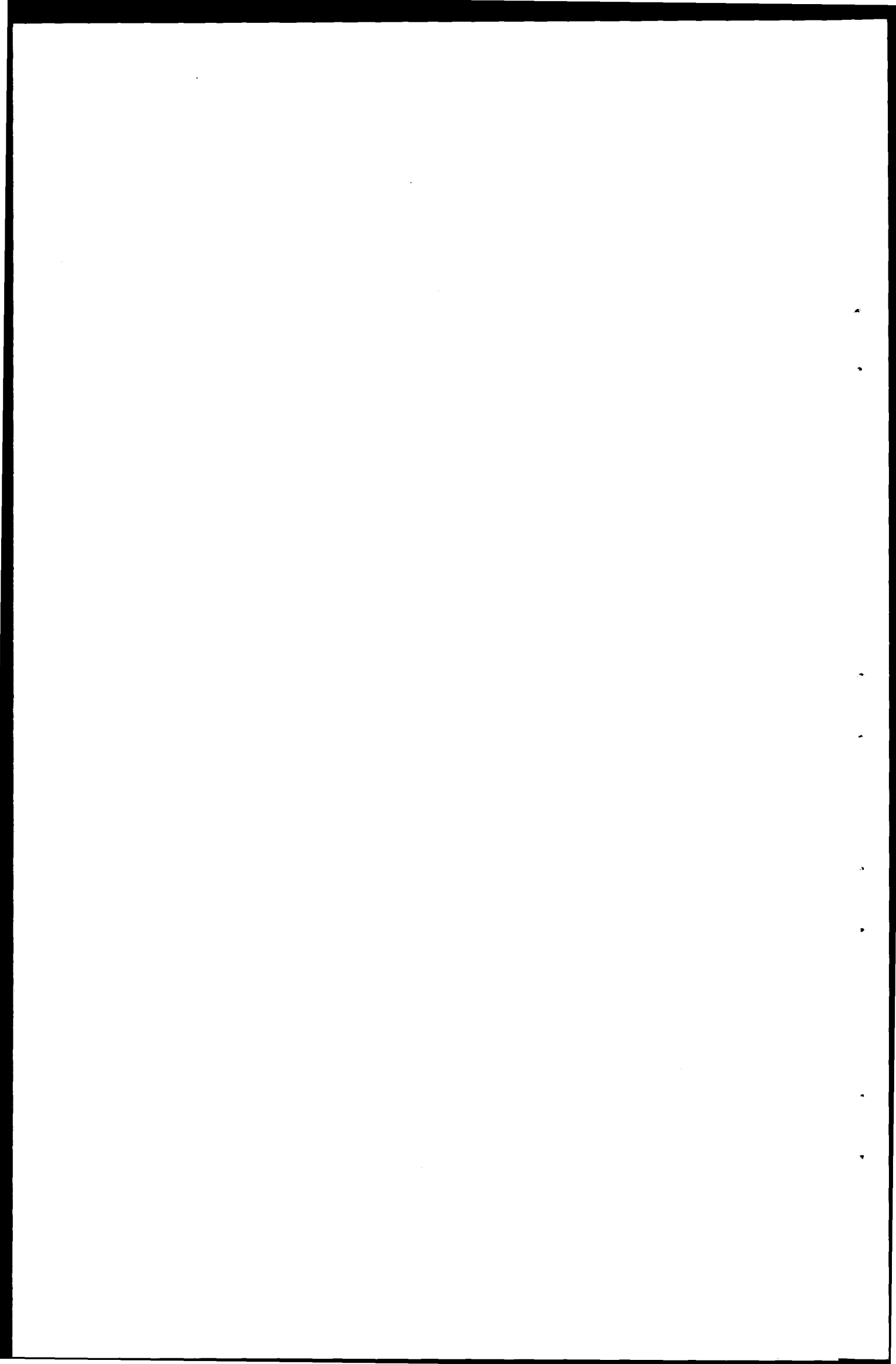
4° - Les caractéristiques du motovariateur sont les suivants :

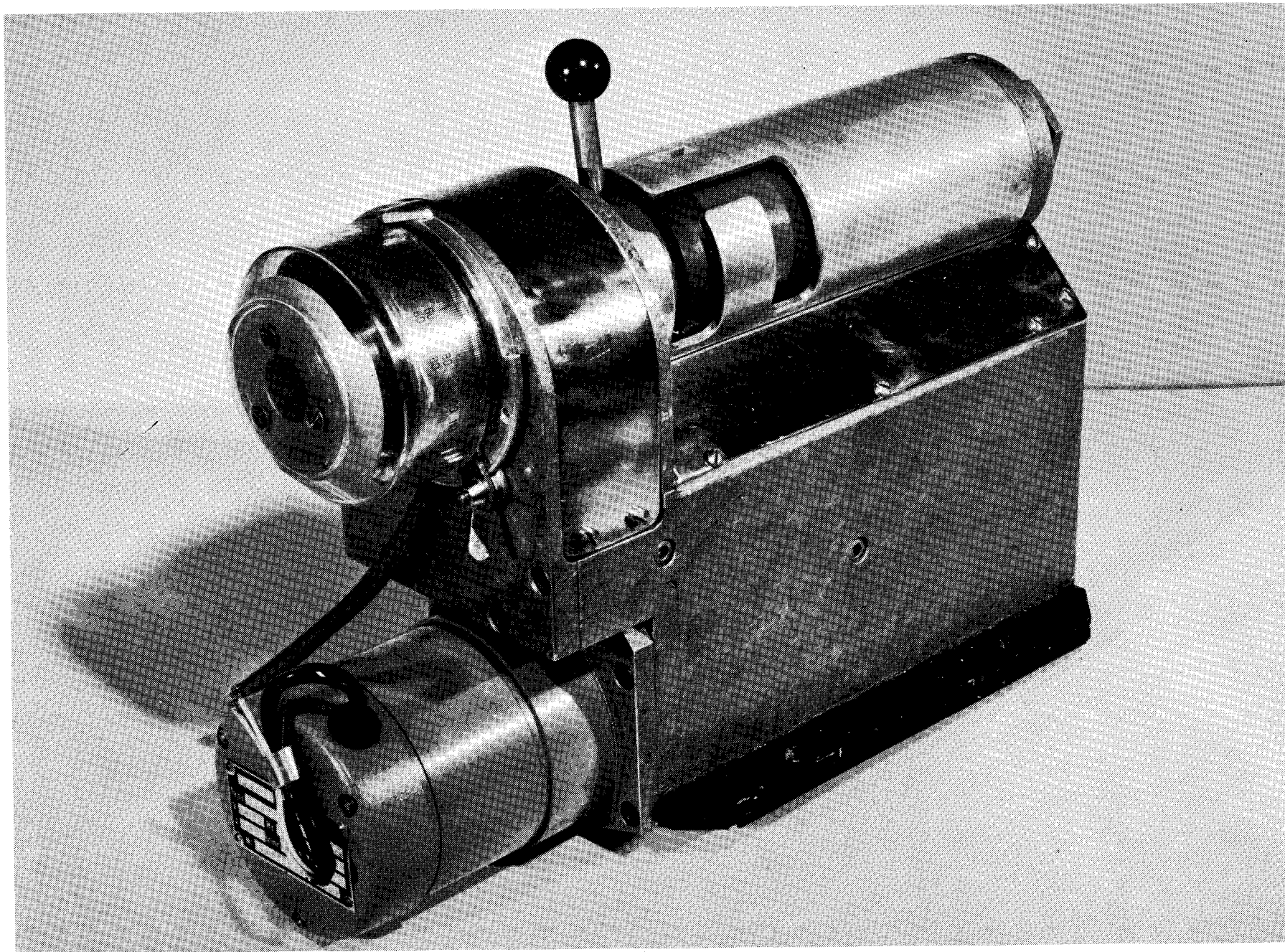
- moteur GODARD DA 14,
- auto-transfo VARIAC WH,
- vitesse de 0 à 1100 tours/minute,

- couple constant 0,75 cm/kg de 250 à 1100 tours/minute,
- réduction totale 1/600 000,
- vitesse de battage : 10 tours/minute pour une vitesse moteur de 500 tours/minute,
- vitesse de décantation : 0,00083 tour /minute (soit 500 tours/minute.

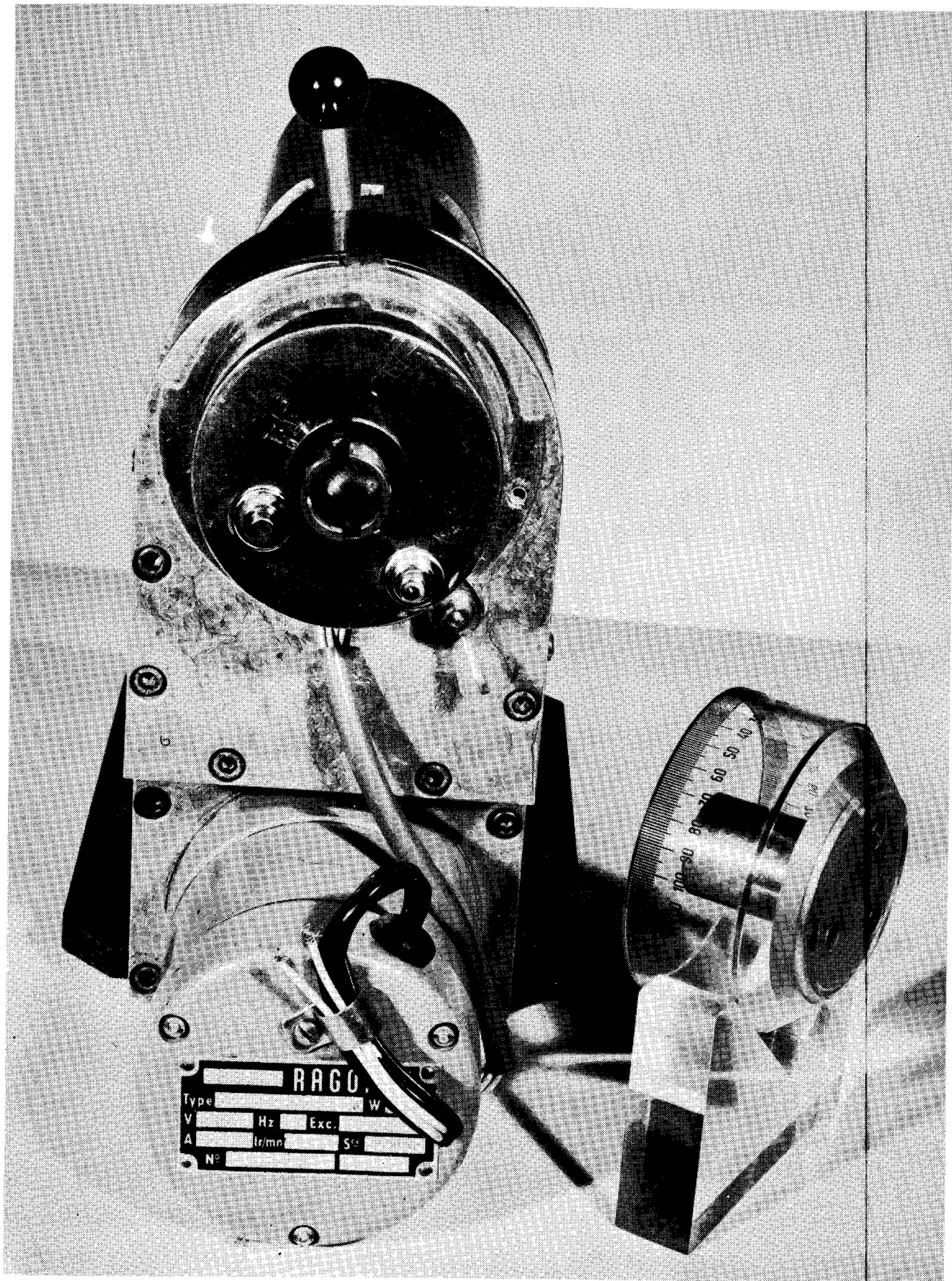








Dispositif de commande du précipitateur - mélangeur



Dispositif de commande du précipitateur - mélangeur
Vue des rupteurs de fin de course

RECIPIENT DE STOCKAGE AVEC ETALON

Le récipient est destiné à stocker des solutions et à pouvoir en prélever un volume connu.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un récipient de stockage (5) muni d'un tube plongeur (7),
- un récipient étalon (1) de volume plus petit et placé à l'intérieur du récipient (5),
- un tube plongeur (3) dans le récipient (1) ,
- un tube semi-plongeur (2) dans le récipient (1),
- un tube (4) de remplissage de (1),
- un tube (6) de mise à l'air de l'ensemble ,
- une sonde électrique de niveau (9) placée dans le récipient (5),
- une sonde électrique de niveau (8) placée dans le récipient (1).

- FONCTIONNEMENT -

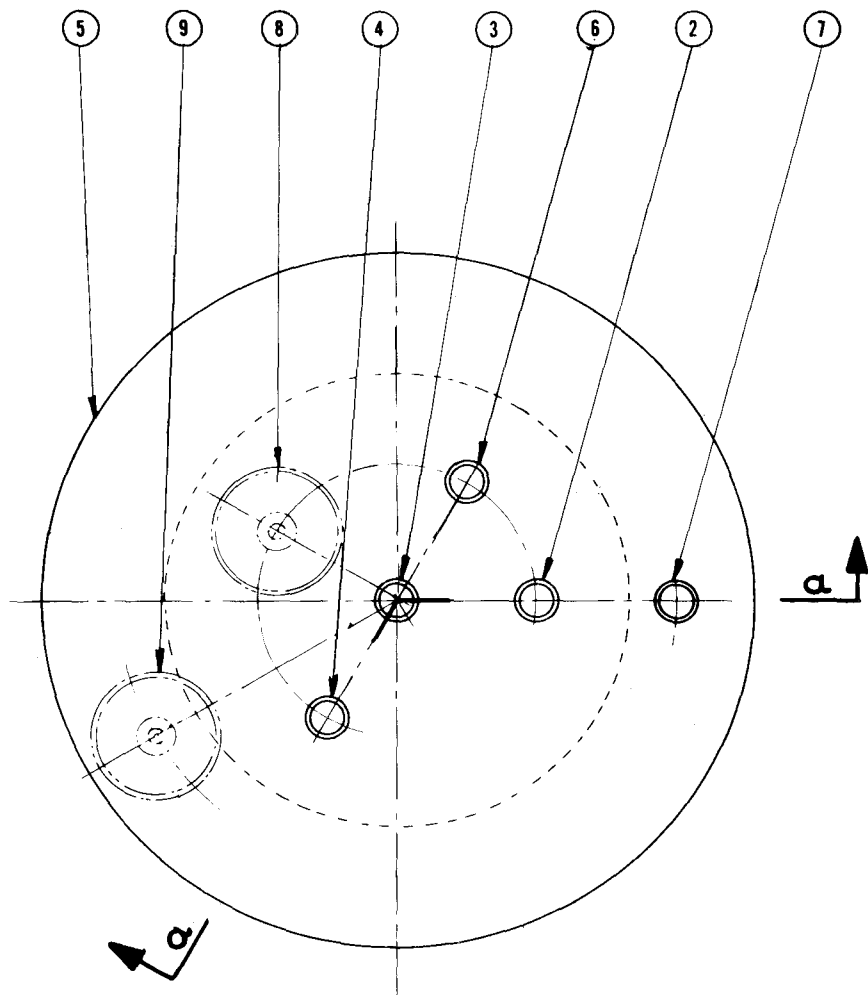
La solution à stocker se déverse par le tube (4) dans le récipient étalon (1). Lorsque ce récipient est rempli, la sonde de niveau (8) l'indique, tandis que par débordement le volume supplémentaire de solution déborde dans le récipient (5).

Le volume étalon est transféré sous vide au moyen du tube plongeur (3). On peut alors remplir à nouveau le récipient (1) avec la solution contenue dans (5) par recyclage sous vide à partir du tube plongeur (7) et déversement par (2).

La sonde de niveau (8) répond à nouveau et l'opération de transfert recommence jusqu'à épuisement d'un nombre entier de volumes (1).

- REMARQUES -

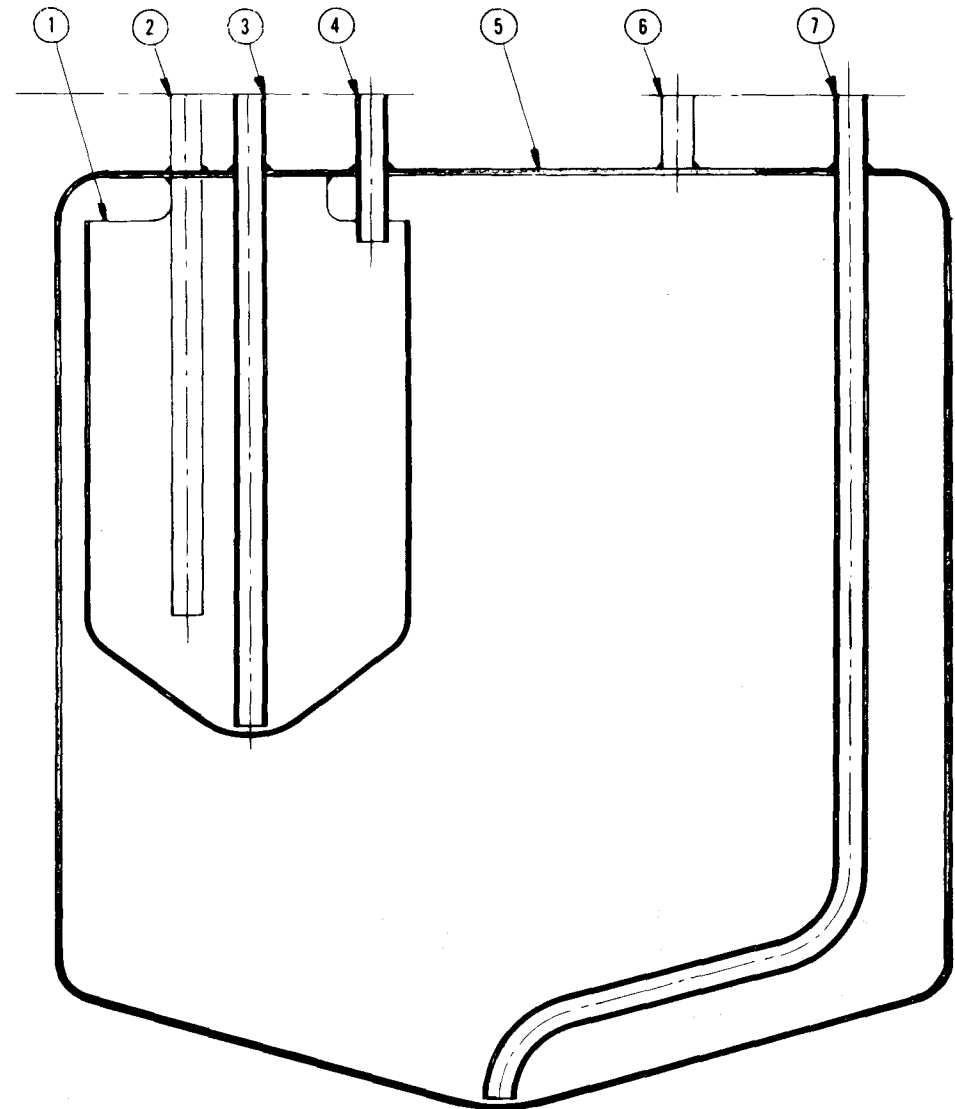
- 1° - L'ensemble est réalisé en acier inoxydable soudé.
- 2° - La sonde électrique de niveau (9) est une sonde de sécurité évitant le débordement du récipient de stockage (5).
- 3° - Les volumes respectifs de (1) et (5) sont différents suivant leur emploi dans l'installation.



RECIPIENT DE STOCKAGE AVEC ETALON

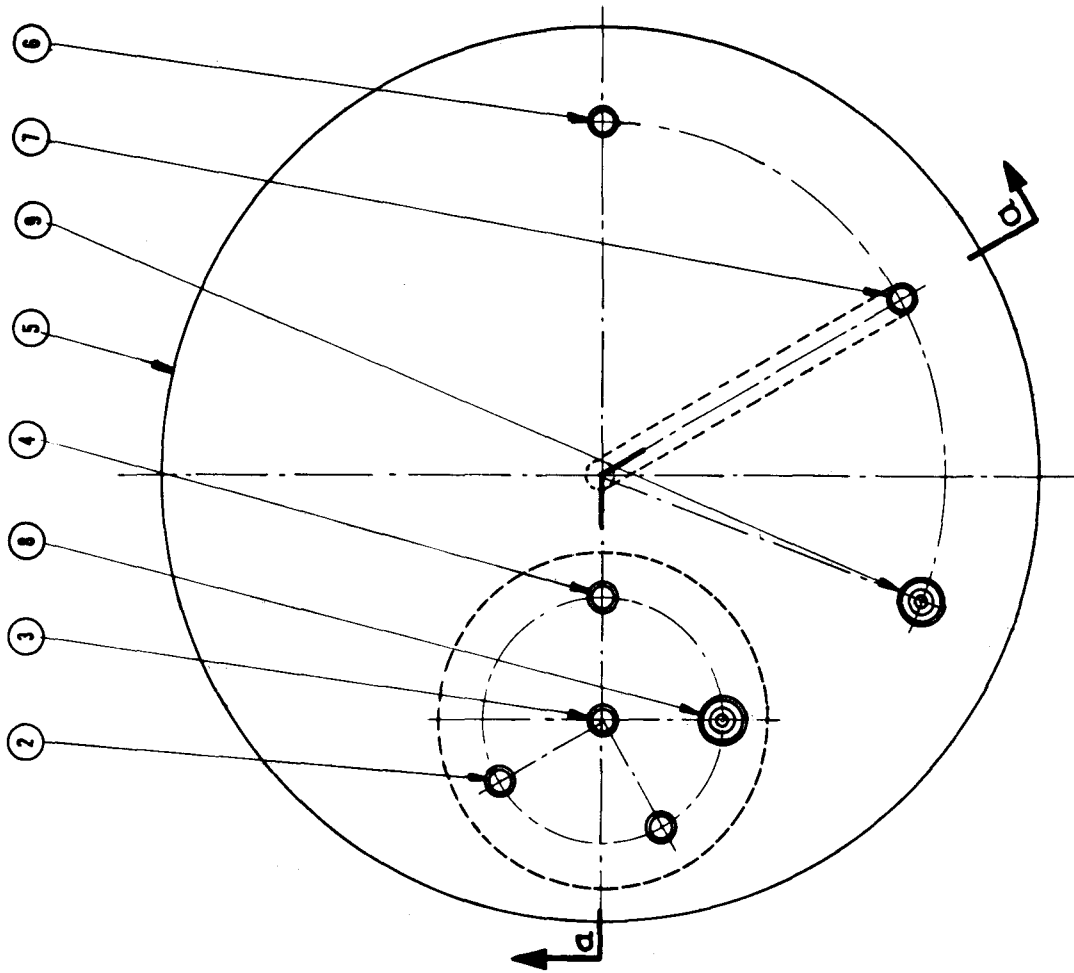
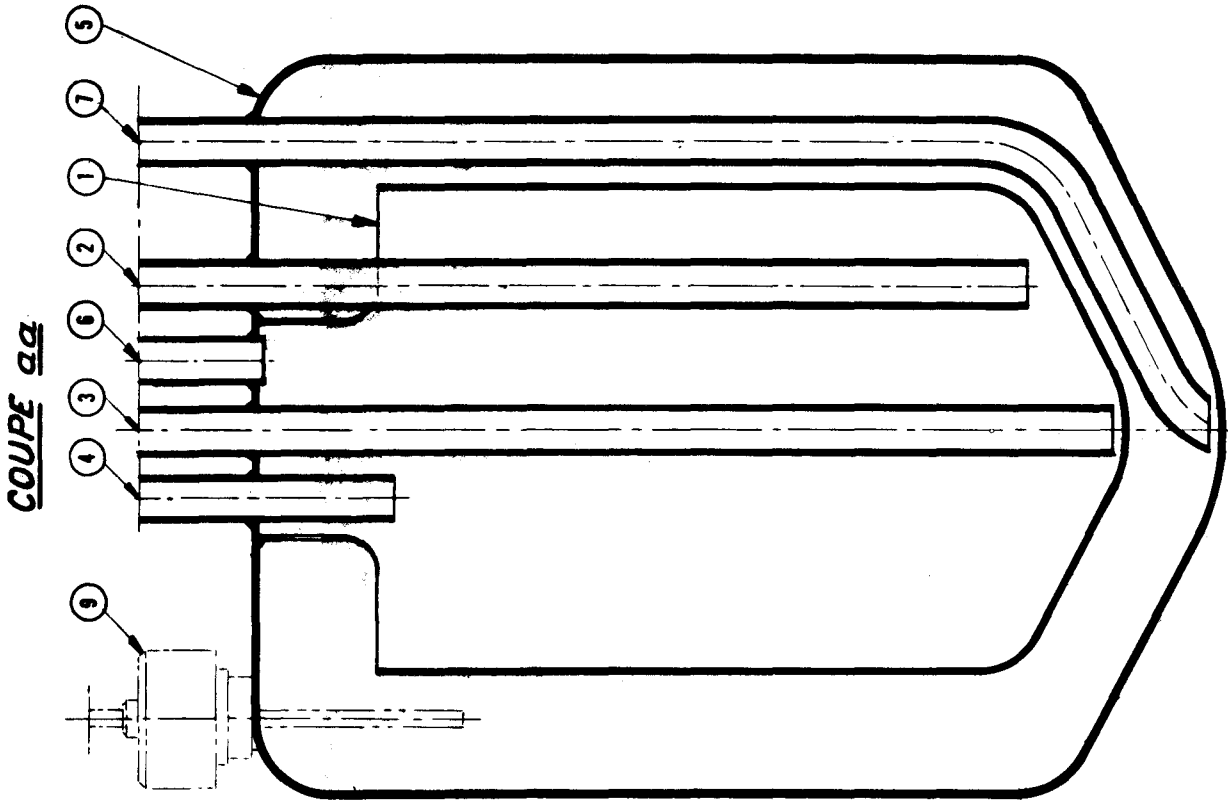
Stockage 2 litres
 Etalon 2 litres

COUPE a a



RECIPIENT DE STOCKAGE AVEC ETALON

Stockage 20 litres
 Etalon 2 litres



ENSEMBLE DE TRANSFERT, STOCKAGE ET EVACUATION
DES DECHETS RADIOACTIFS CONSTITUES PAR DES PRECIPITES CHIMIQUES

(Cf. note CEA n° 267 du 3.12.58)

Le dispositif est destiné à éliminer d'une installation chimique de traitement de produits radioactifs les composés solides qui s'y accumulent. L'ensemble a été conçu pour éliminer plus particulièrement les précipités de tungstate, phosphate et sulfate de baryum.

- DESCRIPTION -

a) - Schéma de transfert - (Croquis Cr.472)

- Les déchets à éliminer se trouvent dans des réservoirs situés dans les caissons étanches et blindés (A1) et (A2).
- Les réservoirs situés dans les caissons comportent chacun une goulotte (1) et (2). Ces goulottes sont elles-mêmes reliées à deux autres goulottes (3) et (4) extérieures à la protection (P) des caissons.
- Le récipient (D) de transfert des déchets se place devant l'appendice où sortent les goulottes (3) et (4).
- Un pont en forme de Y relie les deux goulottes (3) et (4) à une goulotte (6) du réservoir (B).

- un second pont de transfert (voir note technique DR/SPF/JF n° 39) relie la goulotte (7) du récipient (B) à la goulotte (8) du récipient (C) CENDRILLON.

b)- Récipient de transfert - (croquis Cr.477)

Le réservoir de transfert (B) est fixé mécaniquement à sa partie supérieure à un support (E) en fonte.

Un aggloméré (F) de plomb et polyester coulé autour des tuyauteries rend l'ensemble solidaire. Une protection (D), récupérable et constituée de plomb (100 millimètres) gainé de tôle reçoit le réservoir (B). Deux goupilles (G) rendent l'ensemble solidaire.

c)- Réservoir de transfert - (croquis Cr. 461)
" " Cr. 462)

Le réservoir de transfert (B) est composé d'une cuve en acier inoxydable soudé et comporte :

- une goulotte (6) prolongée par un tube plongeant pour l'arrivée des déchets solides,
- une goulotte (7) prolongée par un filtre (15) en acier inoxydable fritté pour le départ de la solution claire,
- une canalisation (11) de mise à l'air,
- une canalisation (10) de mise sous vide, prolongée par un clapet à flotteur (16).

d)- Goulotte - (croquis Cr. 474)

Le corps (13) est en acier et comporte :

- à sa partie inférieure, un cône (19) muni d'une gorge (20) et d'un joint torique,
 - à sa partie supérieure, un cône (21) supportant la membrane (22) dans laquelle se placera le bouchon à aiguille (24)(voir croquis Cr.472).
- Enfin, deux oreilles (23) standard, type CENDRILLON, assurent la fixation du bouchon à aiguille.

e) - Bouchon à aiguille - (Croquis Cr.473)

Le bouchon (24) en acier inoxydable comporte :

- une aiguille (26) en acier inoxydable coulissant dans le corps (25),
- à son extrémité inférieure, une empreinte destinée à recevoir la membrane (22),
- à son extrémité supérieure, un écrou (27) limitant la course de l'aiguille en position haute,
- au centre, un écrou (28) portant deux galets cylindriques qui assurent le verrouillage de l'ensemble sur la goulotte (18) par l'intermédiaire des oreilles (29),
- un écrou (29) réglant la pression de verrouillage du ressort (30).

f) - Pont de transfert - (croquis Cr.475)

Les extrémités du pont en Y sont terminées d'un côté par une aiguille, de l'autre côté par deux aiguilles (26) qui sont fixées sur les goulottes (6), (4) et (3).

Les deux aiguilles des goulottes (3) et (4) sont reliées à celle de la goulotte (6) par un tube souple (31) permettant une course verticale. Une vanne (32) placée sur la partie droite du Y permet le rinçage des trois branches du Y par l'intermédiaire de la canalisation (33).

L'ensemble est situé dans une protection de plomb démontable (34).

Des chapes (35) situées à la partie supérieure de cette protection, comportent une roue dentée entraînée par un carré. Cette roue dentée commande une crémaillère (36) dont une extrémité est solidaire des aiguilles, permettant ainsi de les lever ou de les baisser suivant besoin.

g) - Conteneur d'évacuation - (croquis Cr.476)

Lorsque l'on a accumulé suffisamment de déchets solides dans le réservoir (B), on le stocke lui-même comme déchet radioactif. Ce stockage est effectué dans un conteneur (37) en béton de type CEA standard de 785 litres dans lequel on coule une forme de béton (38) qui reçoit l'ensemble (B-E-F) du récipient de transfert. Cet ensemble est désolidarisé de la protection (D) en enlevant les goupilles (G) (voir Cr.477). La protection de plomb (D) est ainsi récupérable et peut servir pour recevoir un nouveau réservoir (B).

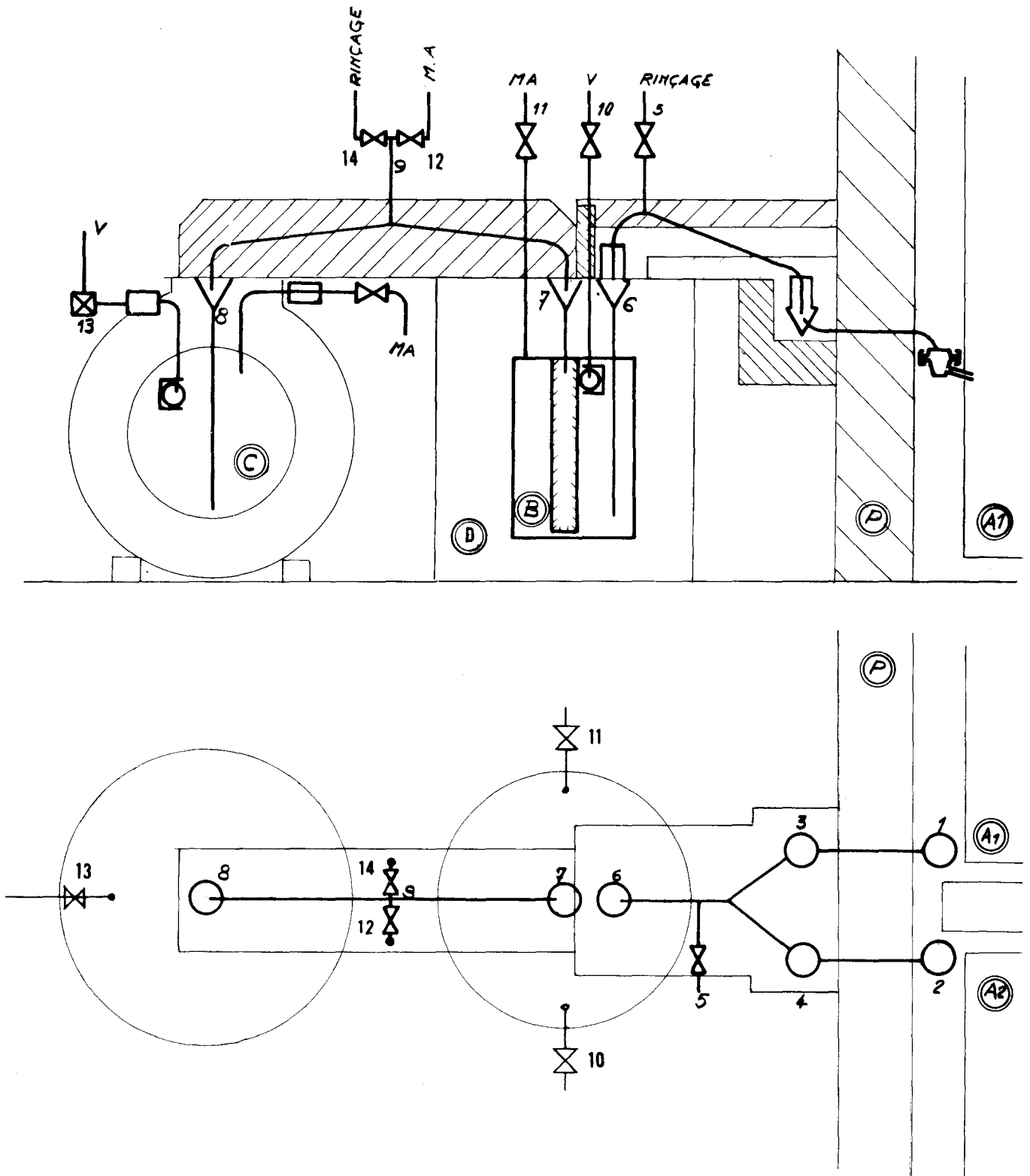
Lorsque l'ensemble est placé sur la forme (38) de béton, on coule du béton jusqu'à remplissage du conteneur (37). On évacue ensuite ce conteneur sur l'aire de stockage.

- FONCTIONNEMENT - (croquis Cr:472,

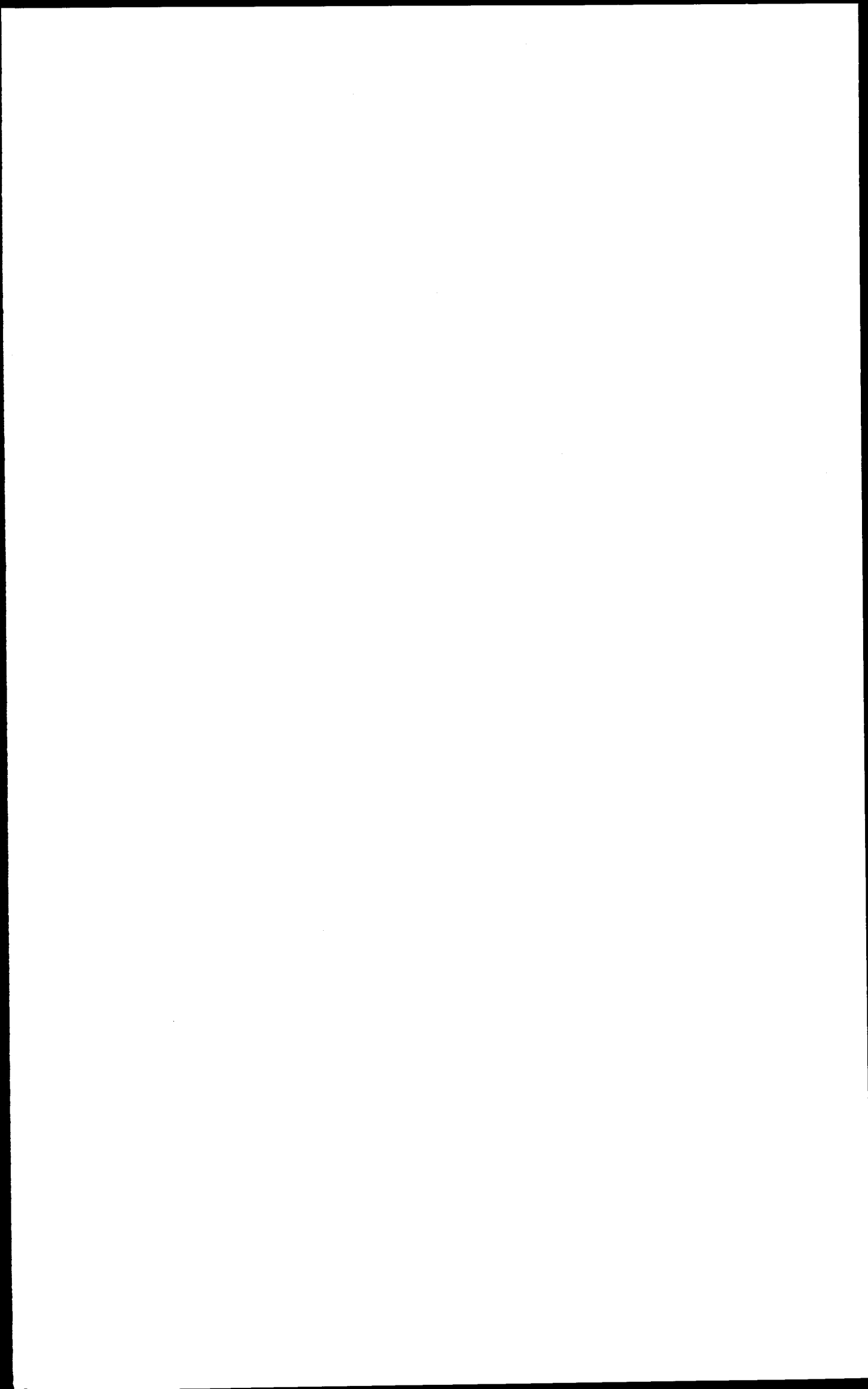
Supposons que l'on veuille transférer les déchets contenus dans un réservoir situé dans le caisson étanche (A1°, les opérations effectuées sont les suivantes :

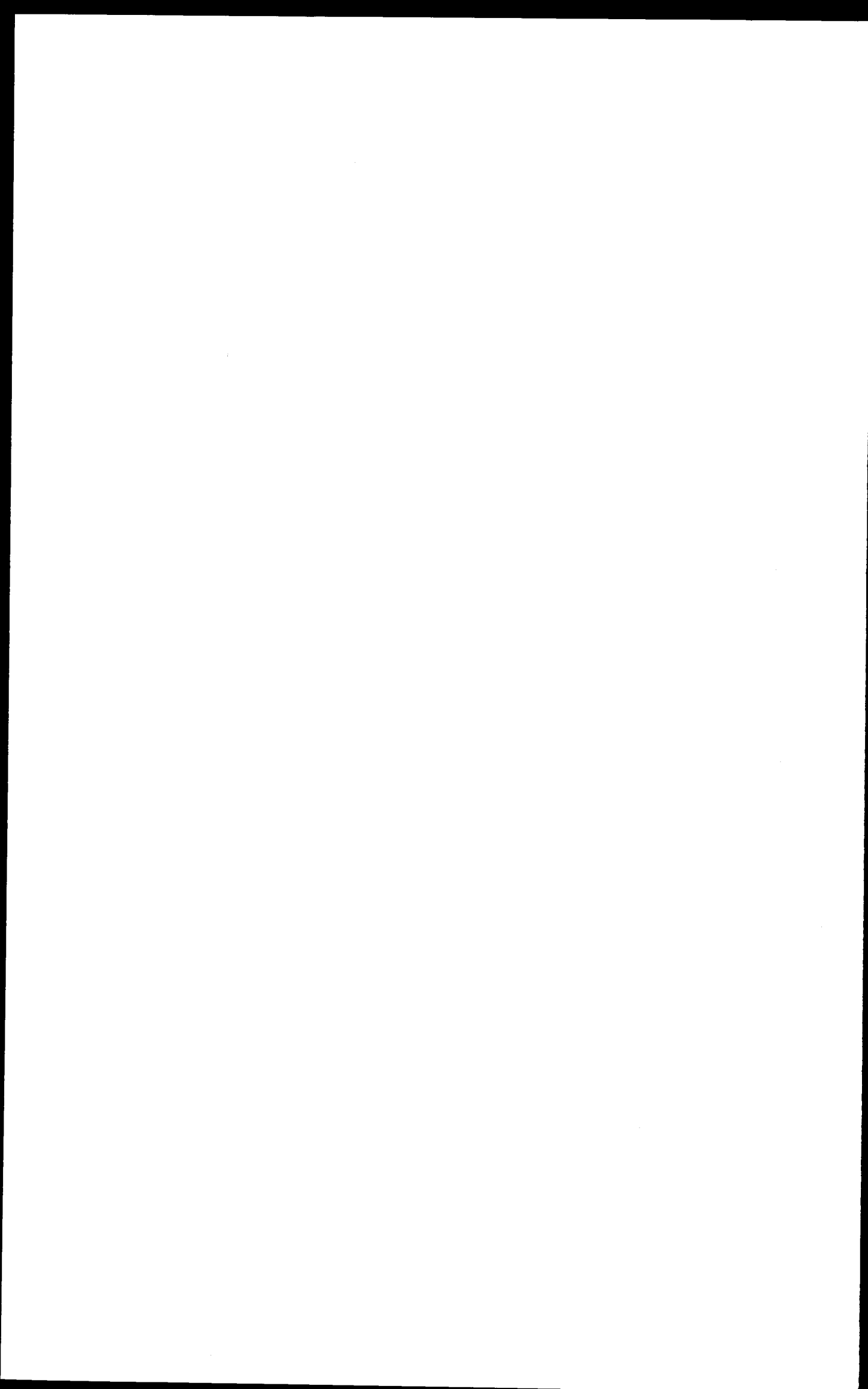
- on obture la goulotte (7),
- on baisse les aiguilles des goulottes (6) et (3) (position ouverte),
- on relève l'aiguille de la goulotte (4) (position fermée),
- on fait le vide sur le réservoir (B) par l'intermédiaire de la vanne (10) et on maintient le vide pendant la durée du transfert,
- le transfert étant terminé, on coupe le vide,
- on place l'aiguille de la goulotte (3) en position haute et à l'aide de la vanne (5) on effectue un rinçage de la canalisation du pont de transfert en direction du réservoir (B). Ensuite, on place l'aiguille de la goulotte (3) en position basse et celle de la goulotte (6) en position haute et on effectue un deuxième rinçage en direction du caisson (A1). On opère également un rinçage en direction de (A2) sur la canalisation non utilisée (goulotte 4).

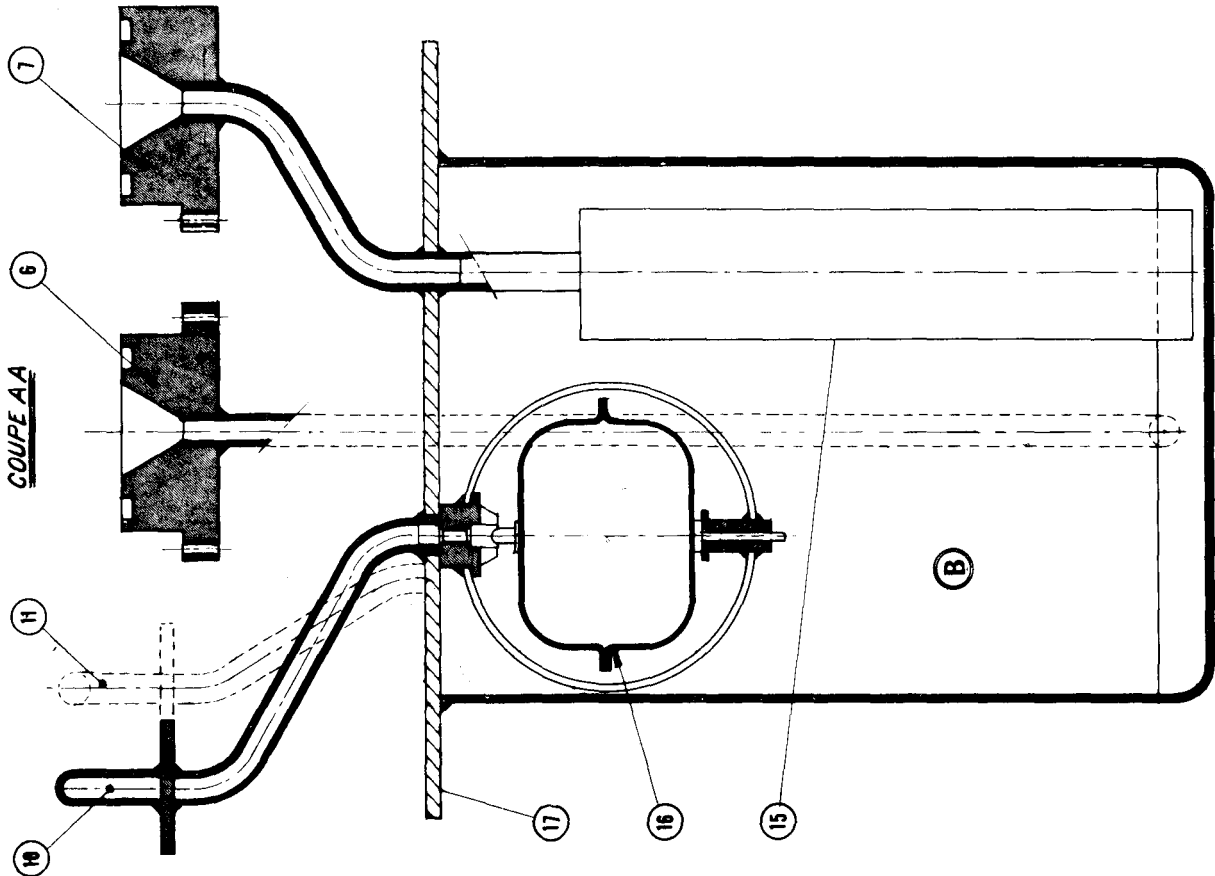
- Après décantation statique prolongée, on évacue les solutions surnageantes dans le réservoir (B) par l'intermédiaire du pont de transfert type CENDRILLON. Ce pont coiffe les goulottes (7) et (8). L'aiguille de la goulotte (6) étant en position haute et la vanne (11) de mise à l'air ouverte, on fait le vide sur (C) par l'intermédiaire de la vanne (13).
- La solution de (B) est aspirée dans (C) au travers du filtre fritté inoxydable. A noter que l'on introduit préalablement dans (B) un adjuvant de filtration évitant le colmatage rapide du filtre fritté.
- Le transfert étant terminé, on coupe le vide et on opère le rinçage du pont à l'aide de la vanne (14) en direction des réservoirs (B) et (C).



**SCHEMA D'UTILISATION DU RECIPIENT
DE TRANSFERT DE DECHETS SOLIDES**

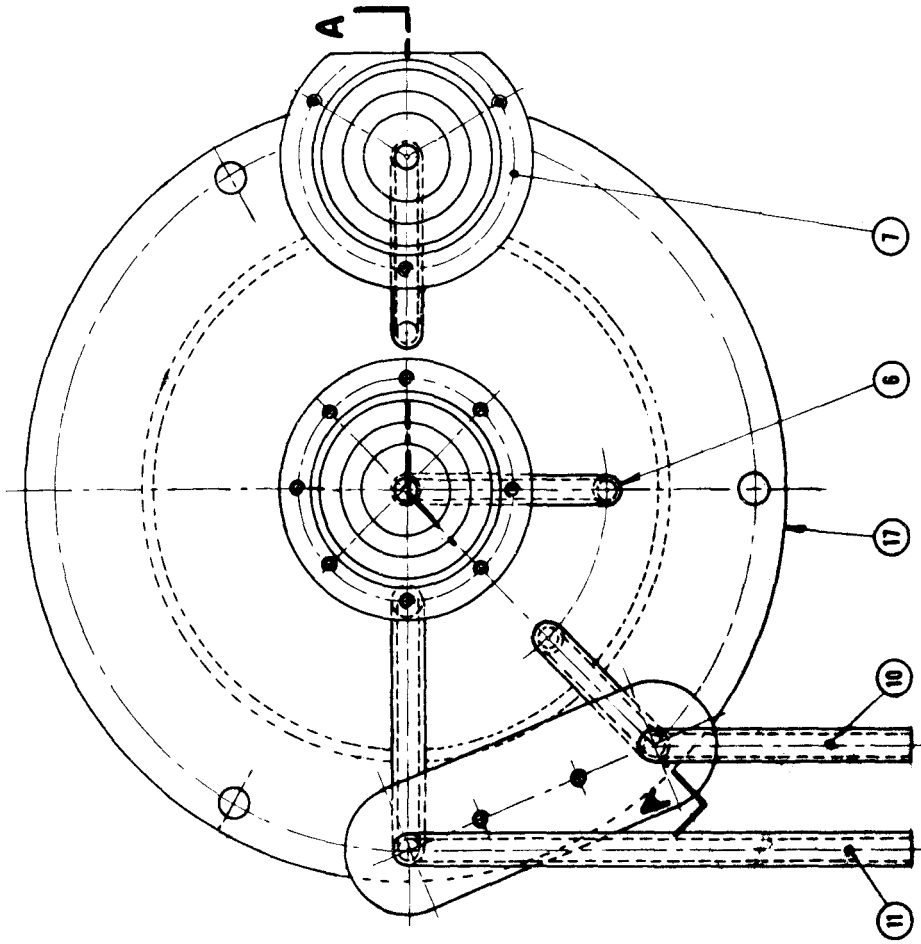






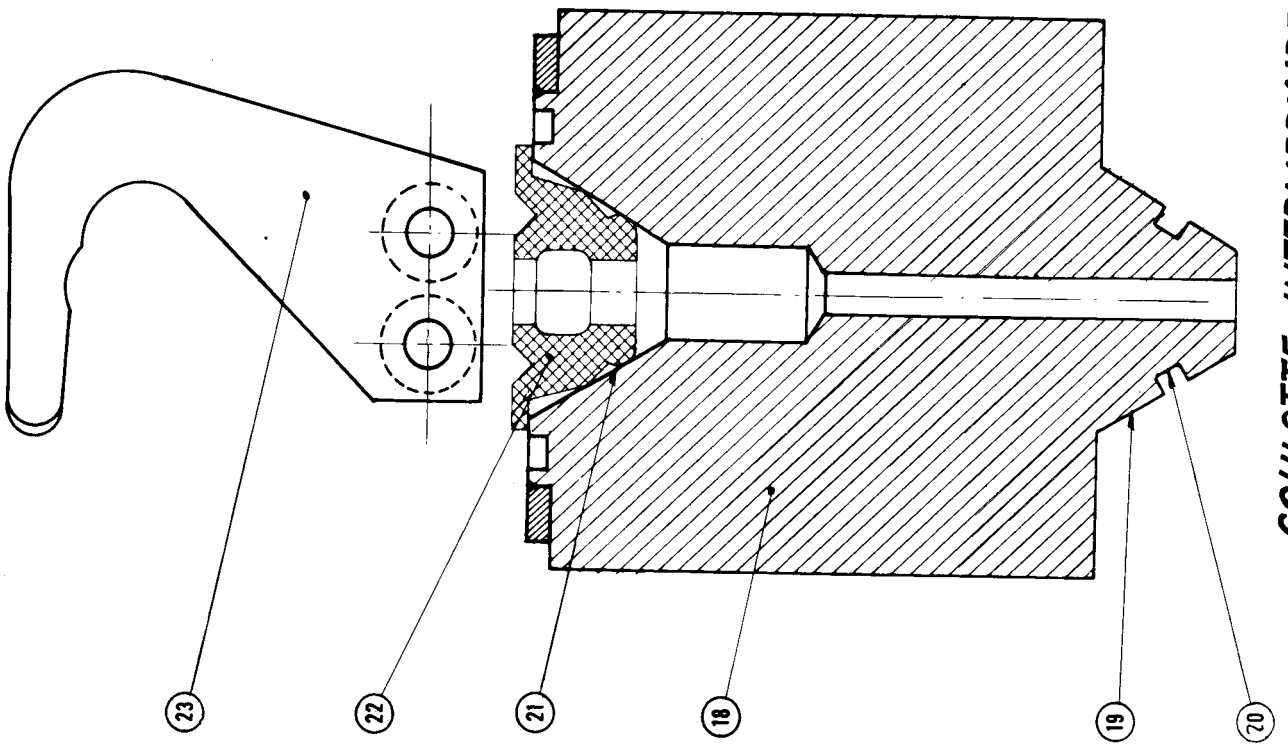
RESERVOIR DE TRANSFERT

Fig. 1

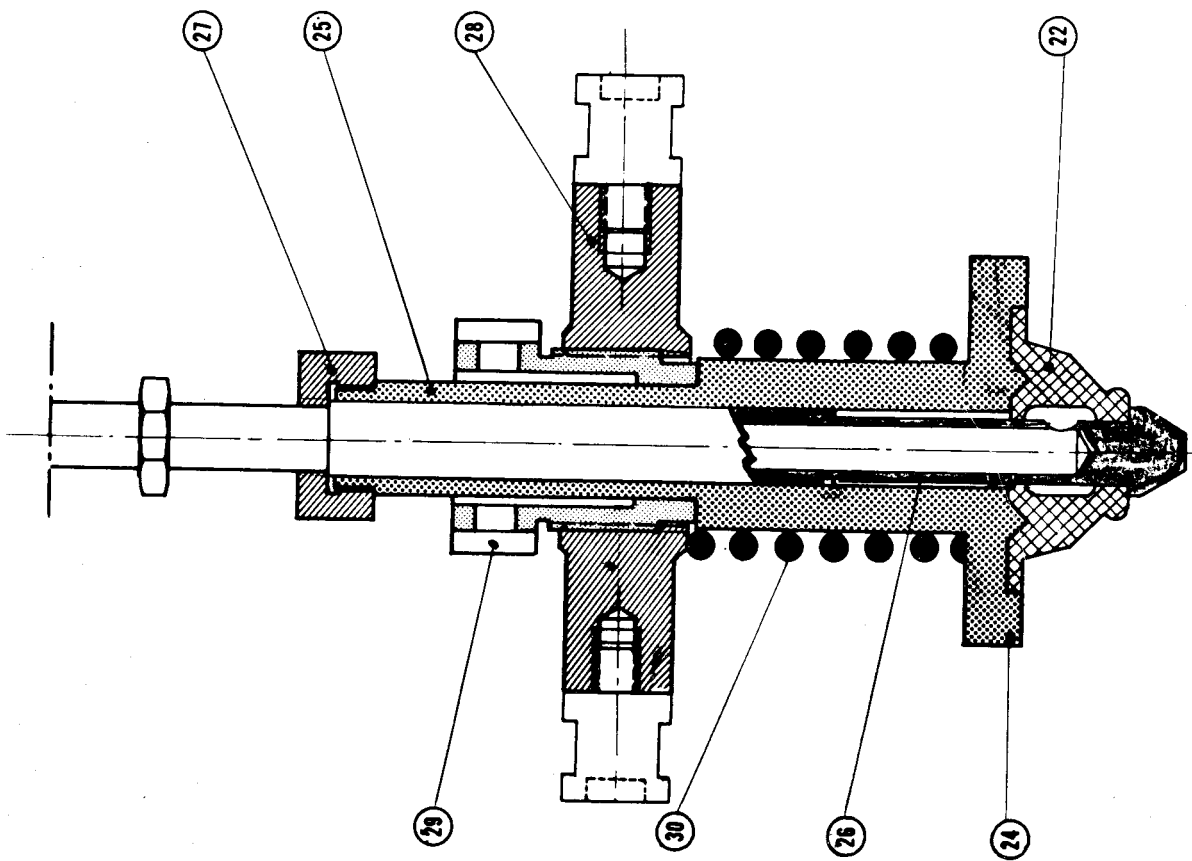


RESERVOIR DE TRANSFERT

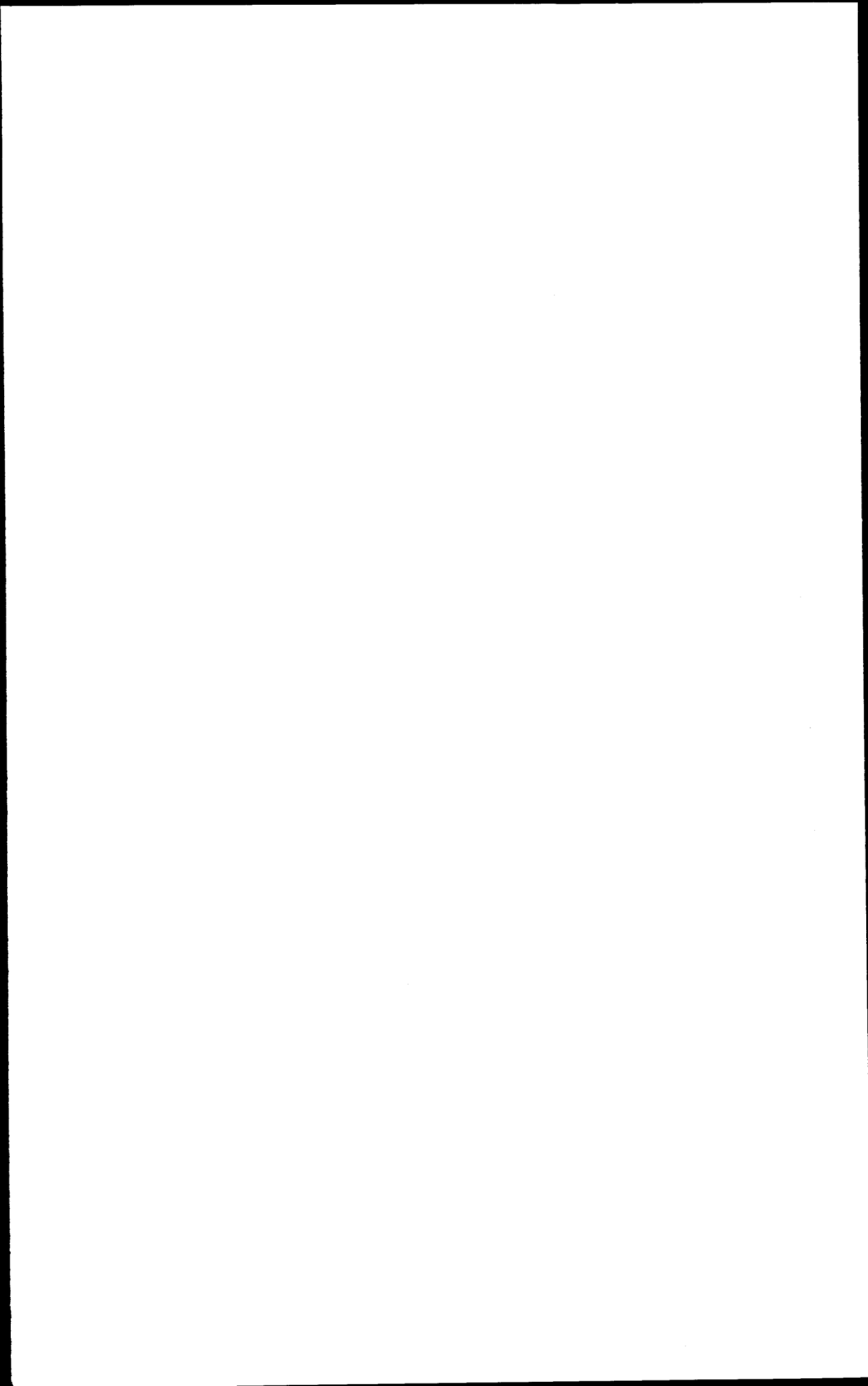
Fig. 2

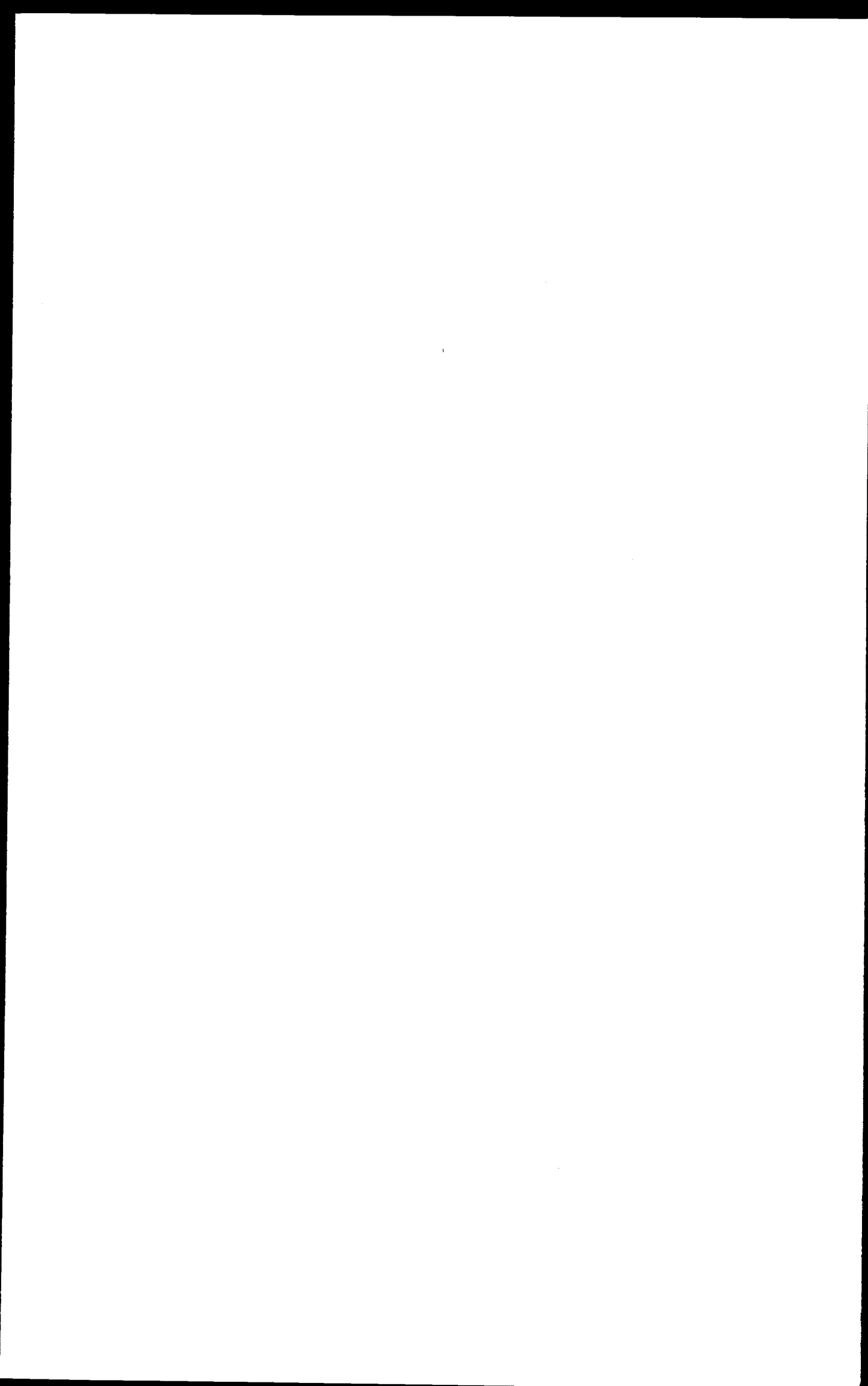


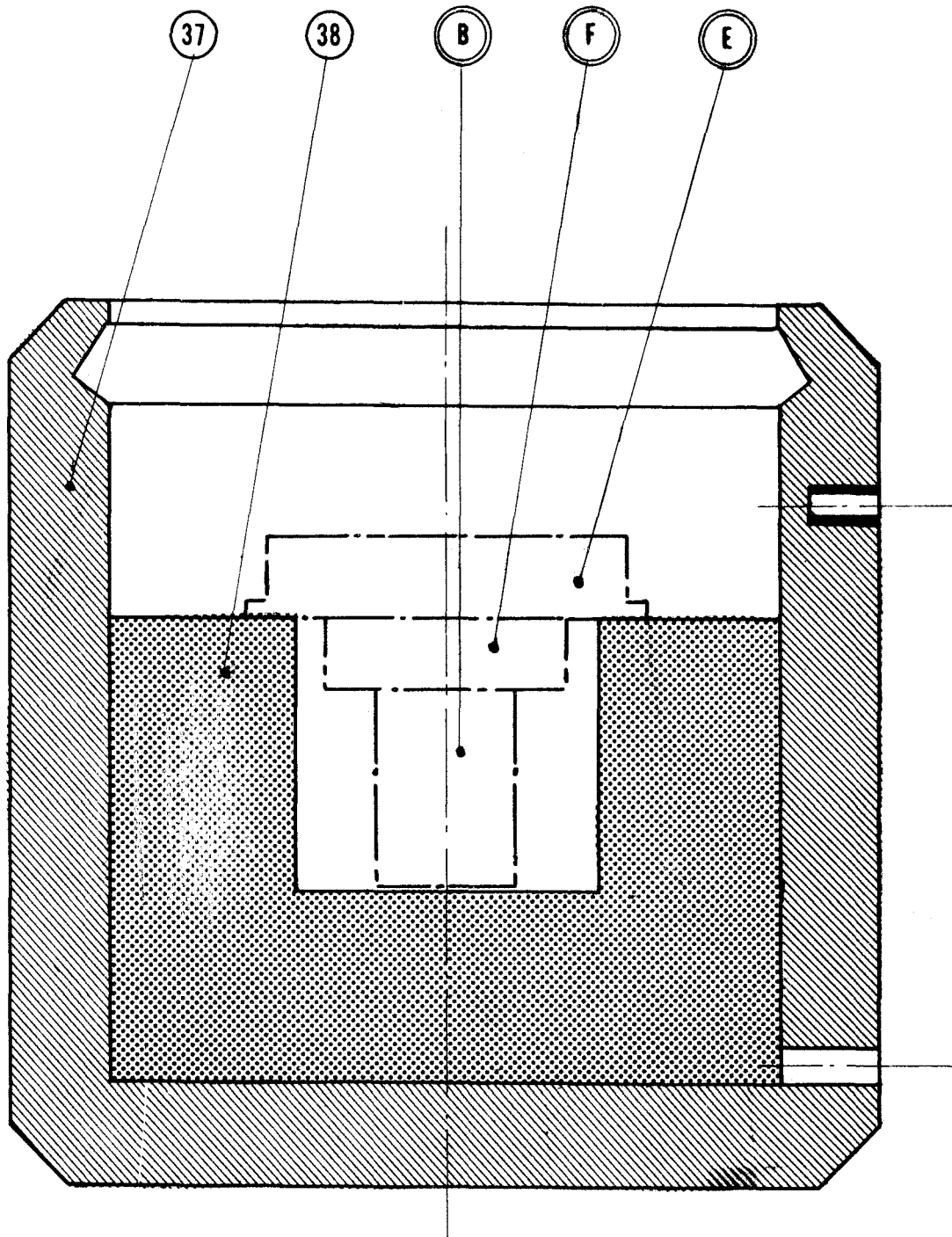
GOULOTTE INTERMEDIAIRE



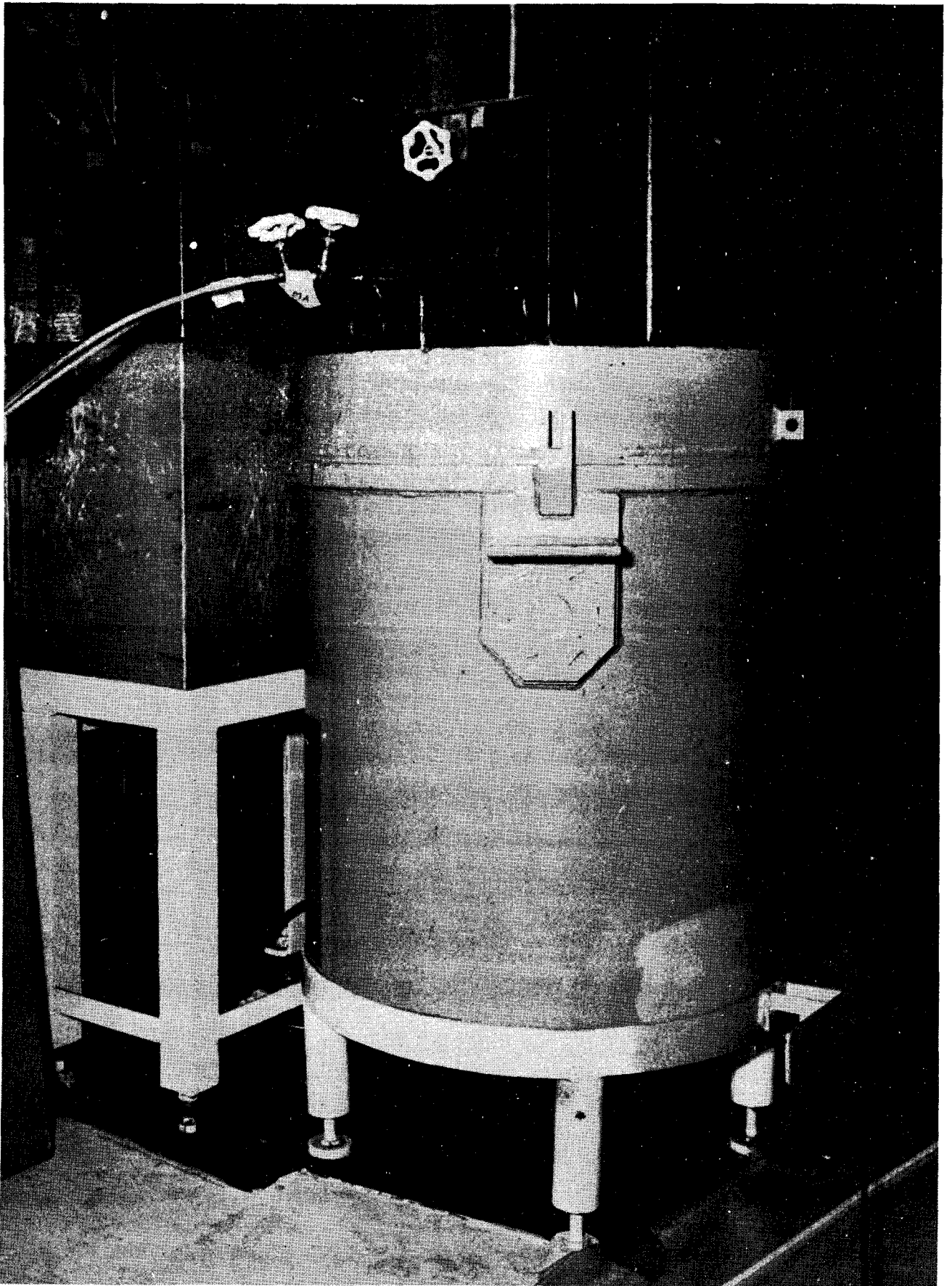
BOUCHON A AIGUILLE



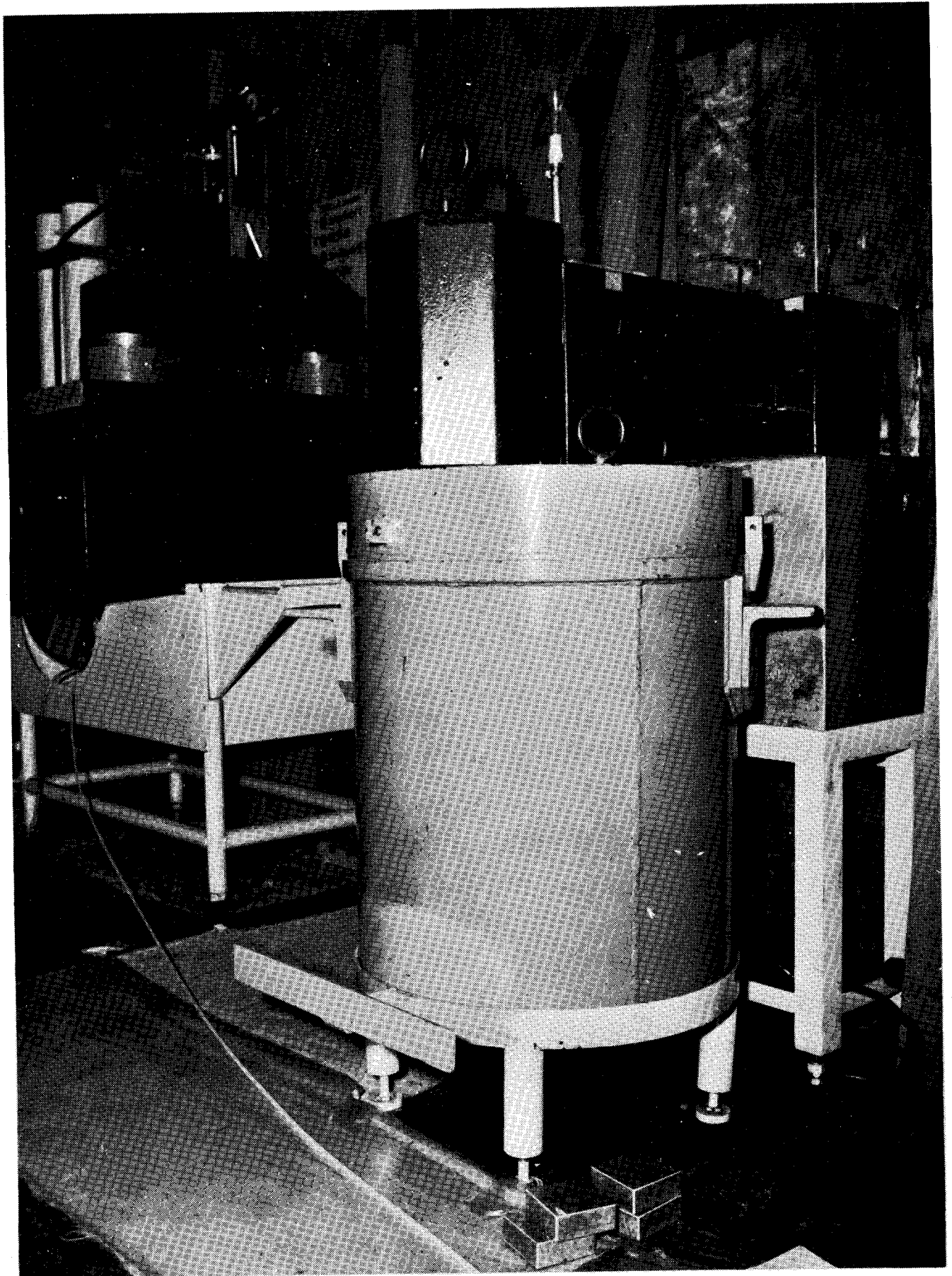




**CONTENEUR DE BETON PREFABRIQUE
STANDARD CEA
CAPACITE : 785 litres**



Réceptacle de transfert des déchets solides :
vue de côté



Réceptacle de transfert des déchets solides :
vue de face

APPAREIL DE DISTILLATION

Le distillateur se compose d'un récipient cylindrique de 3 litres de volume utile. Ce récipient comporte une double paroi destinée à la circulation du thermofluide et est muni, à sa partie supérieure, d'un tube coaxial à un réfrigérant à circulation d'eau.

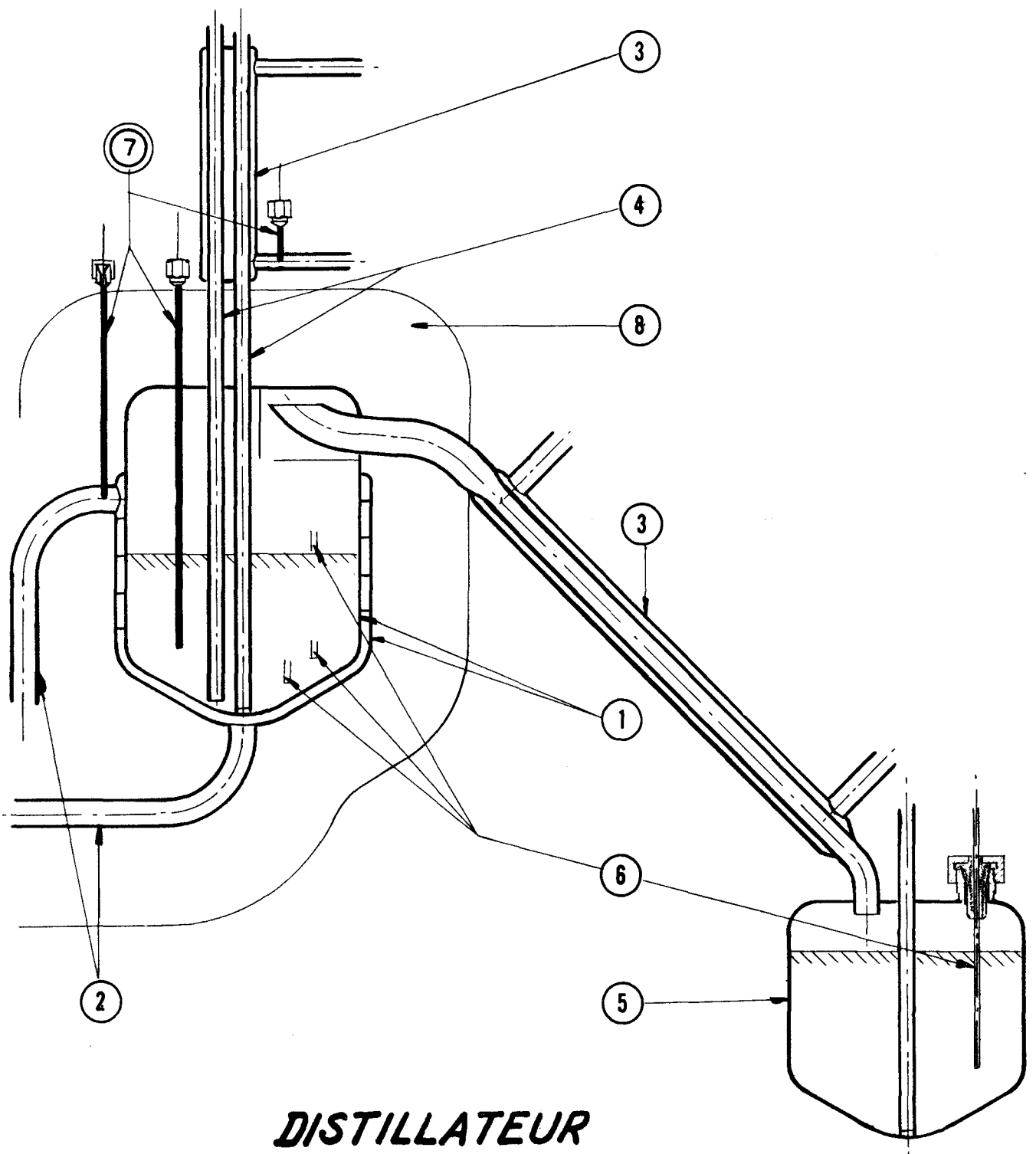
L'ensemble tube-réfrigérant est coudé vers le bas pour rejoindre un récipient destiné à recueillir le distillat avant son rejet aux canalisations.

L'arrivée et le départ de liquide dans le distillateur se font par 2 tubes plongeant au fond du récipient. Un troisième tube plongeur permet le prélèvement d'échantillons. Tous ces tubes plongent au fond du récipient de façon à obtenir un joint liquide durant la distillation. A l'extérieur, ils sont réfrigérés par circulation d'eau pour éviter l'échauffement des autres parties de l'appareil. L'appareil entier est enrobé de calorifuge. On contrôle les niveaux des liquides dans le distillateur et dans le récipient de réception du distillat au moyen de sondes électriques.

Pour cette raison, on ajoute une petite quantité d'acide nitrique dans le récipient de réception de façon à obtenir un contact franc sur les sondes.

Le système de chauffage est réglé par des thermocouples contrôlant la température du fluide de chauffage et celle du liquide à distiller. On obtient ainsi une régulation semi-automatique de la distillation.

On contrôle également les débits et les températures des eaux de réfrigération.



DISTILLATEUR

APPAREILLAGE ET CREUSET DE MISE A SEC

- L'appareil comporte une série de calottes chauffées par thermofluide 5 et recevant les creusets 2.

L'ensemble est calorifugé en 1 .

La circulation du thermofluide est assurée par un ensemble pompes - chaudière asservi à un dispositif thermostatique.

Les calottes chauffantes sont surmontées d'une hotte 3 raccordée à la gaine 4 de ventilation générale.

- Le creuset est destiné d'une part à la mise à sec du sulfate de caesium à partir de la solution concentrée et d'autre part au transfert du sel dans les cellules de fabrication de sources.

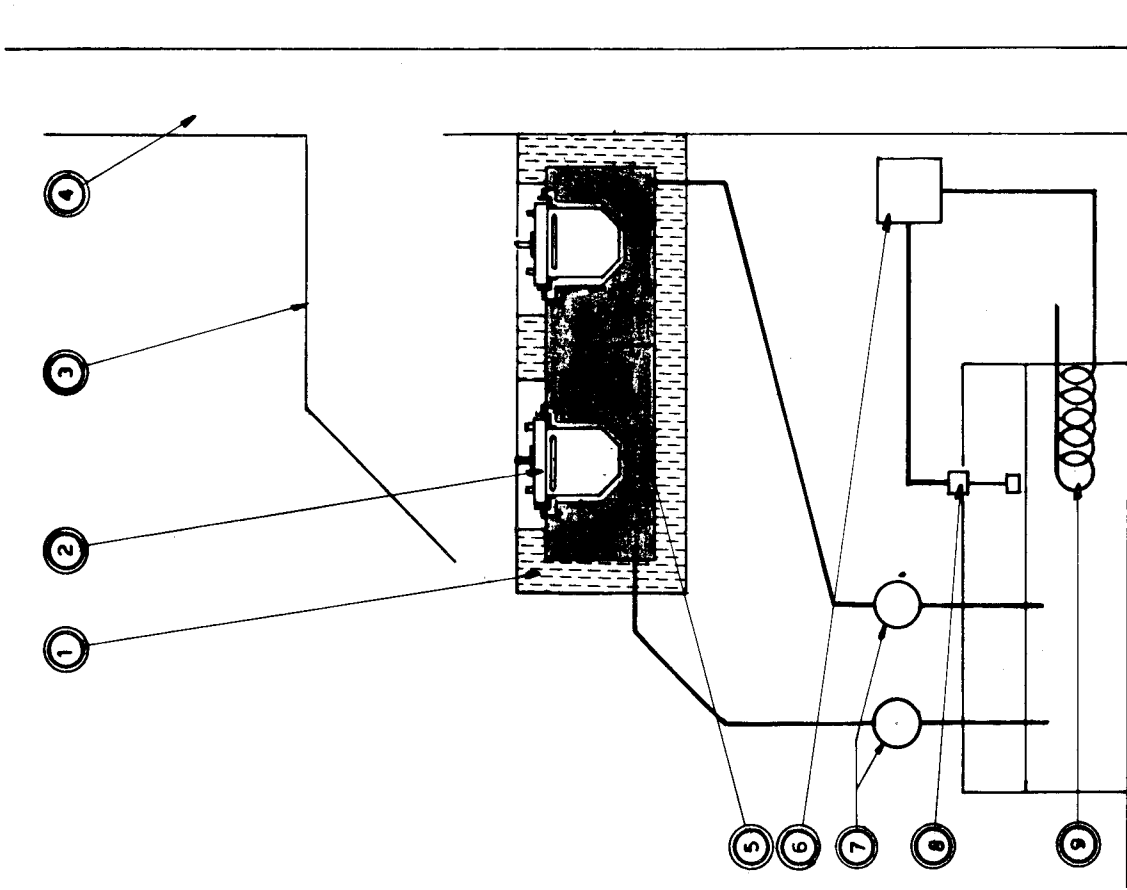
Le creuset A comporte à sa partie supérieure deux pattes B permettant de le manipuler à la pince à distance ou au télémanipulateur. Un couvercle C, également muni de deux pattes D de manipulation, comporte une gorge munie d'un joint E et obture le creuset lors des transferts.

Un excentrique F, manoeuvré à distance par un levier, assure le blocage du couvercle sur le creuset.

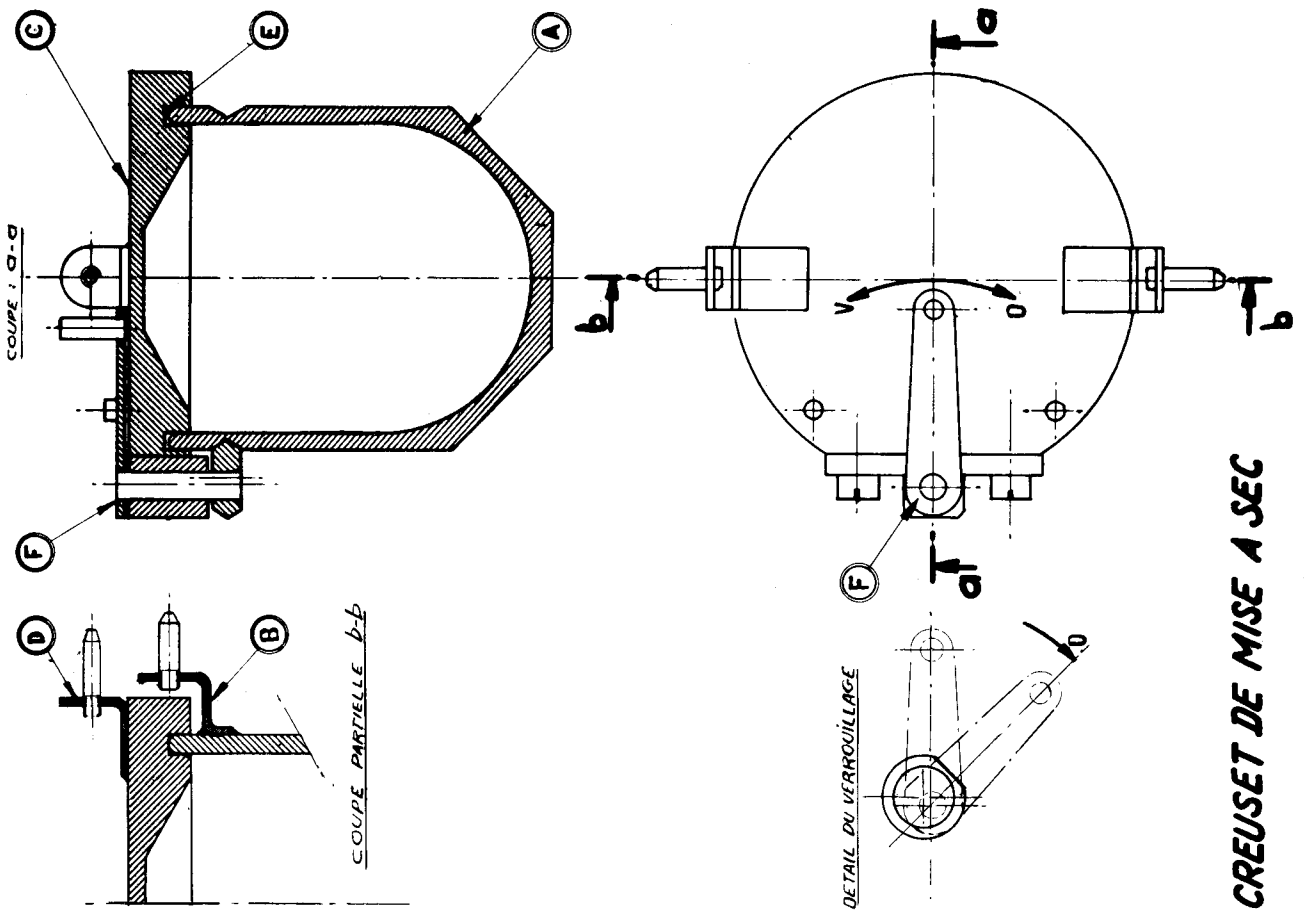
N.B. - Le creuset a un volume de 150 ml et est exécuté en acier inoxydable :

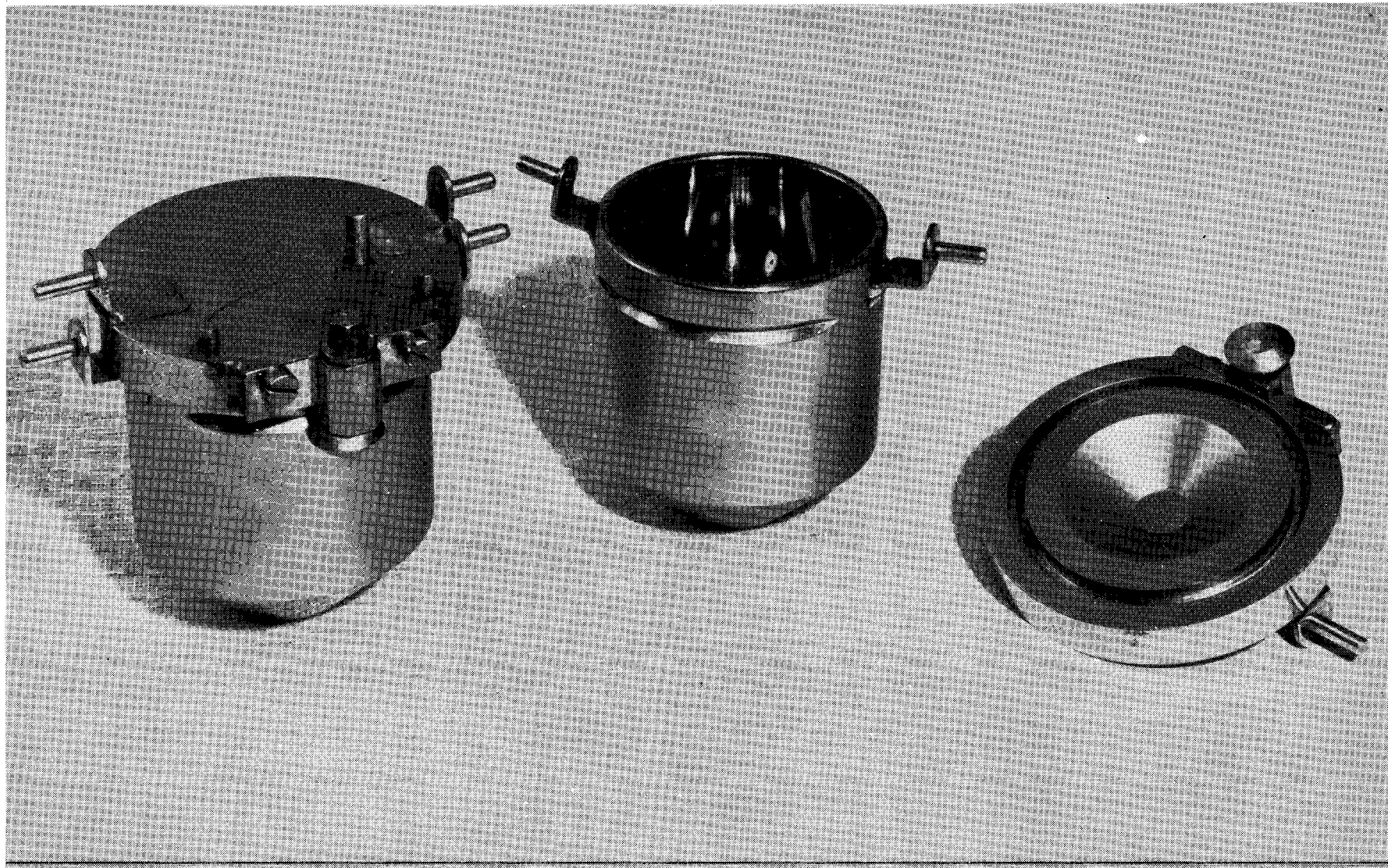
Z2 NCD 25/20

CHAUFFAGE DES CREUSETS



CREUSET DE MISE A SEC





Creuset de mise à sec

SONDE DETECTRICE DE NIVEAU TYPE C 10

L'ensemble réalisé permet de détecter la présence d'un liquide à l'intérieur d'un réservoir et d'assurer ainsi, soit une signalisation, soit un automatisme. L'unité de détection étudiée peut avoir ces deux fonctions simultanément.

- PRINCIPES -

Il s'agit de détecter le liquide lorsque celui-ci entre en contact avec la tête de sonde. Celle-ci est constituée par une tige métallique (Acier inox) dont la hauteur h dépend du volume désiré. Le liquide (en général connu au début de l'étude) possède plusieurs caractéristiques électriques, utilisables pour la détection (résistivité, rigidité diélectrique, ...). Nous avons porté notre choix sur la résistivité. En effet, dès que le contenu du récipient entre en contact avec la tête, nous avons une continuité électrique entre la tête et le récipient métallique. Si l'on monte un réservoir non conducteur, il suffit de prévoir une deuxième tête réglée au niveau bas de façon à obtenir une liaison entre les deux détecteurs.

La tête étant portée à un potentiel fixe de 24 V, un courant (faible) passe dans le circuit tête-liquide-récipient. Un amplificateur permet d'obtenir un courant suffisant pour actionner un relais électromagnétique d'utilisation. L'ensemble de détection doit être monté avec beaucoup de soin; en effet la sensibilité de l'amplificateur est importante donc l'isolement électrique doit être très supérieur au pouvoir de résolution de l'installation.

Dans notre montage, toutes les liaisons " chaudes " ainsi que le passage du réservoir, ont été réalisés en polythène ($R. > 10^{12} \Omega \text{cm}^{-1}$). Le montage est sensible jusqu'à des résistances (et non résistivités) de l'ordre de $10^6 \Omega \text{ce}$ qui, dans notre utilisation est très supérieur à la résistance des liquides en présence. Nous avons limité le courant passant dans le liquide à $50 \mu\text{A}$ par crainte que des phénomènes d'électrolyse ne détériorent les tiges métalliques. Des expériences nous ont prouvé par la suite que le courant pouvait atteindre 1 mA sans effets notables sur les tiges.

- AMPLIFICATEUR DE SONDE -

L'amplificateur est constitué par une double triode montée en régime bloquée-saturée. Le tube est une 12 AT 7. Les deux triodes sont montées en parallèle, sous-chauffées à 5 V , la H T est, en régime de blocage, de 100 V . Toutes ces précautions ont pour but d'assurer une durée de vie accrue aux ensembles. Un potentiomètre de 500Ω monté en rhéostat, permet d'ajuster le gain (200 maxi.). Le relais d'utilisation (noir représenté sur le dessin) est un MGX II (H.T.I.) de $100 \text{ V} - 10.000 \Omega$. Le courant I en régime de saturation est de 10 mA . Un transformateur $110/110 \text{ V}$ suivi d'un pont, donne une tension redressée de 120 V environ, qui assure la polarisation des tubes. Cette tension réglable à l'aide d'un potentiomètre de 10.000Ω permet d'ajuster les 24 V de détection. La résistance de $470 \text{ K} \Omega$ limite dans tous les cas le courant dans le liquide à $50 \mu\text{A}$. Le condensateur de $50 \mu\text{F}$ assure le filtrage. La différence de potentiel apparaissant sur les grilles lors d'une excitation définit une polarisation suffisante pour que les deux tubes passent d'un régime initial bloqué au régime de saturation. Les résistances de $1 \text{ K} \Omega$ dans les grilles protègent l'amplificateur contre l'auto-oscillation.

- MONTAGE -

Chaque ensemble de sonde est monté sur un petit châssis indépendant, comprenant essentiellement le transformateur

le pont de redressement, les résistances ainsi que le tube. Les ensembles sont alimentés à partir de deux alimentations de puissance.

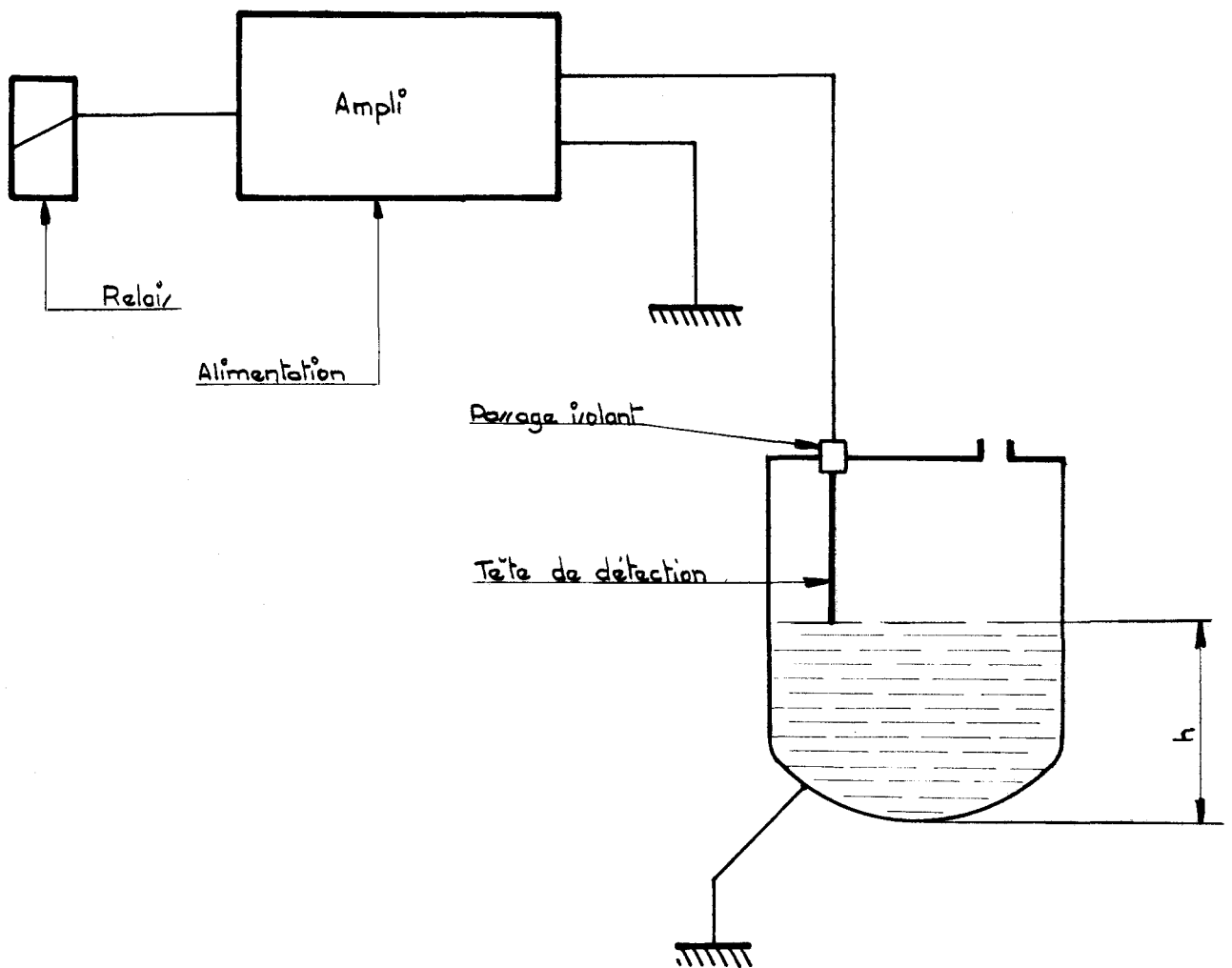
- PREMIERES CONCLUSIONS -

Ce dispositif nous a permis de réaliser un automatisme relatif à un processus chimique. Le fonctionnement est en général satisfaisant mais au cours de l'exploitation, nous avons constaté plusieurs inconvénients :

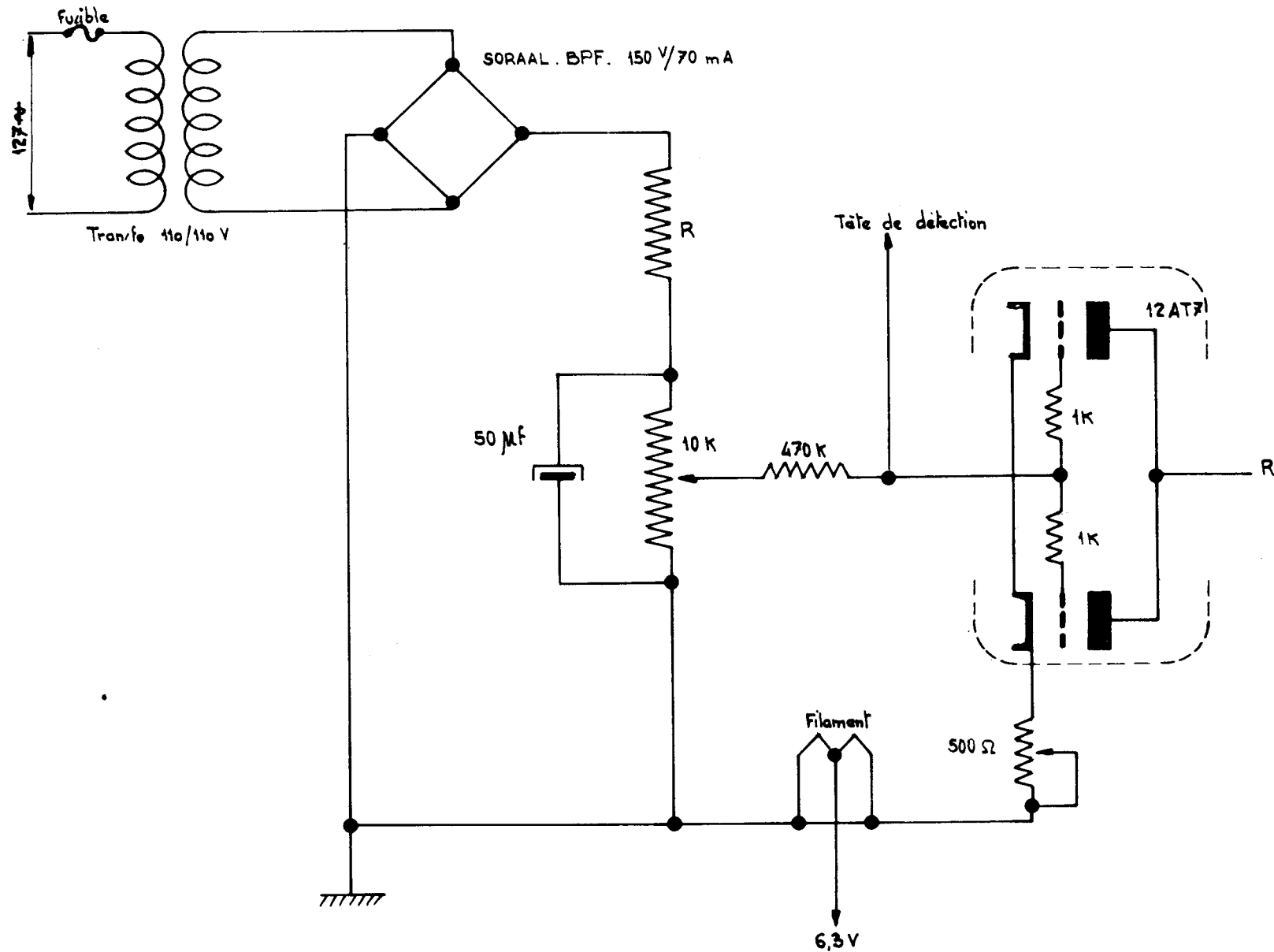
- 1° - La tête de détection étant placée en milieu radio-actif intense une évolution défavorable des isolants nous a obligé à réduire considérablement le gain et la sensibilité des amplificateurs, ce qui, pour certains liquides, rend le dispositif inutilisable.
- 2° - Bien que des précautions particulières aient été prises (sous-chauffage H.T. faible, tubes montés en parallèle ...) le vieillissement nécessite un réglage fréquent, d'autre part la dispersion des caractéristiques des triodes (même celles dites "SECURITE") impose un tri préalable, ainsi qu'un vieillissement au banc (Voir ci-joint un graphique d'évolution du gain pour une période de 200 heures - pour 60 sondes).
- 3° - L'ensemble demande une consommation importante, ce qui nécessite un système d'alimentation très puissant. Le rendement d'une installation devient alors très vite prohibitif pour un nombre d'unités important.
- 4° - Certaines sondes constituent des sécurités de procédé. Elles ne fonctionnent donc que s'il y a un incident. De ce fait, elles ne sont pratiquement jamais excitées et le tube est constamment en régime bloqué. On constate que leur fonctionnement nécessite une tension beaucoup plus importante que celle prévue initialement, ce qui rend la sécurité très illusoire. Ce phénomène a été constaté également par les constructeurs d'ordinateur électronique à tube à vide).

- CONCLUSIONS GENERALES -

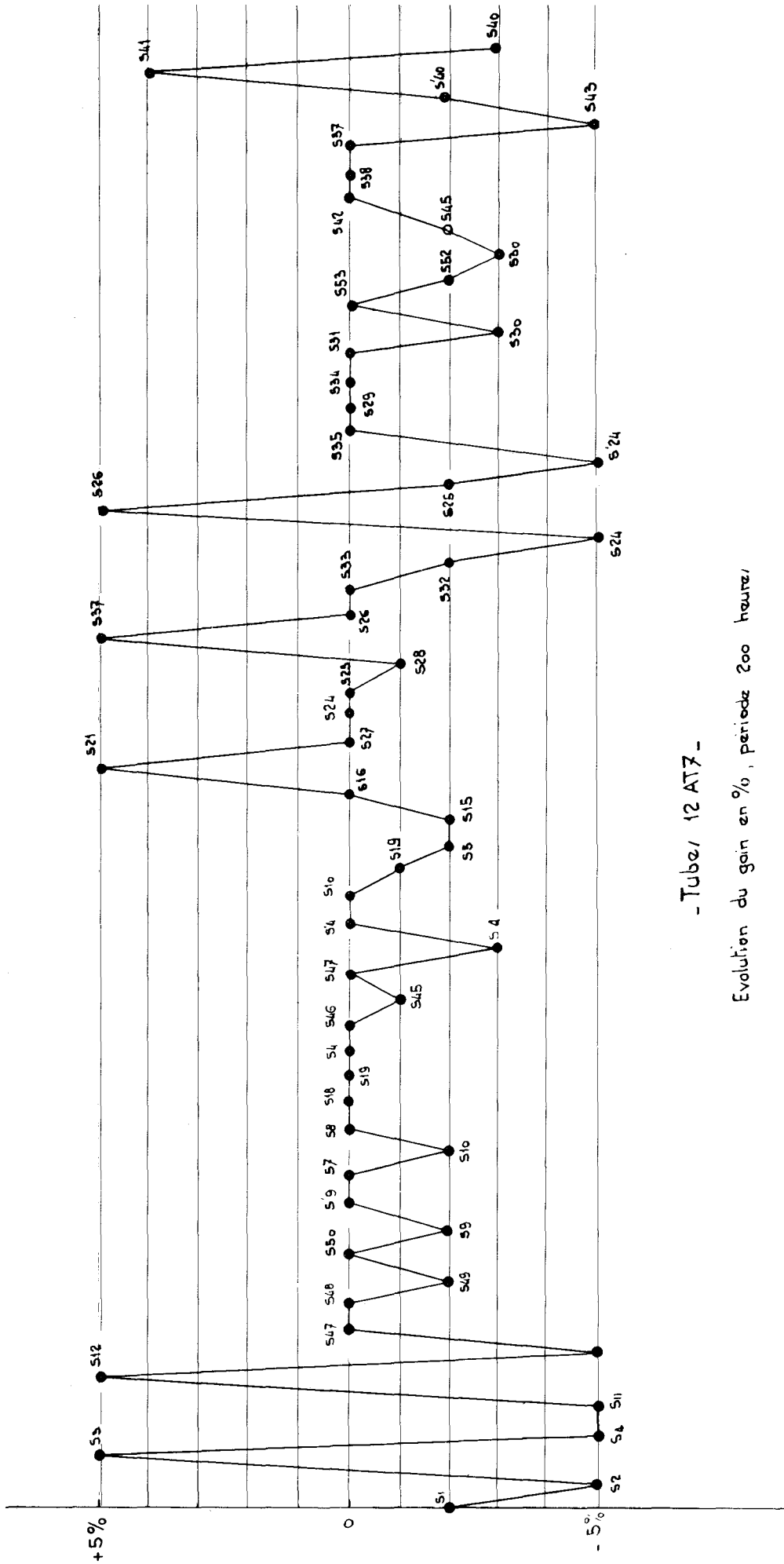
Des inconvénients énoncés ci-dessus, il ressort qu'un dispositif à semi-conducteurs serait beaucoup plus sûr et rentable. En effet, la durée de vie (fiabilité) de ces composants est très grande, la consommation faible, l'encombrement réduit. Un tel dispositif a été étudié et donne des résultats beaucoup plus satisfaisante (Voir note technique DRF/SPF/RS n° 97).



SONDE DE NIVEAU
Type C10
PRINCIPE DE DETECTION



AMPLIFICATEUR DE SONDE - TYPE C10



- Tube 12 AT7 -

Evolution du gain en %, période 200 heures

PRESSE-PASTILLEUSE

(UMG n°2103 - Force 10 tonnes)

Cet outil a été étudié pour la fabrication de pastilles de sulfate de caesium de 6 millimètres de diamètre. Il a été conçu pour être implanté dans une cellule étanche et blindée, et être télécommandé.

- DESCRIPTION -

La presse est du type "col de cygne".

Le pastillage est effectué dans une matrice flottante avec un poinçon et un contre-poinçon montés sur deux vérins hydrauliques en opposition.

Les vérins hydrauliques (1) et (2) sont à simple effet: le retour des pistons s'effectue donc sous le seul effet des ressorts de rappel.

Le poinçon (3) est fixé directement à l'extrémité de la tête du vérin supérieur (1), alors que la tête du vérin inférieur (2) ne comporte qu'un poussoir (5) agissant sur le contre-poinçon. Au repos, celui-ci est en place sur son siège (9) sous l'effet du ressort (7) qui prend appui sur la matrice (6) et la maintient en position haute. Une coupelle de rétention (8) recueille la poudre qui a pu s'infiltrer entre la matrice et le contre-poinçon.

- FONCTIONNEMENT -

La poudre à pastiller est placée dans la chambre de la matrice au-dessus du contre-poinçon. On fait descendre le vérin supérieur jusqu'à ce que le poinçon (3) referme la chambre de la matrice (6).

A ce moment, on met en circuit le vérin inférieur afin que la poudre subisse la compression, à la fois par le haut et par le bas. Le risque de clivage des pastilles est ainsi notablement diminué, d'autant plus que la matrice peut elle-même descendre si la poudre a une trop forte contrainte sur la paroi.

Le pastillage ayant été effectué à la pression et pendant le temps désirés, on relâche la pression sur les vérins et les pistons reprennent leur position initiale.

On agit ensuite uniquement sur le piston inférieur qui, en montant, pousse le contre-poinçon et opère ainsi l'éjection de la pastille.

- REMARQUES -

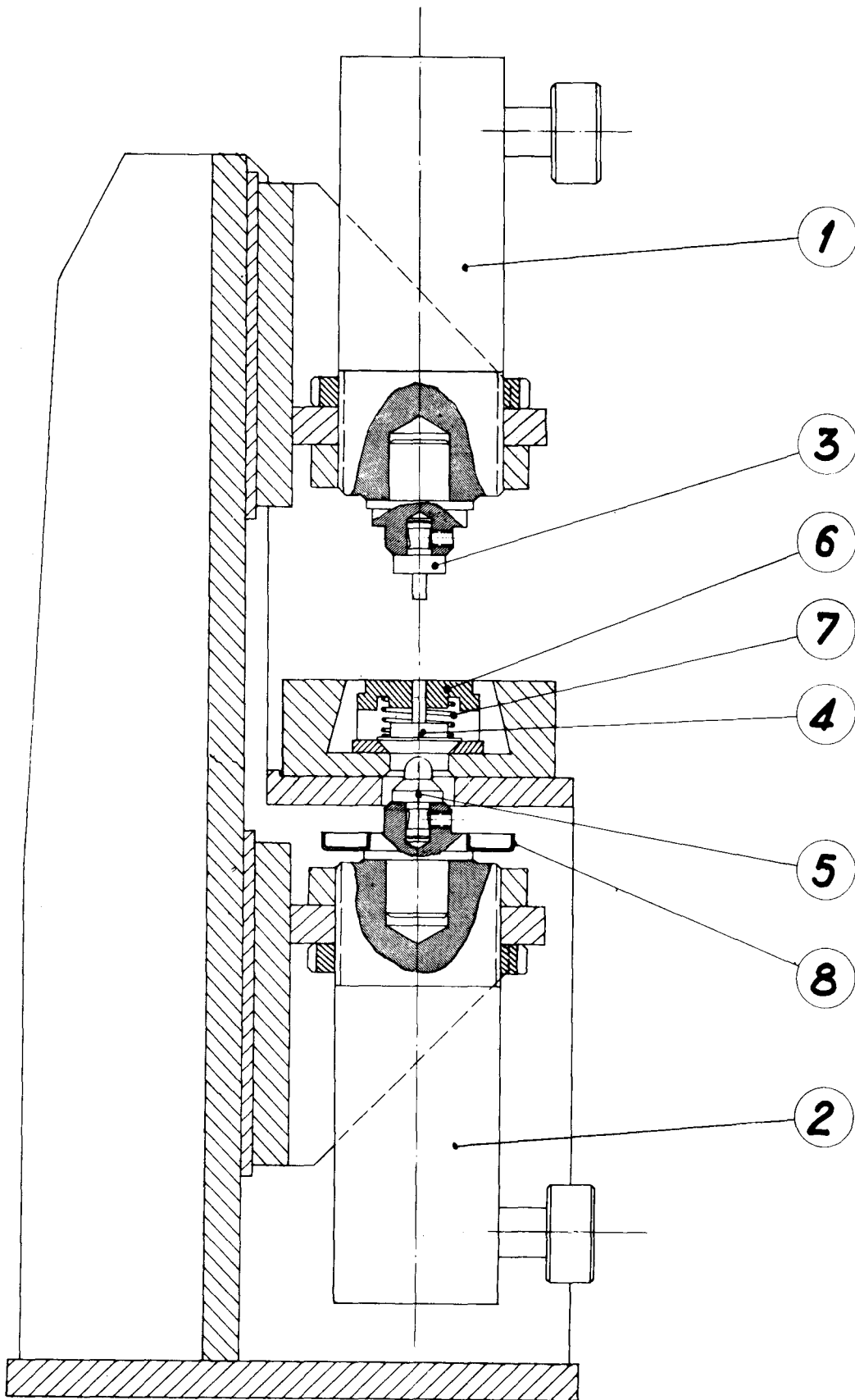
1° - La commande de la presse est effectuée manuellement par l'intermédiaire d'une pompe hydraulique.

2° - Cette presse-pastilleuse présente certains inconvénients :

- a) - les outillages, poinçon, contre-poinçon, matrice ne sont pas interchangeables - Le pastillage ne peut donc être effectué qu'au diamètre 6 millimètres.
- b) - Comme dans toutes les pastilleuses, la poudre s'intercale entre la matrice et le contre-poinçon et les coince éventuellement en position d'éjection.

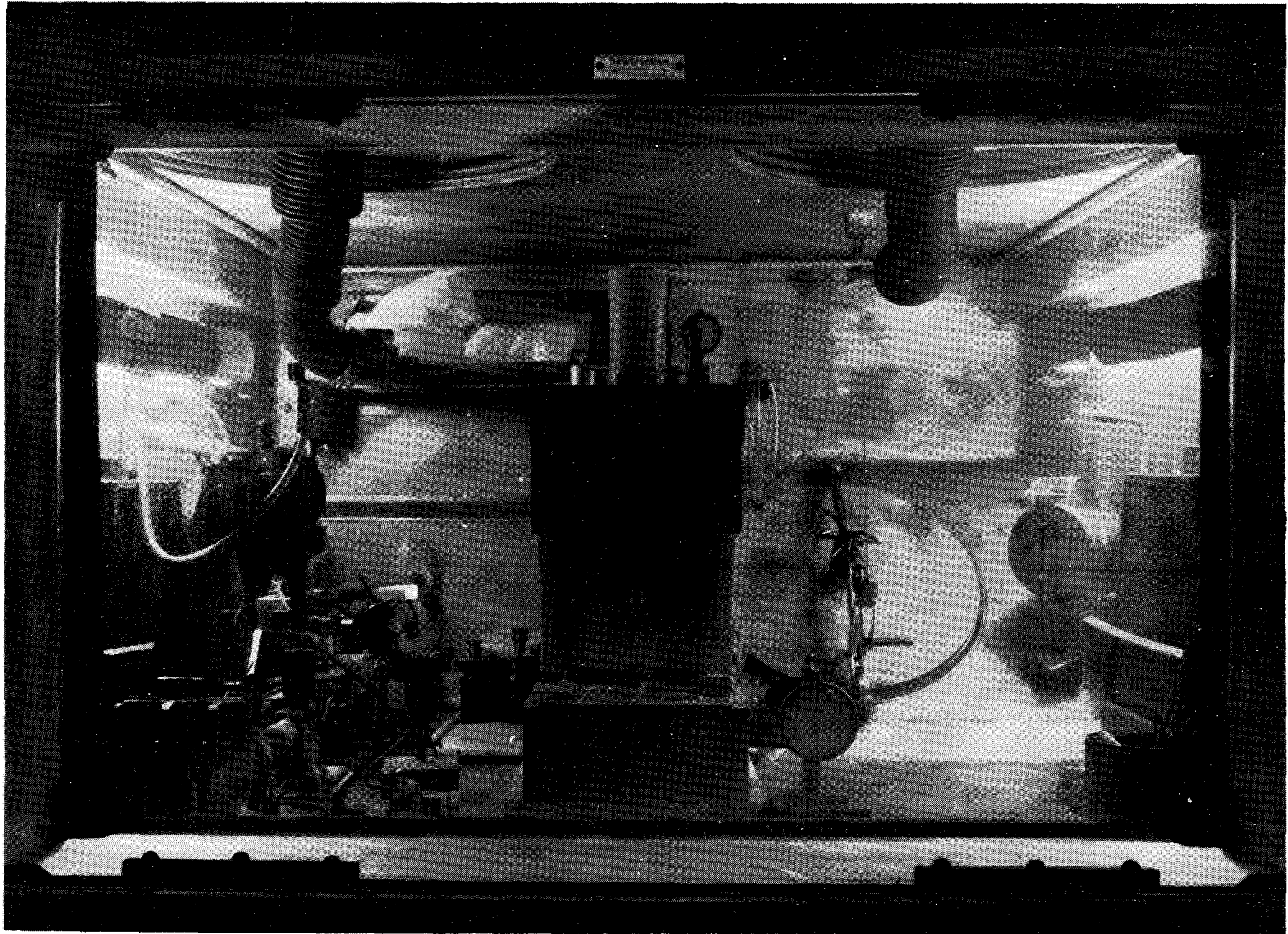
Le contre-poinçon n'étant pas fixé au vérin, seul le ressort (7) fait dégager le contre-poinçon (4) de la matrice (6), ce qui ne s'opère plus lorsque la force de frottement est supérieure à la force du ressort. Même l'action du poinçon (3) est sans effet, car lorsque l'on essaie de

pousser à l'aide de celui-ci, c'est l'ensemble matrice-contre-poinçon qui descend mais il ne se produit aucun mouvement relatif dégageant la chambre.

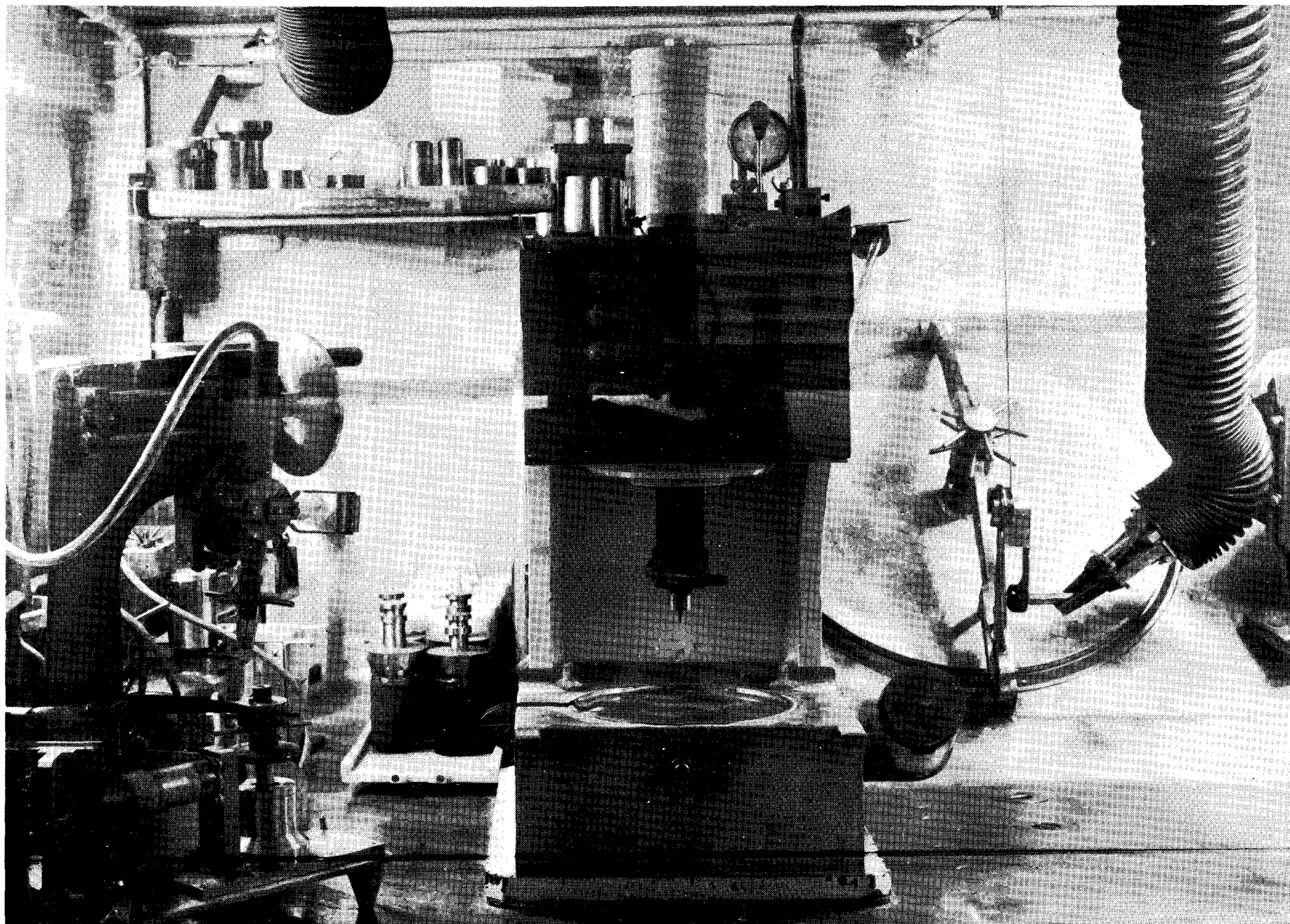


PRESSE - PASTILLEUSE UMG N° 2103

Force 10 tonnes



Presse-pastilleuse 10 tonnes



Presse pastilleuse 10 tonnes

PRESSE-PASTILLEUSE

(UMG n°2787 - Force 13 tonnes)

L'appareil a été étudié pour la fabrication de pastilles de sulfate ou de chlorure de caesium de 4 à 30 millimètres de diamètre, l'outillage correspondant étant interchangeable à distance à l'aide de télémanipulateurs. L'outil a été conçu pour être télécommandé et implanté dans une cellule étanche et blindée.

- DESCRIPTION -

La presse est du type "col de cygne" et fonctionne à l'aide de deux vérins hydrauliques en opposition.

Les vérins hydrauliques (1) et (2) sont à double effet.

Le vérin inférieur (2) est encastré dans le plan de travail (8) où est installé la presse, afin d'abaisser le niveau de la zone de travail sur la matrice pour la manipulation de la poudre et des pastilles.

La tête du vérin supérieur (1) est équipée d'une fourchette de verrouillage (4) qui permet la mise en place ou le changement du poinçon (3), celui-ci étant muni d'une gorge pour le passage de la fourchette.

La matrice (7) et le contre-poinçon (11) forment un ensemble indépendant visible sur le détail A.

La matrice comporte un filetage sur lequel vient se visser un cylindre (10) dont le but est de maintenir le contre-poinçon (11), celui-ci étant sollicité vers le bas par le ressort (9). Une gorge taillée dans la matrice permet le verrouillage de l'ensemble en position de travail par action de la fourchette (6). La tête (12) du vérin inférieur (2) pousse simplement sur le contre-poinçon (11).

- FONCTIONNEMENT -

1° - Pastillage -

La poudre à pastiller est placée dans la chambre de la matrice au-dessus du contre-poinçon. On agit sur le vérin supérieur (1) jusqu'à ce que le poinçon (3) affleure la chambre. A ce moment, on alimente les deux vérins en parallèle afin d'appliquer simultanément sur la poudre la pression par le haut et par le bas. Le pastillage ayant été effectué à la pression et pendant le temps désirés, on ramène en position haute le poinçon supérieur, puis on fait monter le contre-poinçon (11) pour éjecter la pastille hors de la matrice. On inverse la pression d'huile sur le vérin inférieur pour obtenir la descente du contre-poinçon en vue d'un nouveau remplissage de chambre.

2° - Changement d'outillage -

Le poinçon (3) est démonté en le tenant à l'aide d'un télémanipulateur, tandis que l'on tire horizontalement la fourchette (4) à l'aide de l'autre télémanipulateur. Puis on tire le poinçon (3) vers le bas. On opère de façon inverse pour remettre en place un nouveau poinçon.

L'ensemble matrice-contre-poinçon se démonte en déverrouillant la fourchette (6), puis en mettant la pression d'huile pour commander la montée, comme pour l'éjection d'une pastille : ceci a pour effet de faire monter l'ensemble matrice-contre-poinçon qu'on peut alors saisir au télémanipulateur. On opère de façon inverse pour mettre en place un nouvel ensemble.

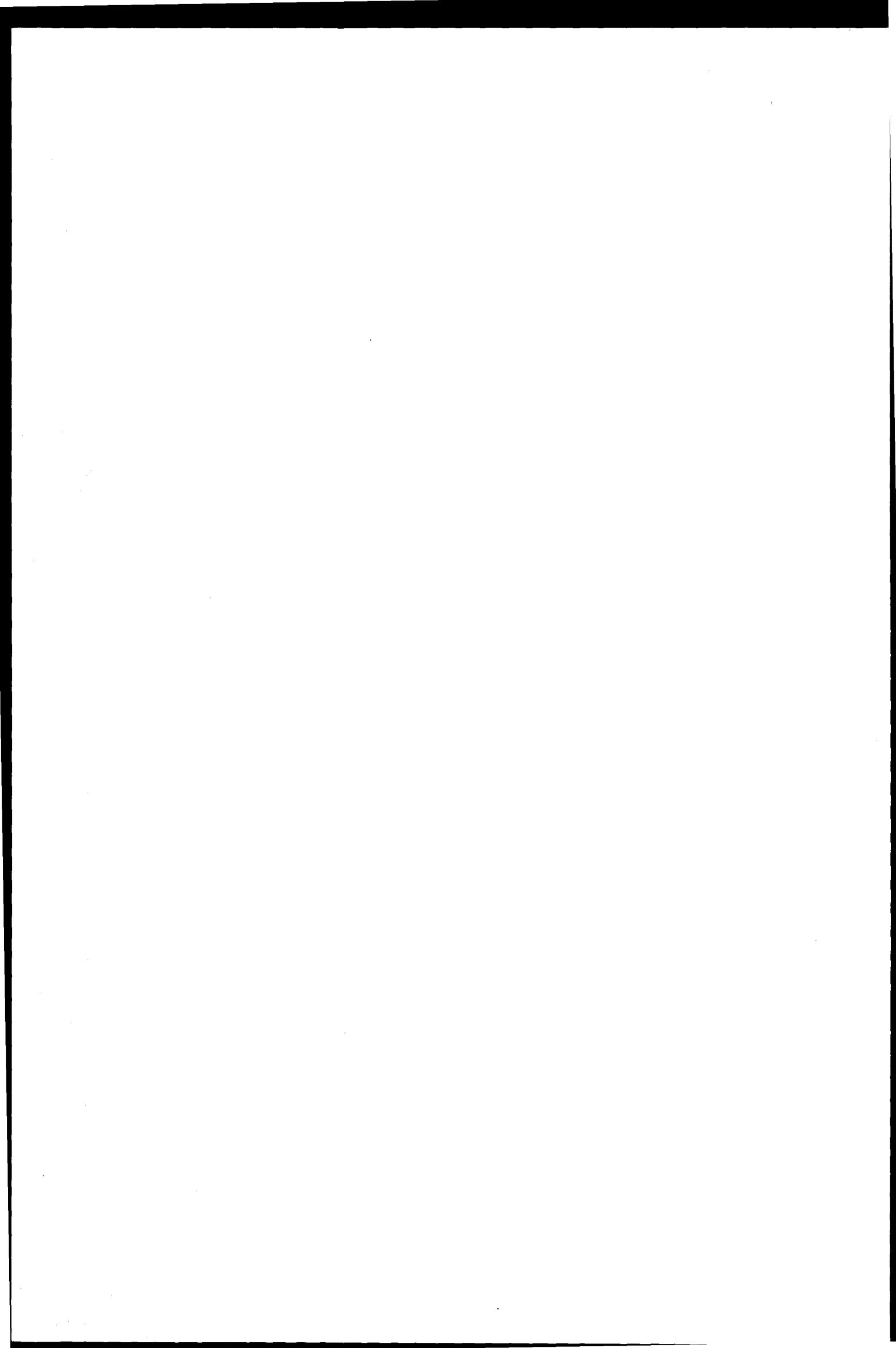
- REMARQUES -

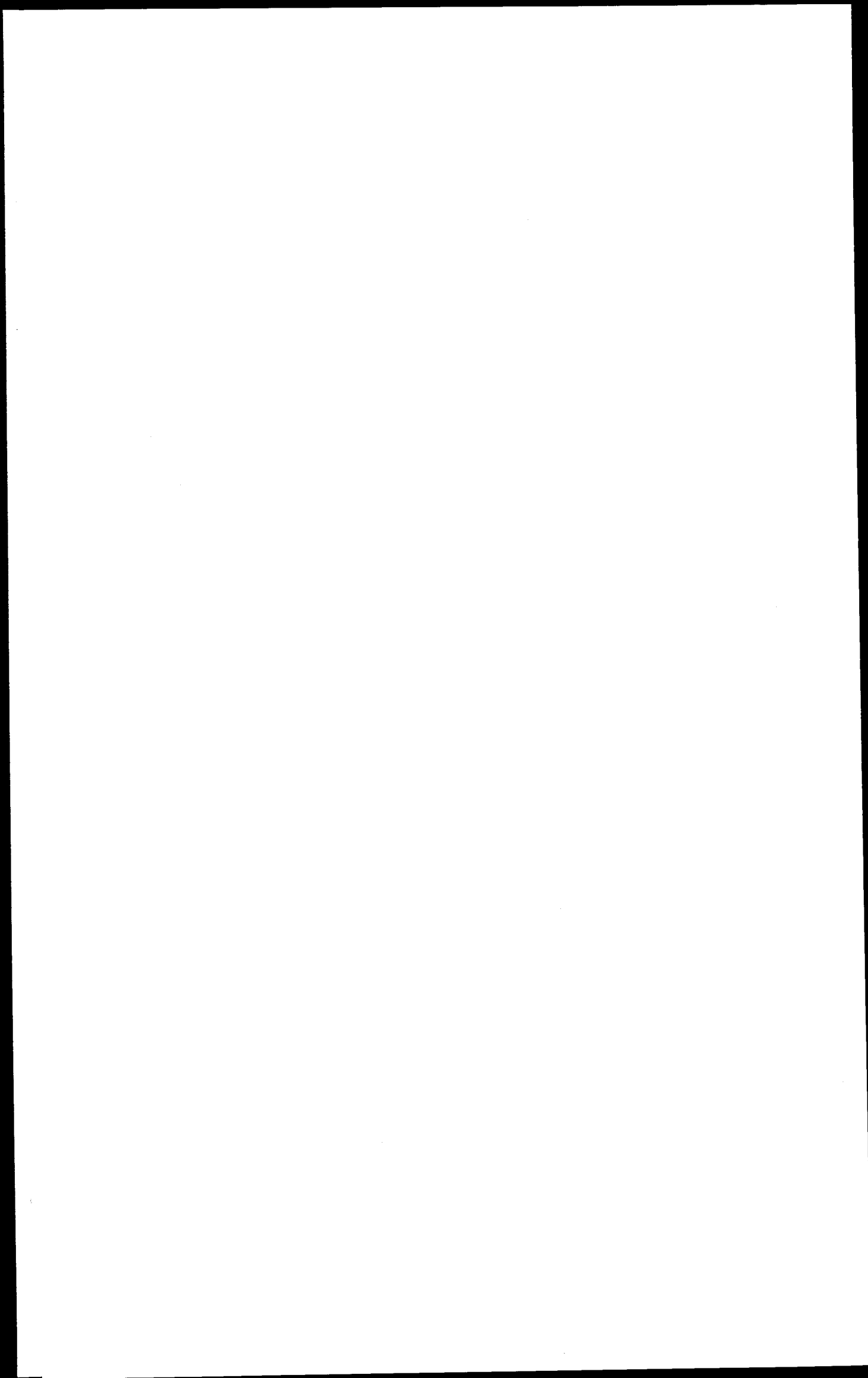
1° - La commande de la presse est effectuée manuellement par l'intermédiaire d'un groupe électro-pompe. A cet effet, nous disposons sur le pupitre des commandes haut-bas-point mort pour chacun des vérins.

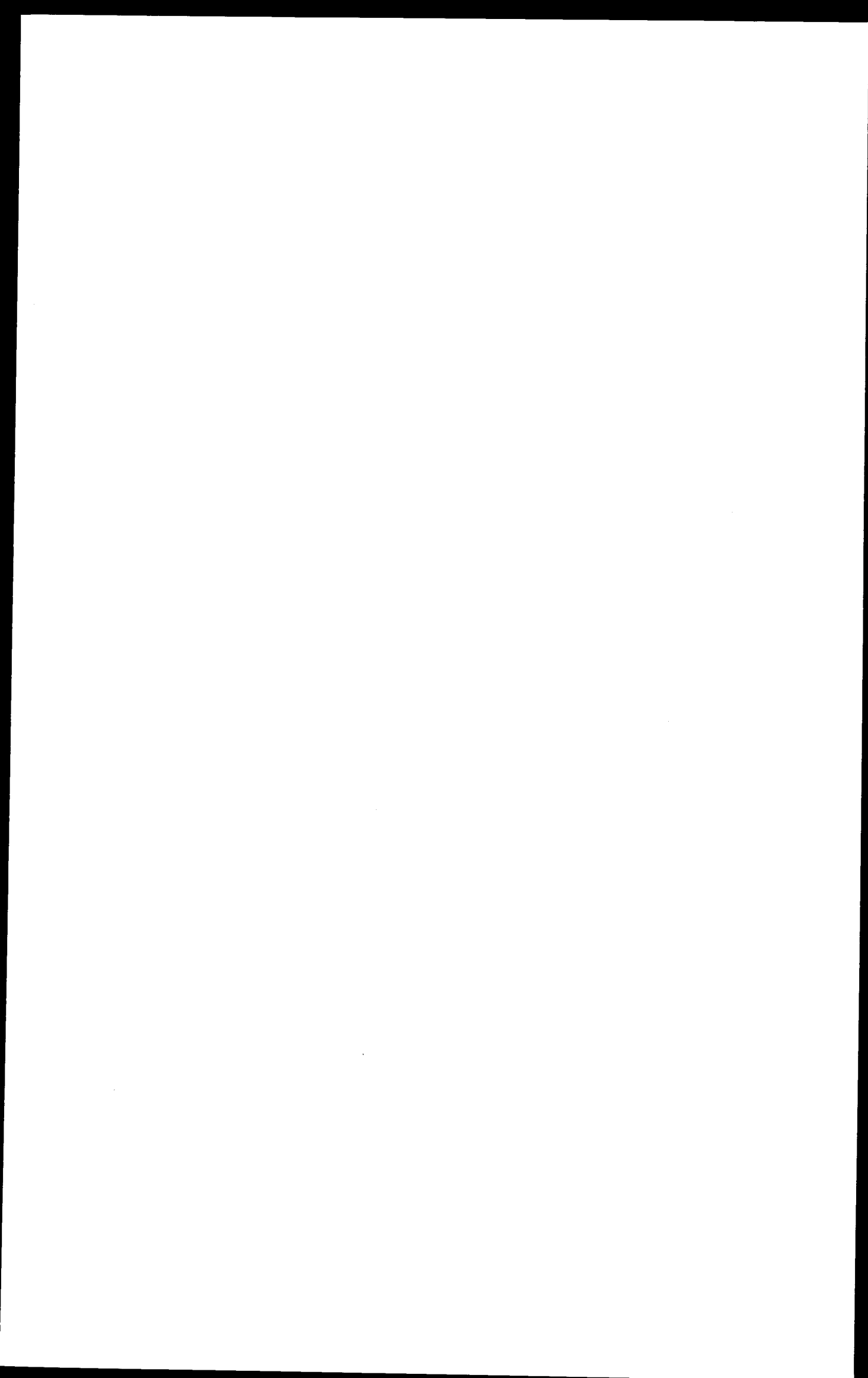
La presse comporte 2 manomètres : un de 0 à 4,5 tonnes débrayable et un second de 0 à 13 tonnes.

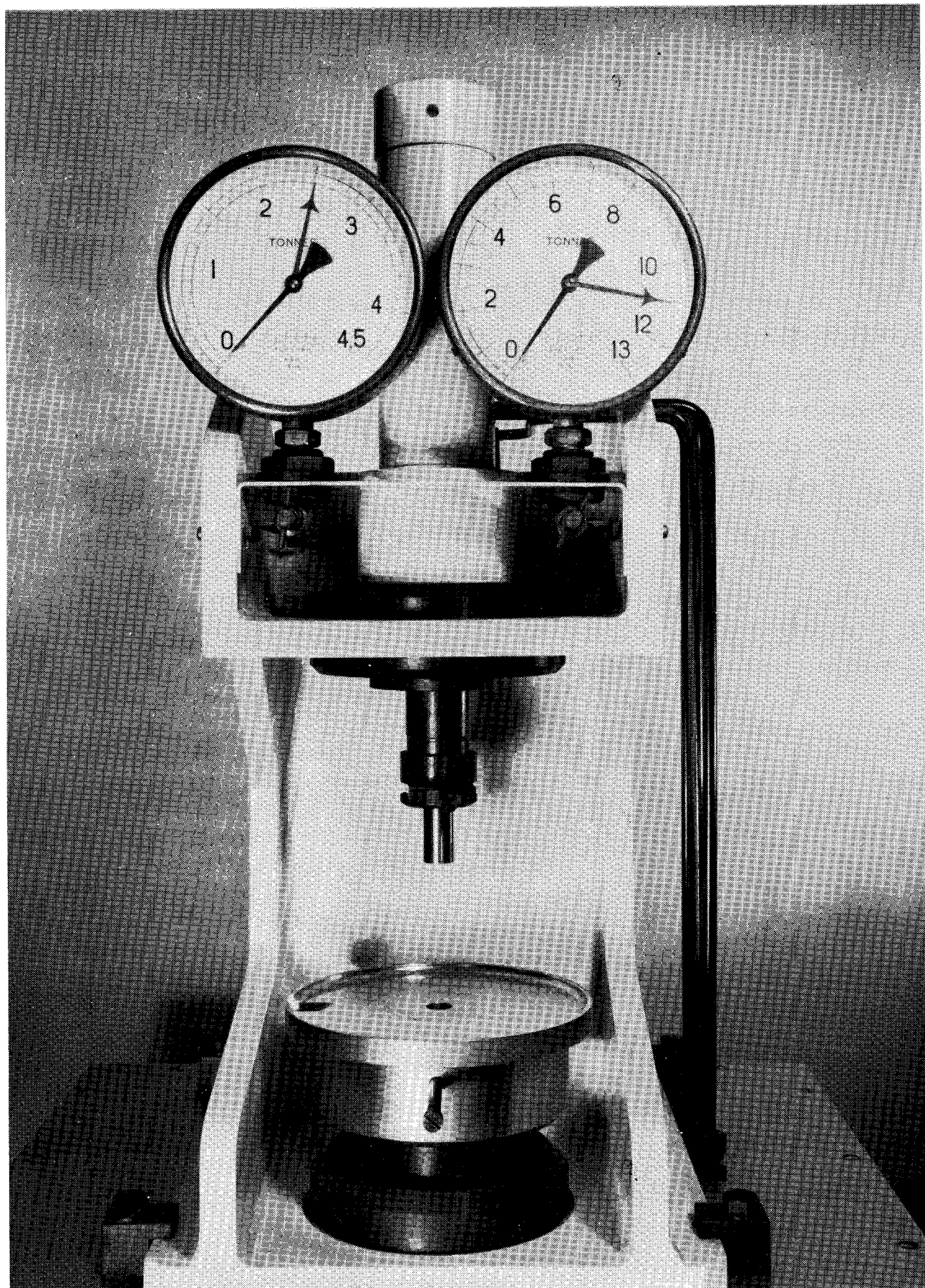
2° - Au cas où il y a coincement du contre-poinçon dans la matrice, il suffit d'agir sur le poinçon supérieur qui joue alors le rôle de ringard, la matrice étant fixe.

3° - Lors de la remise en place d'un nouvel ensemble matrice - contre-poinçon, il est indispensable de nettoyer la portée conique de la matrice et son support.

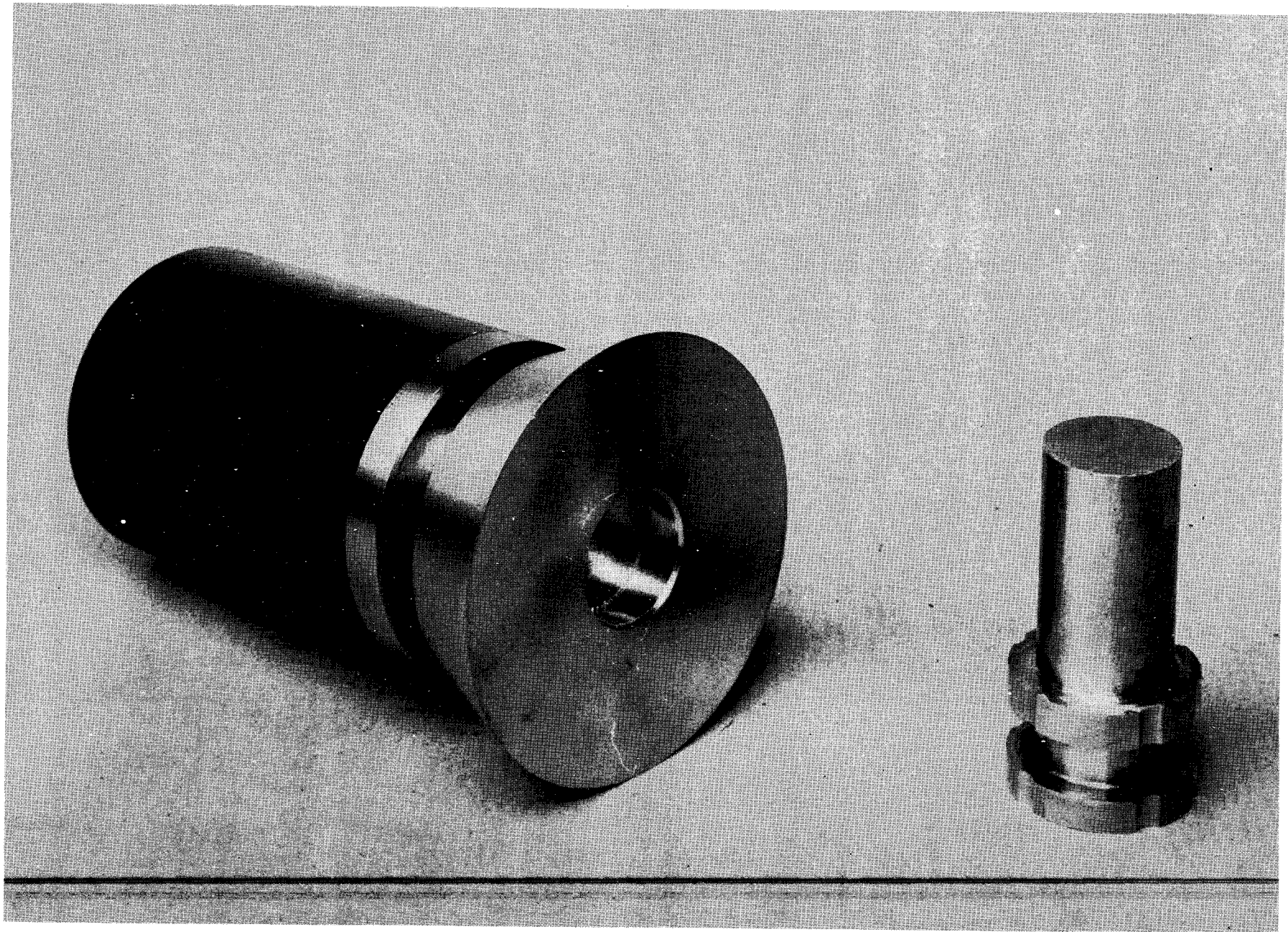








Presse-pastilleuse 13 T



Poinçon et matrice

SYSTEME D'INTRODUCTION DE PASTILLES DANS UN TUBE

Le dispositif est destiné à empiler dans un tube métallique, des pastilles radioactives de faible épaisseur. Cette opération est exécutée à distance, au moyen de télé-manipulateurs.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un socle 1 en forme de T.
- une pièce de centrage 2 pivotant de 180° autour d'un arc situé sur la partie haute du socle.
- une vis 6 dont le diamètre est égal à celui du plus petit tube à remplir.
- un porte-pastilles 3 de diamètre intérieur égal au diamètre extérieur des pastilles, et centré dans le corps 2.
- un verrou 5 permettant d'immobiliser le porte-pastilles 3.

- un centrage pour le tube situé à la partie supérieure du porte-pastilles 3.
- un chapeau 4 de centrage du tube sur 3, le verrouillant par un système à baïonnette.

- FONCTIONNEMENT -

L'opération est exécutée, en deux temps :

1° - Introduction des pastilles dans l'appareil (Position I)

La pièce de centrage 2 est positionnée de façon à ce que la vis 6 ait la tête en position basse.

Le porte-pastilles 3 est mis en place et verrouillé par 5

La vis 6 est remontée de façon à effleurer le centrage du tube en 3.

Une pastille 8 est posée avec une pince sur la vis 6 que l'on dévisse de la hauteur de la pastille. On pose alors une seconde pastille et l'on renouvelle l'opération jusqu'à ce que le nombre de pastilles désiré soit introduit en 3.

2° - Mise en place des pastilles dans le tube

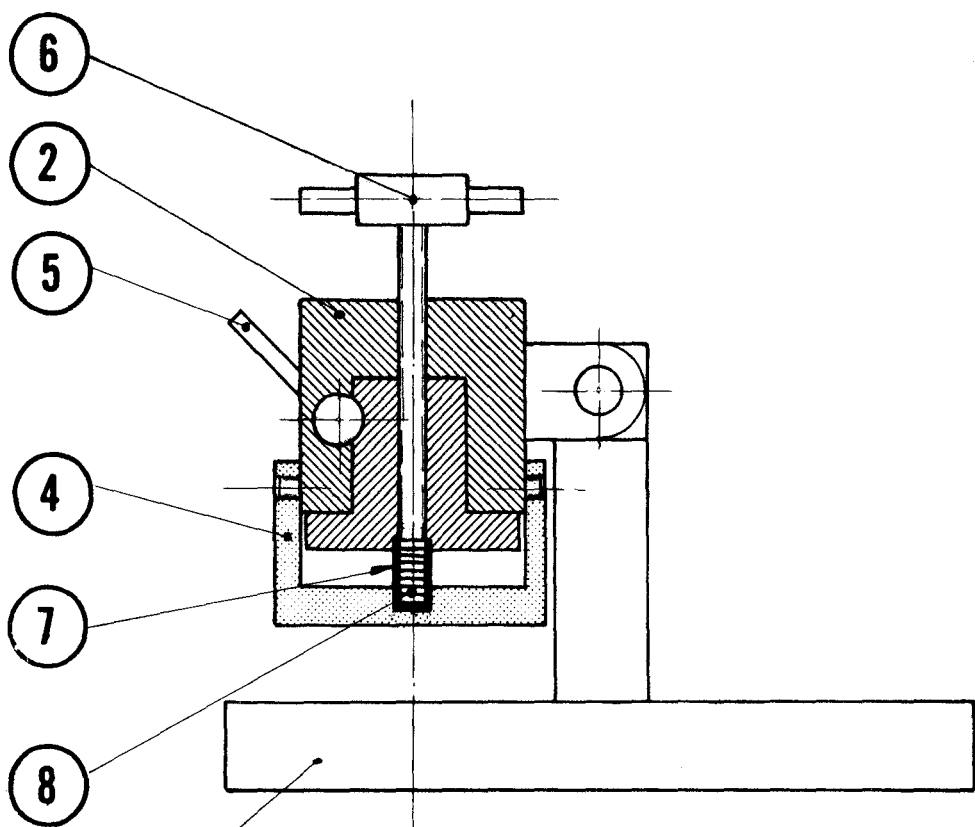
On place le tube 7 dans son centrage et on la bloque en position à l'aide du chapeau 4.

La vis 6 est alors revissée de manière à mettre en place les pastilles dans le tube.

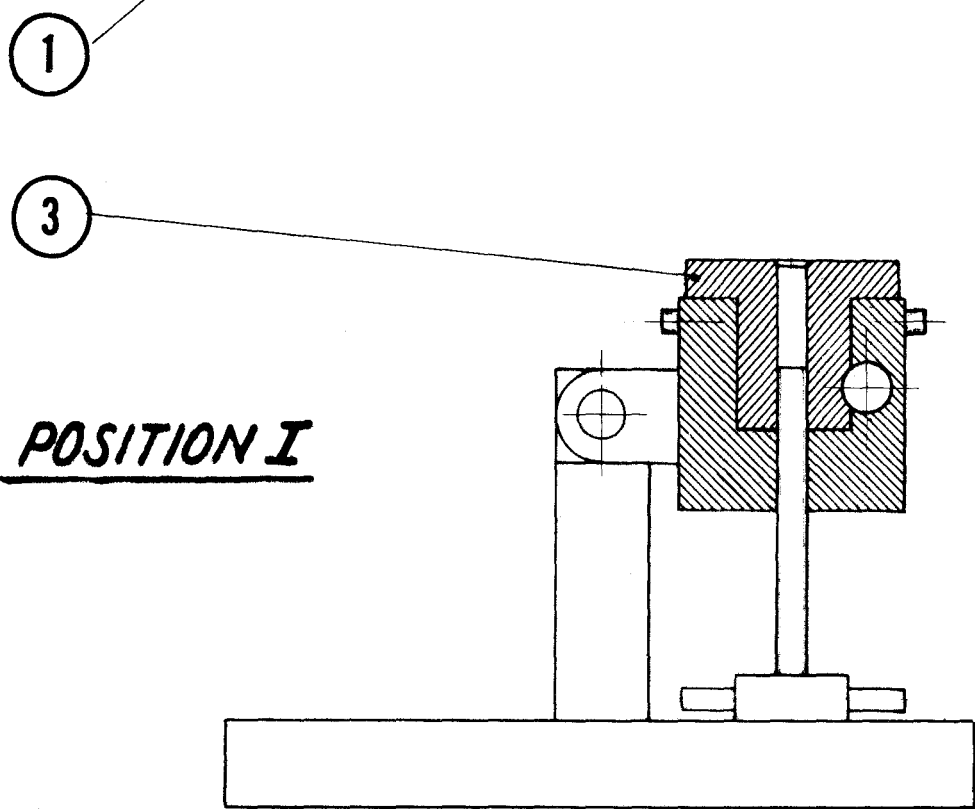
Ensuite on fait pivoter l'ensemble de 180° de façon à l'amener en position II. On retire alors le chapeau 4 avec le tube 7 qu'il suffit de sortir du chapeau.

- REMARQUES -

- 1° - A chaque diamètre de pastilles radioactives correspond une pièce 3 et une pièce 8, les pastilles les plus petites ayant un diamètre de 4 millimètres.
- 2° - L'ensemble est exécuté en acier inoxydable.
- 3° - Le jeu entre le diamètre de la pastille et le diamètre intérieur du tube à remplir est de 0,1 à 0,2 millimètre.
- 4° - L'ensemble de l'opération de remplissage s'effectue, à distance, dans une cellule étanche et blindée, à l'aide de télémanipulateurs.

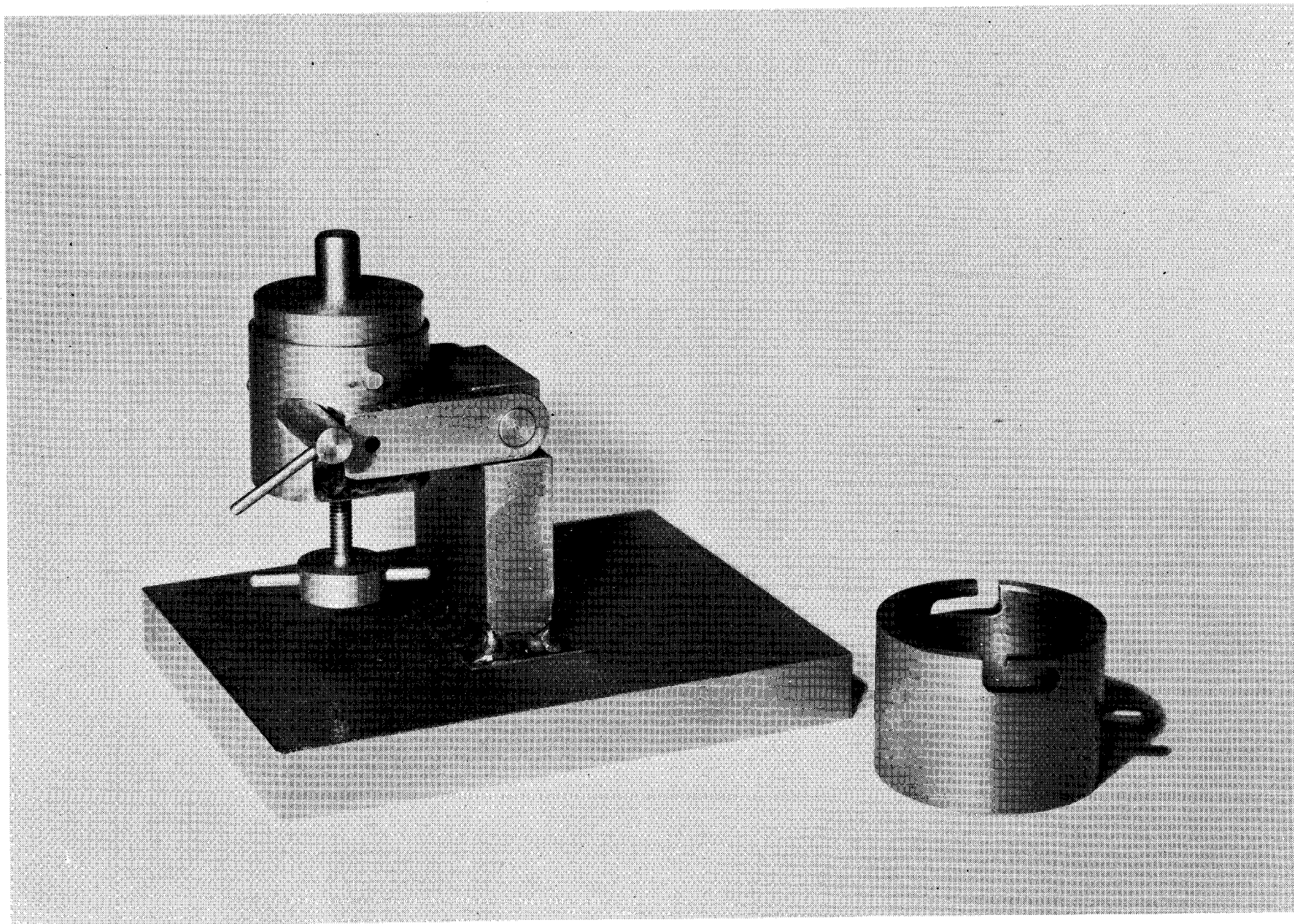


POSITION II

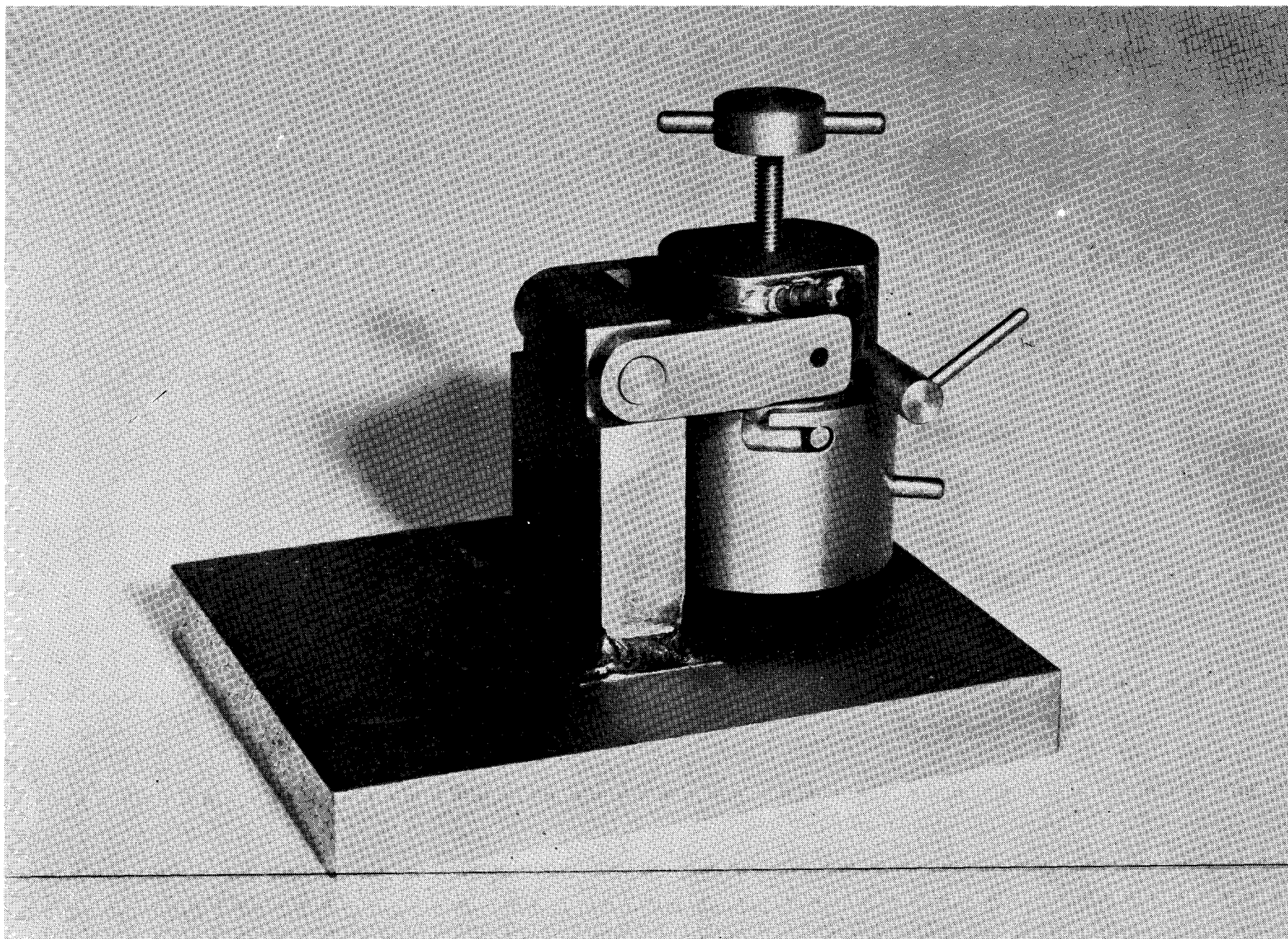


POSITION I

MISE EN PLACE DES PASTILLES DANS CONTAINER



Mise en place du tube sur les pastilles



Systeme d'introduction de pastilles

SOUDEUSE TELECOMMANDEE

L'appareil, conçu pour être installé dans une enceinte étanche est destiné à souder sous argon des conteneurs ou des tubes en acier inoxydable.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un bâti (1) sur lequel est fixé à la partie basse un arbre (2) entraîné par un moteur (3)
- un porte capsule (4) est fixé en bout d'arbre
- une tête porte-torche mobile (5) fixée dans la partie haute du bâti. Cette tête est réglable horizontalement et verticalement:
 - horizontalement sur 2 arbres (6, et (7) entraînés par la vis (8) solidaire du volant (9)
 - verticalement par un montage identique et le volant (10)
- un loquet (11) permettant le blocage de la torche
- une manette (12) bloquant l'orientation de la torche
- une mise à la terre obtenue par la lamelle (13) continuellement en contact avec le pignon (14)

- FONCTIONNEMENT -

On met en place le porte-capsule (4)

On descend le loquet (11) en position (b)

On bloque la torche en remontant le loquet (11)
en position (a)

On oriente la torche et on la fixe par la manette
(12)

On approche la torche à l'aide des deux volants
(9, et (10)

Après mise en marche du moteur (3) l'appareil est
alors prêt à souder.

- REMARQUES -

1° - L'appareil existe en 3 versions suivant qu'il est
utilisé en enceinte avec :

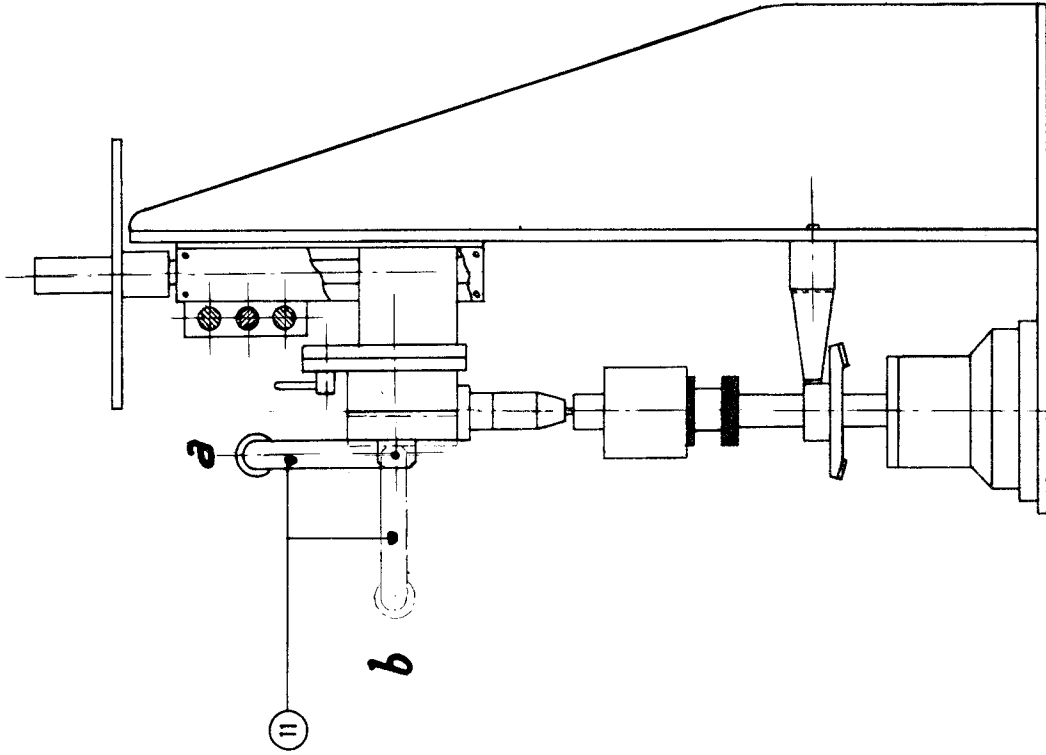
- gants
- pinces à distance
- télémanipulateurs

2° - Le poste de soudure et ses accessoires sont placés
à l'extérieur de l'enceinte étanche.

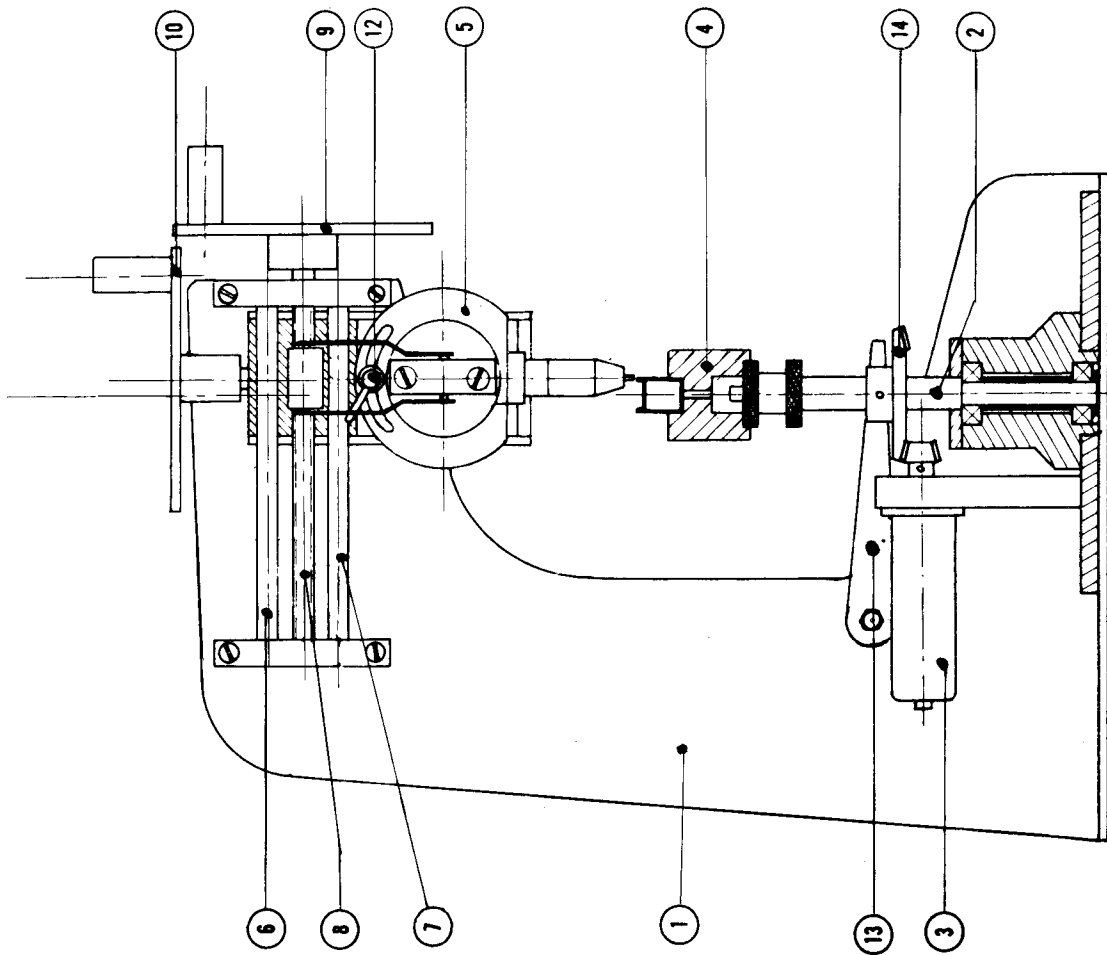
3° - Les porte-capsules sont calculés en fonction des
épaisseurs et des diamètres à souder de façon à
obtenir une élimination convenable des calories.

4° - Le moteur maintenu uniquement par un cliquet est
interchangeable instantanément à distance.

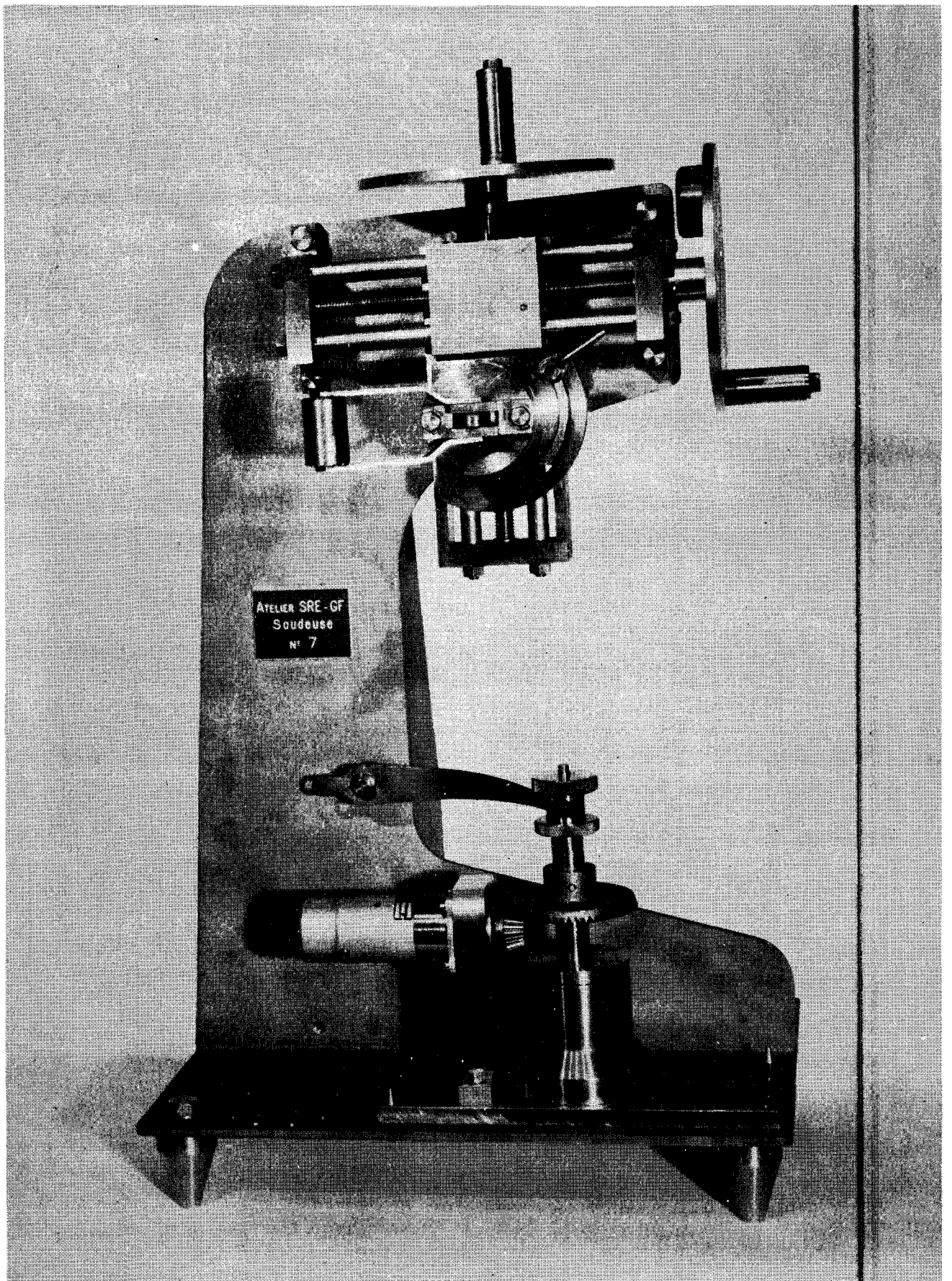
Vue de face.



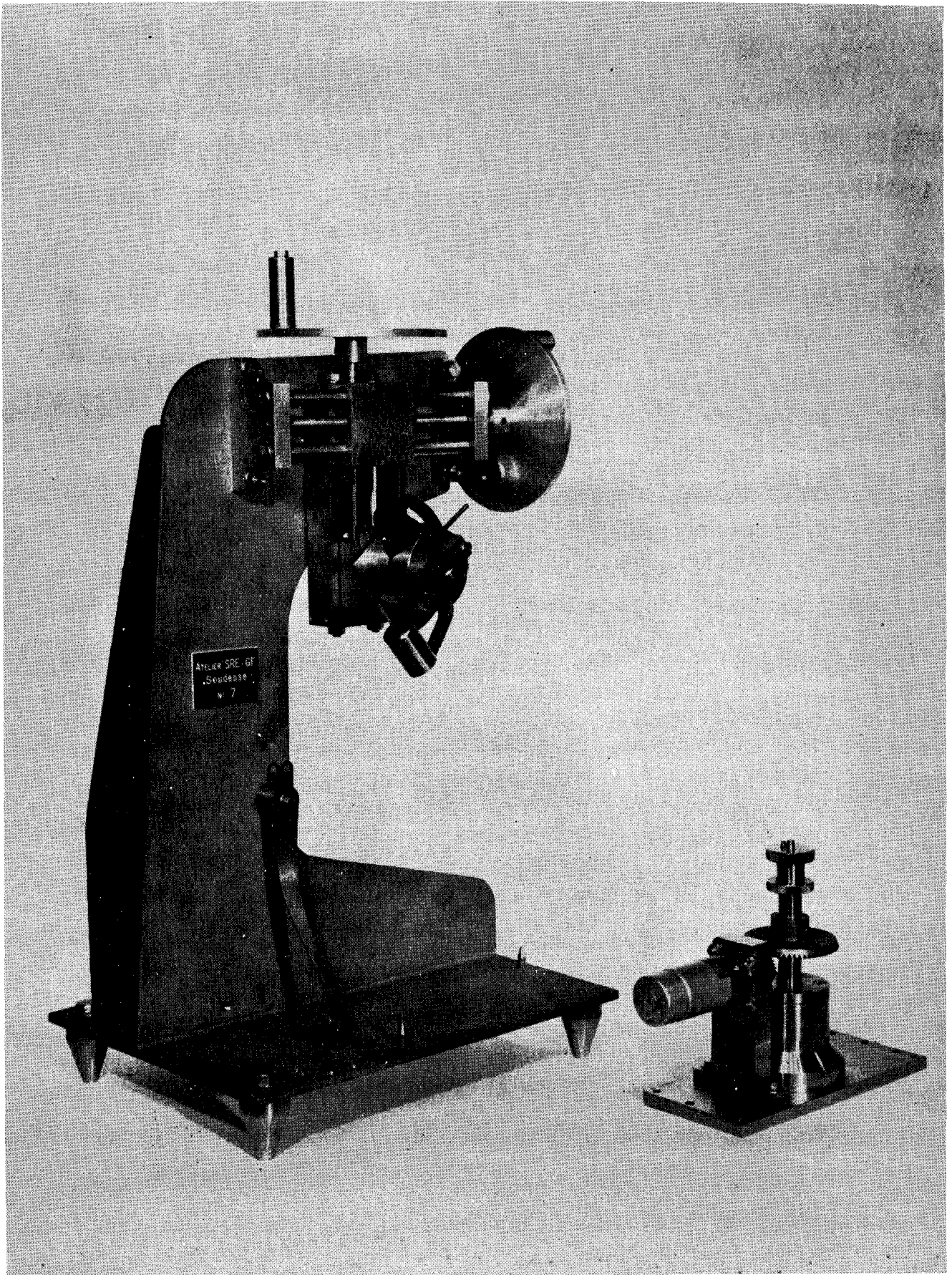
SOUDEUSE TYPE C10
Fig II



SOUDEUSE TYPE C10
Fig I



Soudeuse télécommandée



Soudeuse télécommandée démontée

DESSERTISSEUSE COUPE-TUBE

L'appareil suivant est destiné à sectionner des tubes dans une enceinte étanche, toutes les manipulations étant exécutées à l'aide d'une pince ou d'un manipulateur.

- DESCRIPTION -

L'ensemble se compose :

- d'un bâti (1)
- d'une tête mobile (2) portant un outil (3) fixé par une manette (4) et une vis d'avance (5)
- d'un motoréducteur (6)
- d'un porte-tube (7) portant une noix (8) de blocage du tube
- d'un carter de protection en plexiglas (9)

- FONCTIONNEMENT -

On dégage l'outil à l'aide de la vis (5) ainsi que la noix (8)

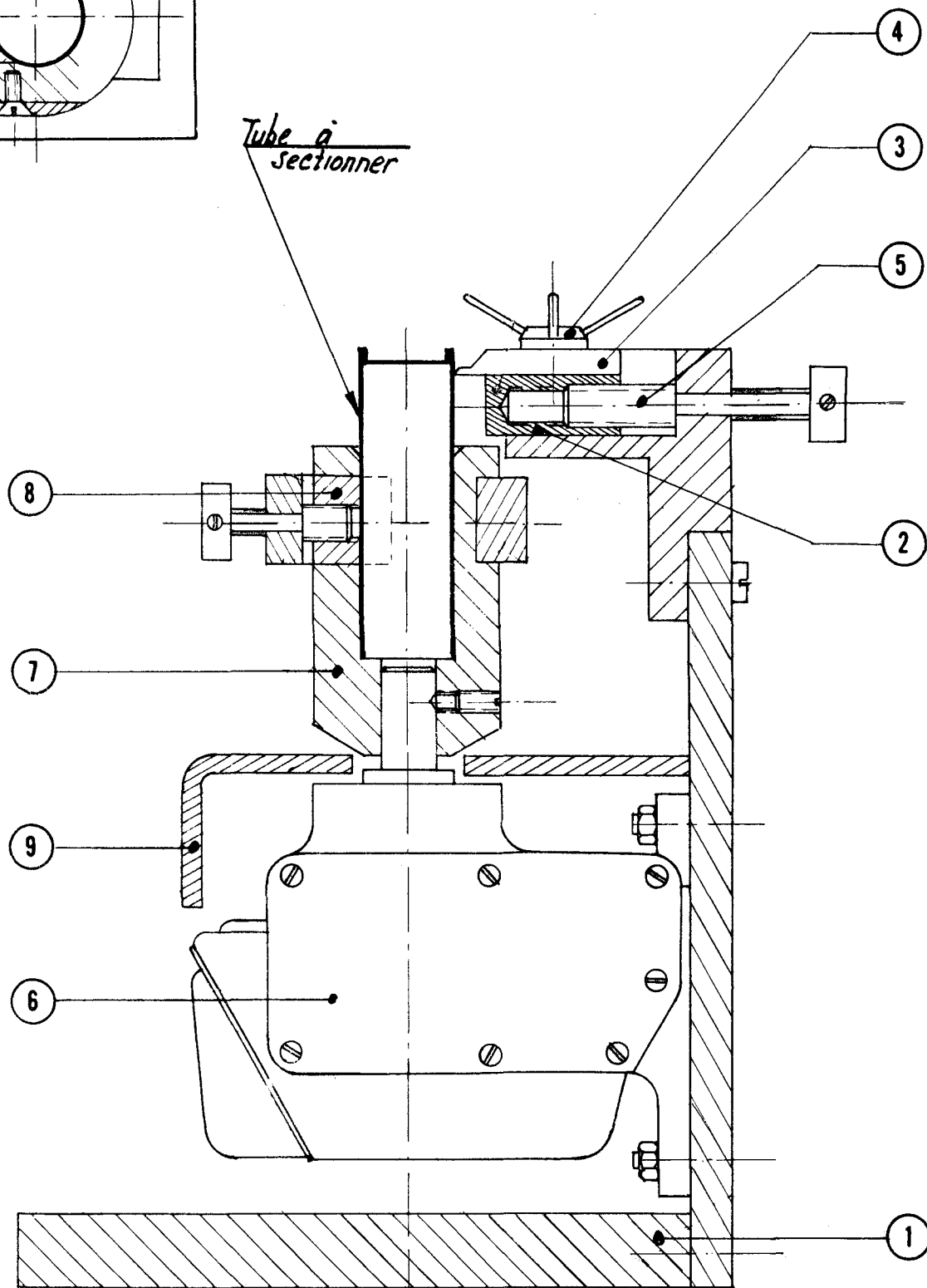
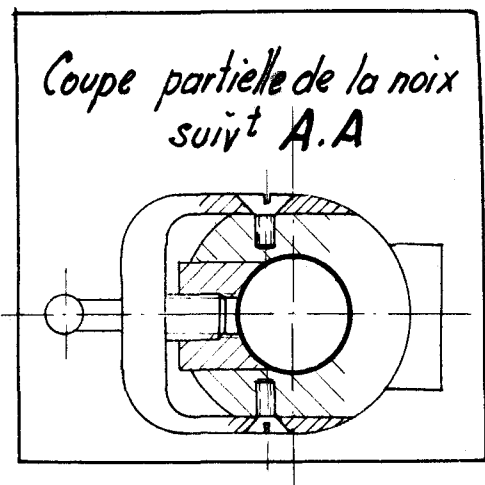
On introduit le tube dans le porte-tube et on serre légèrement la noix, on approche l'outil du tube.

On règle le tube à la hauteur désirée et on bloque la noix sur le tube.

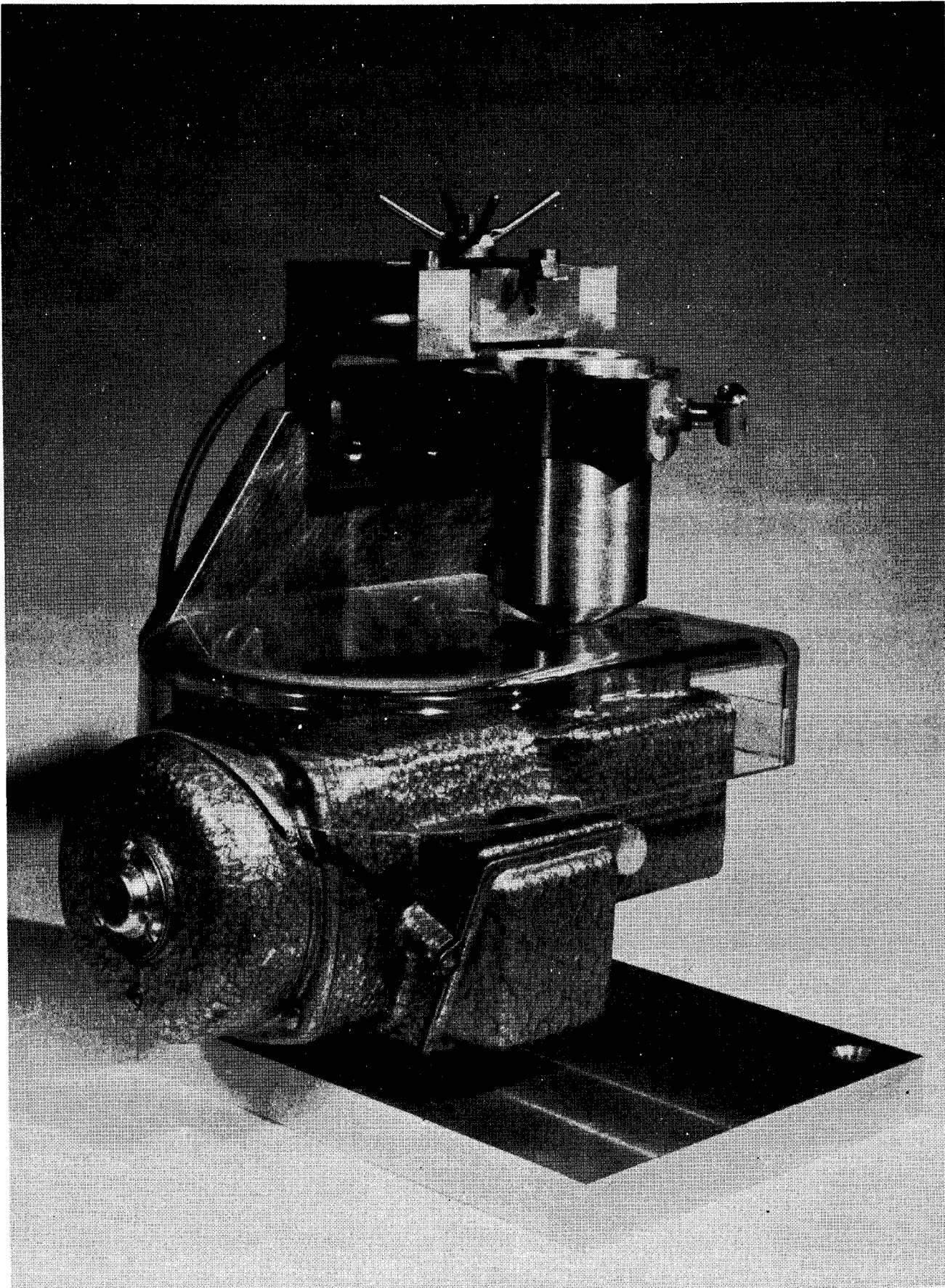
On met en marche le motoréducteur et on avance doucement l'outil à l'aide de la vis (5) pour sectionner le tube.

- REMARQUES -

- 1° - La vitesse d'entraînement est de 15 tours par minute.
- 2° - L'appareil est conçu pour découper des tubes d'alliages légers avec des copeaux continus en fil.
- 3° - Sa capacité est la suivante :
 - maximum 25 mm pour le diamètre,
 - maximum 75 mm pour la hauteur ,
 - minimum 10 mm pour la hauteur.



DESSERTISSEUSE COUPE TUBE



DESSERTISSEUSE COUPE-TUBE

SCIE ALTERNATIVE

Cet appareil est utilisé pour l'ouverture de tubes contenant des pastilles de radioéléments.

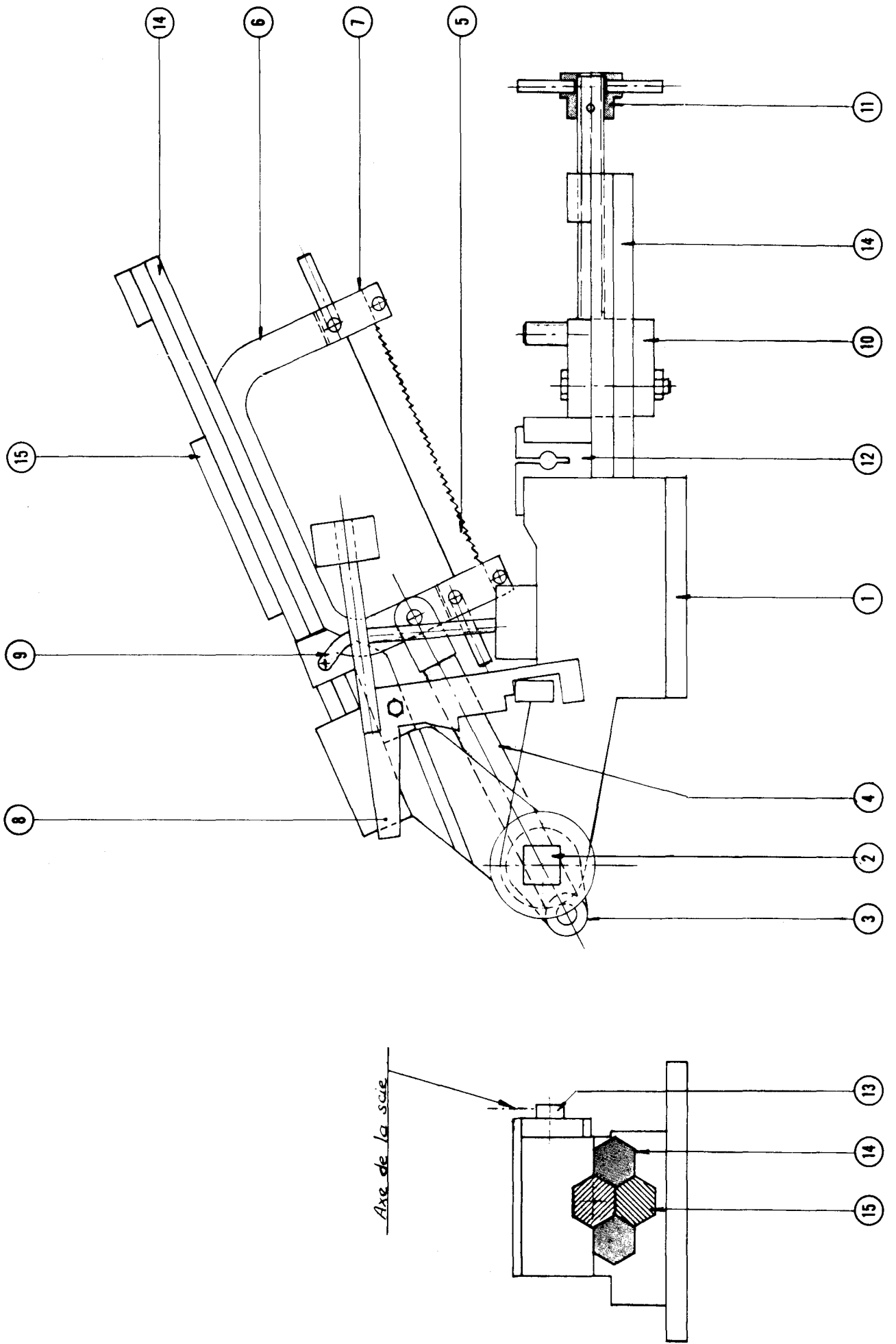
- DESCRIPTION -

L'appareil comporte :

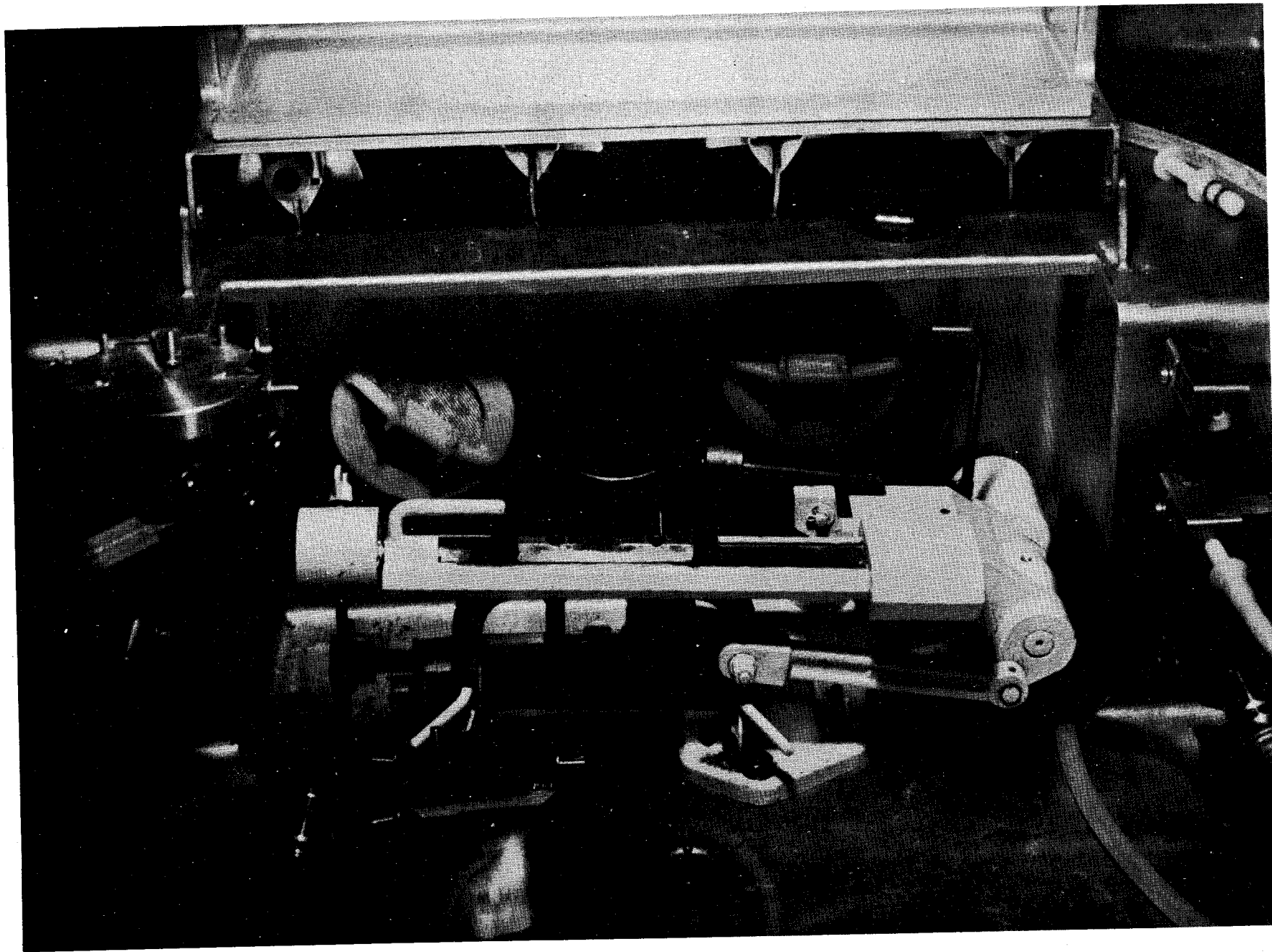
- un socle (1) sur lequel est fixé l'ensemble mobile porte-scie,
- un arbre (2) à mouvement rotatif, entraînant un excentrique (3) qui transforme le mouvement rotatif en mouvement rectiligne alternatif et le transmet au porte-scie (6) par l'intermédiaire d'une bielle (4),
- une lame de scie (5), fixée sur le porte-scie et bloquée en position par deux verrous (7),
- une butée (8) maintenant en position haute l'ensemble porte-scie,
- un amortisseur à huile (9) régulant la vitesse de descente de l'ensemble,
- un ensemble porte-pièce fixé sur le socle (1) et constitué d'un étau (10) commandé par une vis (11). L'étau serre sur la pièce à tronçonner (13) par l'intermédiaire d'un mandrin (12) adaptable à chaque diamètre de pièce à tronçonner.
- deux barres hexagonales (14) fixes sur lesquelles coulisent deux barres hexagonales (15) fixées aux parties mobiles. Ces barres servent au guidage de manière identique du porte-scie et du mors mobile de l'étau.

- FONCTIONNEMENT -

La pièce à tronçonner (13) est mise en place dans le mandrin (12) et bloquée dans l'étau (10). La butée (8) est levée et la scie mise en route. Par son propre poids, l'ensemble mobile descend sur la pièce à tronçonner, freiné par l'amortisseur hydraulique (9). Lorsque la pièce est tronçonnée, la butée (8) arrête automatiquement le mouvement de descente. On remonte alors l'ensemble mobile après avoir arrêté le moteur de la scie, et la pièce tronçonnée est extraite du mandrin.



SCIE ALTERNATIVE



SCIE ALTERNATIVE TELECOMANDEE

STOCKAGE DE CREUSETS

Le dispositif installé dans une cellule étanche et blindée est destiné à stocker des creusets contenant plusieurs milliers de curies de poudre de caesium 137. Ce stockage est nécessaire pour éviter d'irradier inutilement les manchettes de pinces et les hublots de verre au plomb, ainsi que pour limiter l'irradiation lors d'une intervention sur l'appareillage (remplacement d'un télémanipulateur en particulier).

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- un corps 1 en plomb entièrement gainé d'acier inoxydable. Cette pièce qui reçoit les creusets est munie à sa base d'un tube d'écoulement 2 relié au réseau d'effluents. Ce tube permet le rinçage du stockage
- un couvercle 3 qui assure la fermeture et dont le déplacement est assuré par quatre galets 4 roulant sur deux rails de guidage 5
- un support 6 fixant les rails au corps 1
- deux vis de réglage 7 assurant l'horizontalité des rails, tandis qu'une vis de butée 8 limite la course du couvercle
- une pièce 9 permettant la commande du couvercle à l'aide d'une pince de télémanipulateur.

BOUCHAGE ET DEBOUCHAGE A DISTANCE D'UN CONTENEUR
DE TRANSPORT

Ce système permet de boucher et déboucher un conteneur de transport au cours des opérations de transfert dans une cellule blindée, ces opérations étant exécutées sans risques d'irradiation pour l'opérateur.

- DESCRIPTION -

L'ensemble comporte :

- une fourchette (3) pour centrer le bouchon (2) du conteneur de transport (1),
- une tige filetée (5) passant dans l'axe de la fourchette (3), comportant une chape (4) à une extrémité et un écrou à oreille (7) à l'autre extrémité,
- quatre rouleaux (6) fixés deux à deux de part et d'autre de la fourchette (3) et glissant dans deux rails (8) de façon à guider la course de la fourchette,
- une chaîne (9) fixée d'un côté à la fourchette (3) et de l'autre à un pignon (10) entraîné par un moteur (11) télécommandé.

- UTILISATION -

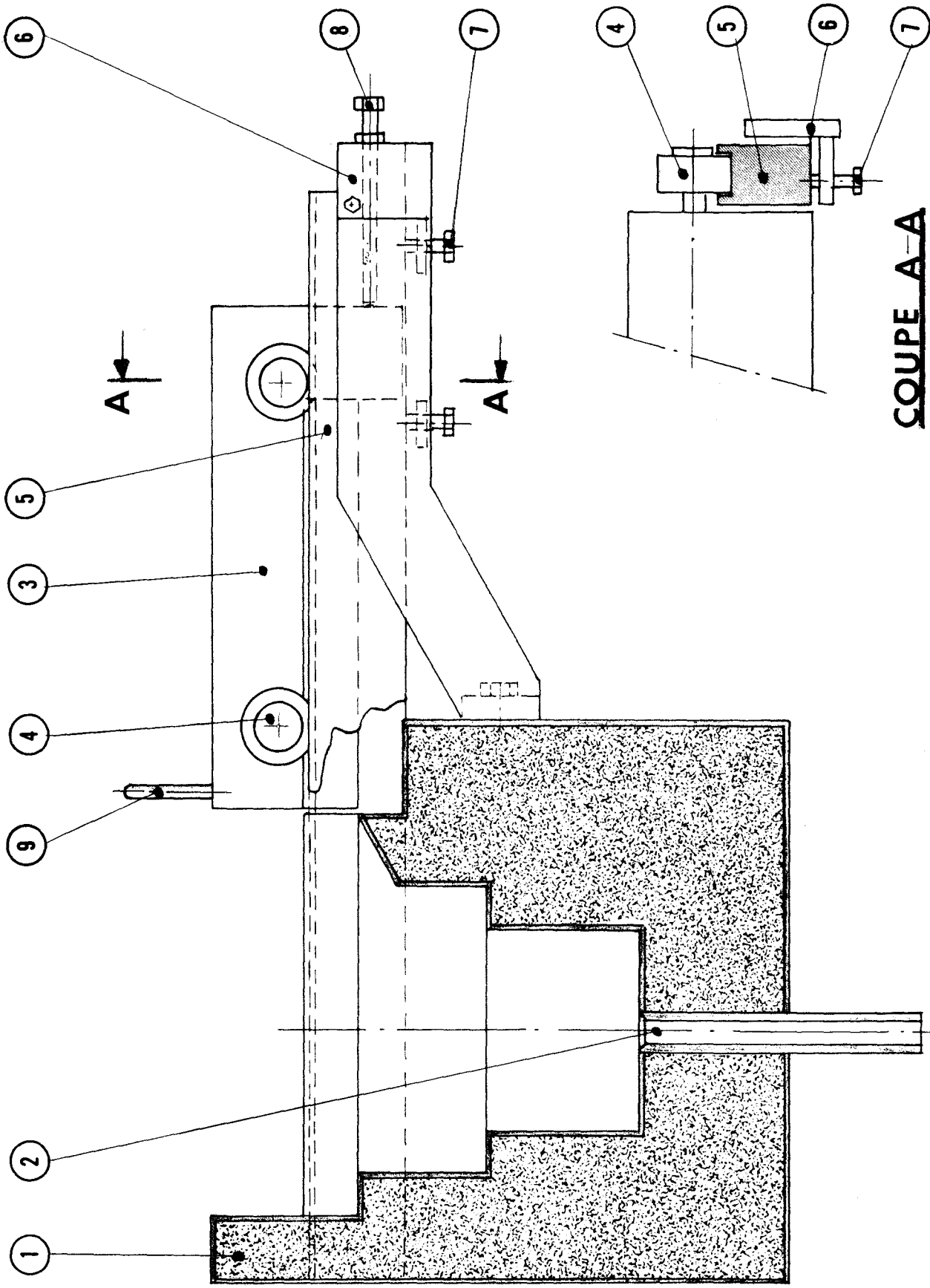
L'ensemble du système est installé à poste fixe au-dessus du sas par lequel s'opère le transfert de l'objet contenu dans le récipient de transport.

Le récipient de transport est amené en position devant le sas (centrage par butées) et le bouchon est centré dans la fourchette, l'anneau du bouchon étant pris dans la chape lorsque l'on serre l'écrou à oreilles.

Le moteur est ensuite mis en marche et la chaîne s'enroule sur le pignon en entraînant l'ensemble fourchette-bouchon. Pour remettre le bouchon en place sur le conteneur, on inverse le sens de marche du moteur et l'ensemble descend par gravité.

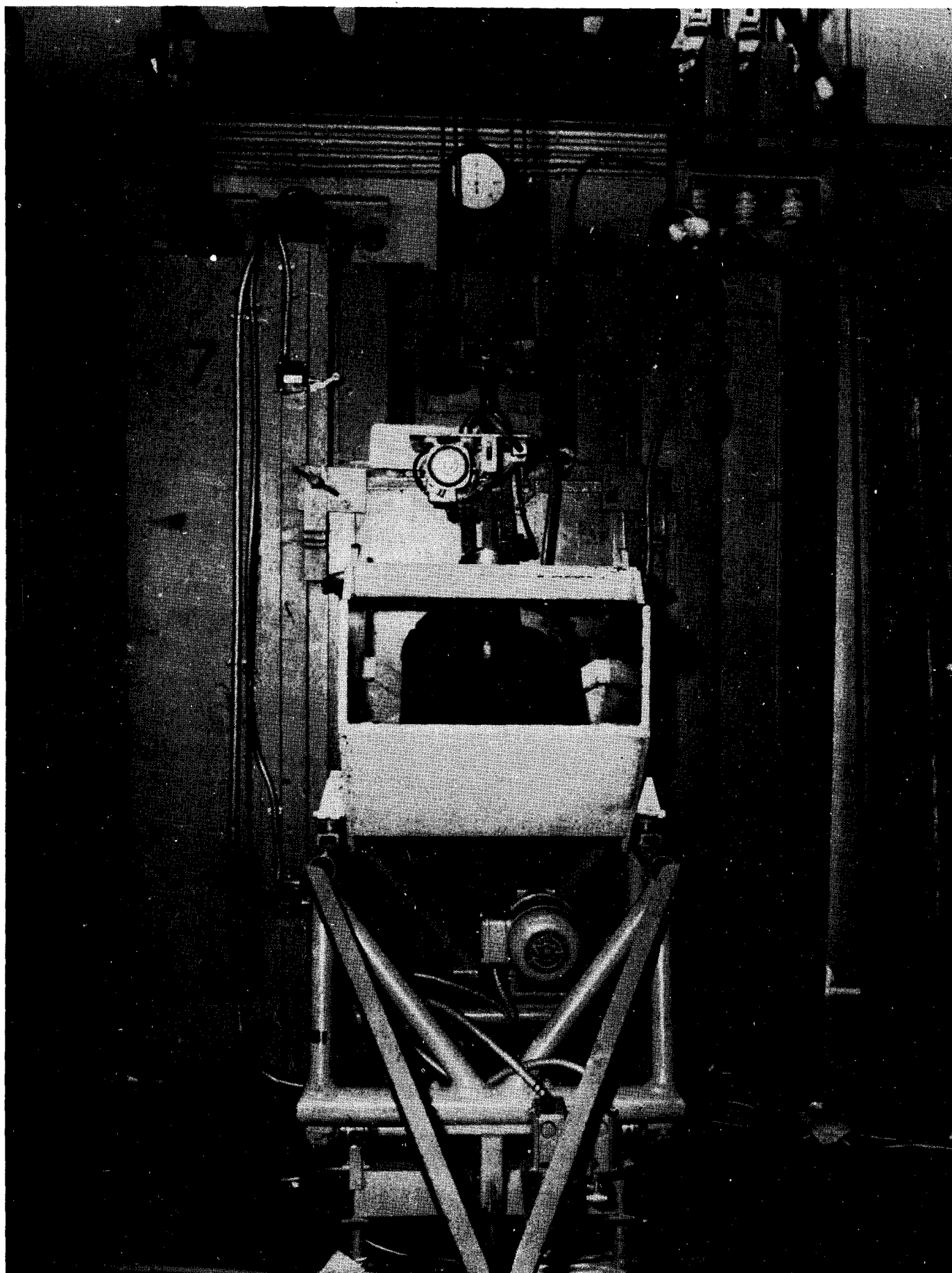
- REMARQUE -

Le système a été conçu pour les conteneurs de transport standard GT 50 - GT 75 - GT 100 - GT 150.

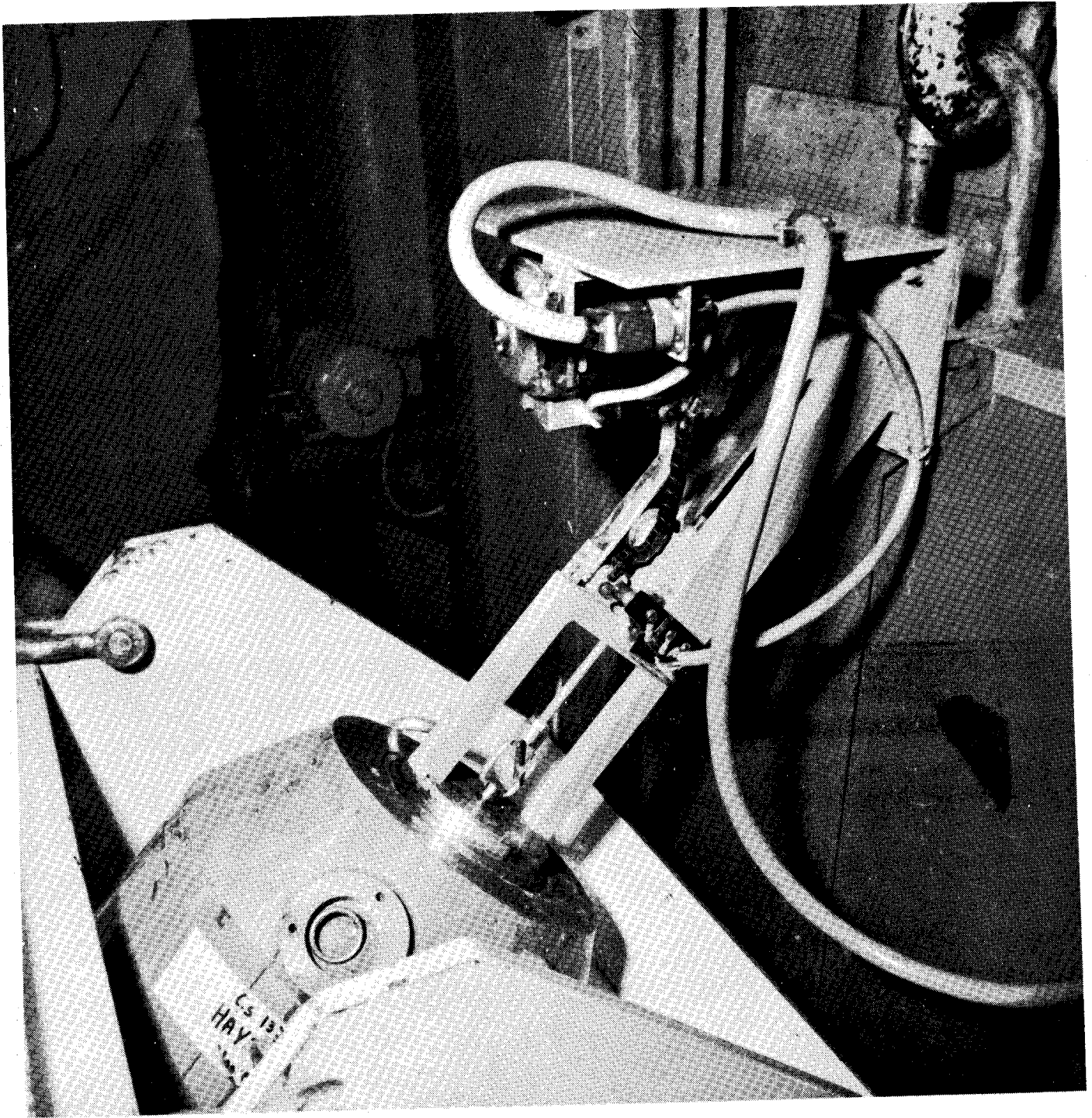


COUPE A-A

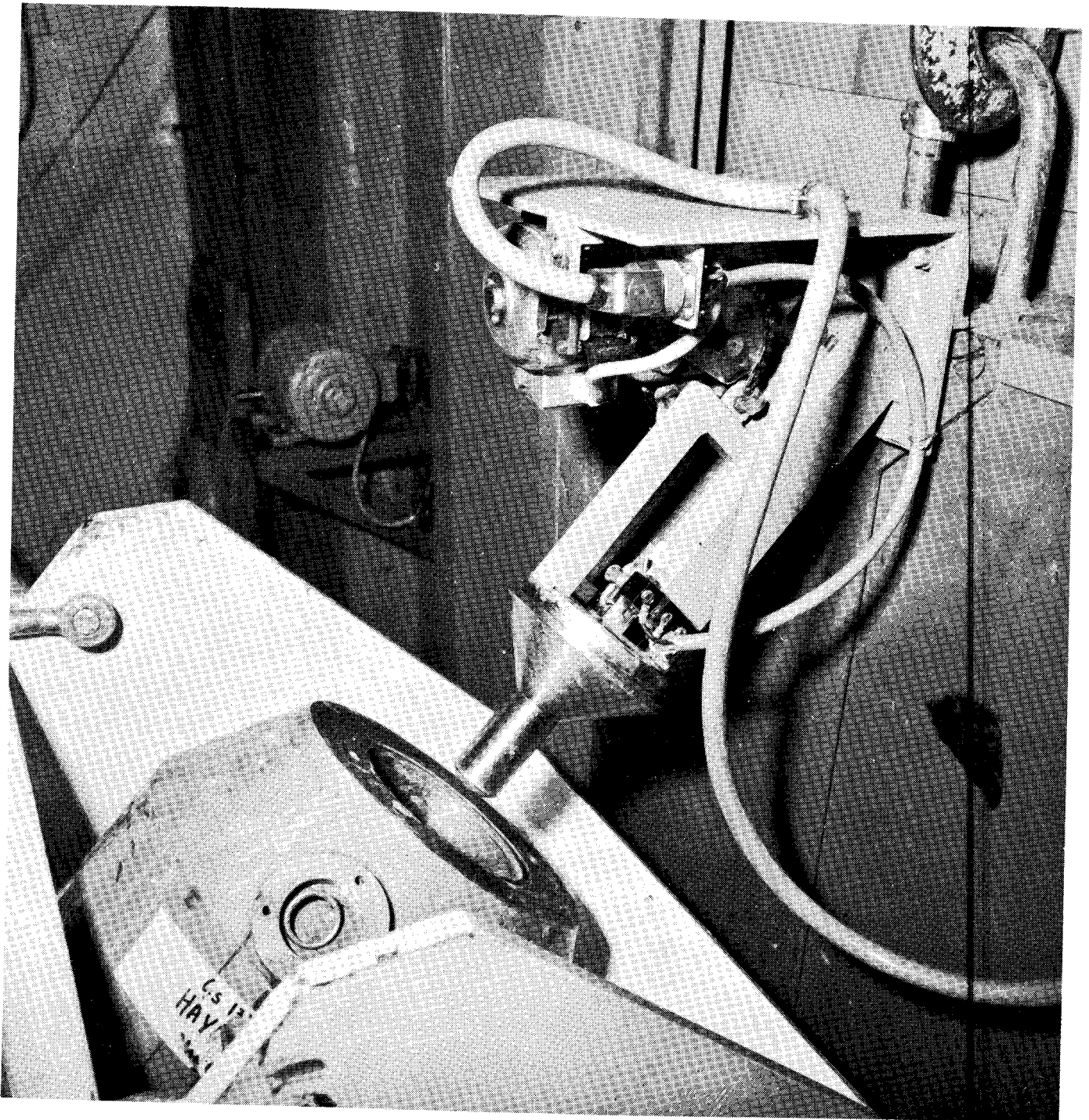
STOCKAGE DE CREUSETS



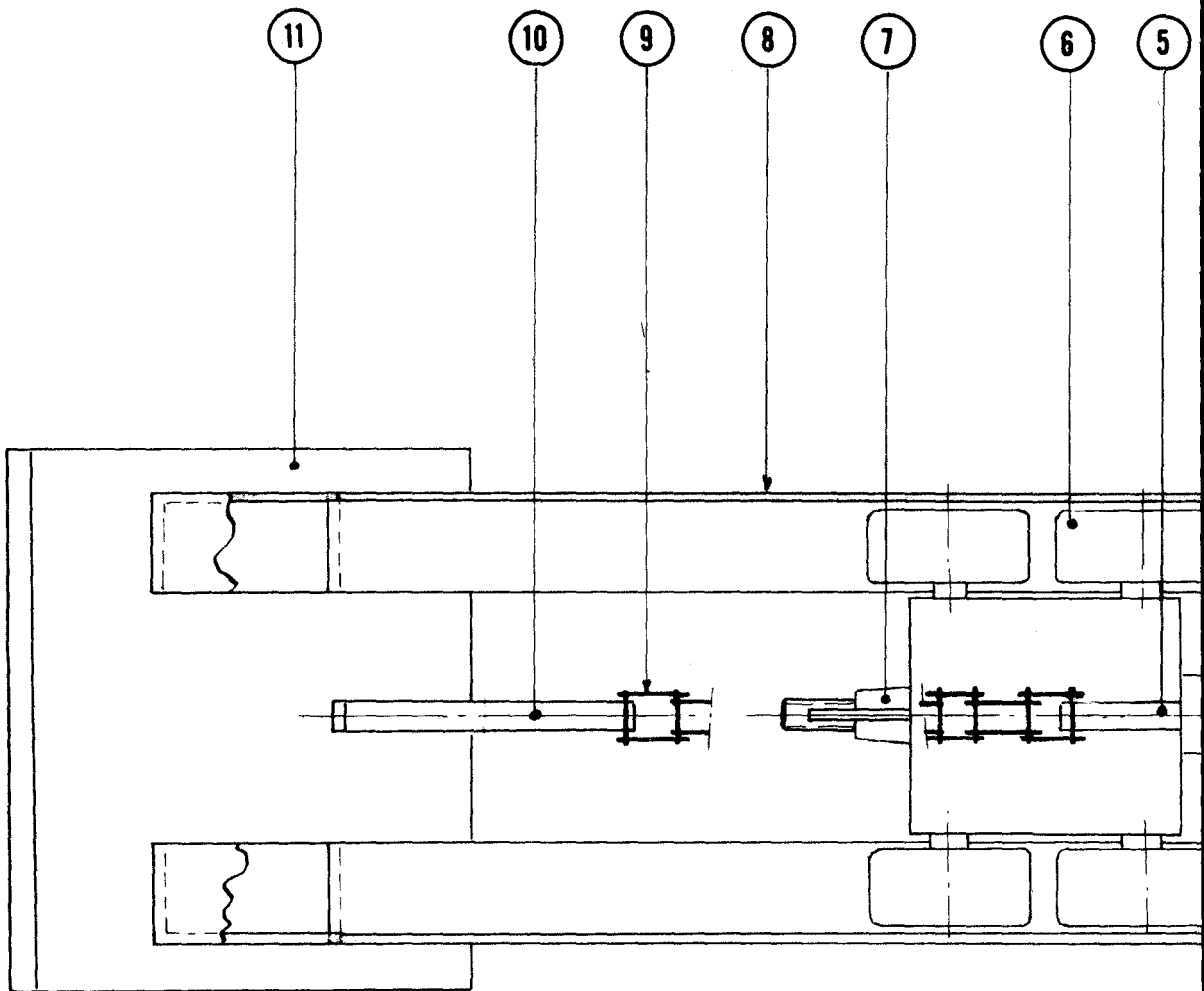
Introduction d'un conteneur dans un caisson étanche



Ouverture d'un conteneur G.T. Bouchon fermé

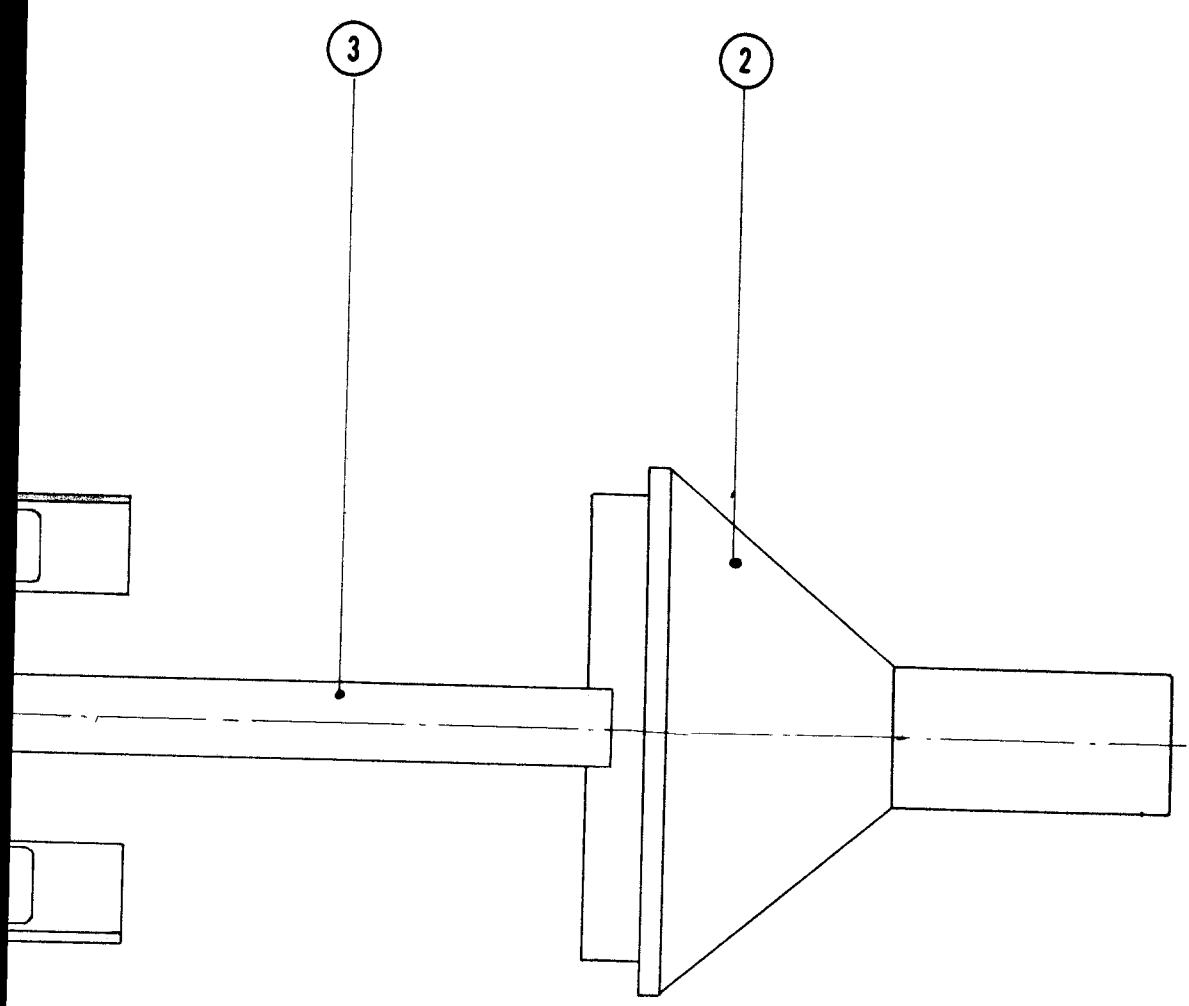


Ouverture d'un conteneur G.T. Bouchon ouvert



BOUCHAGE ET DEBOUCHAGE A DIST

(Vue suivant

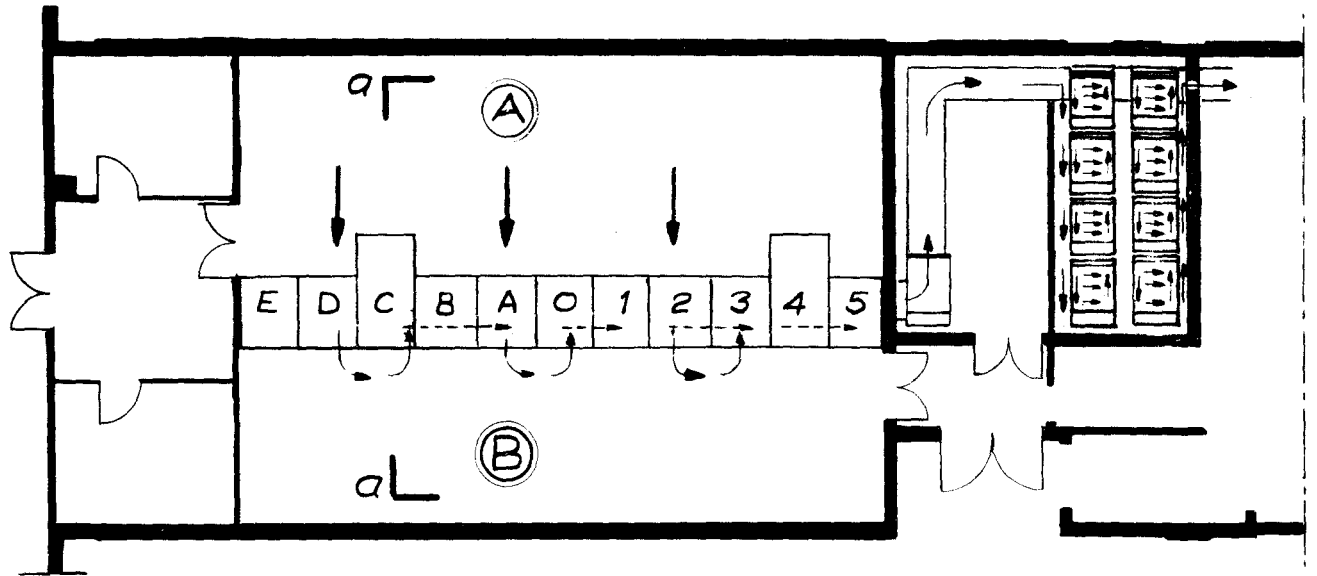


TANCE D'UN CONTENEUR DE TRANSPORT

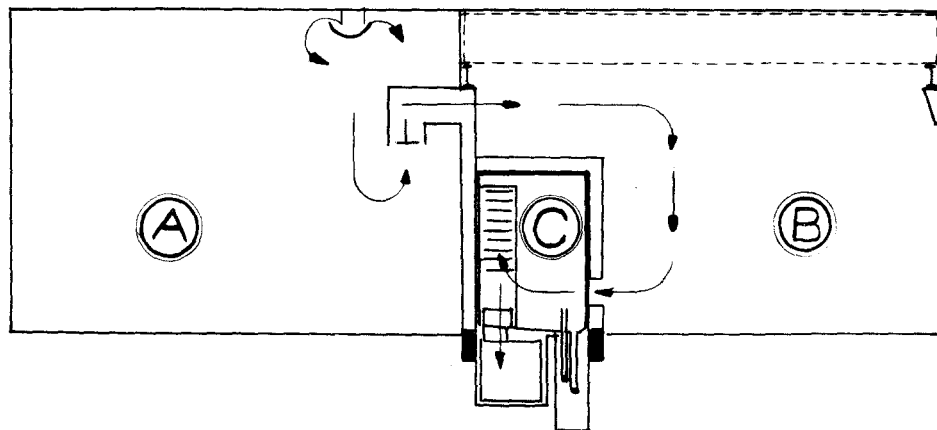
Flèche F)

Schémas généraux de l'installation

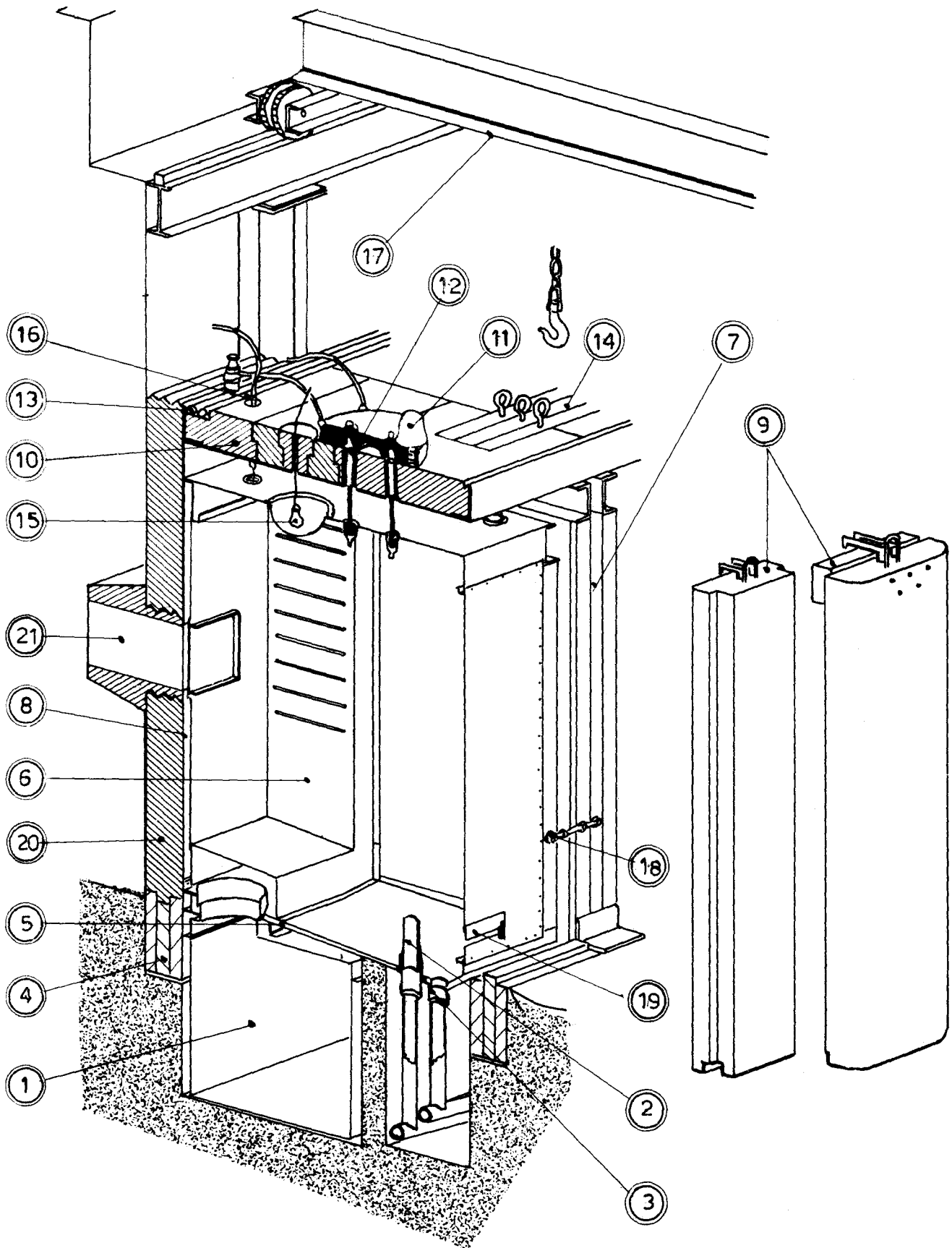
- 451 - Différentes zones de l'installation
- 430 + 446 - Coupe éclatée d'un caisson (+ Legende)
- 410 - Détail de fermeture des caissons
- 478 + 502 - Coupe d'un caisson muni de télémanipulateur (+ Legende)
- 580 + 616 - Coupe du Caisson D (+ Legende)
- 431 + 432 - Schéma de circulation des liquides



COUPE a-a



- Zones de l'installation
- (A) Zone de commande
 - (B) Zone d'intervention
 - (C) Zone active

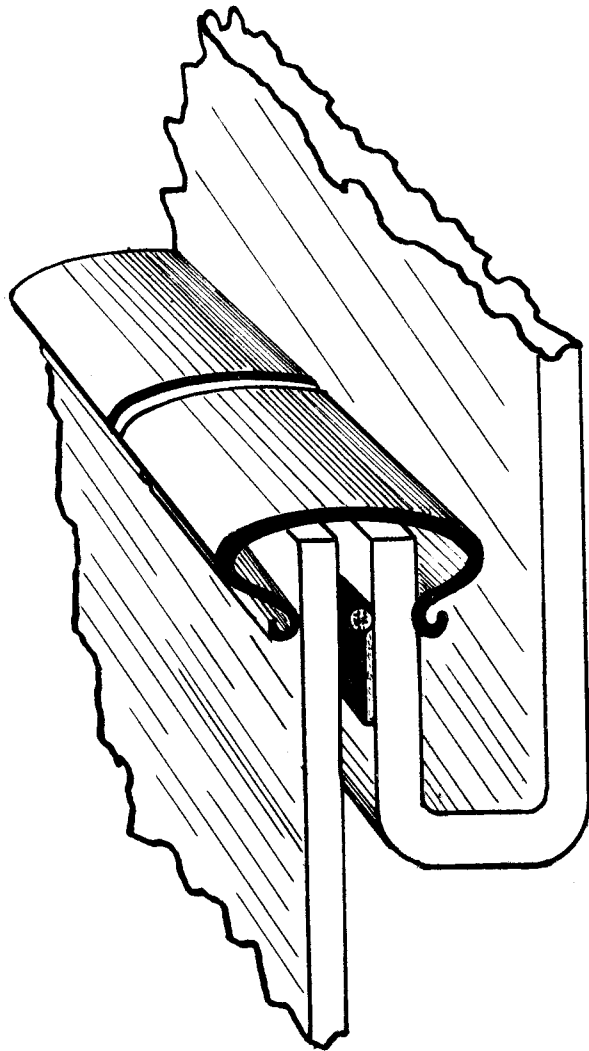


VUE ECLATEE D'UN CAISSON

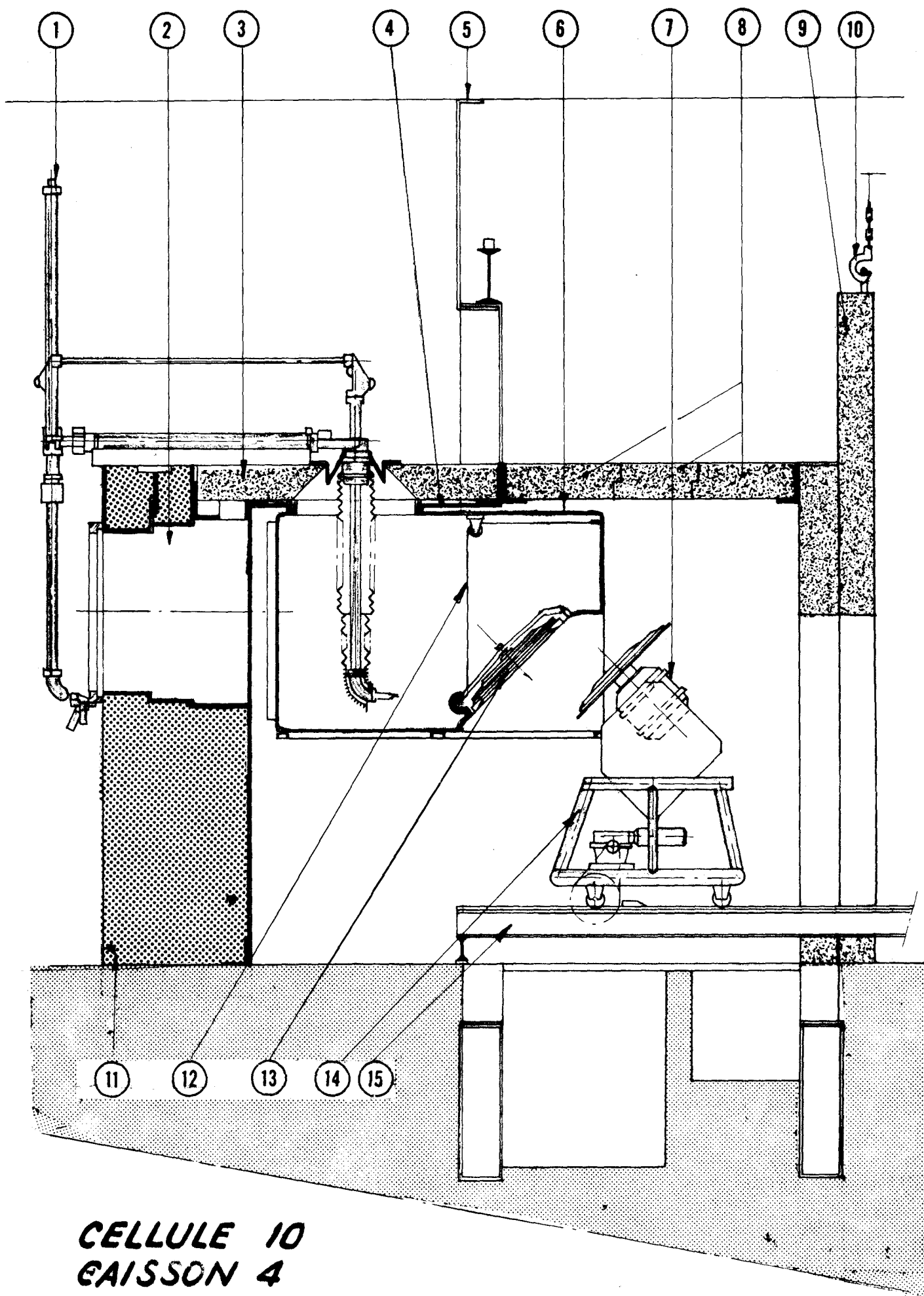
LEGENDE

(croquis SPF cr.430)

- 1 - Gaine de ventilation générale
- 2 - Canalisations d'effluents actifs
- 3 - Bac de rétention fixe sous le caisson
- 4 - Linteau d'acier - support de la protection
- 5 - Fond incliné du caisson
- 6 - Gaine de ventilation intérieure au caisson
- 7 - Charpente-passages de fluides entre cloisons
- 8 - Tôle d'étanchéité entre caisson et protection
- 9 - Panneaux amovibles de protection arrière
- 10 - Dalles de protection du toit
- 11 - Electrovanne de vide
- 12 - Platine porte filtre de l'ensemble vide-casse vide
- 13 - Canalisations générales de vide
- 14 - Protection des ponts de passage inter-caissons
- 15 - Eclairage de secours
- 16 - Canalisation de passage des réactifs
- 17 - Pont roulant
- 18 - Raccordement des fluides au caisson
- 19 - Orifice d'entrée d'air pour la ventilation
- 20 - Protection fixe de plomb
- 21 - Hublot de verre au plomb stabilité



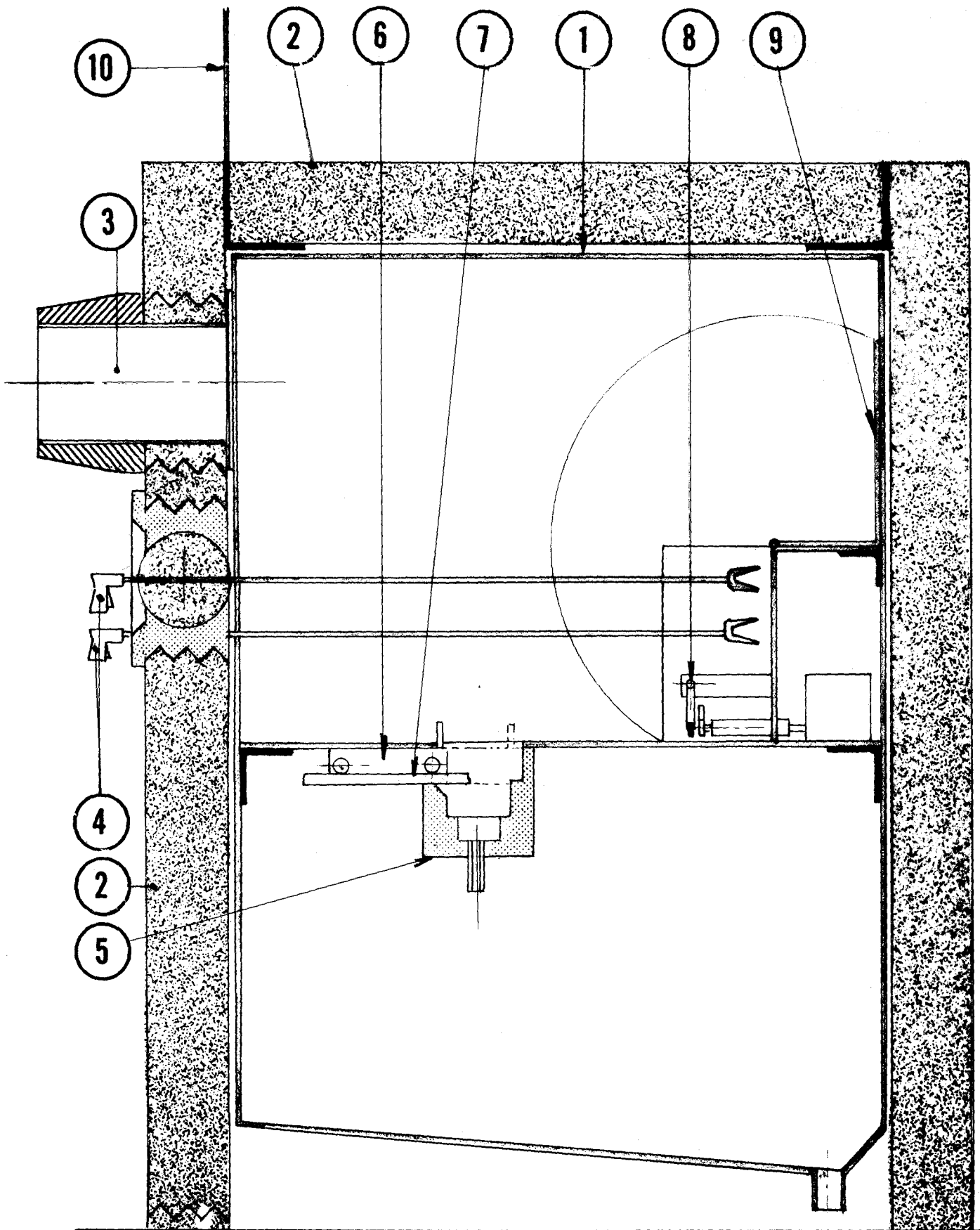
CELLULE - 10
FERMETURE DES PANNEAUX
DE CAISSONS ETANCHES



CELLULE 10
BAISSON 4

LEGENDE

- A - Télémanipulateur ARGONNE modèle 7
- B - Hublot de verre au plomb stabilisé
- C - Toit de protection en plomb
- D - Tôle d'étanchéité entre zone de travail et zone d'intervention
- E - Caisson étanche en acier inoxydable
- F - Récipient de transport ou de transfert
- G - Toit de protection en dalles démontables de plomb
- H - Porte coulissante de protection arrière
- I - Pont roulant
- J - Mur de protection de façade en béton baryté
- K - Système d'ouverture de la porte du sas
- L - Porte du sas de caisson
- M - Chariot télécommandé de manutention des récipients de transfert
- N - Rails de guidage du chariot
- O - Tôle d'étanchéité du toit de caisson






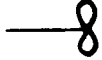


CAISSON D
Vue en coupe

L E G E N D E

(Croquis S.P.F. Cr. 580)

- 1 - Caisson étanche
- 2 - Mur de protection de plomb
- 3 - Hublot de protection en verre au plomb stabilisé
- 4 - Pinces de manipulation à distance
- 5 - Stockage de creusets
- 6 - Couvercle de plomb du stockage
- 7 - Chemin de roulement du couvercle de plomb
- 8 - Scie alternative
- 9 - Carter de protection de la scie.

L E G E N D E

	Clapet à bille
	Vanne vide - casse vide
	Refroidissement par double enveloppe
	Agitateur
	Moteur à vitesse variable
	Chauffage par thermofluide

D Densité

T° Température

pH pH mètre

E Enregistreur

R Régulateur

P Pression

N Niveau

V Vitesse

δ Signalé

P Position

a Alarme

i Indicateur

h Haut

I Intermédiaire


b Bas

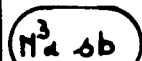
PE Prise d'échantillon


1 Cde pneumatique

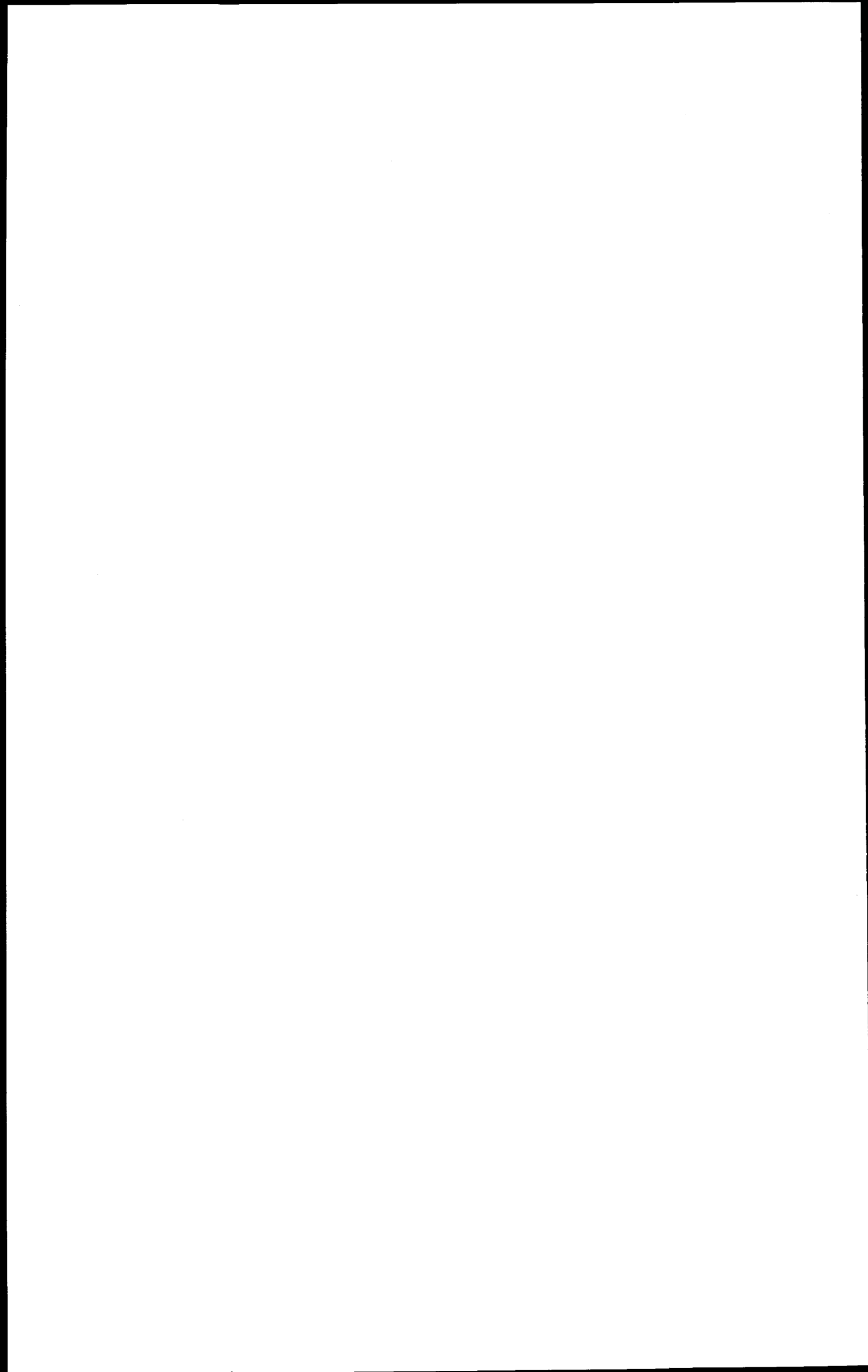
3 Cde électrique

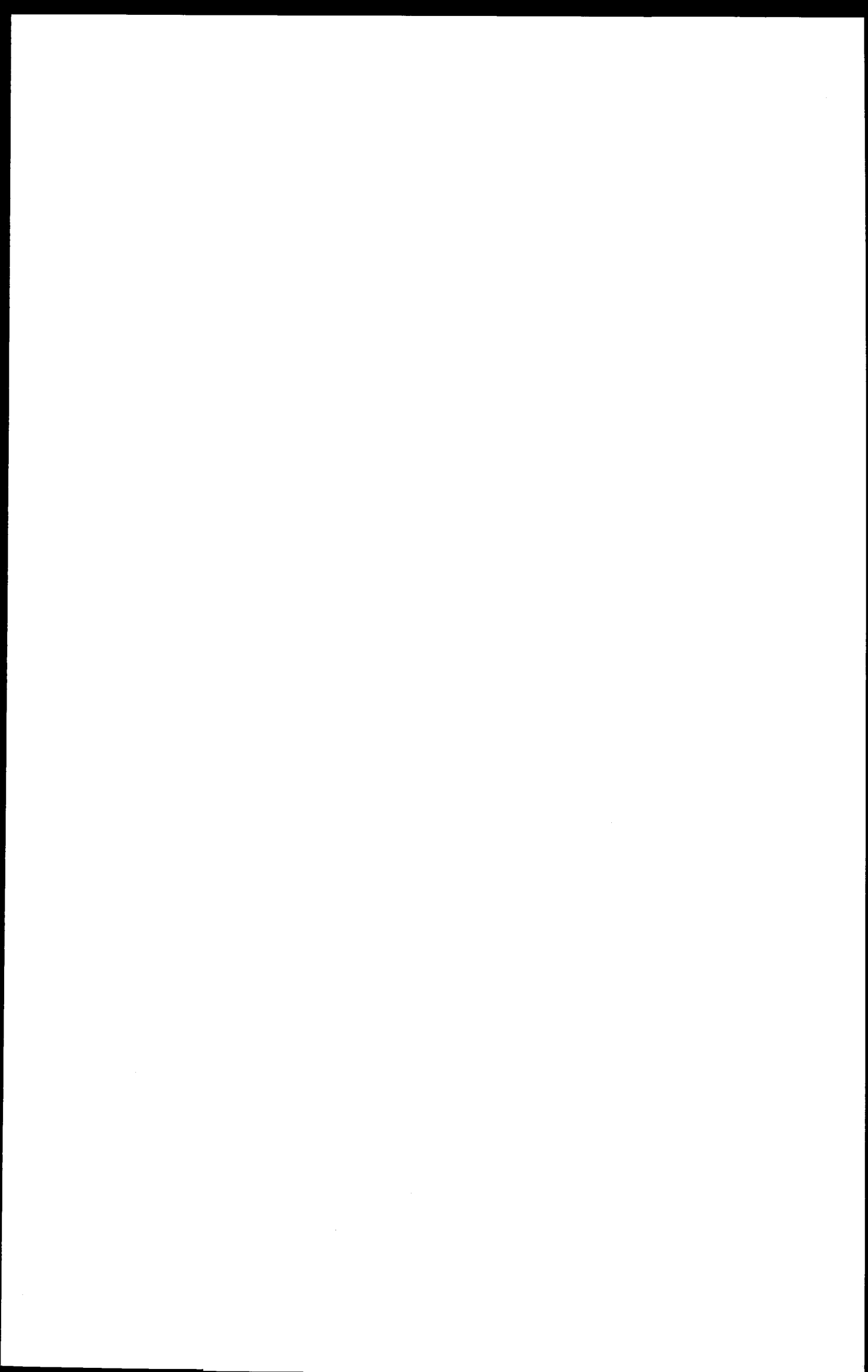
Exemples

 Indicateur de niveau pneumatique

 Niveau électrique alarme point bas

 Régulateur de vitesse





PHOTOS GENERALES

- 4 945 - Charpente de l'installation
- 4 378 - Elément de charpente pour 1 caisson
- 4 375 - Caisson étanche
- 4 377 - Caisson étanche dans son logement
- 4 792 - Elément de charpente avec son caisson et sa protection de plomb

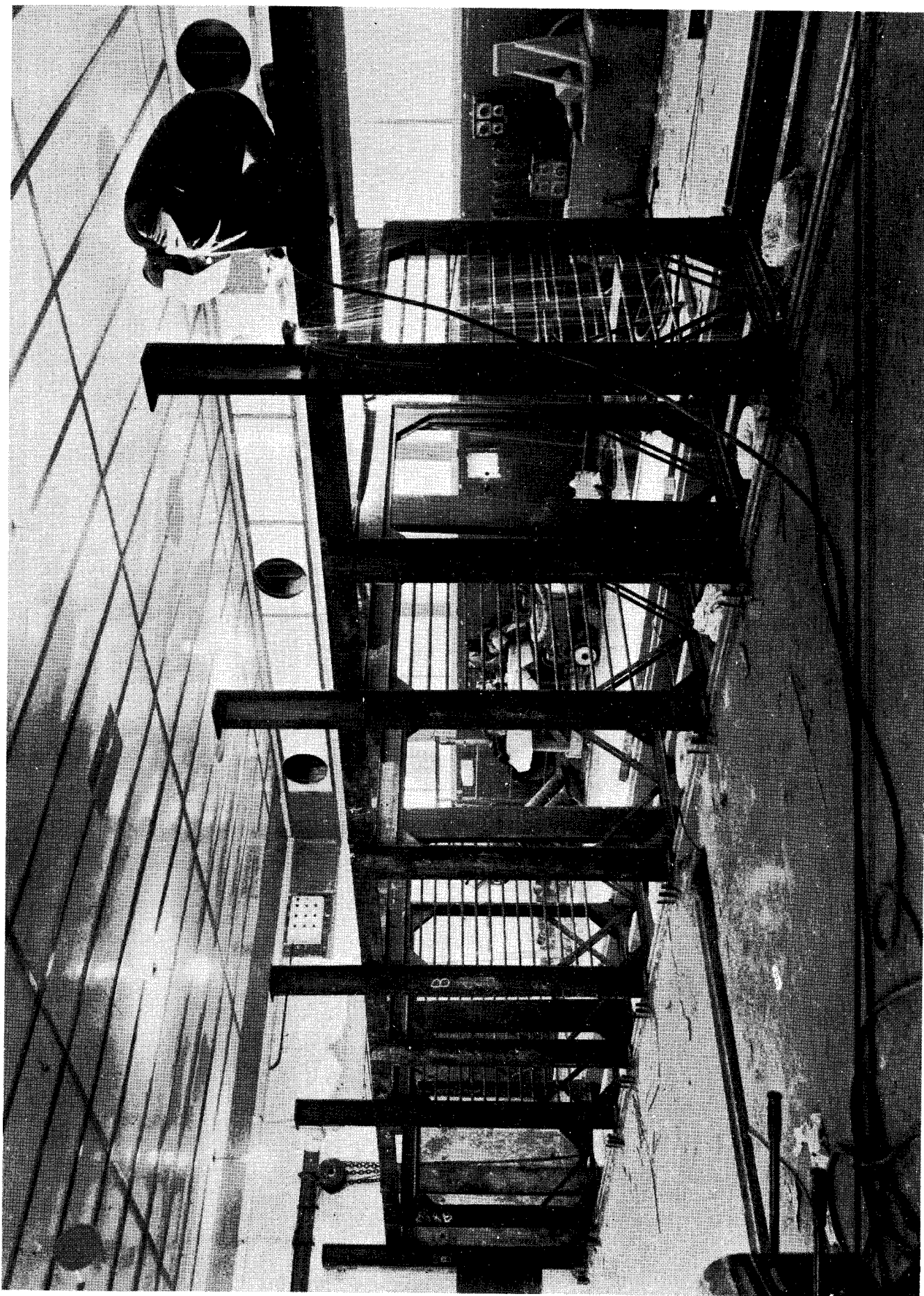
- 6 790 - Face avant de l'installation - zone de télécommande
- 6 511 - Toit de l'installation
- 6 039 - Caisson de précipitation - en cours de montage
- 6 515 - Caisson de neutralisation - en cours de montage
- 6 040 - Caisson de confection des sources - en cours de montage
- 6 516 - Caisson de confection des sources - vue au travers du hublot - presse de 10 T

- 13 193 - Caisson de confection des sources - vue au travers du hublot - presse de 13 T

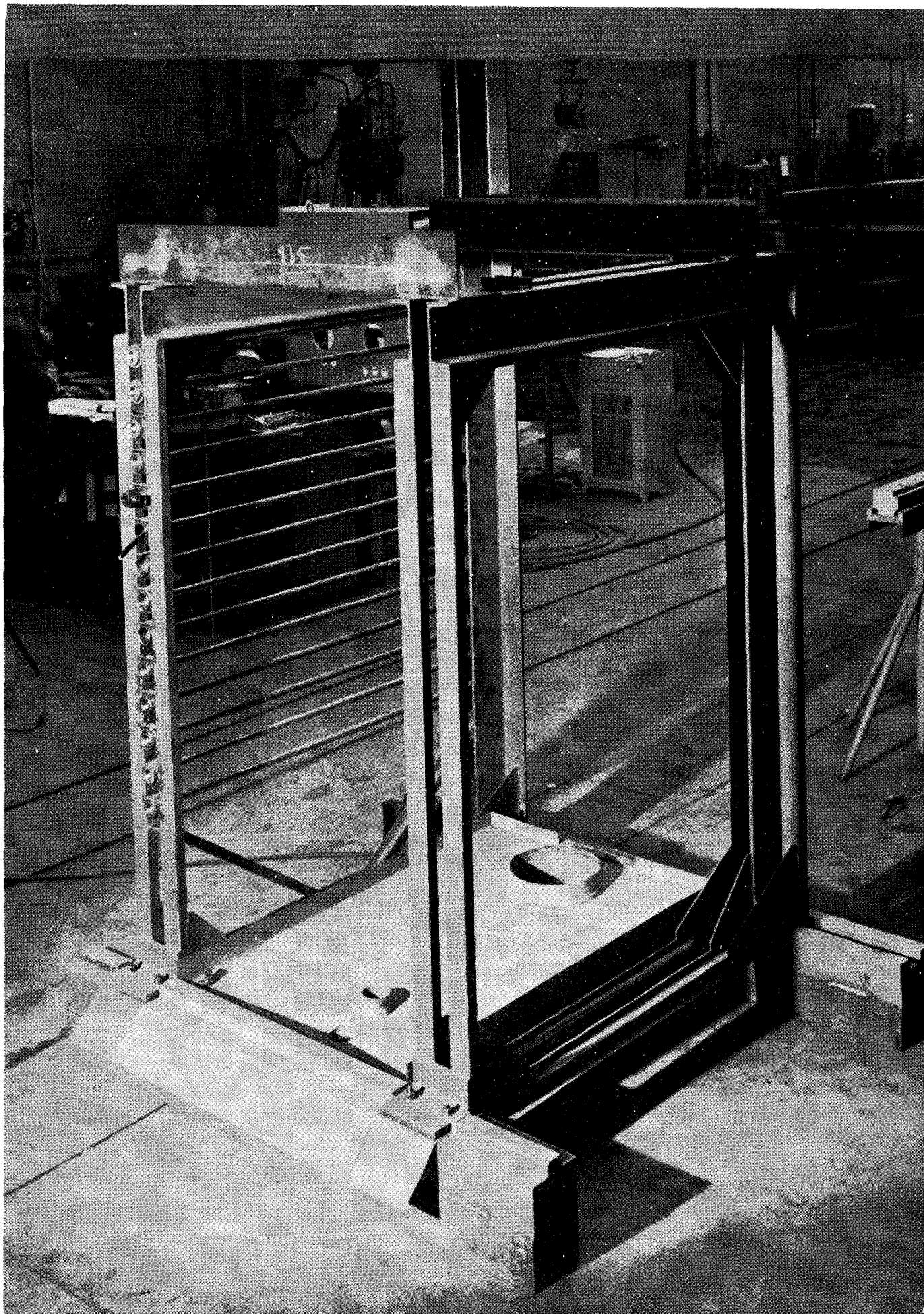
- 6 034 - Récipient de transport des produits de fission
- 6 036 - Pont de branchement du récipient de transport
- 6 513 - Groupe de chauffage et thermostat pour la distillation et la mise à sec

- 12 649 - Dispositif de transfert des sources scellées
- 12 650 - Dispositif de transfert des sources scellées - détail
- 13 192 - Dispositif d'introduction des conteneurs de transport
- 13 196 - Dispositif d'ouverture du conteneur de transport
- 13 195 - Ouverture du conteneur de transport
- 13 194 - Scie alternative télécommandée
- 6 518 - Boite de vitesses de commande du précipitateur - décanteur
- 6 792 - Pupitre général de télécommande
- 6 521 - Pupitre des contrôles pneumatiques : niveaux et densités
- 6 520 - Pupitre de commande et d'enregistrement pour four, neutralisation, mise à sec et chauffage

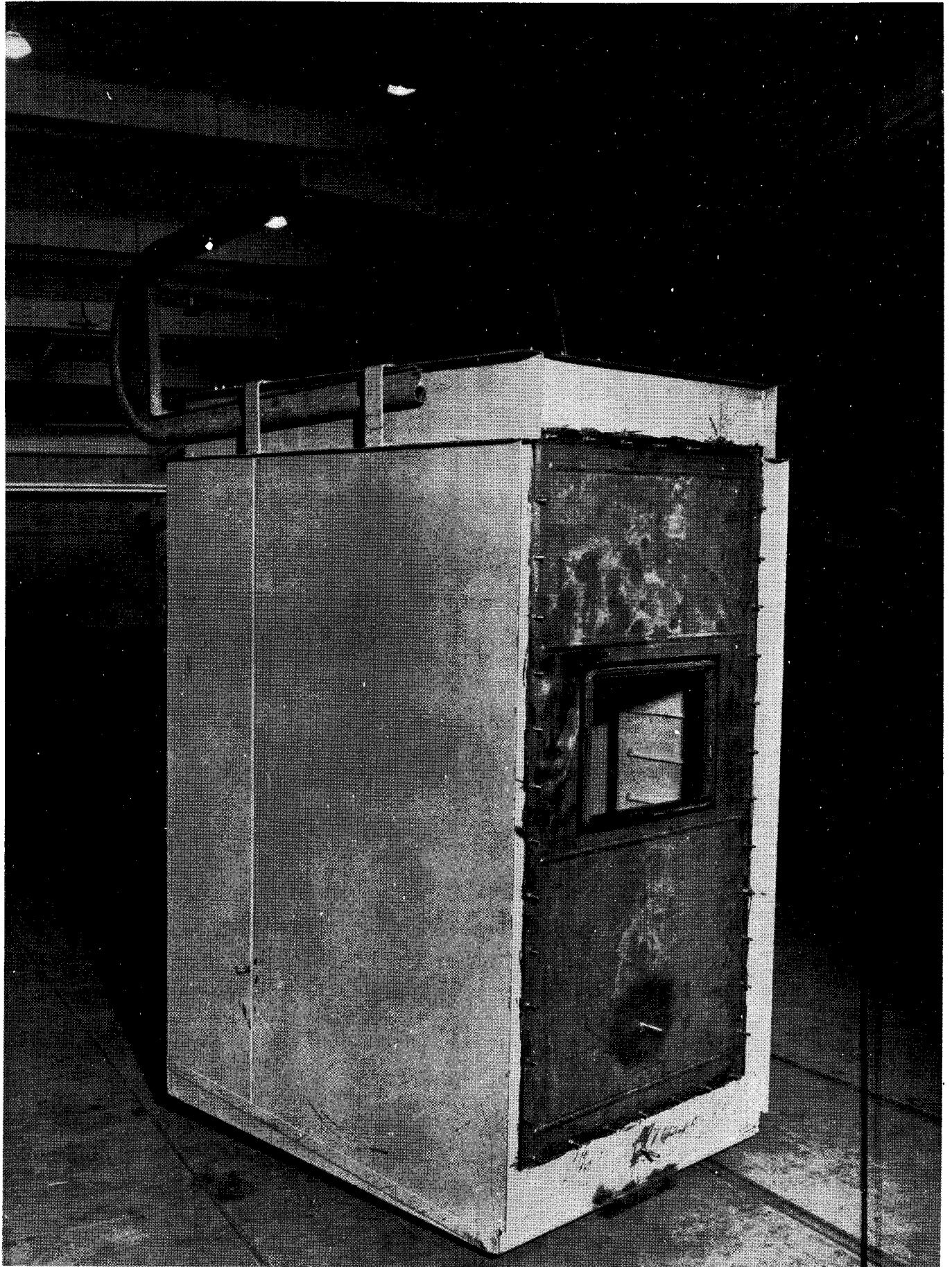
- 12 672 - Sources scellées standard de caesium 137



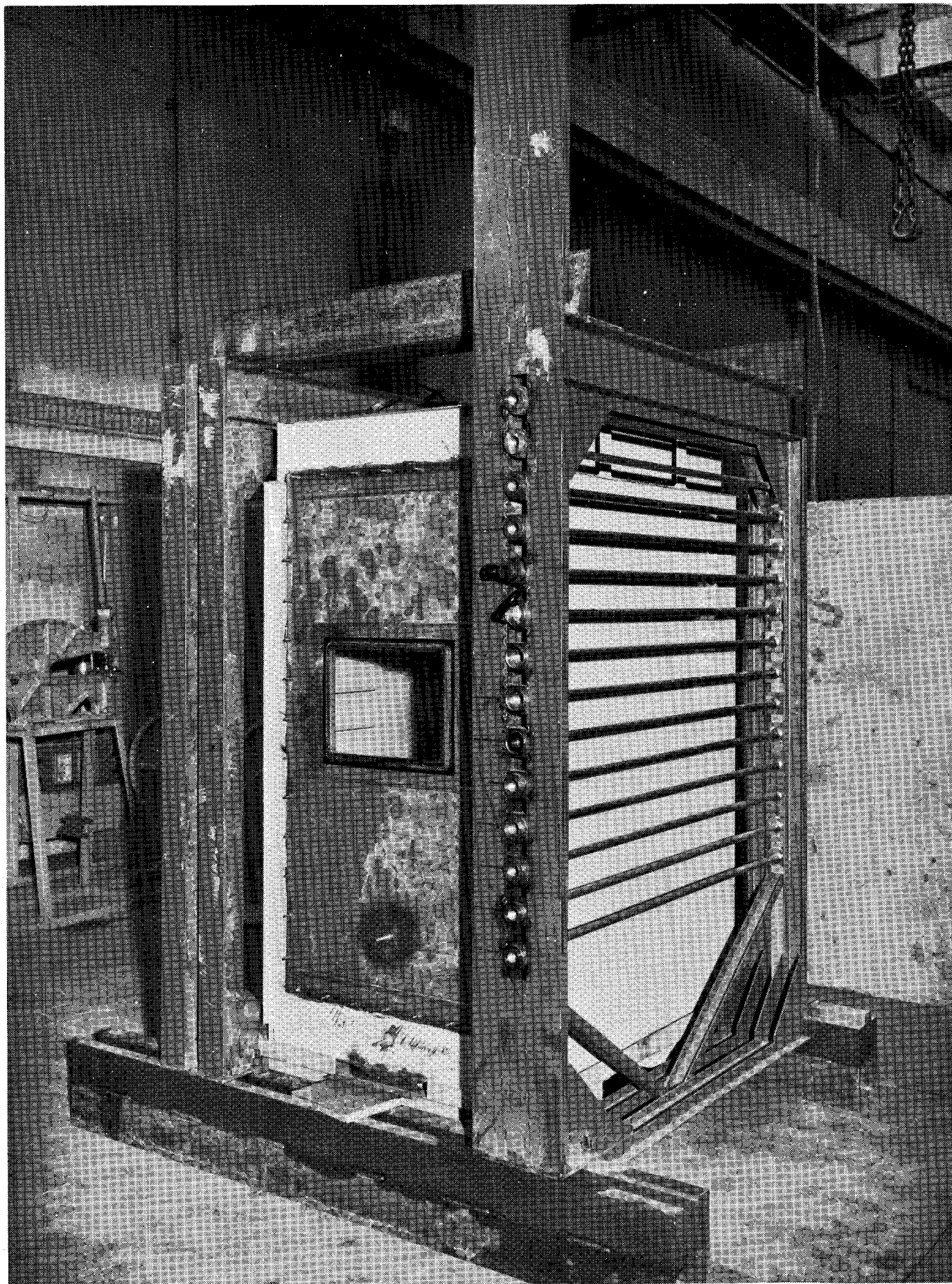
Charmente de l'installation



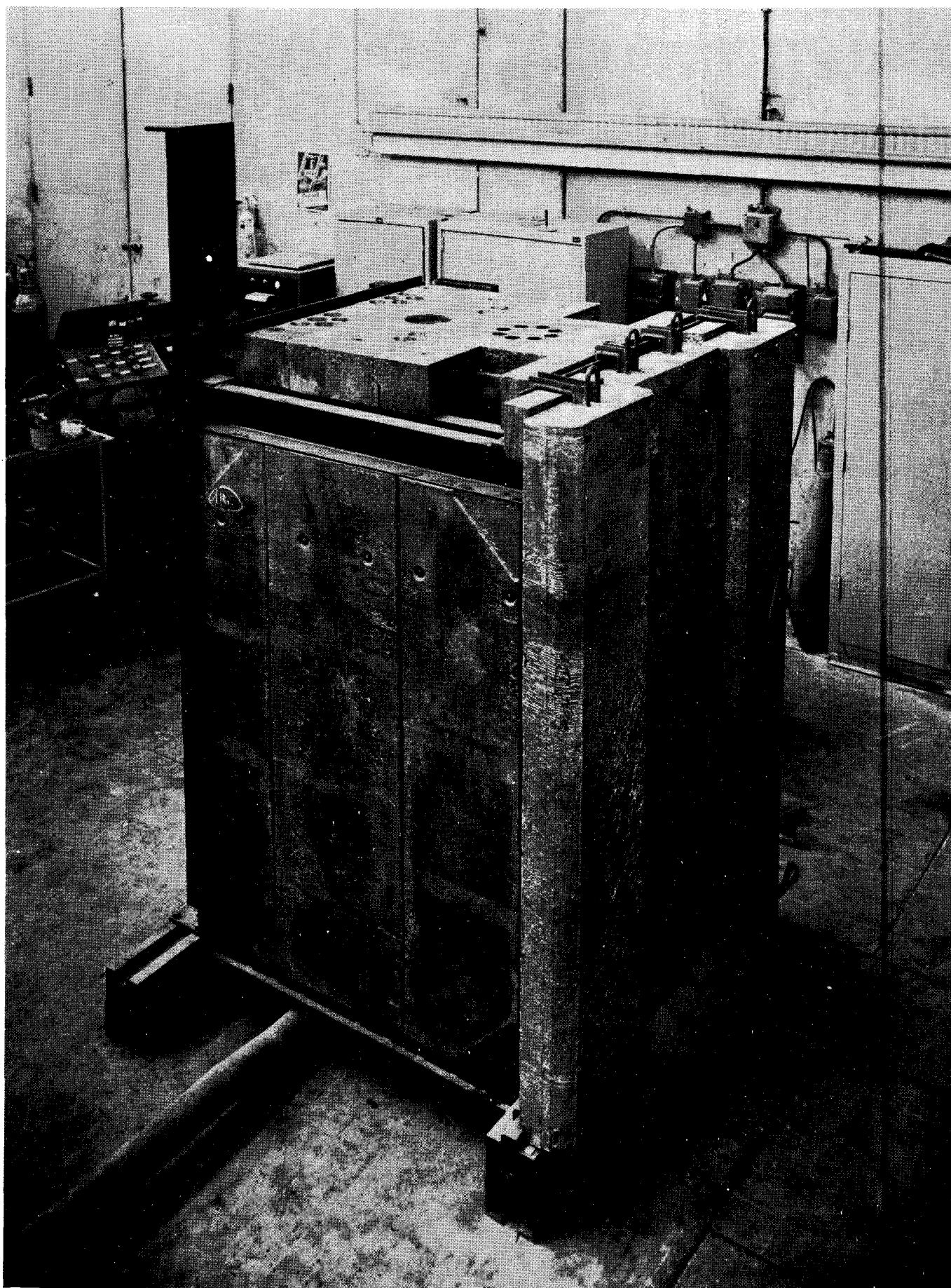
Elément de charpente pour un caisson



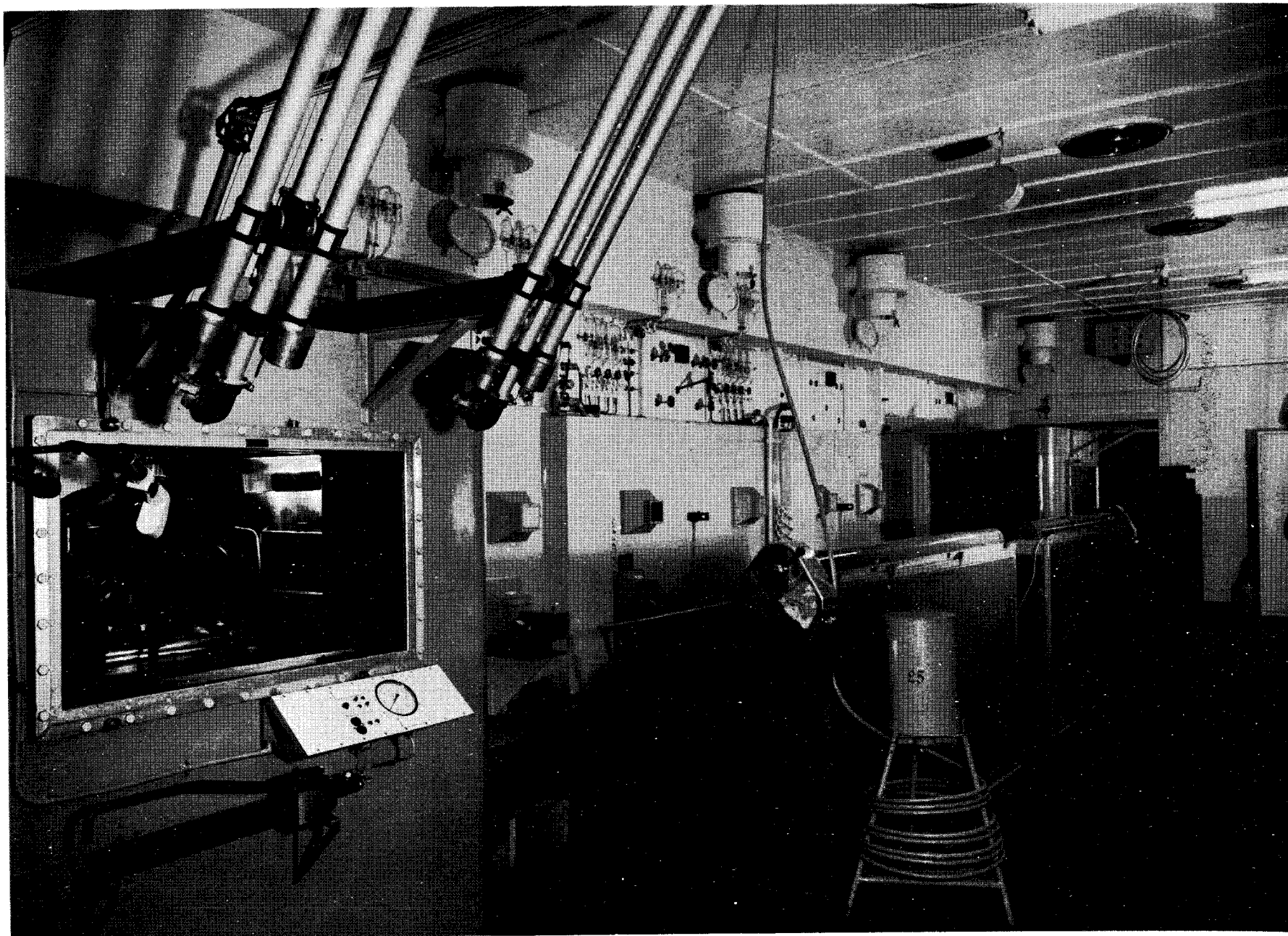
Caisson étanche



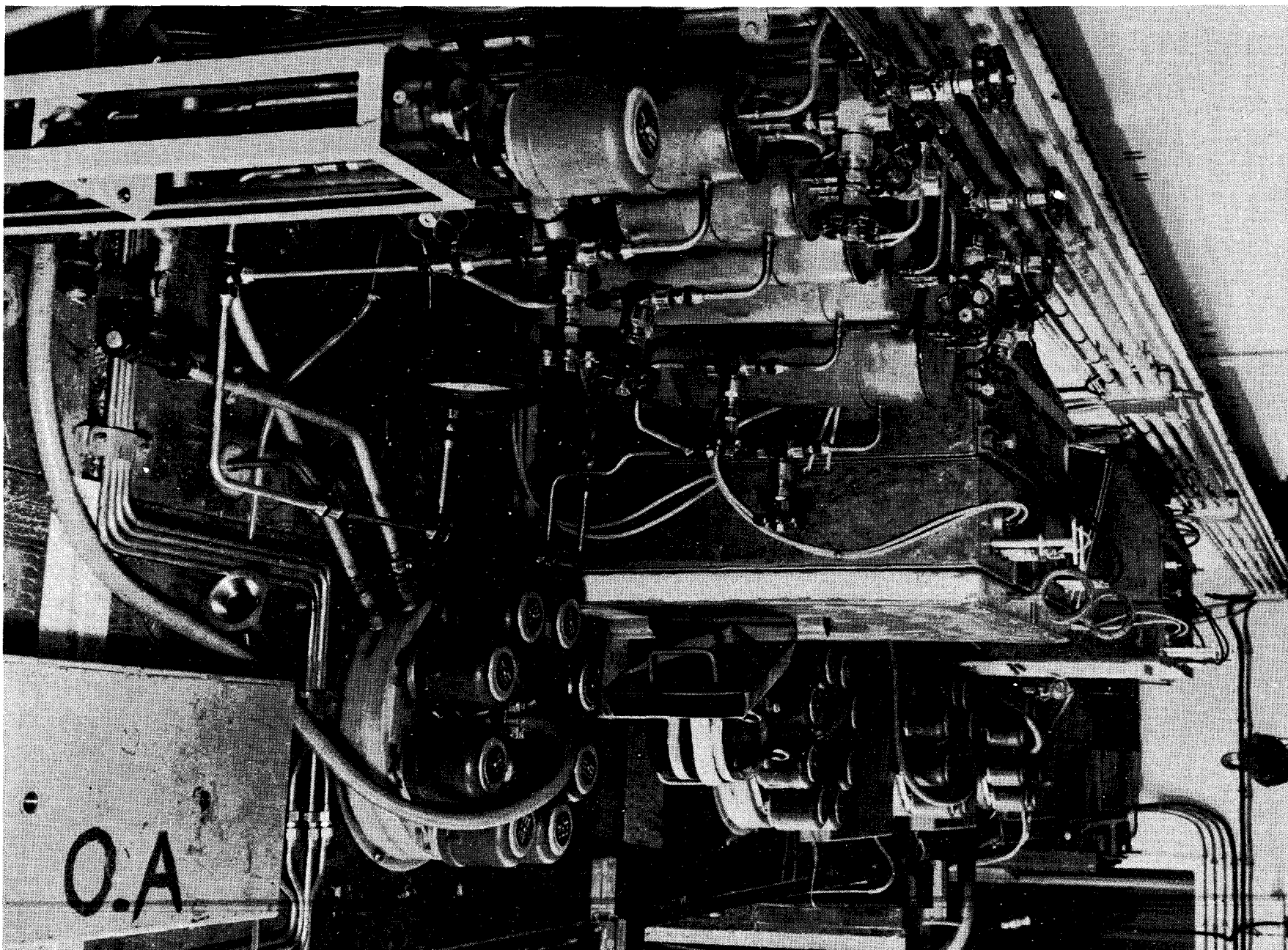
Caisson étanche dans son logement



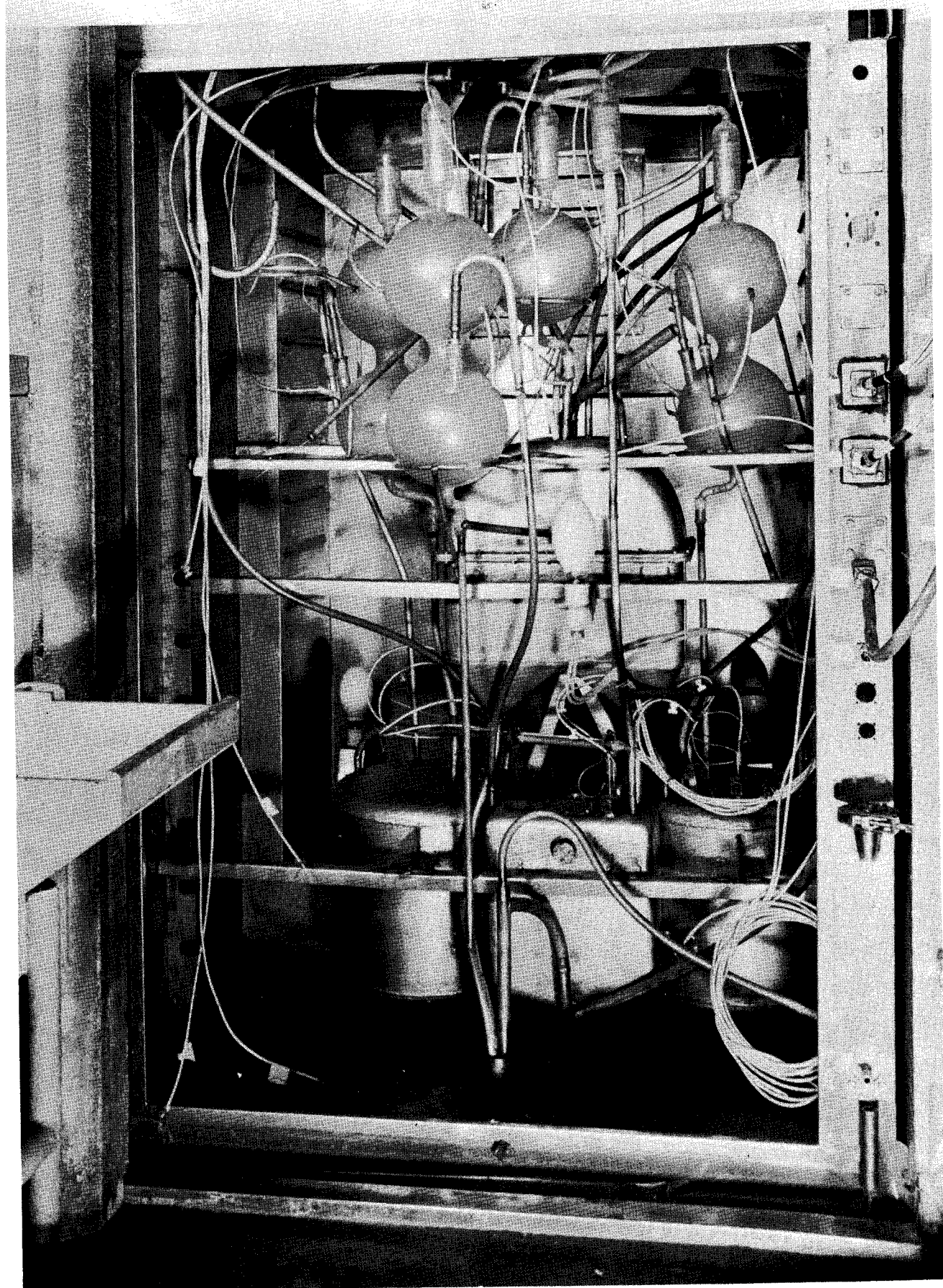
Elément de charpente avec son caisson
et sa protection de plomb



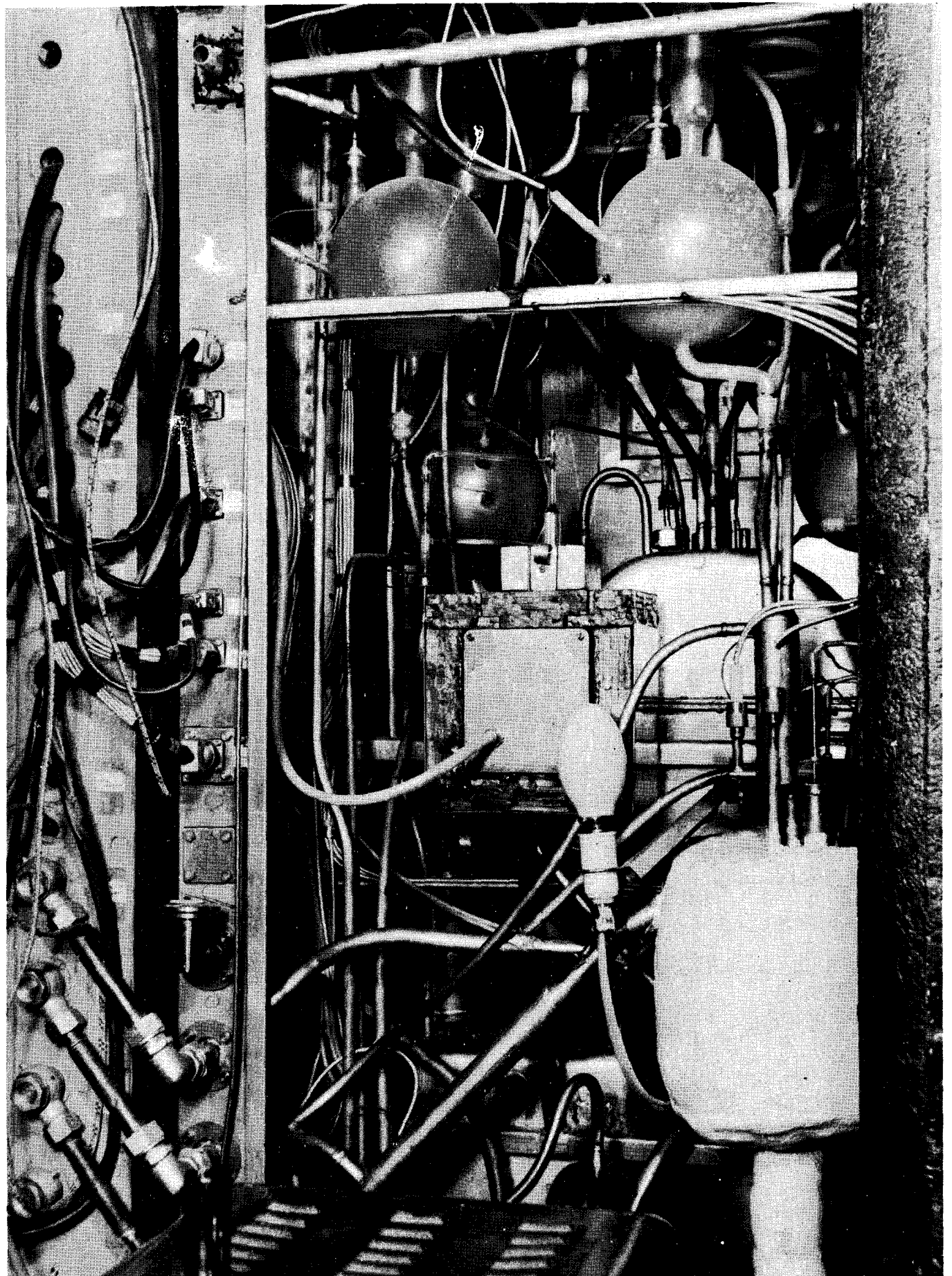
Face avant de l'installation - zone de télécommande



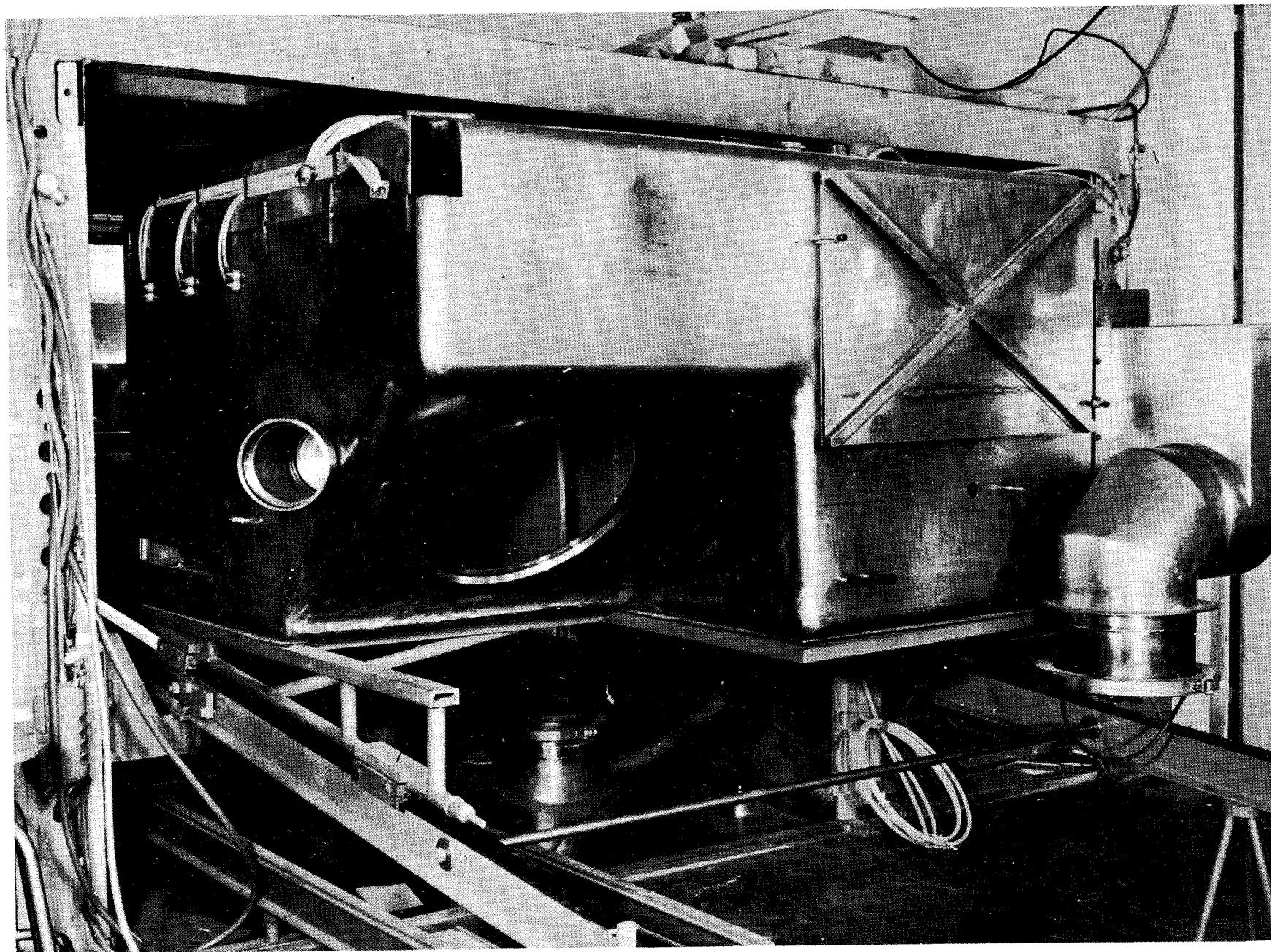
Toit de l'installation.



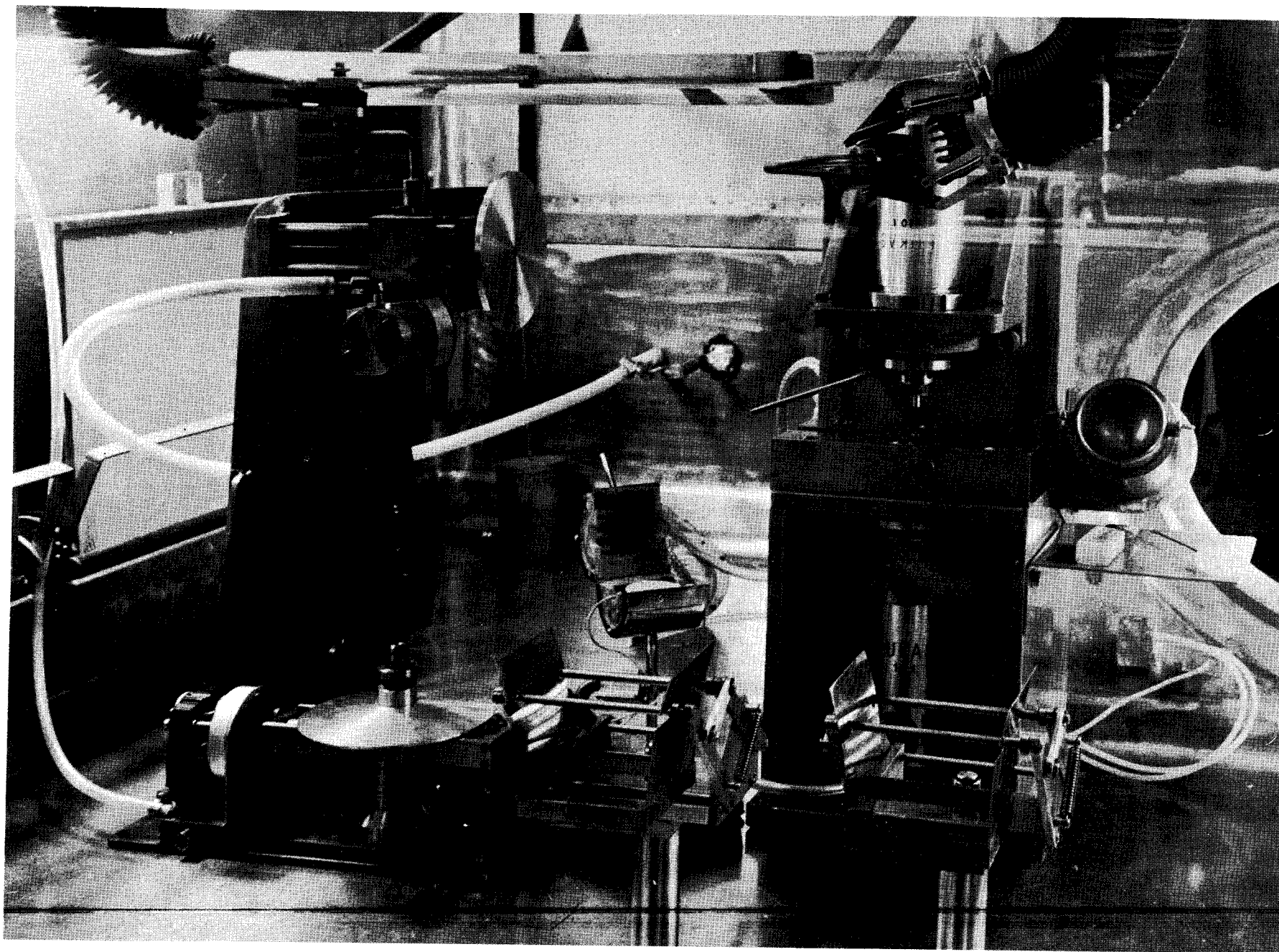
Caisson de précipitation en cours de montage



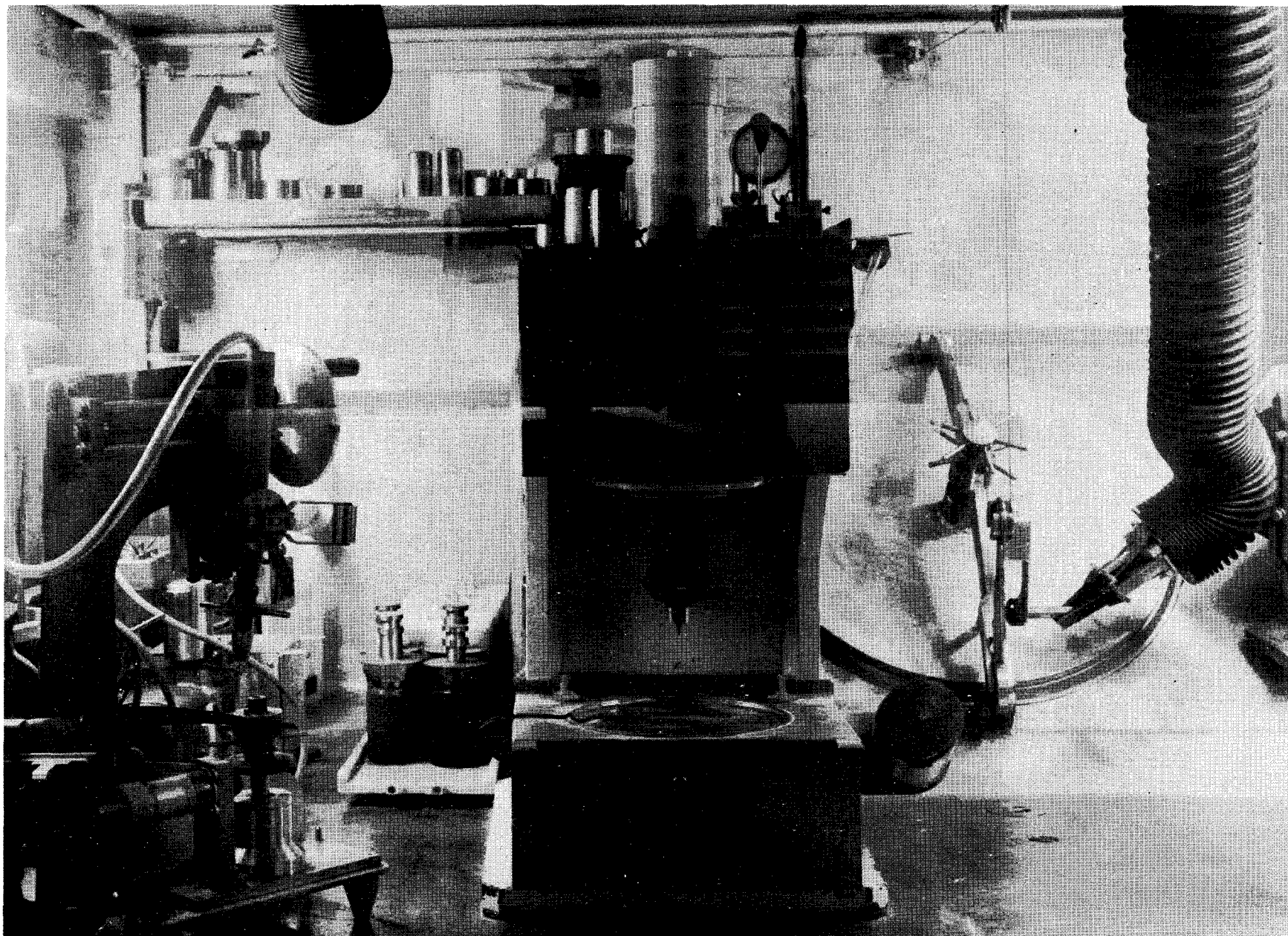
Caisson de neutralisation en cours de montage



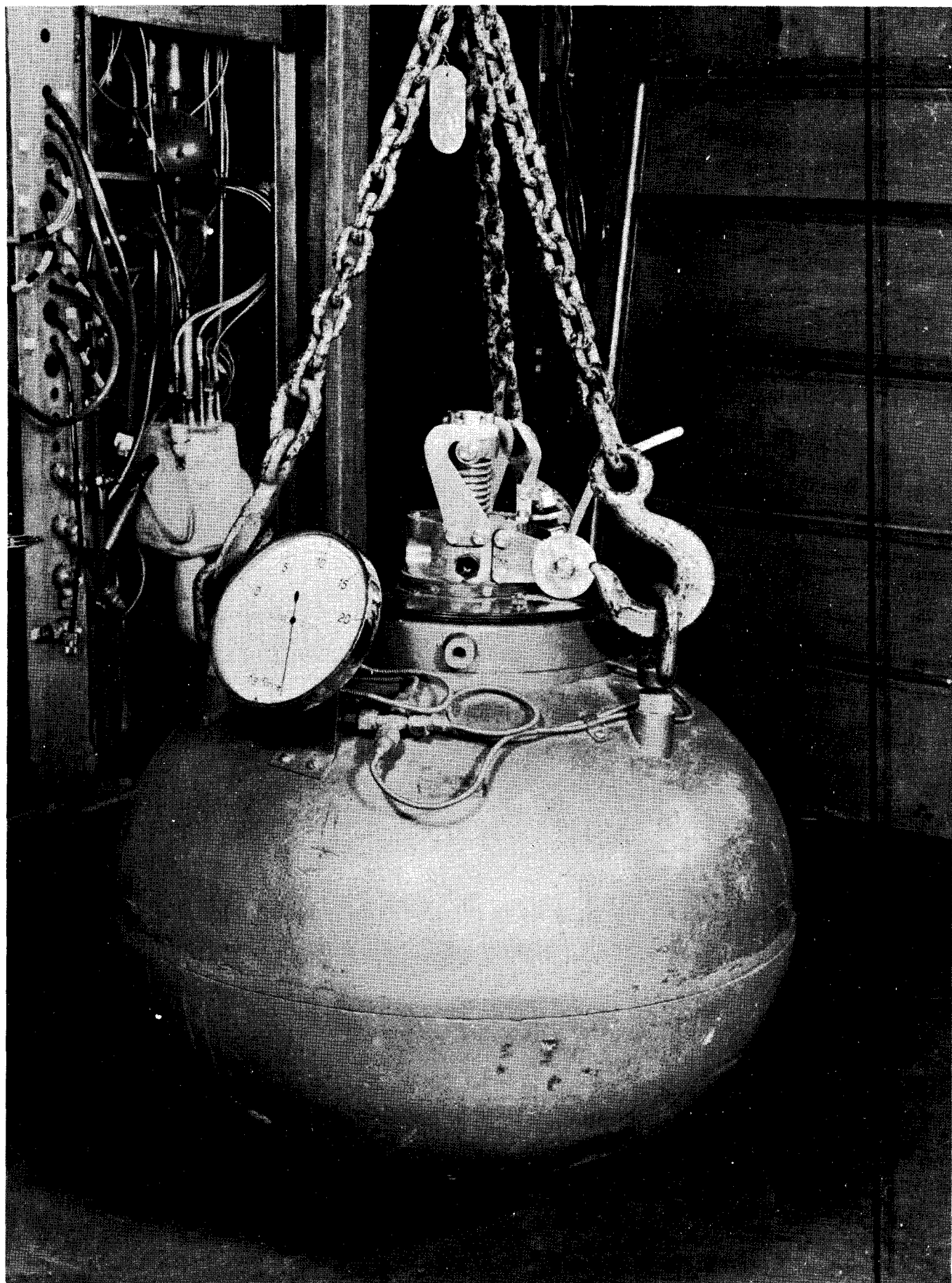
Caisson de confection des sources - en cours de montage



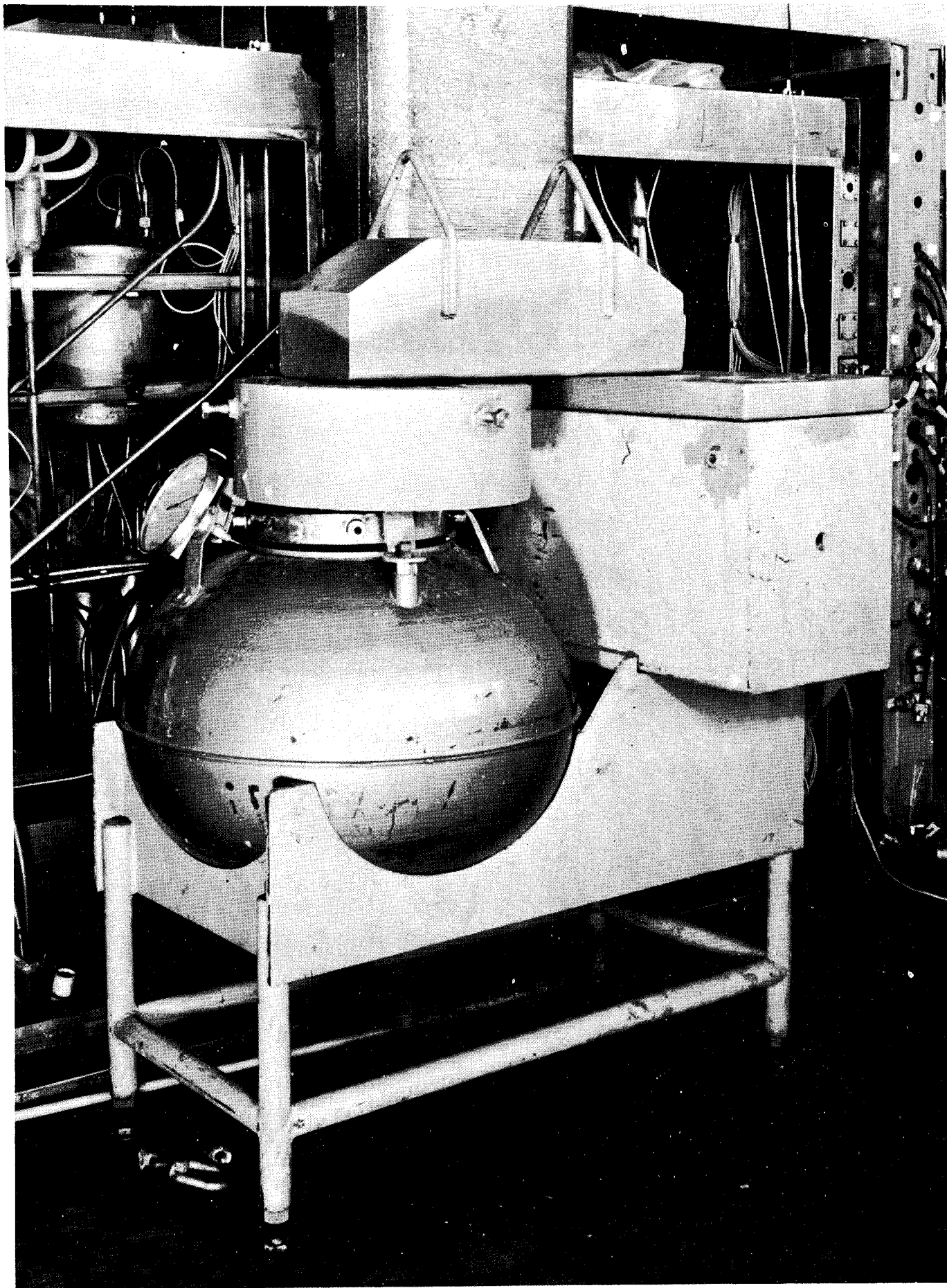
Caisson de confection des sources - Vue au travers du hublot Presse 10 tonnes



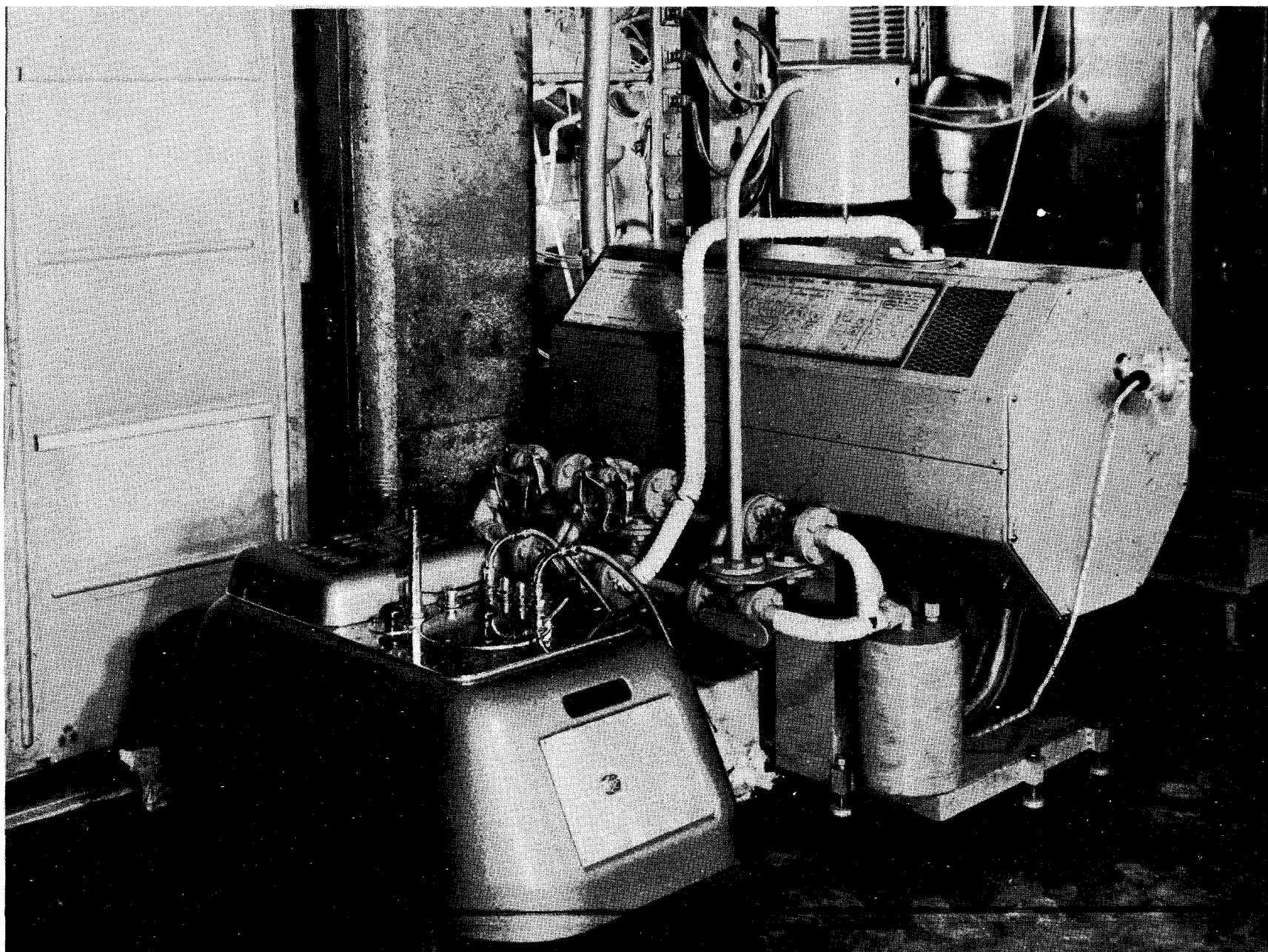
Caisson de confection des sources - Vue au travers du hublot Presse 13 tonnes



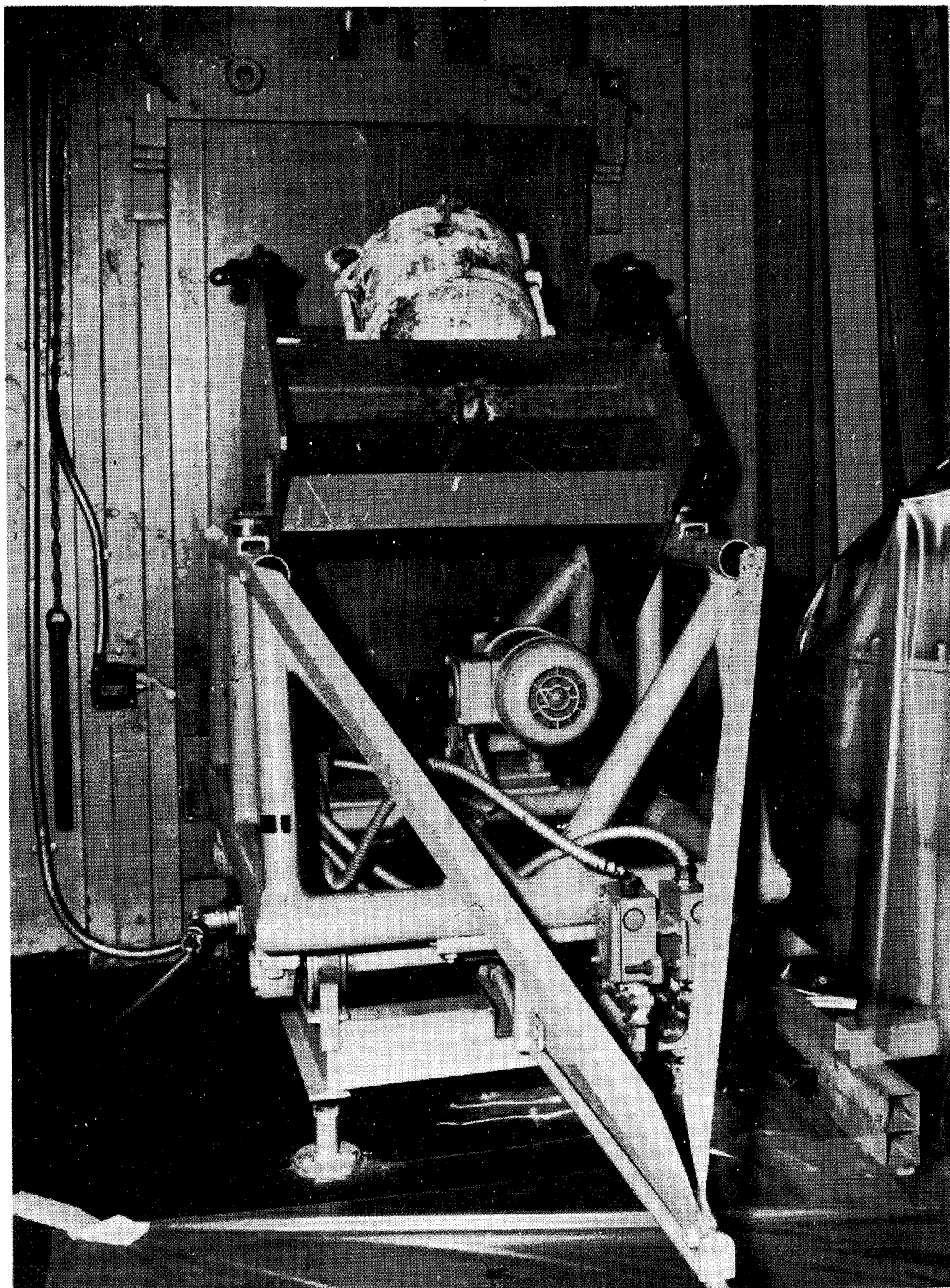
Réceptif de transport des produits de fission



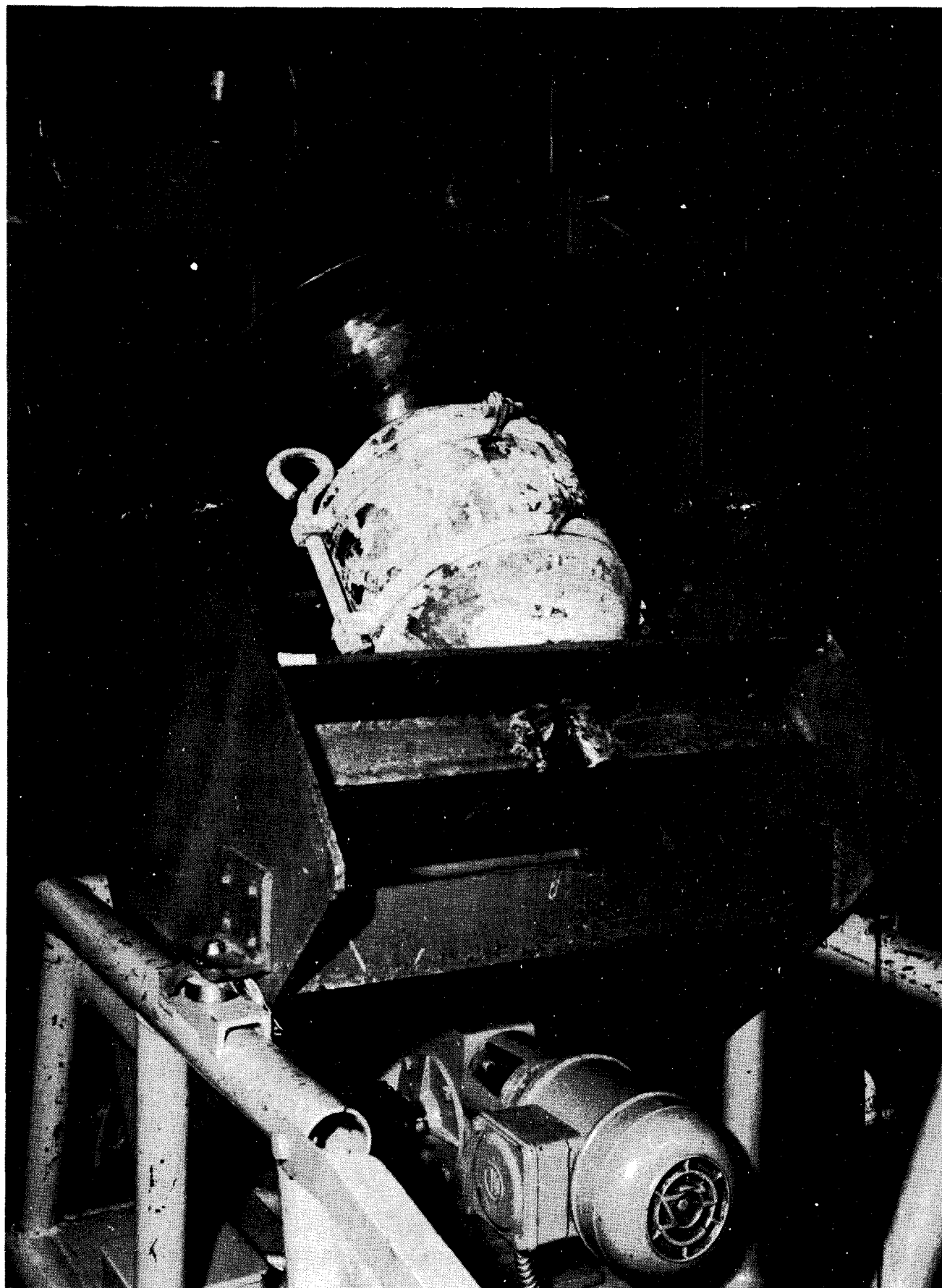
Pont de branchement du récipient de transport



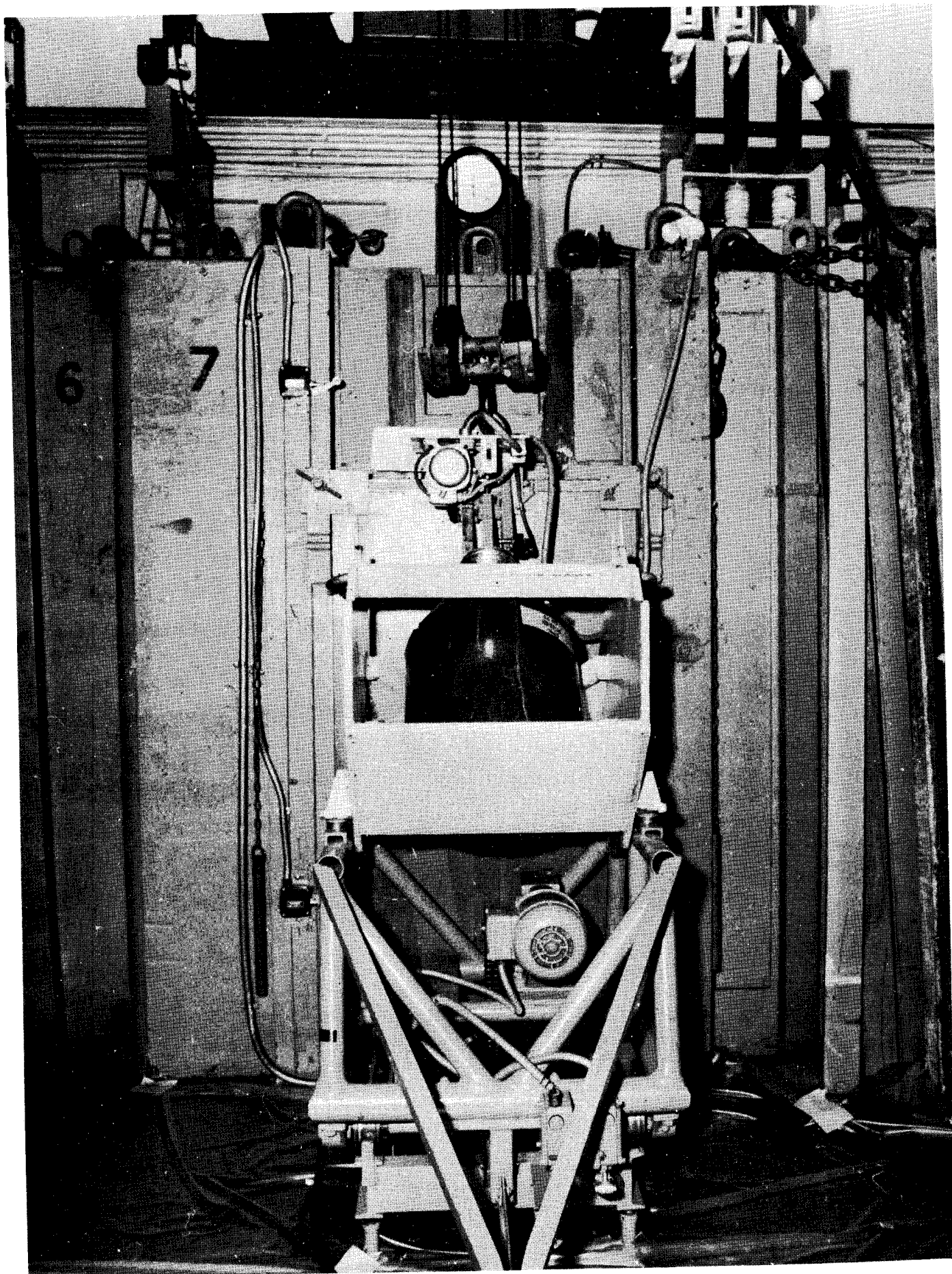
Groupe de chauffage et thermostat pour la distillation et la mise à sec



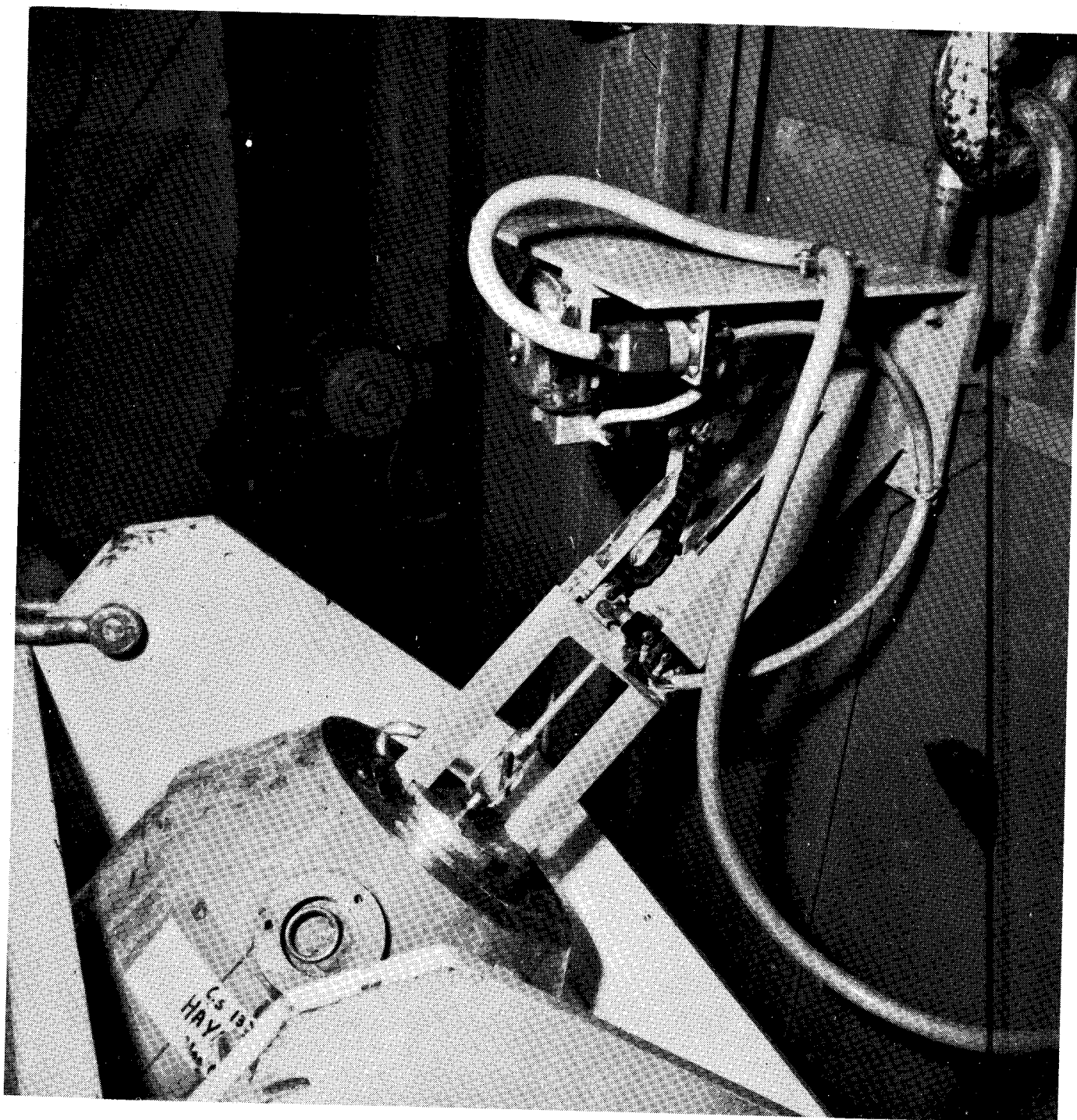
Dispositif de transfert des sources scellés



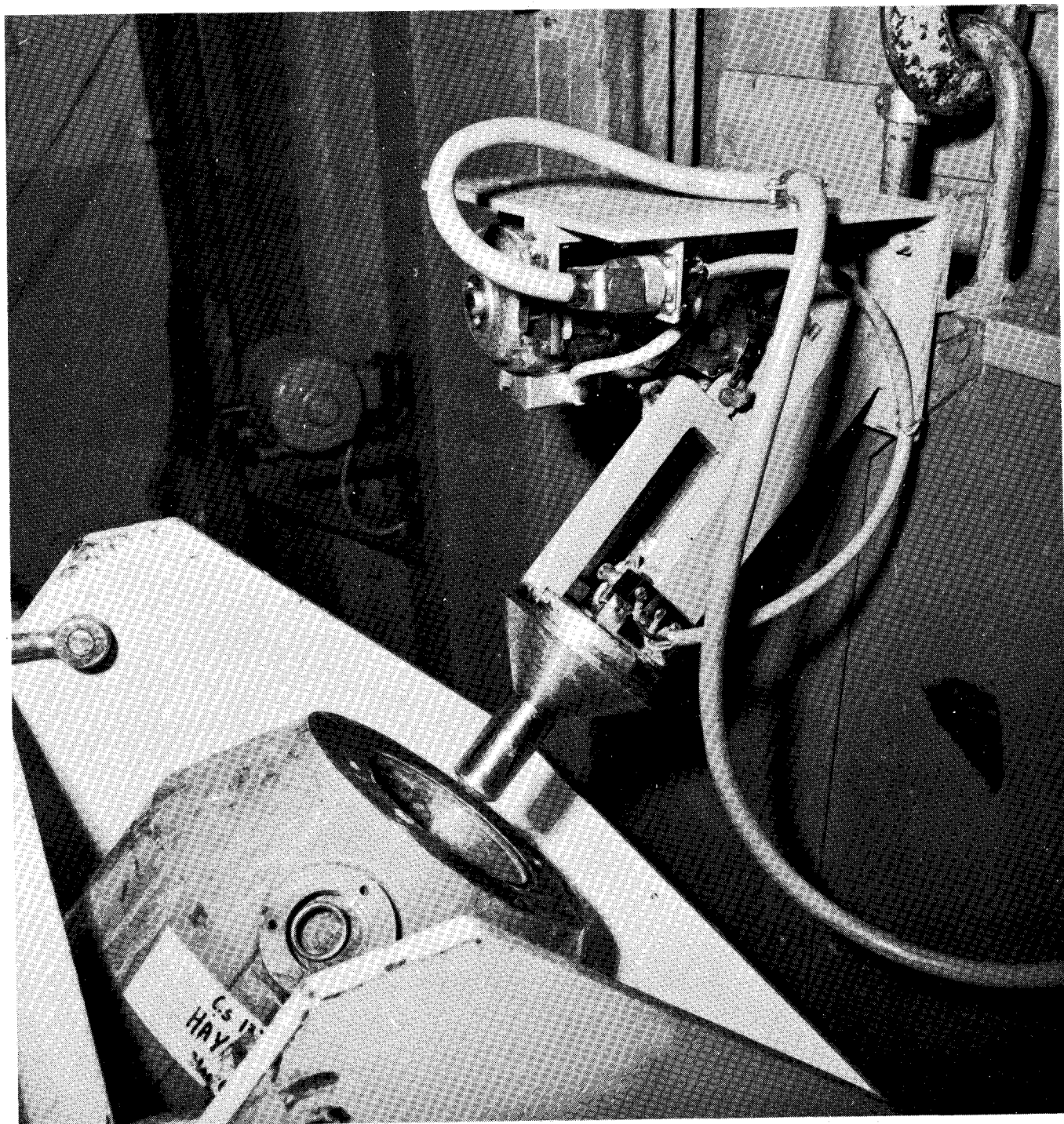
Dispositif de transfert des sources scellés - Détail



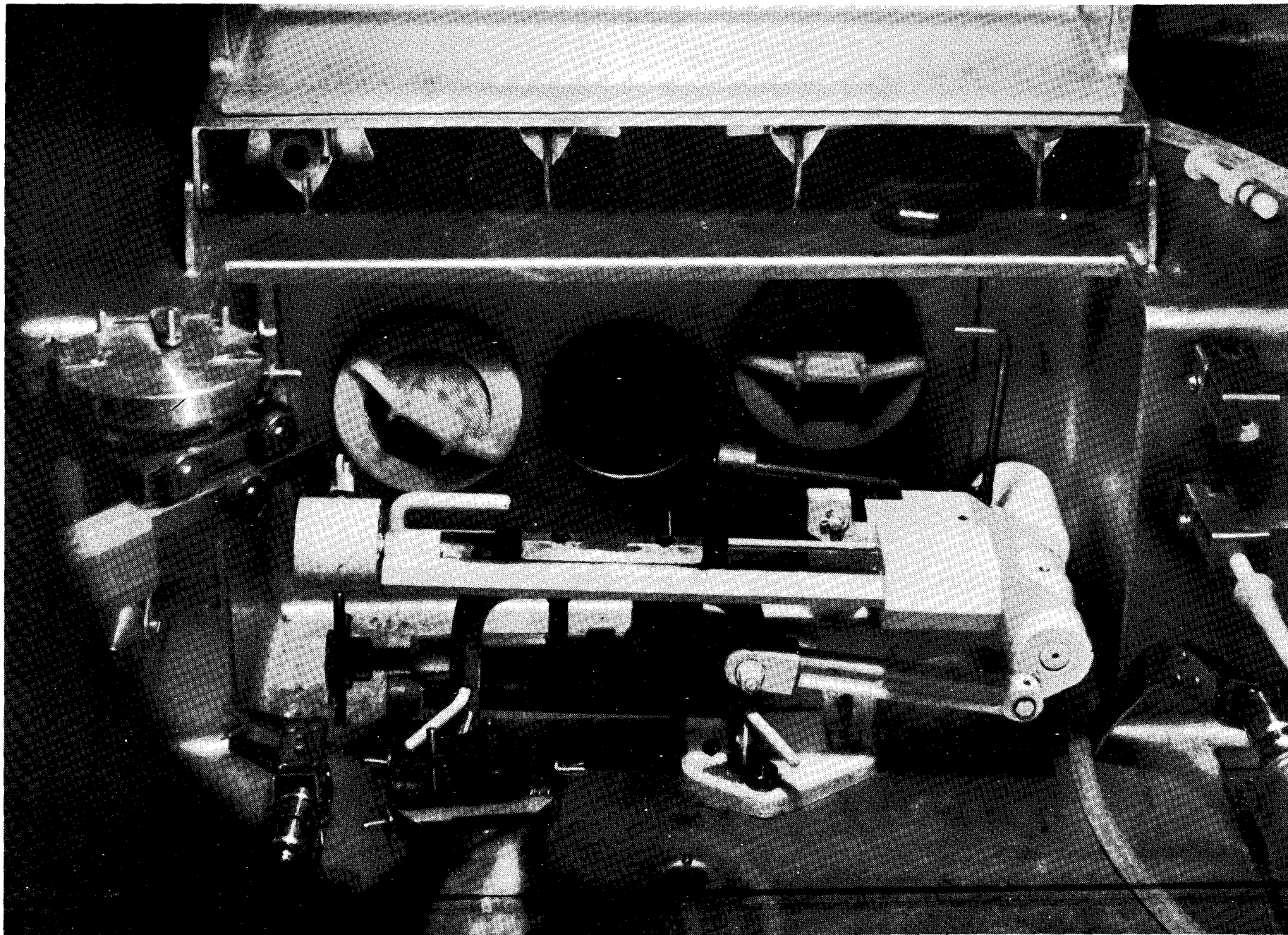
Dispositif d'introduction des conteneurs de transport



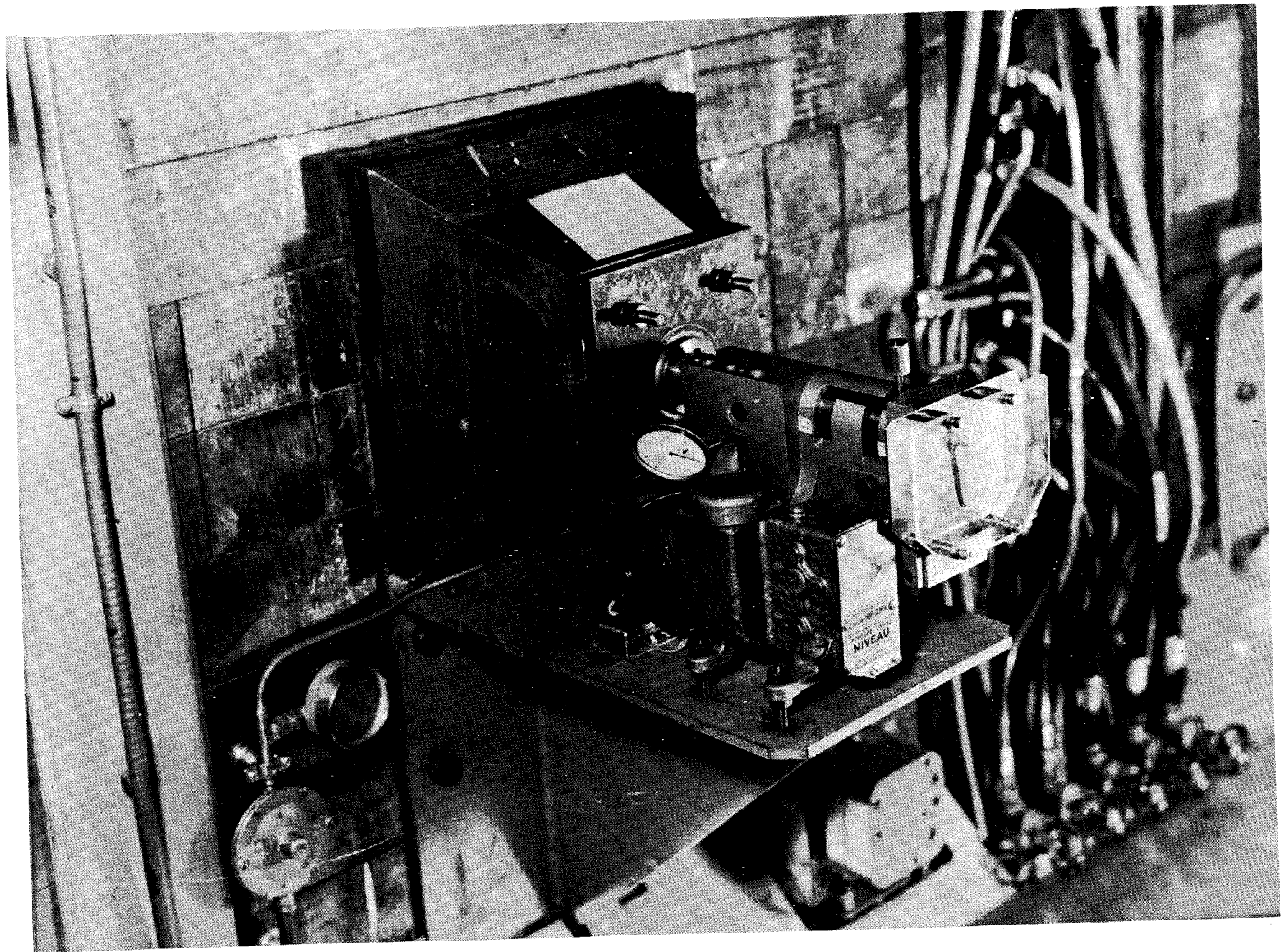
Dispositif d'ouverture du conteneur de transport



Ouverture du conteneur de transport



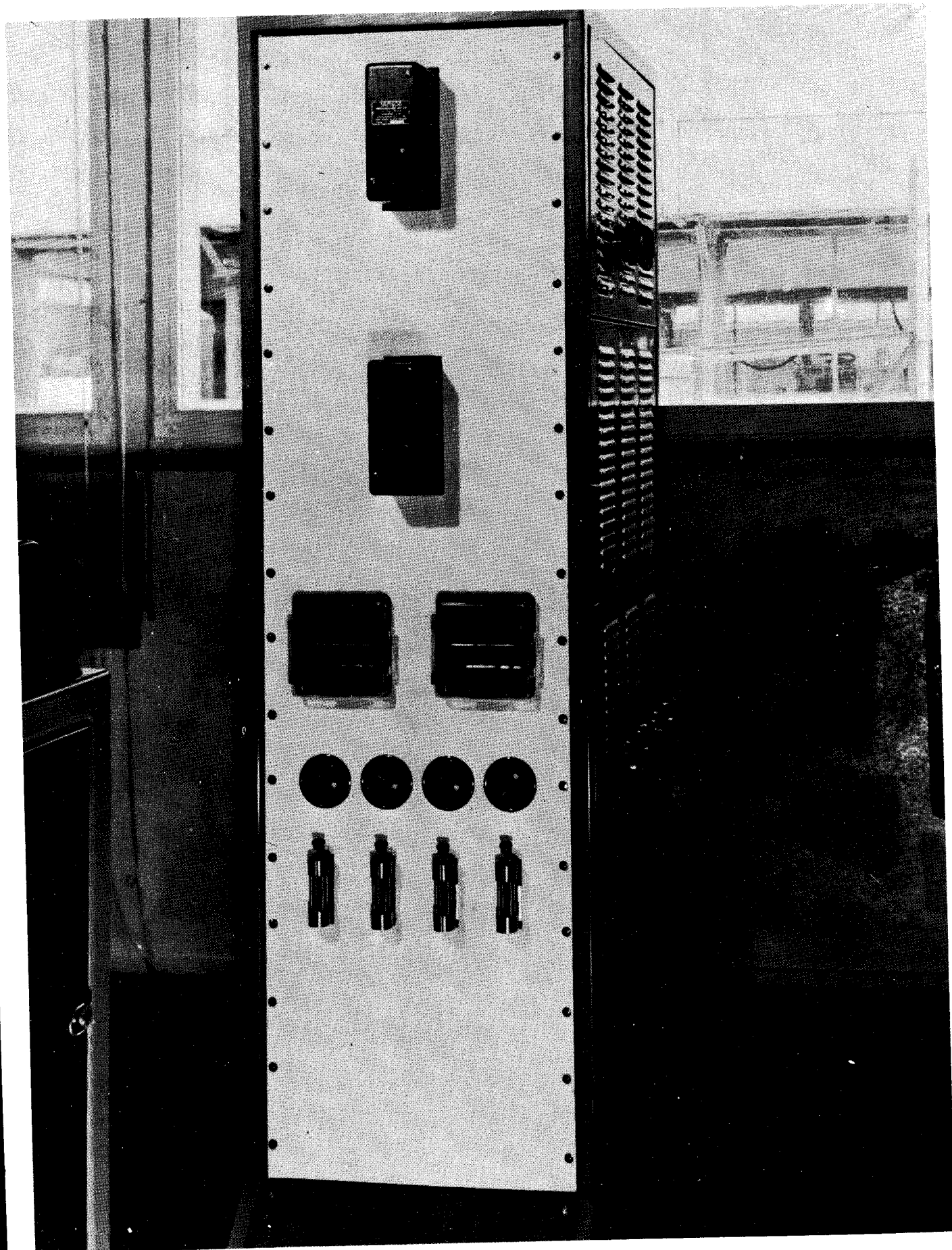
Scie alternative télécommandée



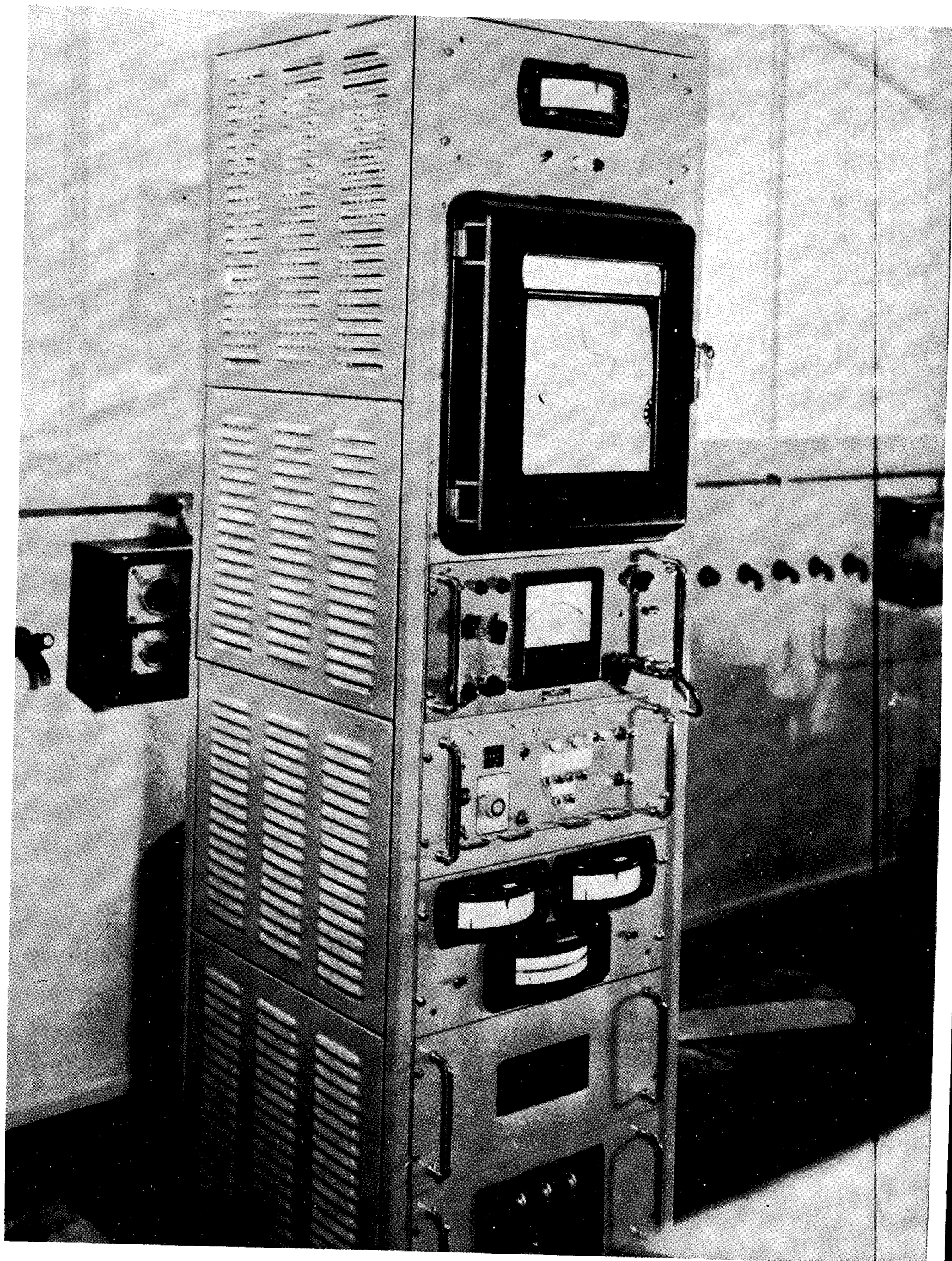
Boite de vitesses de commande du précipitateur - mélangeur



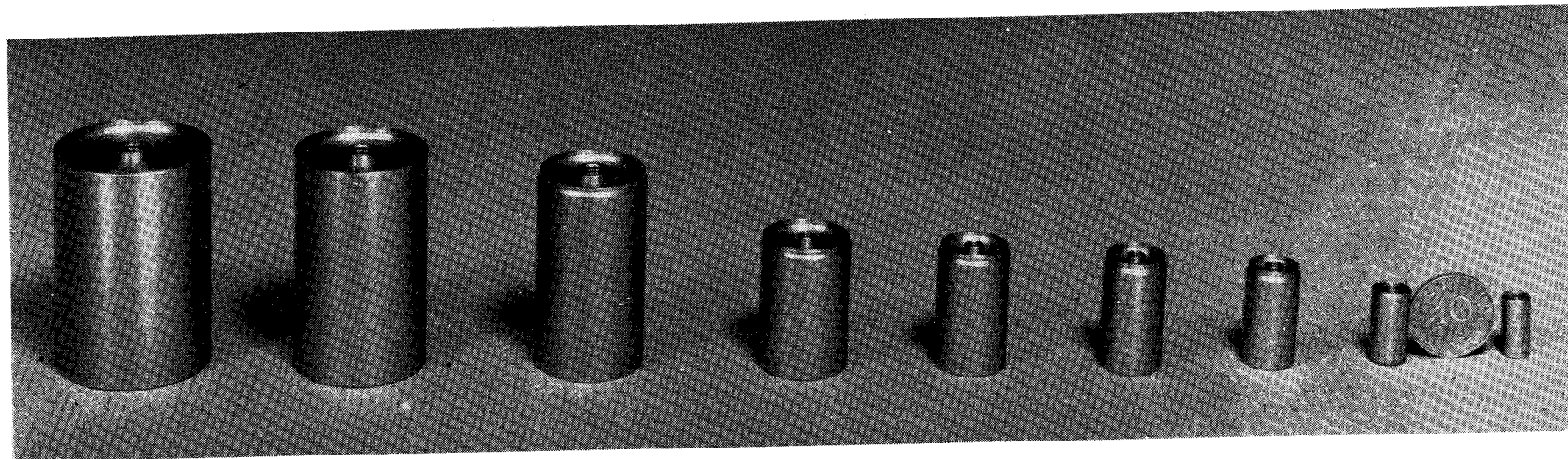
Pupitre général de télécommande



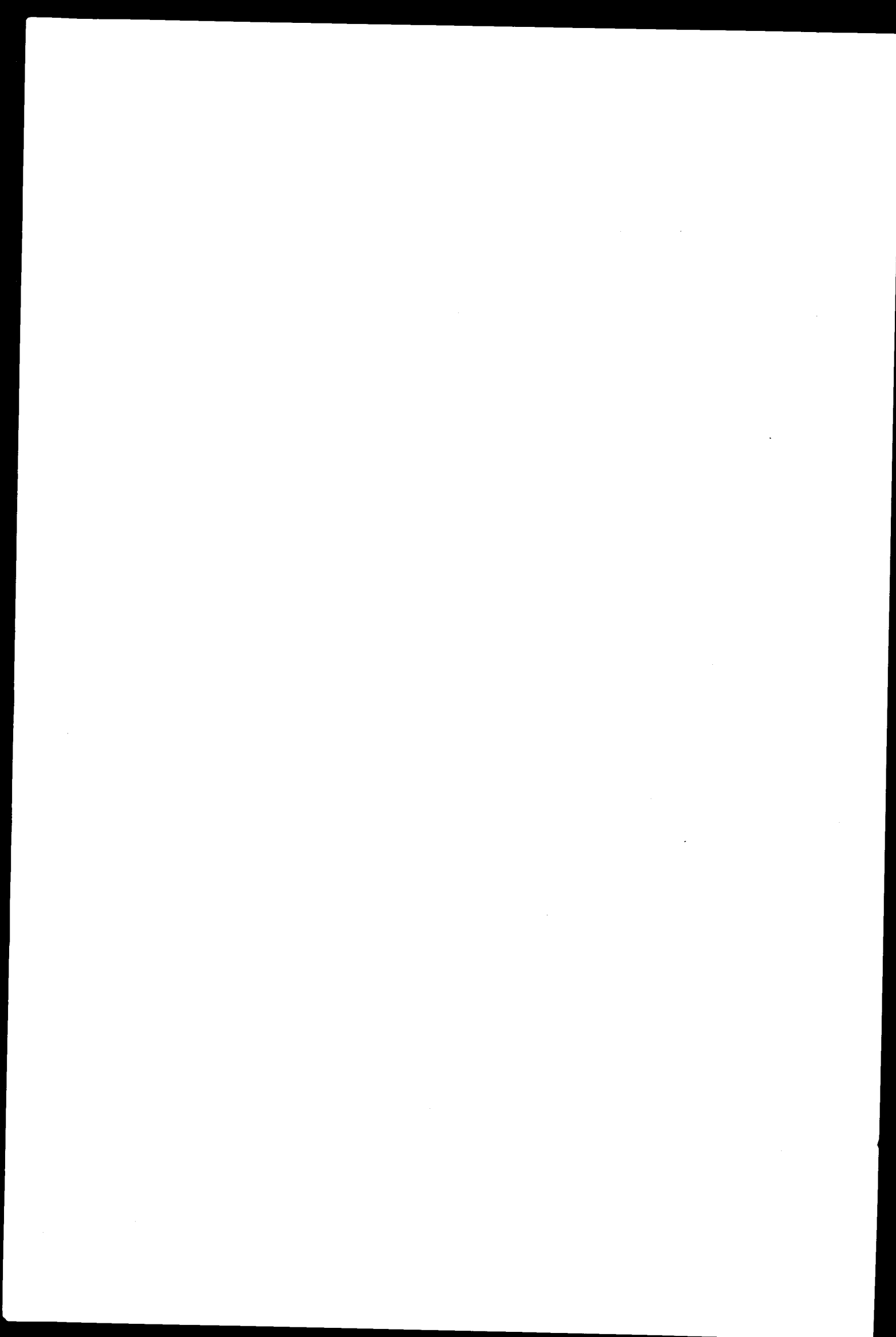
Pupitre des contrôles pneumatiques : niveaux et densités



Pupitre de commande et d'enregistrement pour four,
neutralisation, mise à sec et chauffage



Sources scellées standard de caesium 137



T a b l e 1

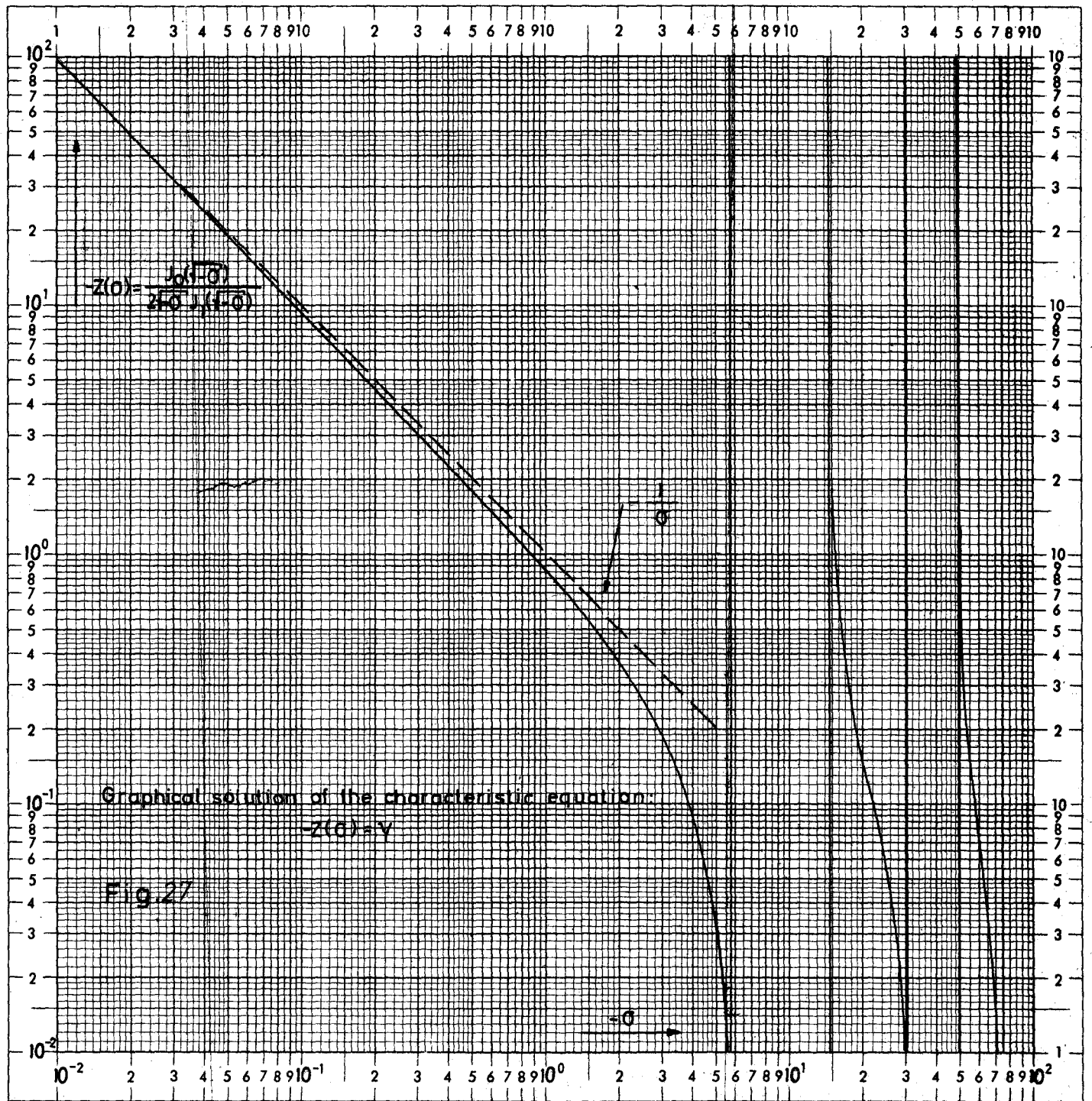
Relationship between the zeros " σ_n " and the normalized zeros " $\bar{\sigma}_n$ " of
the characteristic equation

$$\sigma_n = b_n + (a_n - b_n) \bar{\sigma}_n$$

$\sqrt{a_n}$ = n-th zero of the Bessel function J_0

$\sqrt{b_n}$ = n-th zero of the Bessel function J_1

n	a_n	b_n
1	5.783062	0
2	30.471504	14.681925
3	74.886523	49.218643
4	139.03947	103.50010
5	222.93177	177.52093
6	326.56465	271.28066
7	449.93197	384.78353
8	593.04425	518.02215
9	755.89254	671.00167
10	938.47872	843.71659
11	1140.8046	1036.1767
12	1362.8722	1248.3714
13	1604.6754	1480.3102
14	1866.2227	1731.9830
15	2147.5068	2003.3949
16	2449.5277	2294.5537
17	2769.2959	2605.4389
18	3109.7909	2936.0792
19	3470.0346	3286.4422
20	3850.0163	3656.5604



Beide Achsen logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 50 mm

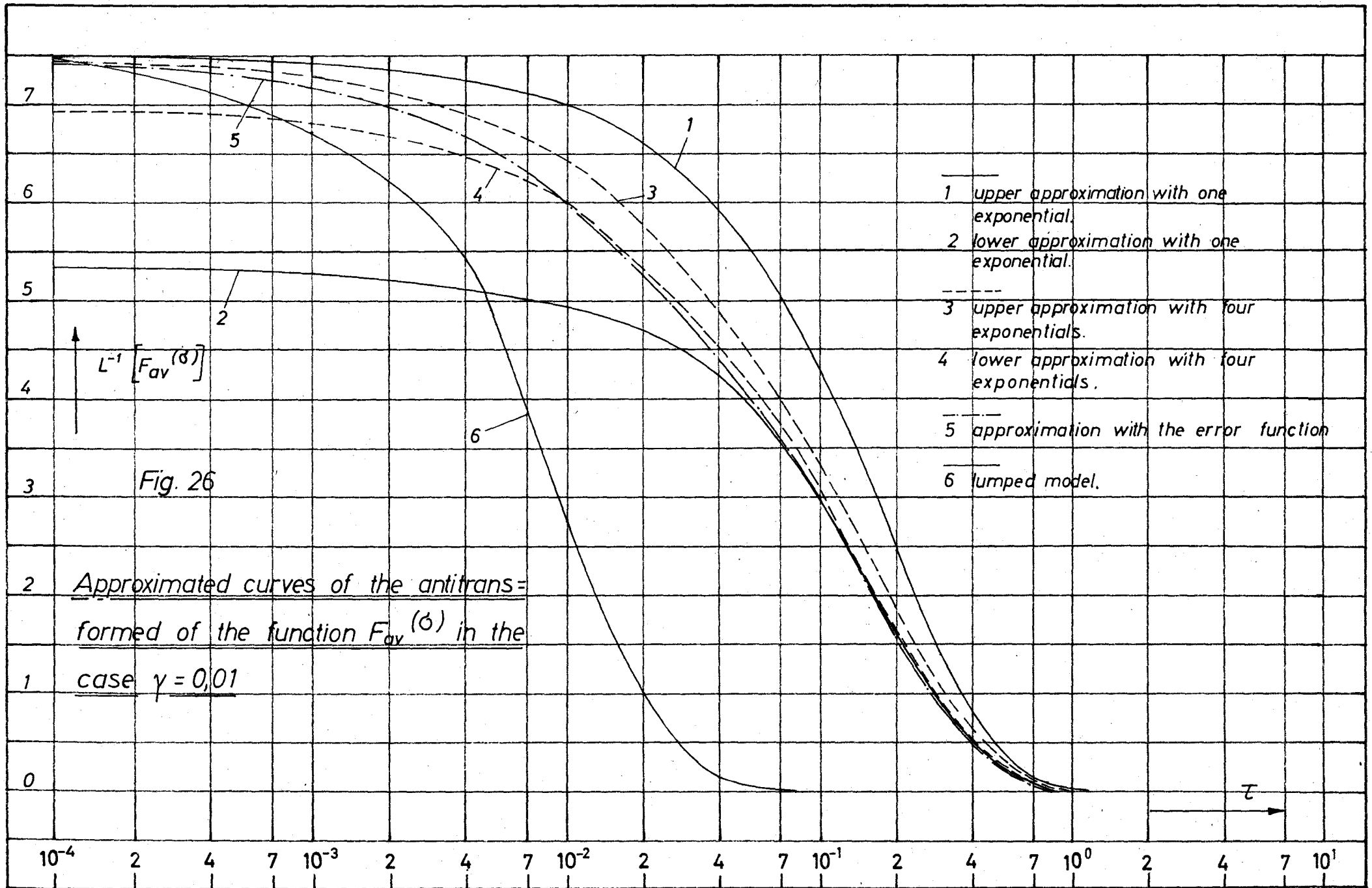
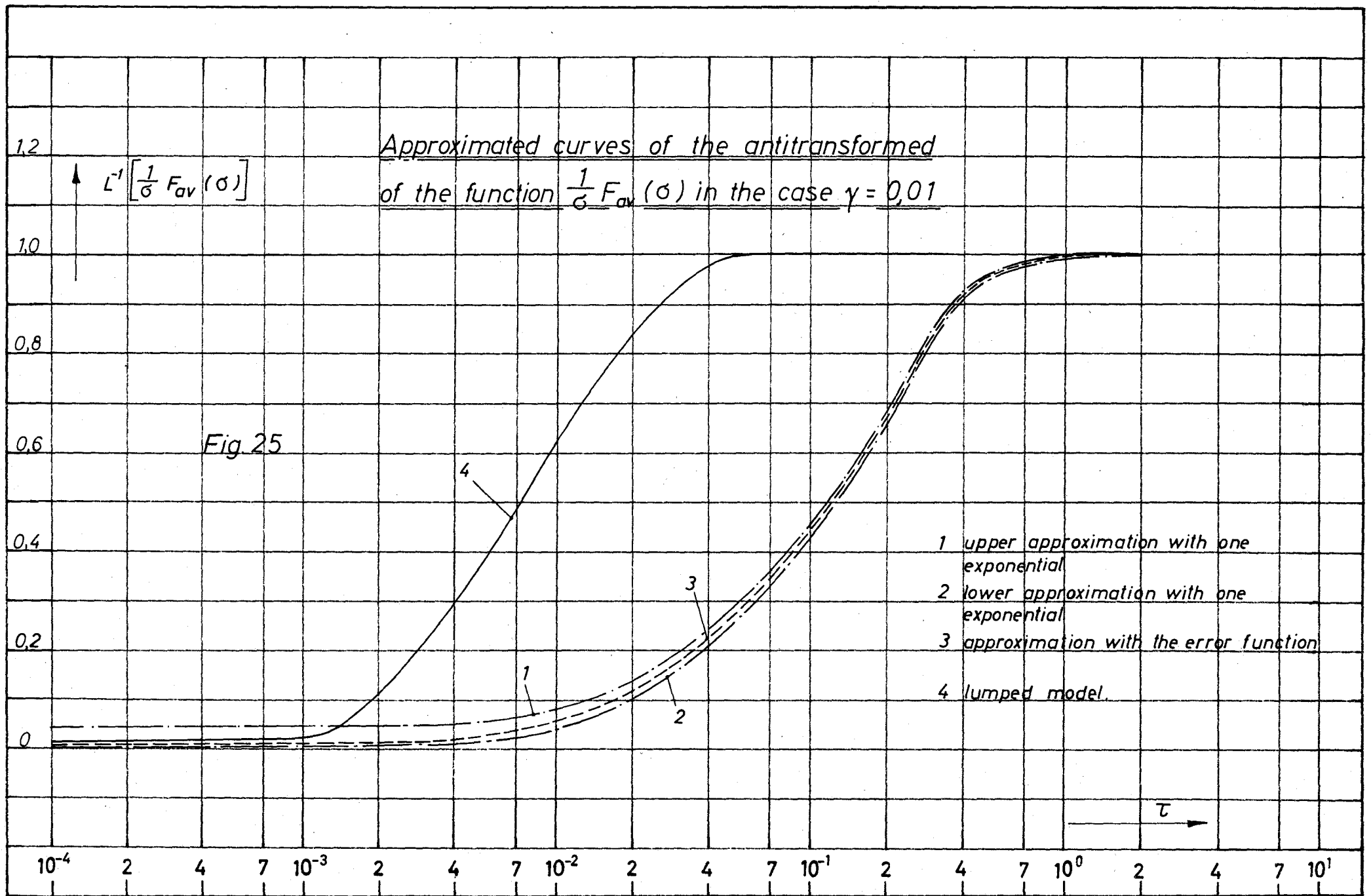


Fig. 26

2 Approximated curves of the antitrans-
formed of the function $F_{av}(\delta)$ in the
 1 case $\gamma = 0,01$

- 1 upper approximation with one exponential.
- 2 lower approximation with one exponential.
- 3 upper approximation with four exponentials.
- 4 lower approximation with four exponentials.
- 5 approximation with the error function
- 6 lumped model.



Approximated curves of the antitransformed
of the function $L' [F_{av}(\xi)]$ in the case $\gamma = 0,35$

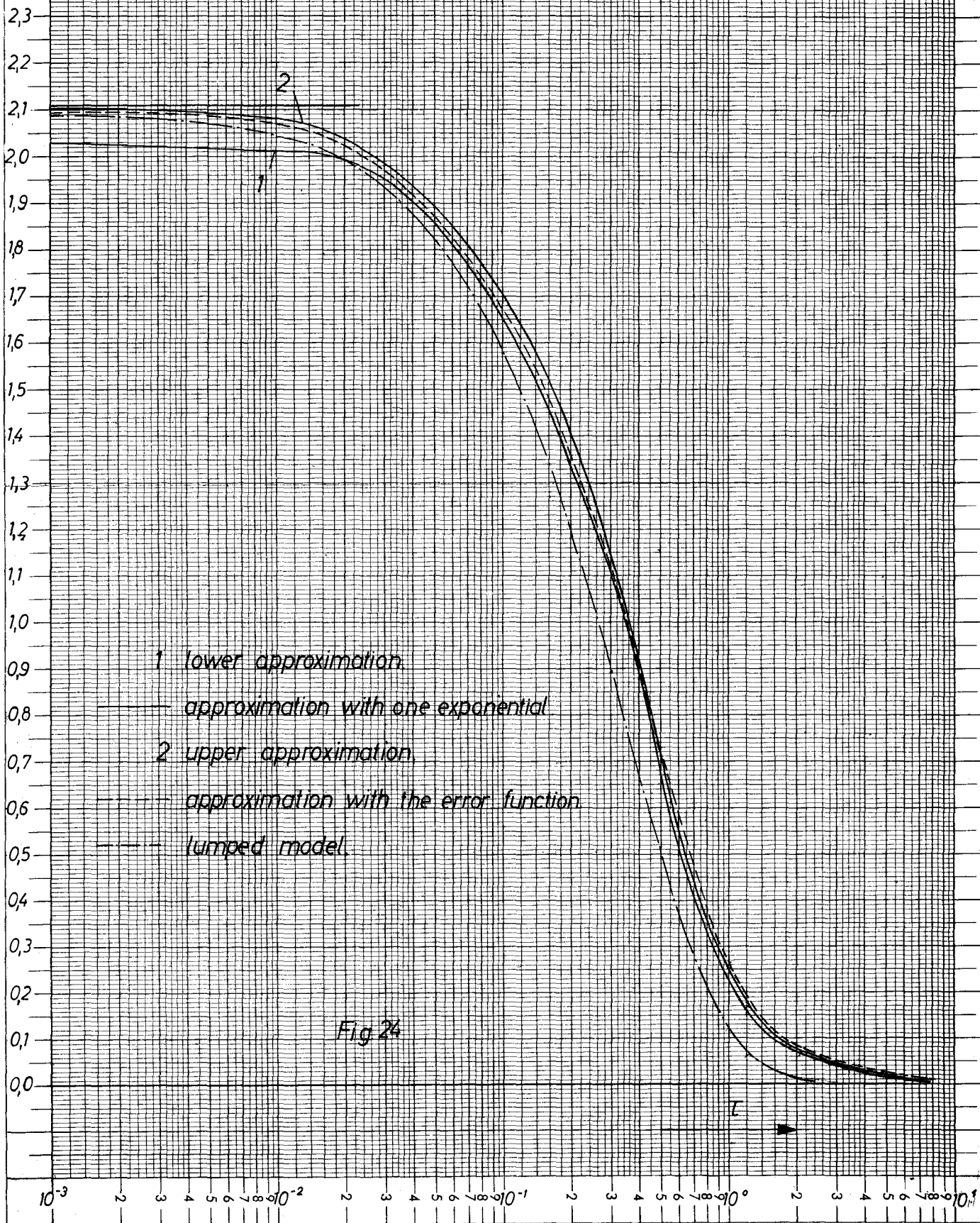
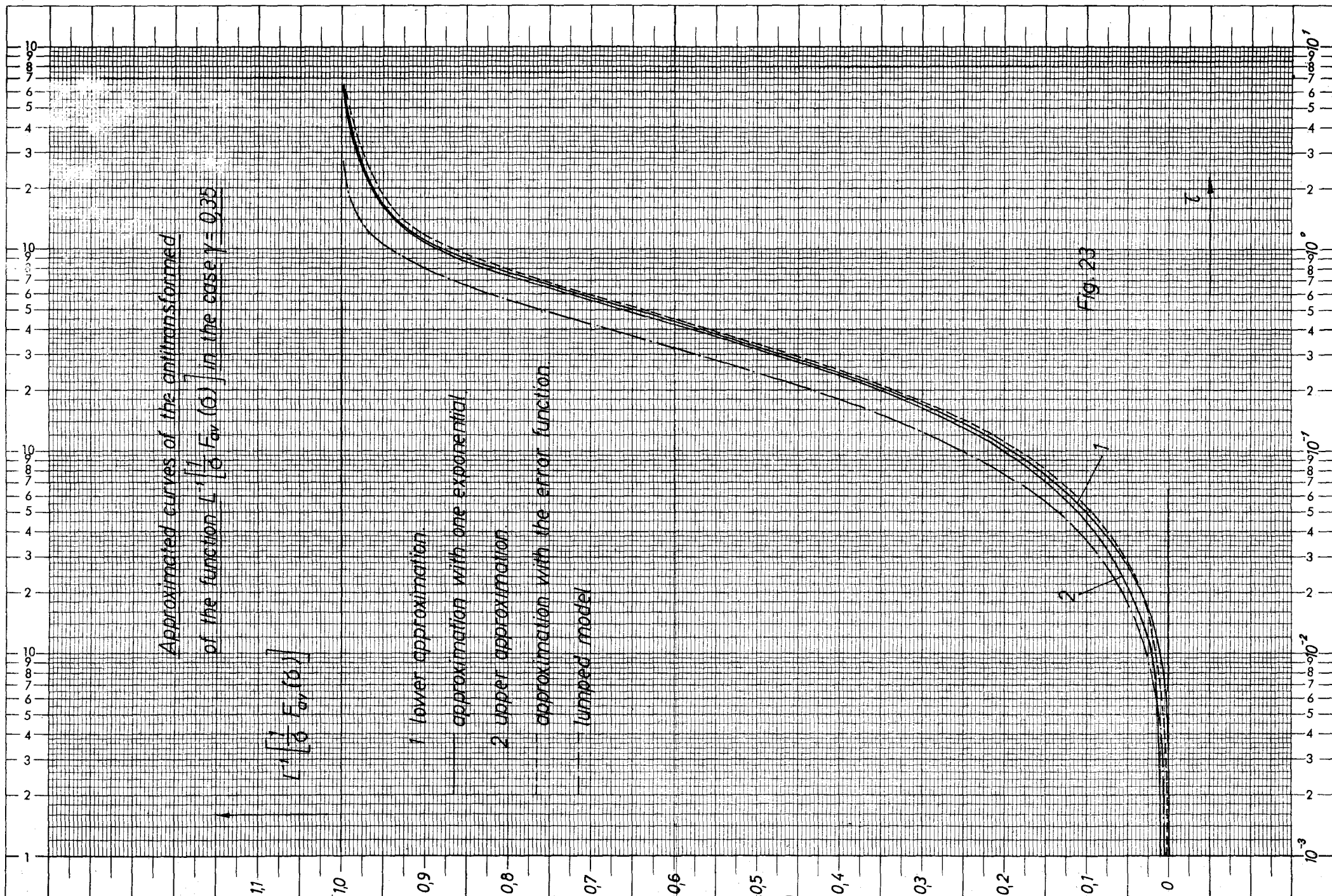
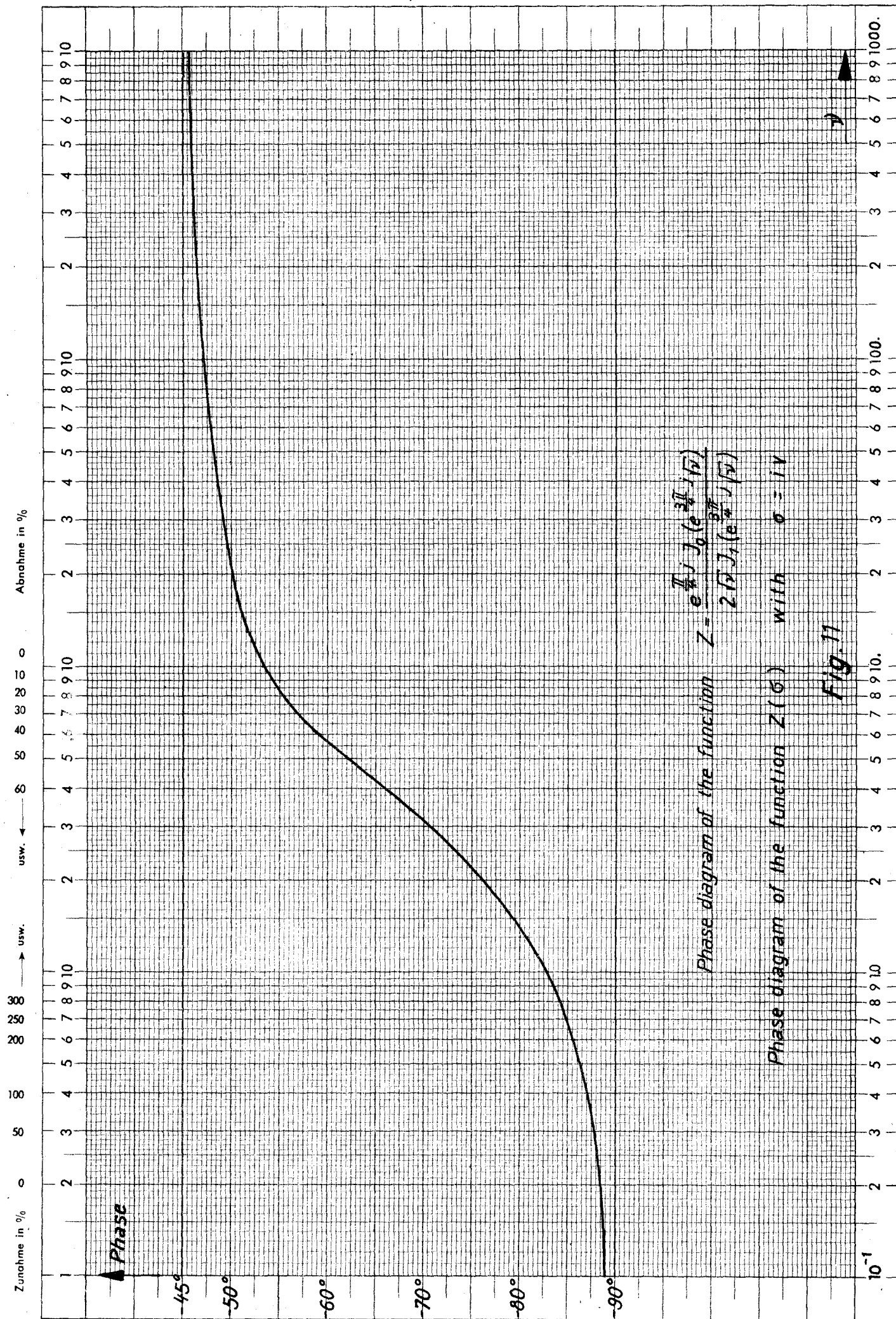


Fig 24

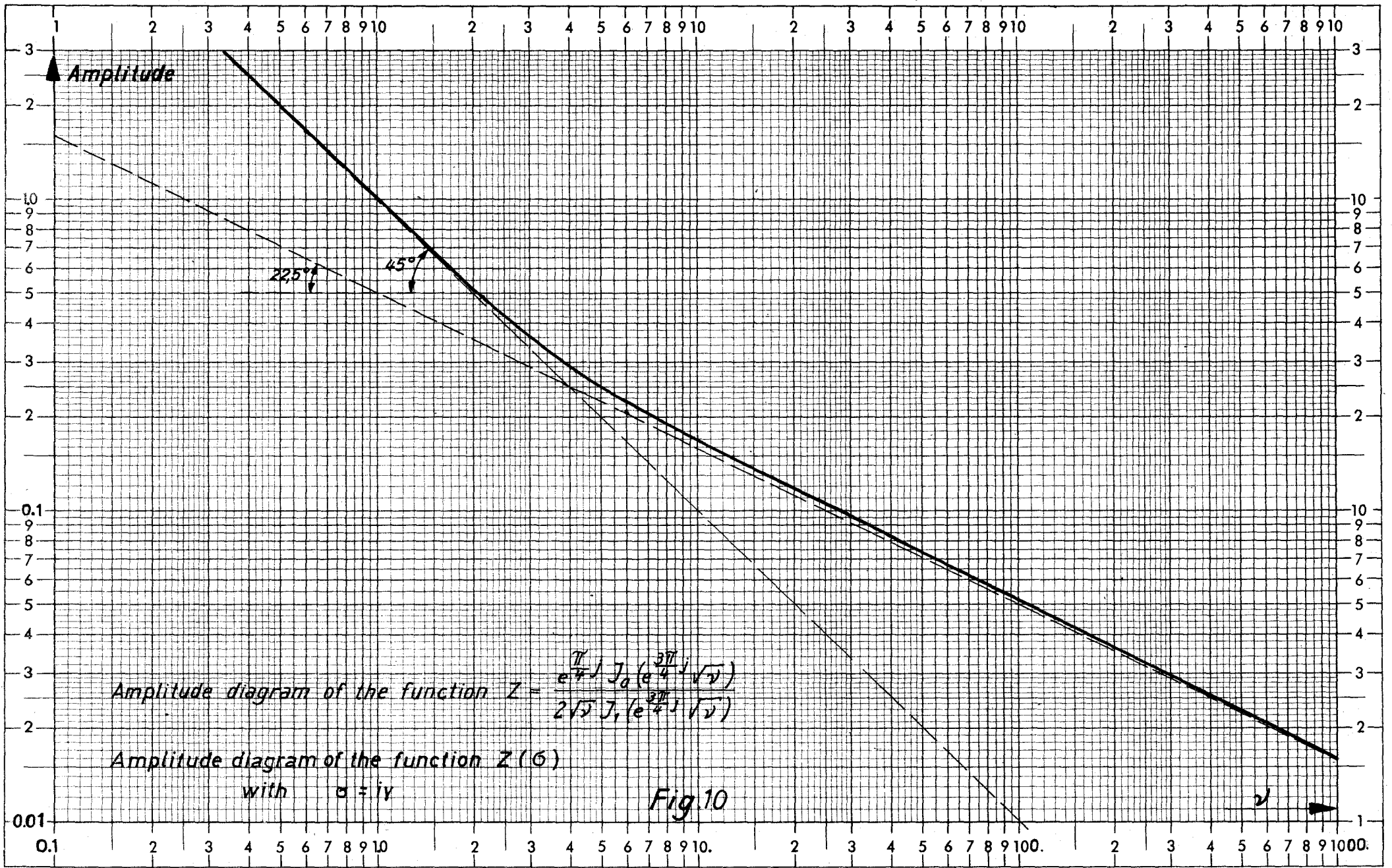
Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 50 mm, die andere linear in mm.



Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 50 mm, die andere linear in mm.



Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 10000, Einheit 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab



Beide Achsen logar. geteilt von 1 bis 10000 und 1 bis 300 Einheit 62,5 mm

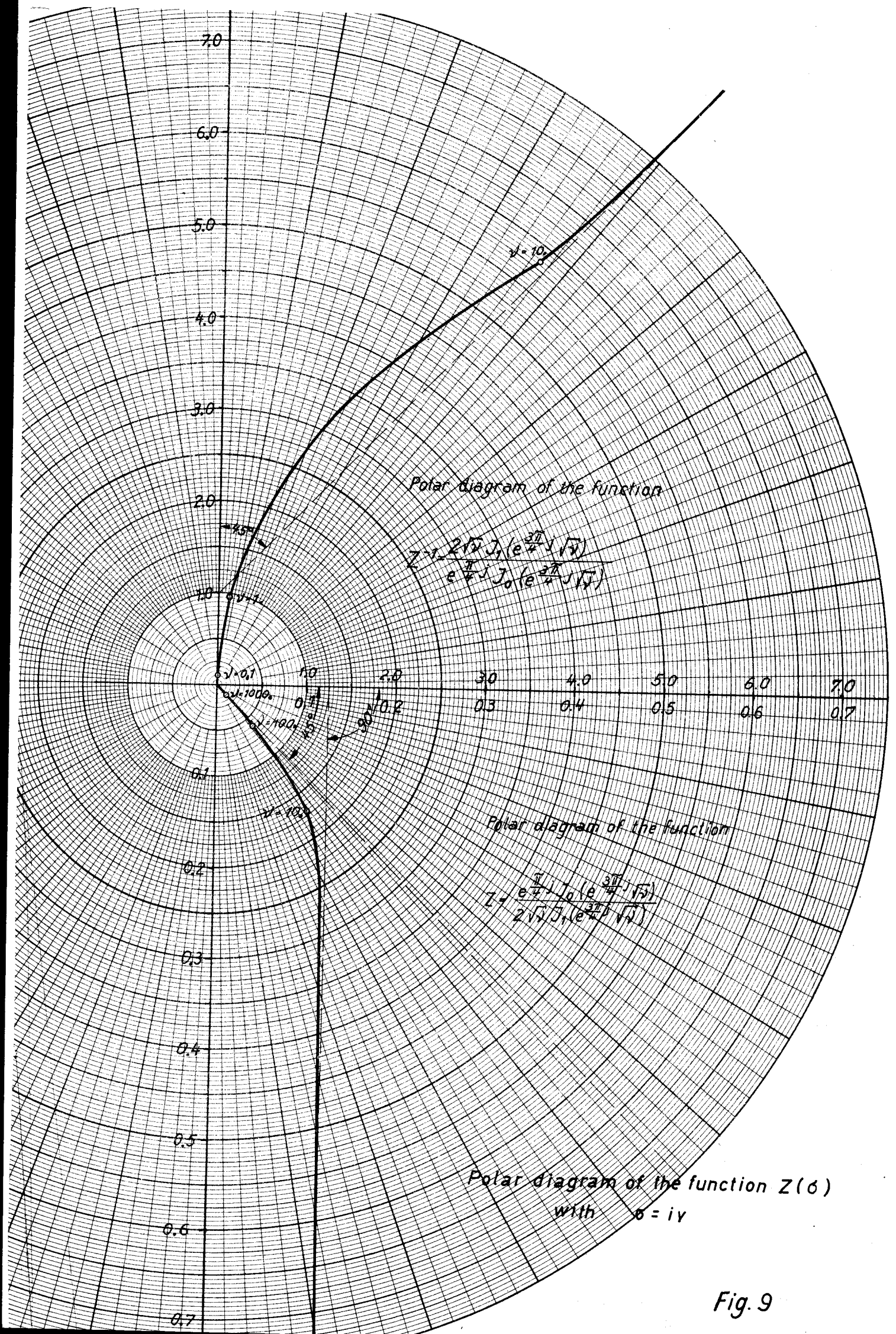


Fig. 9

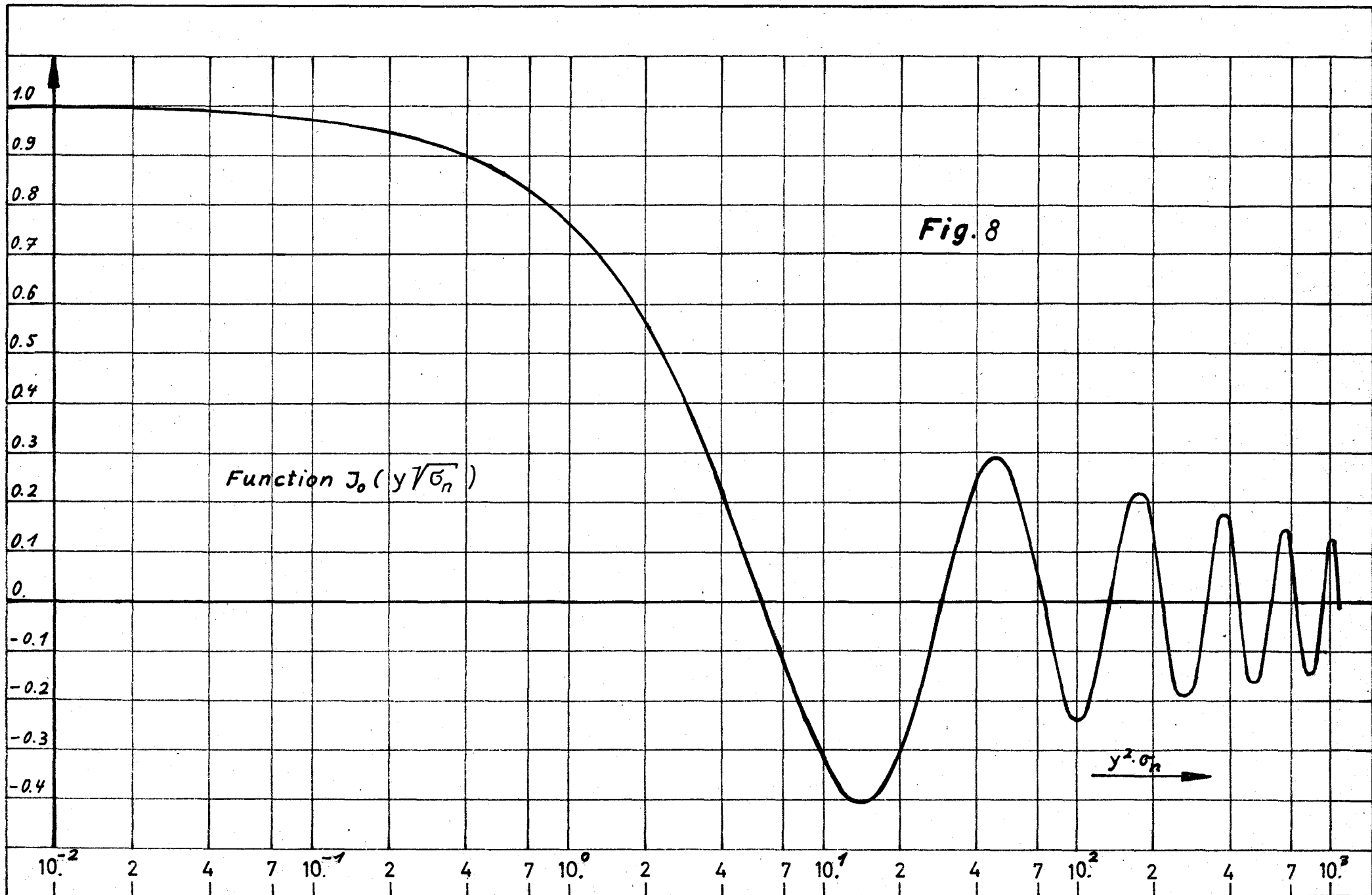
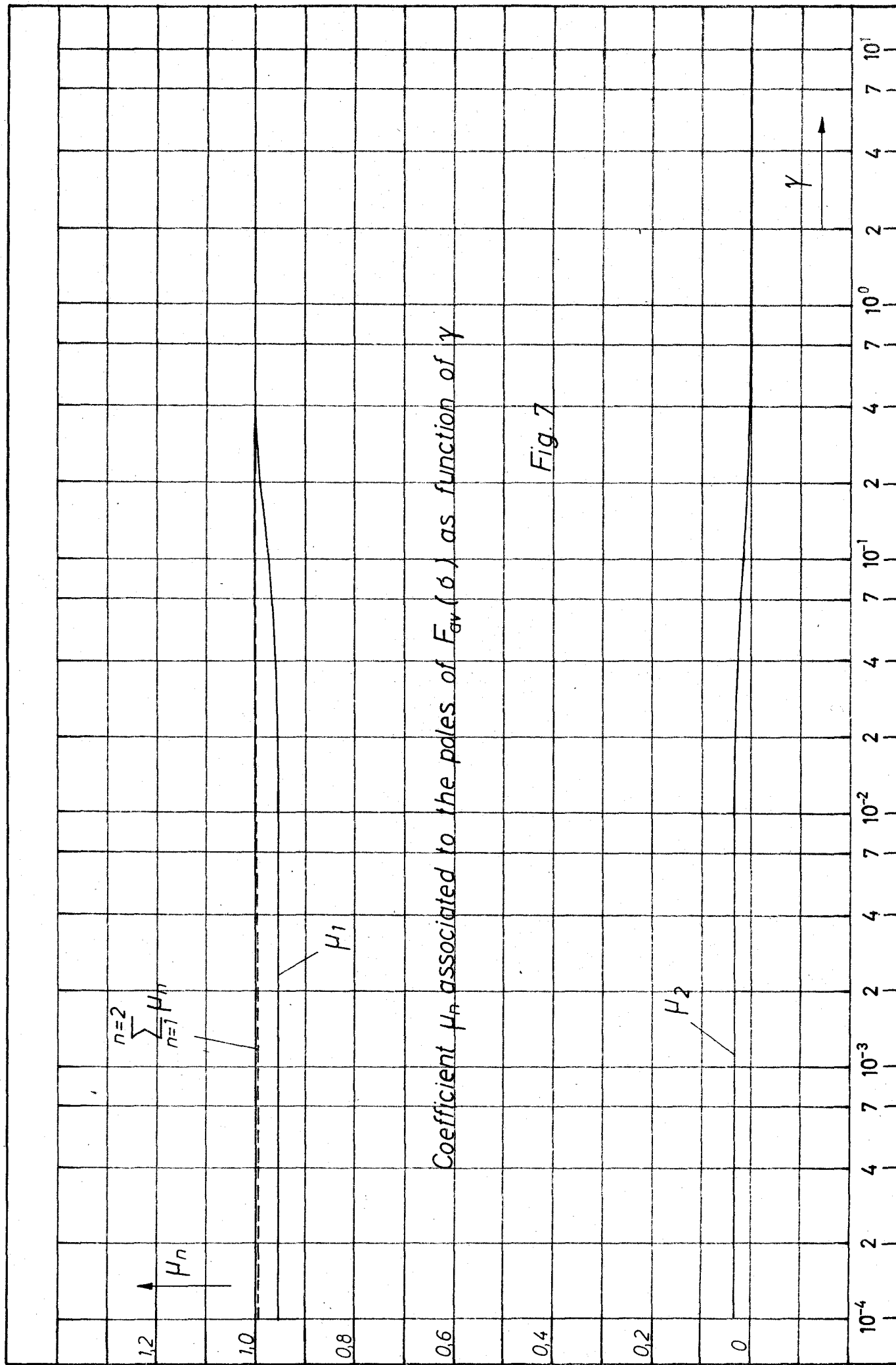


Fig. 8

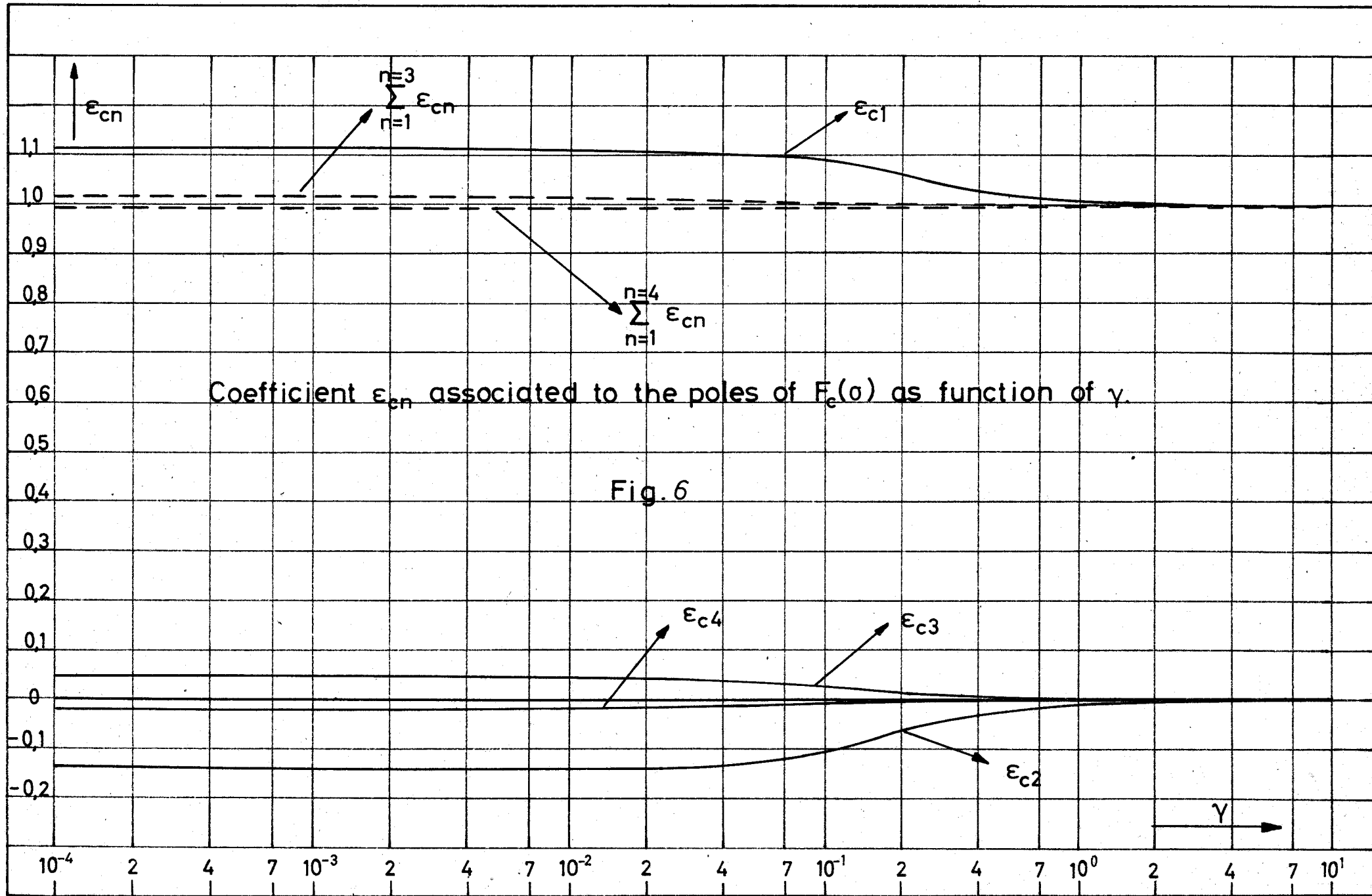
Function $J_0(y\sqrt{\sigma_n})$

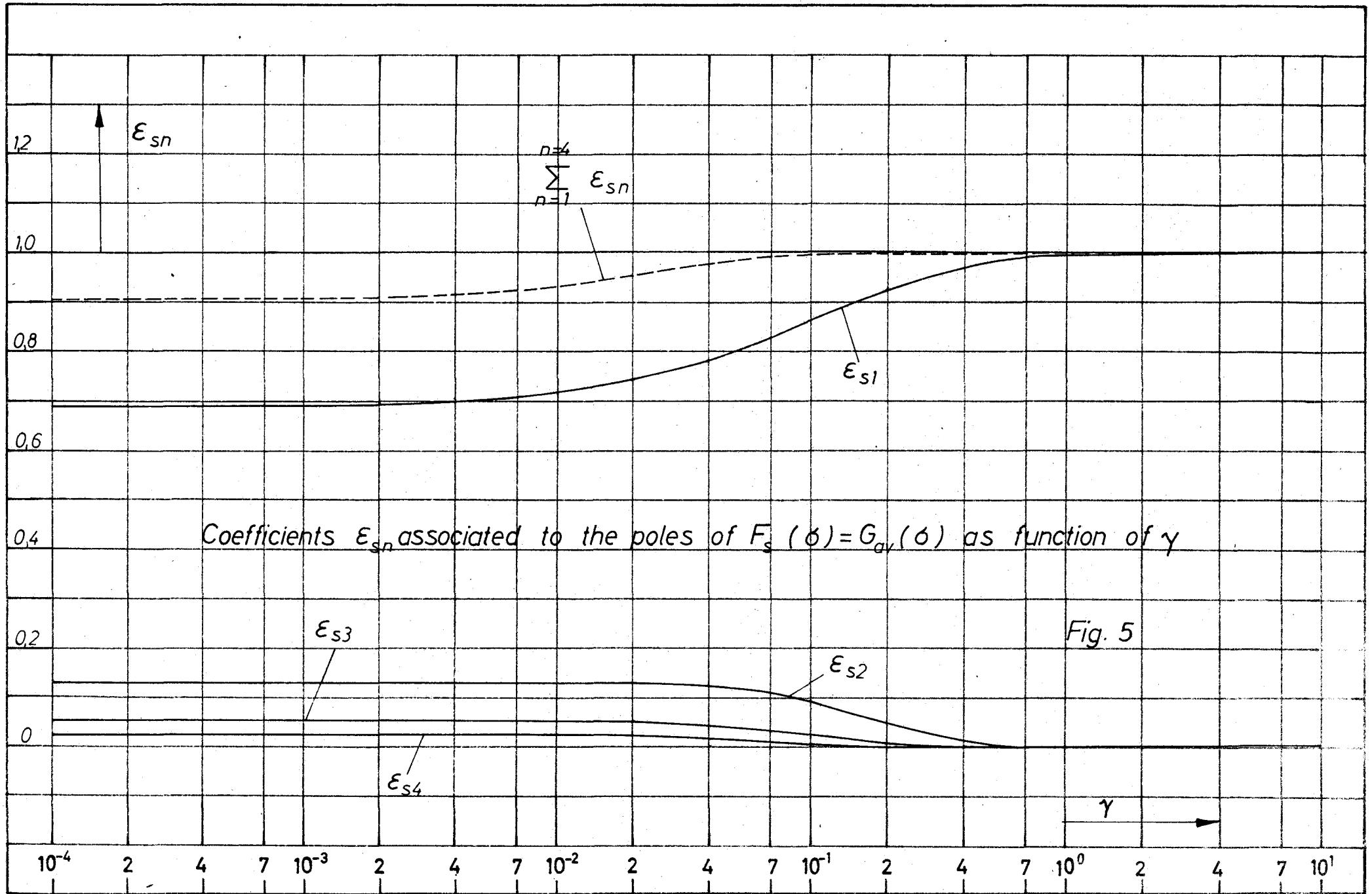
$y\sqrt{\sigma_n}$

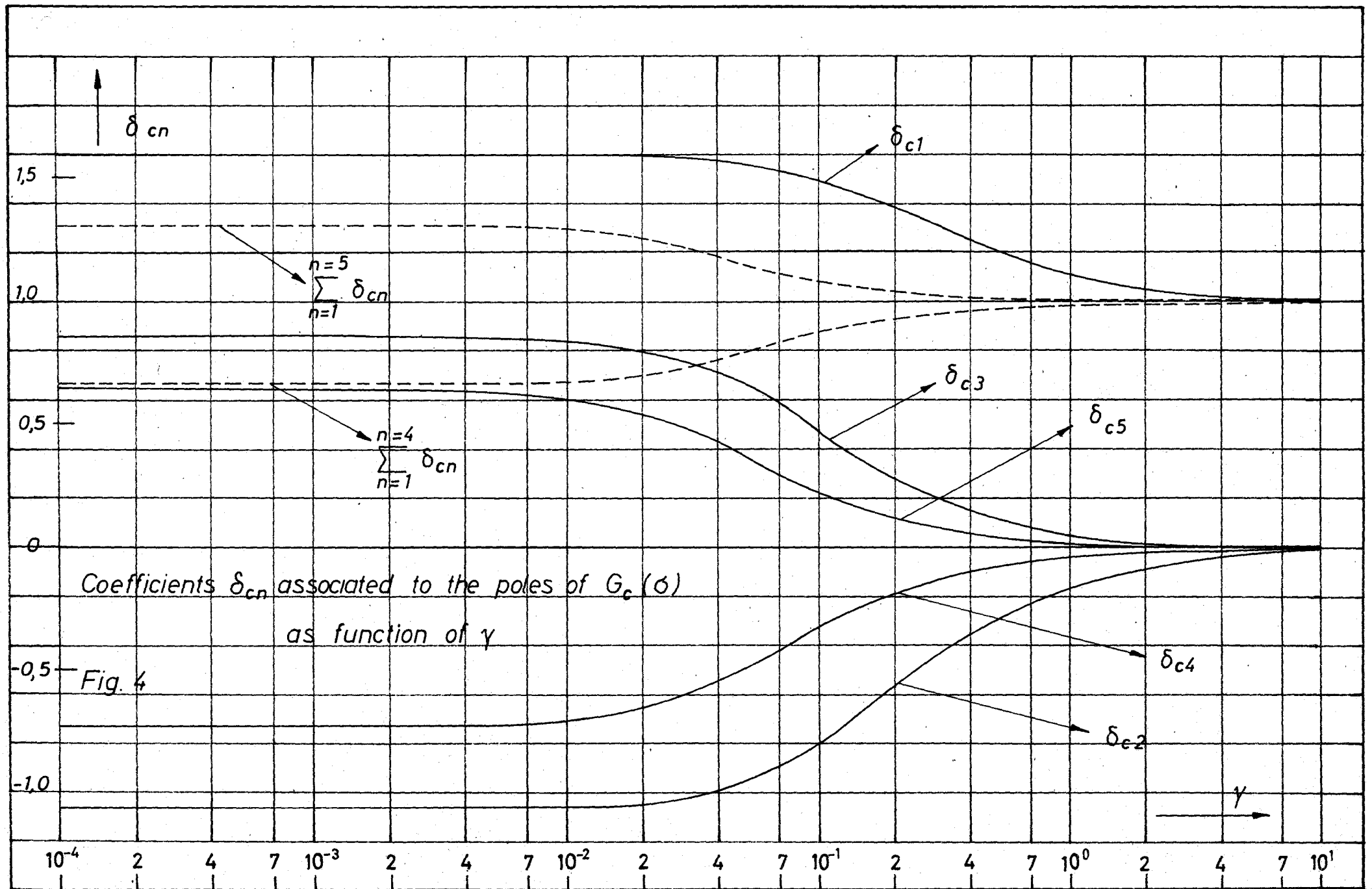


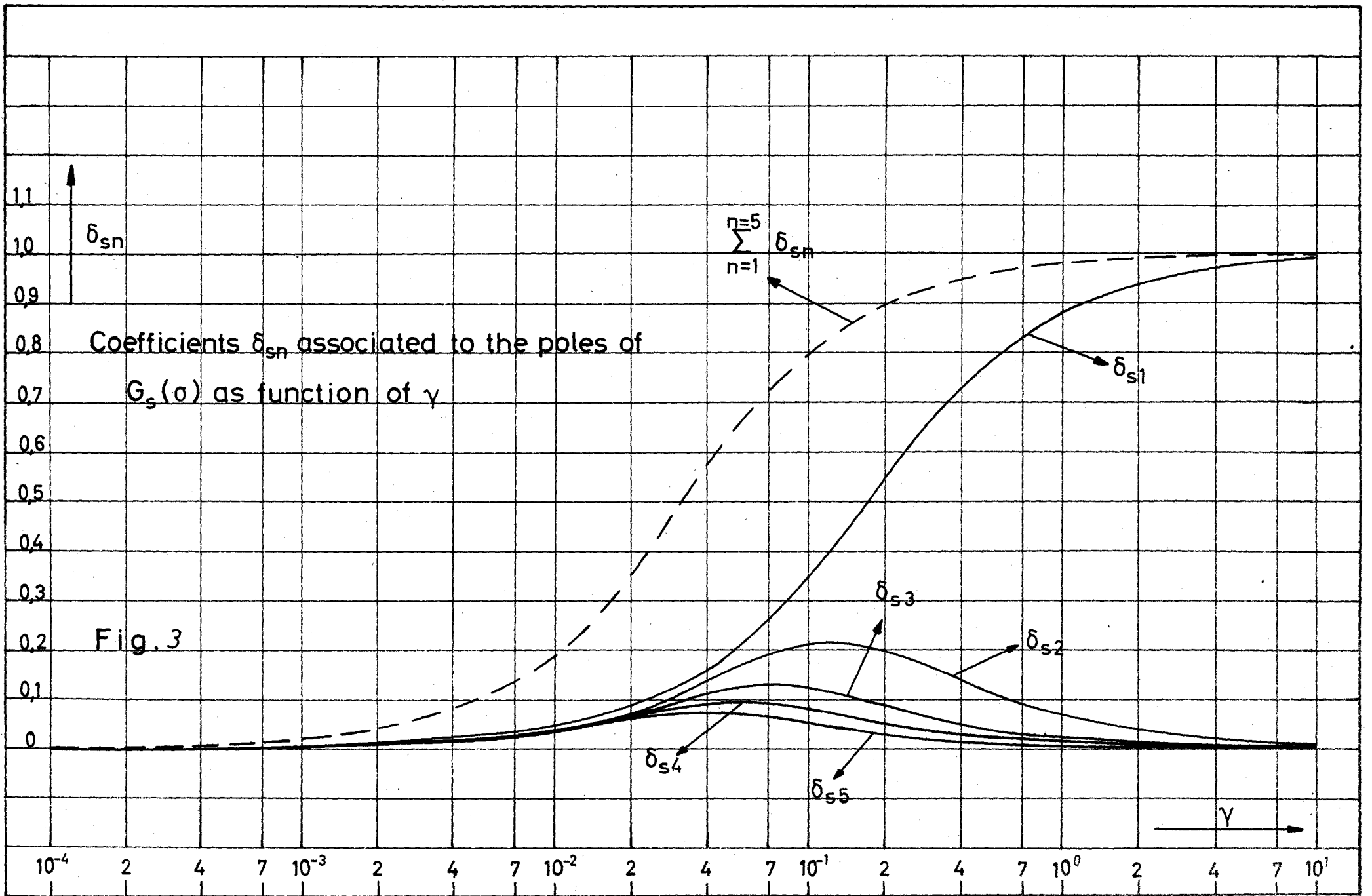
Coefficient μ_n associated to the poles of $F_{\text{ev}}(b)$ as function of γ

Fig. 7



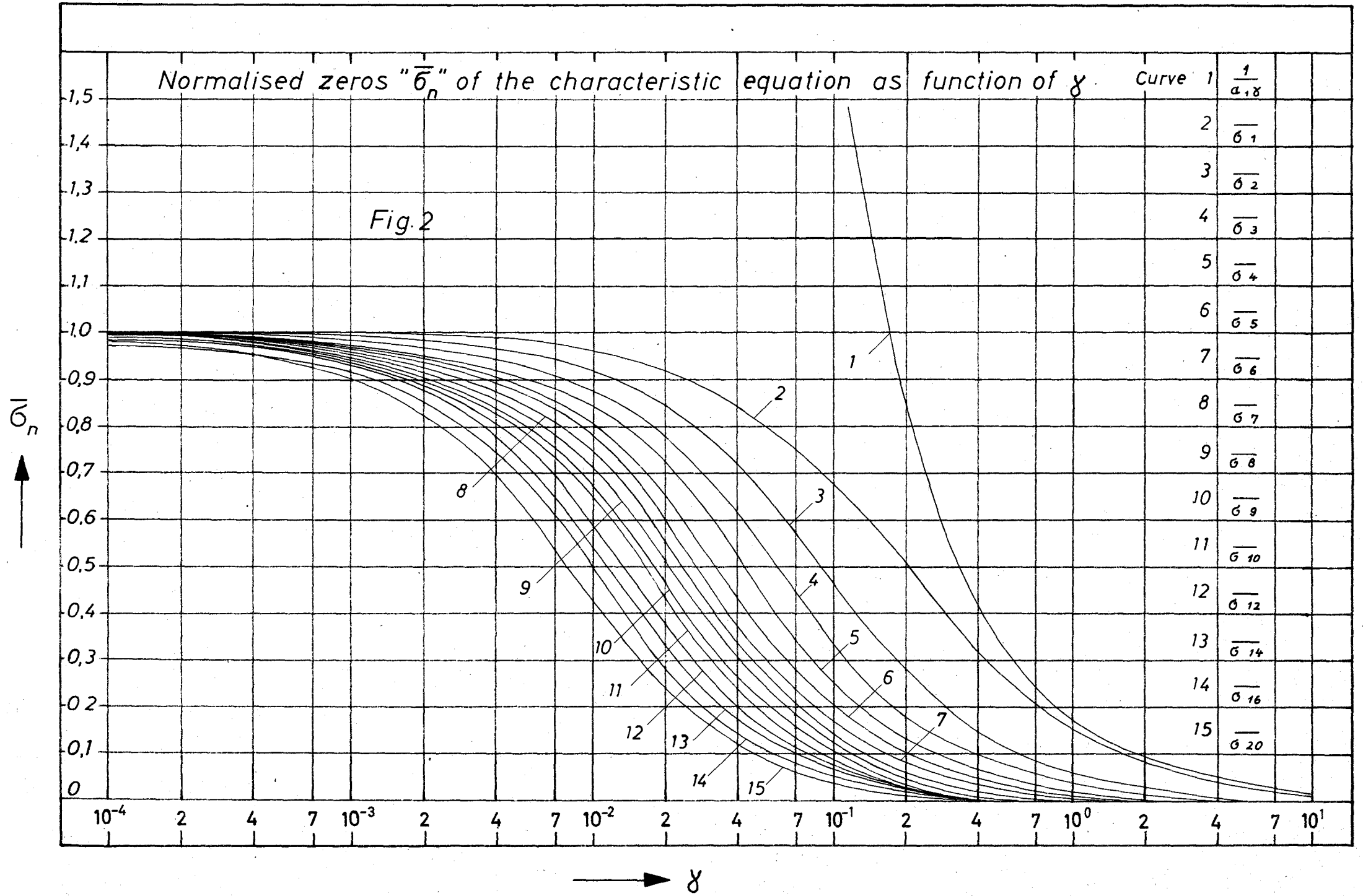


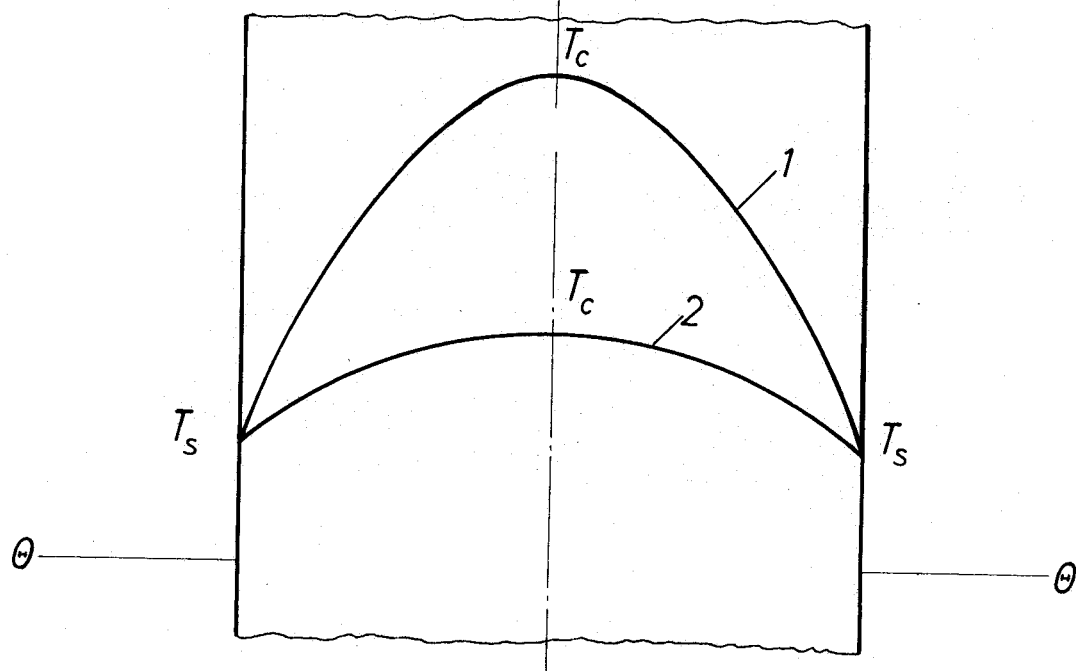
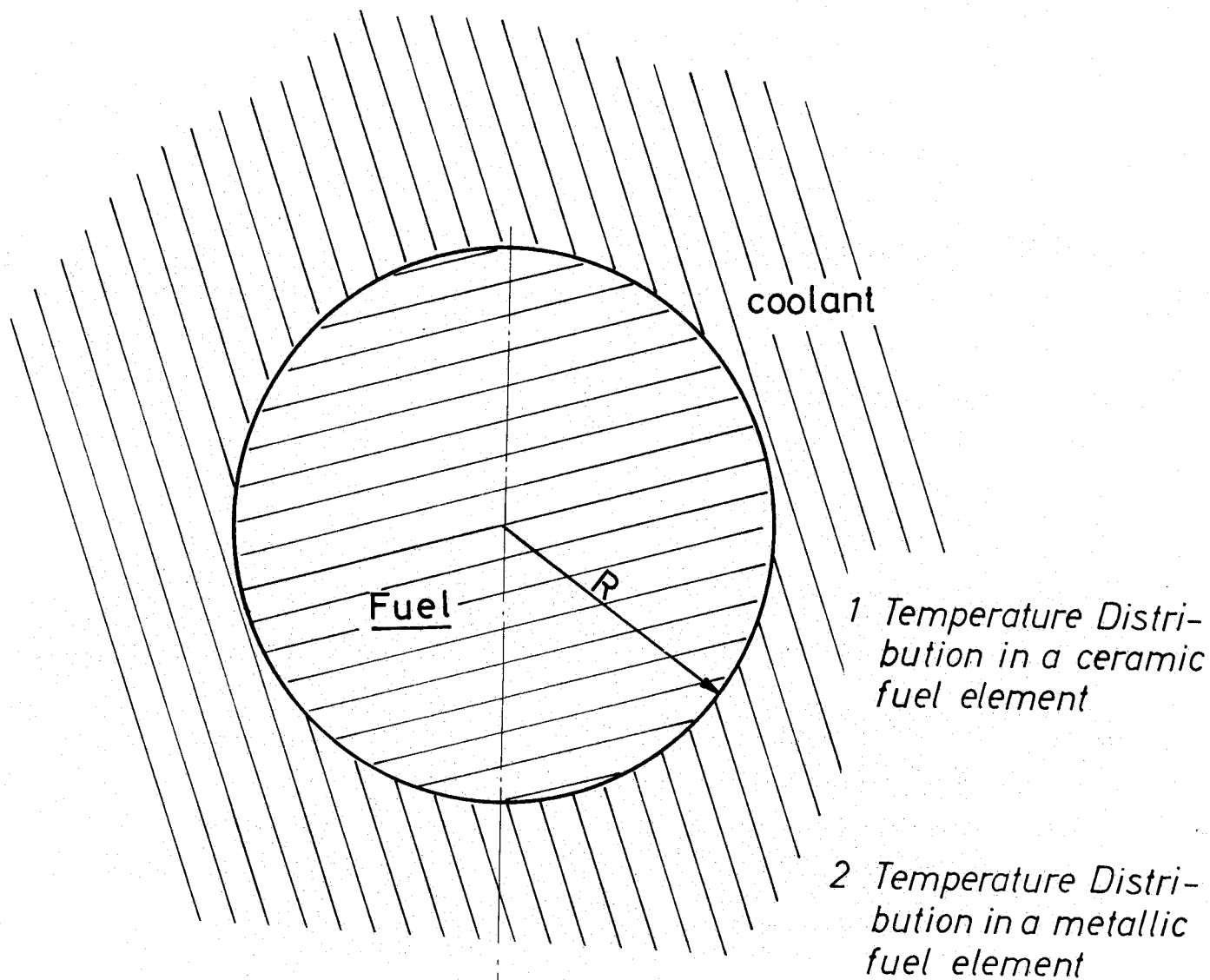




Normalised zeros " $\bar{\sigma}_n$ " of the characteristic equation as function of γ

Fig. 2





System Geometry

Fig. 1