

CEA-R 2578 - FOULQUIER Henri, CLARA Pierre

REACTEUR EL 4. CHANGEMENT D'UN TUBE DE FORCE SUR BOUCLE D'ESSAI

Sommaire. - Dès l'origine du projet EL 4, diverses spécifications techniques, découlant d'un justifiable souci de fiabilité régirent les études relatives à la conception de l'ensemble du réacteur.

Les tubulures externe et interne de chaque couche situées dans le bloc pile devaient être notamment interchangeables.

L'étude de la démontabilité de la tubulaire externe, c'est-à-dire en fait du tube de force, justifia à elle seule un certain nombre d'essais à l'échelle grandeur sur maquette.

Les essais effectués dans des conditions significatives, sur structure non irradiée, permirent de préciser une gamme complète de séquences de pose et dépose à distance d'un dit tube de force.

1964

20 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R 2578 - FOULQUIER Henri, CLARA Pierre

THE EL4 REACTOR. CHANGING OF A PRESSURE TUBE ON A TEST LOOP

Summary. - Right from the beginning of the EL4 project, the research connected with the overall design of the reactor was guided by the various technical specifications resulting from a justifiable concern about the reliability.

The external and internal tubes of each layer situated in the reactor block had in particular to be interchangeable.

The research alone into the dismantling of the external tube, i.e. in fact the pressure tube, justified a certain number of full-scale tests on a model.

The tests carried out under relevant conditions on a non-irradiated structure made it possible to define a complete range of positioning and imposition sequences at a distance for such a pressure tube.

1964

20 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

91

**PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE**

C E A - R 2578

**REACTEUR EL 4
CHANGEMENT D'UN TUBE DE FORCE
SUR BOUCLE D'ESSAI**

par

Henri FOULQUIER , Pierre CLARA

Rapport C E A - R 2578

**CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY**

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

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

- Rapport CEA-R 2578 -

Services de Technologie

REACTEUR EL 4
CHANGEMENT D'UN TUBE DE FORCE SUR BOUCLE D'ESSAI

par

Henri FOULQUIER, Pierre CLARA

- Août 1964 -

REACTEUR EL 4 :
CHANGEMENT D'UN TUBE DE FORCE SUR BOUCLE D'ESSAI

par MM. Henri FOULQUIER
et Pierre CLARA

Dès l'origine du projet EL 4, diverses spécifications techniques découlant d'un net souci de fiabilité, au point de vue ensemble du réacteur, imposèrent aux études relatives à la conception de la géométrie du canal, une orientation bien déterminée.

Le tube de force d'une part, le tube de guidage équipé de son isolement thermique d'autre part, c'est-à-dire en fait toutes les tubulures situées dans la partie active du réacteur devaient être notamment interchangeables.

Bien que le rôle fondamental du tube de force soit principalement de résister à la pression du gaz caloporteur, celui-ci participe en outre, à la rigidité de la cuve et la contrainte axiale engendrée de ce fait est légèrement supérieure à celle qui résulterait de l'effet de fond seul.

Quand au tube de guidage sa fonction essentielle est de supporter les éléments combustibles d'une part, de protéger l'isolement thermique, nécessairement de faible tenue mécanique, d'autre part.

La démontabilité de ce dernier, n'offrait aucune difficulté. Celui-ci pouvant être constitué que d'agencements mécaniques, par contre celle du tube de force justifia à elle seule la poursuite d'une étude comportant des essais à l'échelle grandeur sur maquette.

La distance entre fonds de cuve est de 4,6 m, entre fond de cuve et face de chargement de 4,5 m. Les prolongements de canaux constituent le seul accès possible aux tubes de force, leur diamètre interne est de 120 mm.

Les deux solutions, concernant les raccordements des tubes de force aux fonds de cuve, dudgeonnée (fig. 1) et soudée (fig. 2), envisagées pour EL 4, furent essayées sur banc et sur boucle.

La solution soudée fait appel à un tube dont les extrémités sont équipées au préalable de joints de transition zircaloy-acier inoxydable. Les dits joints sont constitués d'un filetage conique à double tronçature, brasé sous vide à l'aide d'un alliage argent aluminium renfermant 5 % en poids de ce dernier constituant (les pièces étant cuivrées au préalable par voie électrolytique).

La brasure livrée sous forme de fil de 2 mm de diamètre est coupée en tronçons et disposée au préalable dans un réceptacle. A la température de fusion, celle-ci s'écoule et vient emplir entièrement les filetages. Après usinage et avant traitement de surface final, ces joints subissent divers contrôles non destructifs : métrologie, rayons X, étanchéité hélium, et destructifs sur prélèvement de 5 % : cyclages thermiques, traction ondulée, micrographies, flexion sur éprouvette prélevée au niveau de la zone brasée, etc...

La soudure des dits joints aux extrémités des tubes de force s'effectue sur une machine de soudage par bombardement électronique (fig. 3).

Avant toute opération de dépose-repose le tube précédent se présente sur la pile selon la configuration indiquée figure 2. La soudure est au préalable usinée selon la première séquence schématisée figure 4.

La machine utilisée (fig. 5) est constituée principalement d'une console munie de brides de fixation et d'un bloc d'usinage monté sur glissières. Ce dernier équipé d'une boîte de vitesse comporte une broche d'usinage à l'extrémité de laquelle sont montés les différents outils. Des volants assurent les fonctions suivantes : avance de l'outil, sortie de l'outil, avance du bloc d'usinage.

La soudure est au préalable usinée sur une profondeur de 8 mm au diamètre nominal du fourreau, puis sur 75 mm au diamètre nominal primitif du joint. La vitesse d'avance axiale de l'outil est pour une vitesse de rotation de la machine de 12 t/mn de 1 mm/mn - usinage à sec - Le dégagement des copeaux s'effectue à l'aide d'un aspirateur équipé d'un turbo-aspirateur à 6 étages entraîné par un moteur de 4 CV. Ses performances sont les suivantes : vide en circuit fermé, 2,4 m d'eau - volume d'air maximum à la turbine 5,5 m³/mn.

La barre d'enfilage est ensuite introduite et le tube de force sectionné à l'aide d'un coupe tube (fig. 6), appareil constitué principalement de trois porte-molettes, montés par queue d'aronde sur une broche conique. L'extrémité de la dite broche comporte un cône femelle, dans lequel se loge la tête de la barre d'enfilage. Cet artifice permet, grâce à diverses manoeuvres d'accompagnement d'éviter que le tube de force ne se trouve à un instant quelconque en position de porte à faux.

Ce dernier est ensuite extrait à l'aide d'un extracteur (fig. 7), appareil comportant essentiellement quatre griffes montées par queue d'aronde sur une broche conique. Les dites griffes opérant en préhension intérieure sont positionnées hors mais au plus près de la zone expansée lors de l'opération d'accostage.

L'effort sur le tube de force peut atteindre, lors d'une opération courante, 10 tonnes. Cet effort correspond sur l'extracteur à un couple de manoeuvre de 30 Mkg. Cet outil, ainsi que le coupe tube se centre de lui-même. Les mêmes opérations sont ensuite dans leur grande ligne répétées sur l'autre face du réacteur (fig. 8).

Les principales séquences intervenant lors de la pose d'un tube de force ont été schématisées figure 9.

Au préalable les prolongements de canaux, et essentiellement les portées de fourreau

subissent un certain nombre de contrôles : métrologie, examens à l'endoscope etc ... Le tube de force est ensuite introduit à partir d'une face de chargement et mis en place dans la cuve, à l'aide de deux barres : une barre d'enfilage et une barre de maintien.

Le tube de force poussé par la barre de maintien dont l'extrémité est équipée d'un mors expansible glisse sur la barre d'enfilage, parcourt l'espace séparant les deux fonds de cuve, atteint la deuxième portée de fourreau qu'il franchit grâce à la présence de la trompette d'extrémité.

La barre d'enfilage est ensuite extraite, et le dudgeon (fig. 10) introduit. Celui-ci effectue un léger accostage destiné à éviter toute présence de lame d'eau stagnante d'une part, d'autre part à réaliser dans les parties terminales, l'équivalence d'un encastrement.

Cet appareil qui se centre lui-même est constitué principalement de six galets coniques maintenus dans une cage et roulant sur une broche également conique. Le diamètre expansé est fonction de la position relative de la broche par rapport à la cage porte-galets, de l'avance de l'outil, de l'angle des galets par rapport à la dite broche.

Le taux d'expansion, compte tenu du jeu de montage est sensiblement de 0,5 mm au diamètre (valeur dictée par le souci d'éviter toute déformation résiduelle des portées de fourreau).

La mesure du taux d'expansion après accostage est contrôlée au moyen d'un tétramètre, (fig. 11) appareil constitué de 4 rallonges de 1 000 mm, d'une rallonge de 500 mm et d'une tête Imicro à 3 touches de mesure à 120°. Bien que gradué en 0,005 mm, équipé en 4,5 m de longueur, sa précision de mesure est de l'ordre de 0,05 mm.

Le tube est ensuite mis à longueur à l'aide de la machine à usiner précédemment décrite, qui assure en outre la préparation des lèvres de soudage.

Cette opération s'effectue en deux phases. Une passe de fond TIG, puis deux passes TIG et métal d'apport destinées à assurer à la jonction une résistance mécanique de l'ordre de 60 à 70 tonnes.

La machine de soudage (fig. 12) étudiée et réalisée en vue d'effectuer par l'intérieur des prolongements de canaux, la jonction des extrémités du tube de force aux fonds de cuve est constituée d'une broche (3) dont une extrémité est équipée d'un dispositif d'entraînement en rotation (17), l'autre extrémité d'un mors expansible à billes (8), d'une torche de soudage (12), solidaire d'une bieuse de commande (11), d'une caméra de télévision (5), reliée au récepteur à l'aide du câble multifilaire (2), et équipée d'un objectif (10) muni d'un porte filtre escamotable (7).

Le dispositif d'entraînement en rotation susceptible d'être désolidarisé (15) de la broche est fixé sur la face de chargement du réacteur à l'aide d'une attache rapide (16). Il comporte un carter, un moto-réducteur (18) et son embrayage (19), un programmeur (14).

A la partie arrière de l'appareil sont groupés, le moteur d'alimentation (6) en métal d'apport (9), le tambour enrouleur (1) des câbles d'alimentation (4) en eau, argon, électricité, les mécanismes de commande de la torche.

Ces mécanismes sont montés sur un plateau à glissières (13). Ils permettent par l'intermédiaire de la tige (26) d'assurer par décrabotage du levier (21) son effacement, par la mise en rotation de l'excentrique (22) couplée au moteur (23) son balancement, par la mise en rotation de l'excentrique (24) couplée au moteur d'entraînement son excentration (en général dirigée vers le

haut, afin de compenser l'action de la pesanteur sur le bain de fusion) et par le jeu du bouton moleté (20) son réglage radial à distance.

La dite tige de commande agit sur la torche par mouvement de translation, après déca-
botage et couplée au bouton (25), elle assure, par mouvement de rotation, la sortie des billes équi-
pant le mors expansible.

Les paramètres de soudage utilisés, susceptibles par ailleurs de nombreuses variantes
figurent au tableau ci-contre :

	TIG	TIG et métal d'apport
Intensité (ampères)	135	140
Vitesse de soudage cm/mn	6,9 - 7,5	8 - 8,5
Electrode	W thorié $\phi = 3$	W thorié $\phi = 3$
Temporisation d'amorçage (s)	8	3
Recouvrement mm	12	10
Débit argon (l/mn)	8	12
Déroutement du métal d'apport m/mn		0,9
Diamètre de fil de métal d'apport (mm)		12/10 (inox)
Oscillation torche (c/mn)		120
Amplitude de balancement (mm)		2

Les séquences de soudage, sont déclanchées à partir d'une baie de commande (fig. 13),
sur la face de laquelle est disposé l'écran du récepteur de télévision. Cette baie permet les combi-
naisons suivantes : soudures avec et sans métal d'apport, soudures automatiques ou commandées,
soudures avec ou sans programmation.

La soudure exécutée sur bords relevés (fig. 2), permet un contrôle panoramique par
rayons X. L'appareil utilisé est équipé d'une tête munie d'un porte film éclipseable (fig. 14). Le dit
film maintenu par des griffes s'expande au diamètre voulu, grâce à l'action de ressorts et par
simple translation, vient prendre place dans la gorge prévue à cet effet.

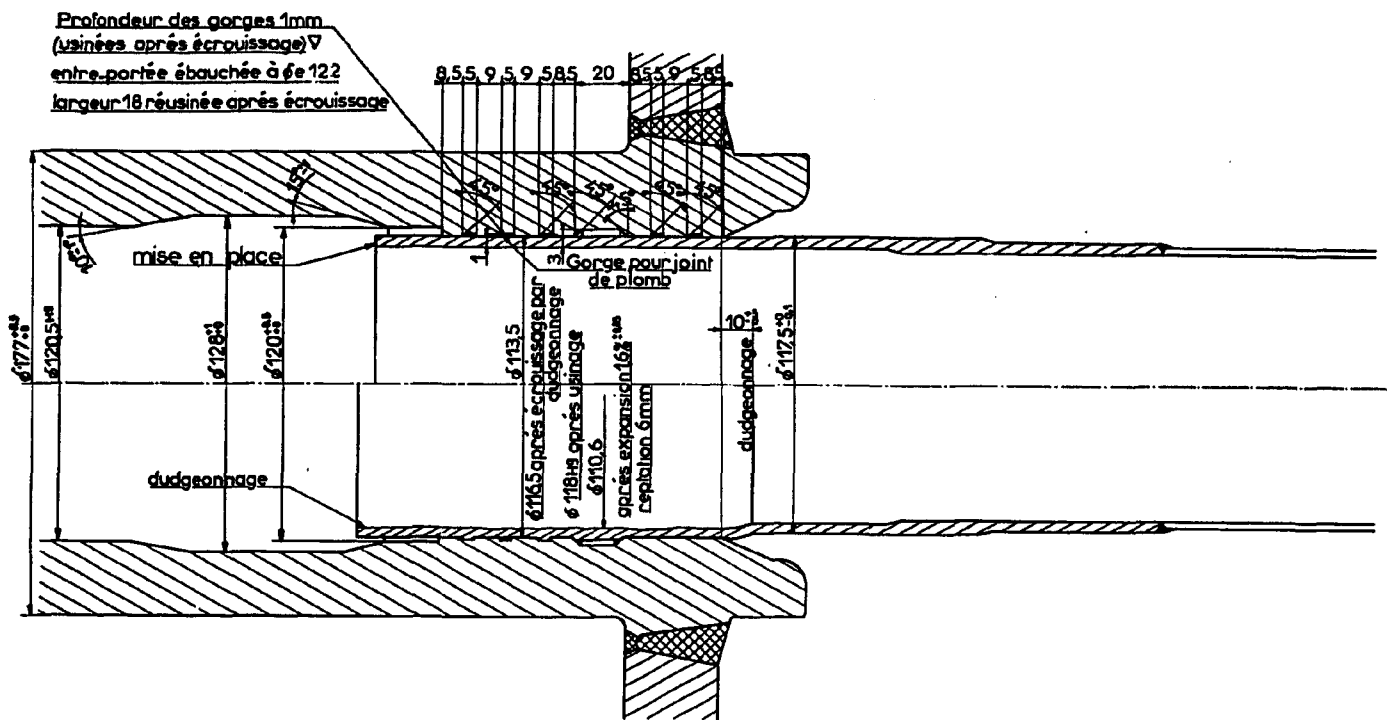
Les mêmes opérations sont ensuite dans leur grande ligne répétées sur l'autre face du
réacteur (fig. 15).

Tous les essais effectués dans des conditions significatives (fig. 16) ont permis de déga-
ger et de préciser une gamme complète de séquences de dépose et repose à distance d'un tube de
force. Une organisation judicieuse des tâches permettrait à une équipe disposant des appareillages
nécessaires en double exemplaires, d'atteindre après une certaine période d'adaptation une cadence
de, soit une ou quatre dépose-repose de tube de force par jour en opérant soit sur un ou plusieurs
canaux à la fois. Ces dernières données sont évidemment relatives à des interventions sur struc-
tures non irradiées.

Les essais se poursuivent et s'orientent actuellement afin d'en faire la transposition au
cas d'un réacteur ayant fonctionné un certain temps. Cas qui est en fait le but final de la présente
étude.

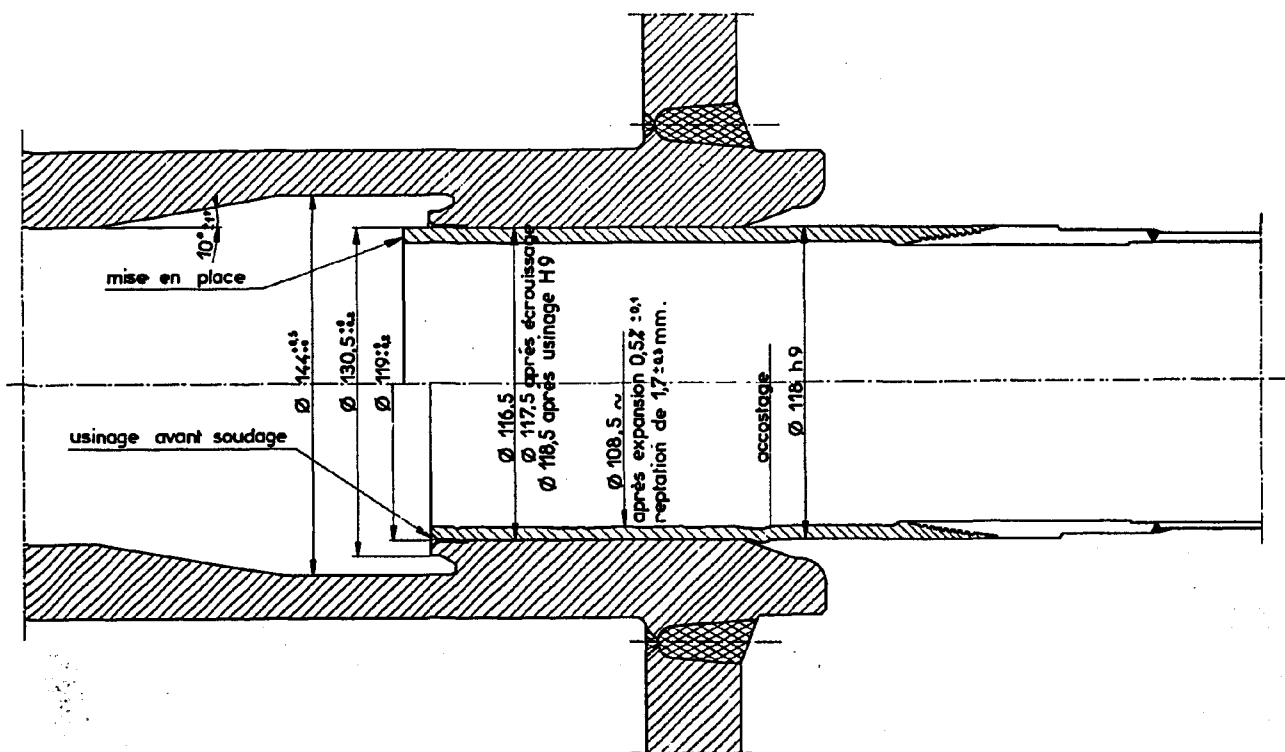
LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Réacteur EL 4 - raccordement du tube de force aux fonds de cuve - solution dudgeonnée
- Figure 2 - Réacteur EL 4 - raccordement du tube de force aux fonds de cuve - solution soudée
- Figure 3 - Machine de soudage par bombardement électronique MSBEVI (équipement des tubes de force EL 4)
- Figure 4 - Réacteur EL 4 - schéma des principales séquences de dépose d'un tube de force
- Figure 5 - Machine à usiner
- Figure 6 - Coupe tube
- Figure 7 - Extracteur
- Figure 8 - Réacteur EL 4 - schéma des différentes séquences de dépose d'un tube de force
- Figure 9 - Réacteur EL 4 - schéma des principales séquences de pose d'un tube de force
- Figure 10 - Dudgeon
- Figure 11 - Tésamètre
- Figure 12 - Machine de soudage jonction
- Figure 13 - Banc de commande
- Figure 14 - Tête de contrôle
- Figure 15 - Réacteur EL 4 - schéma des différentes séquences de pose d'un tube de force
- Figure 16 - Dépose et repose d'un tube de force sur boucle d'essai (Etablissements NEYR PIC)



REACTEUR E.L.4 .RACCORDEMENT DU TUBE DE FORCE AUX FONDS DE CUVE
_ SOLUTION DUDGEONNEE _

FIG. 1 -



REACTEUR E.L.4 .RACCORDEMENT DU TUBE DE FORCE AUX FONDS DE CUVE
_ SOLUTION SOUDEE _

FIG. 2 -

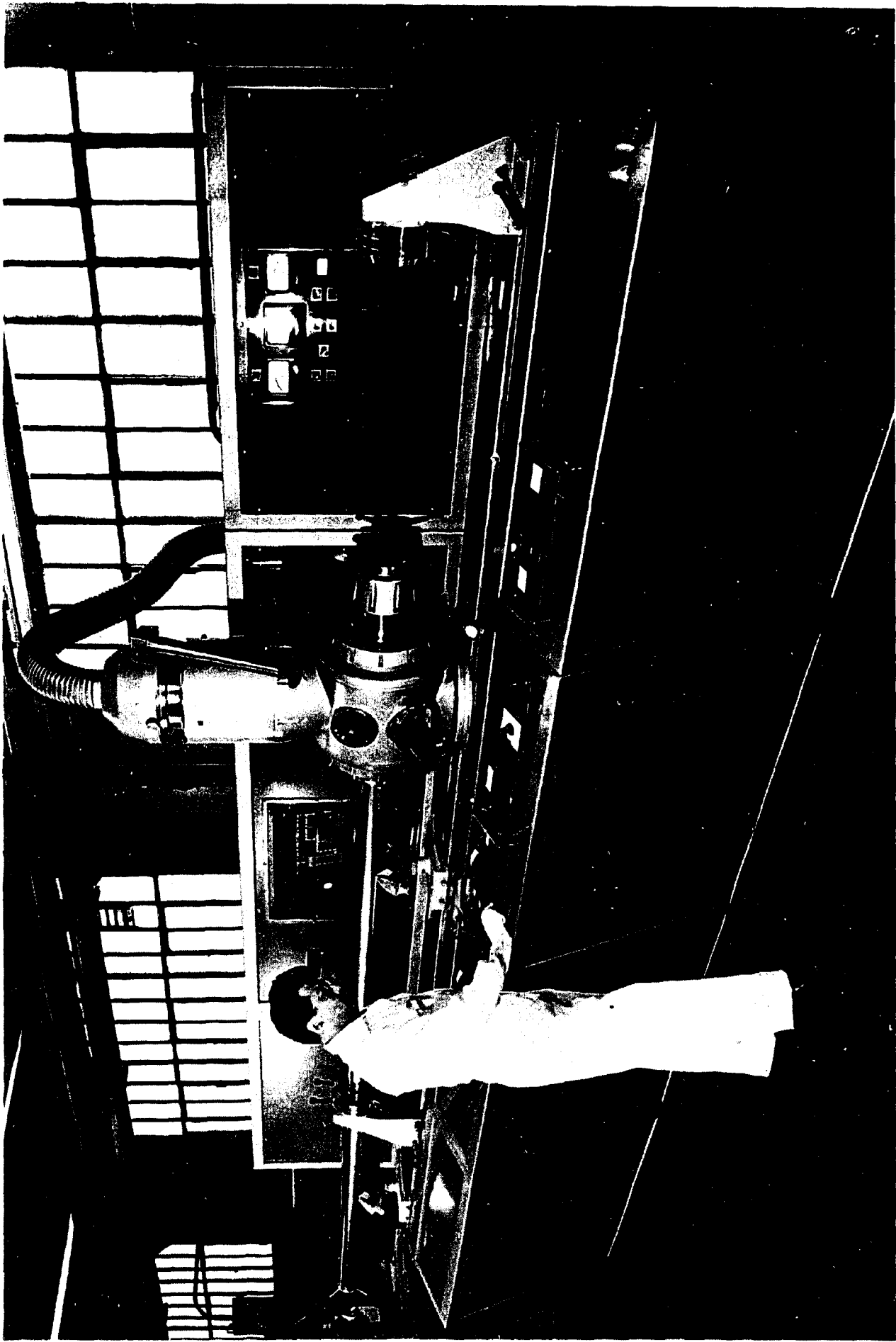
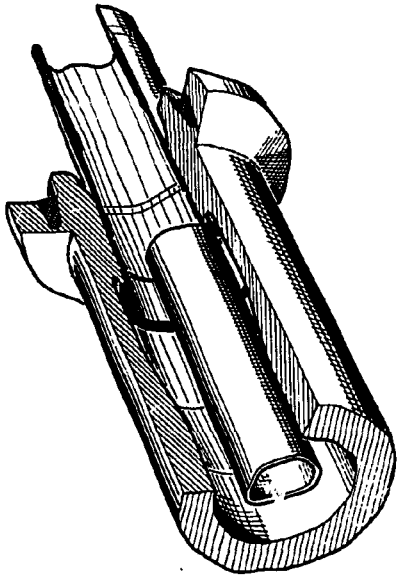
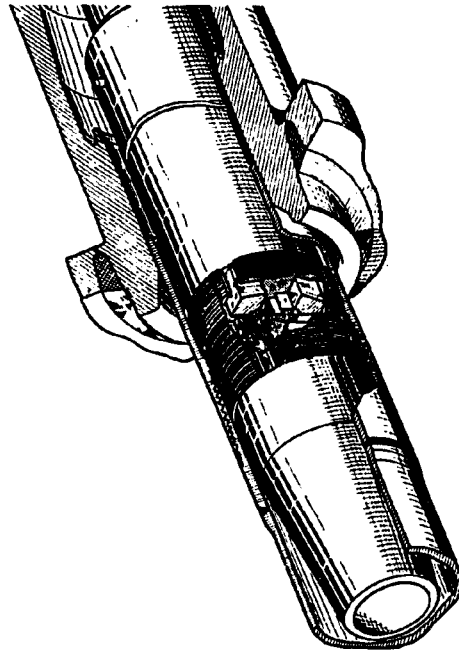


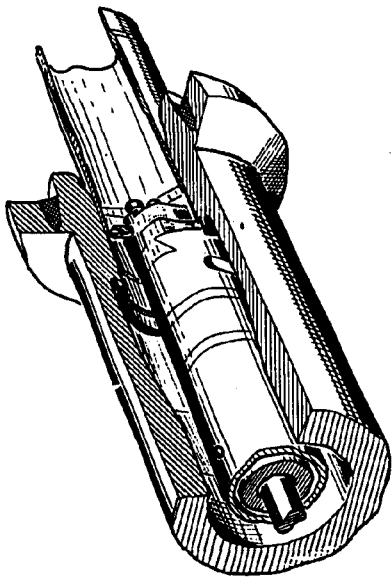
FIG. 3 - MACHINE DE SOUDAGE PAR BOMBARDEMENT ELECTRONIQUE MSBEVI
(EQUIPEMENT DES TUBES DE FORCE EL 4).



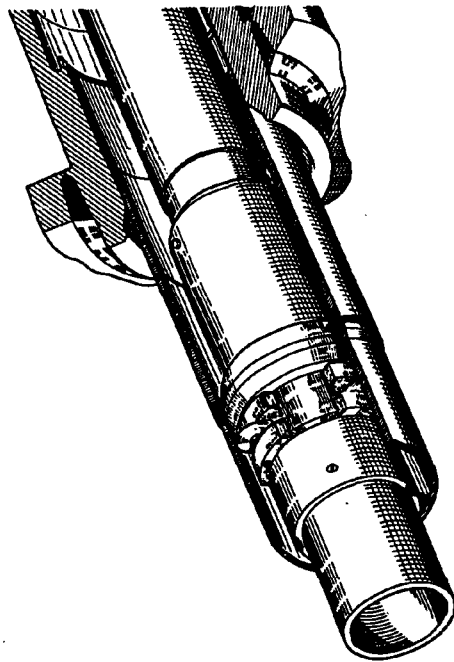
Aspiration des copeaux



Extraction



Usinage



Sectionnement

FIG. 4 - REACTEUR EL 4 - SCHEMA DES PRINCIPALES SEQUENCES DE DEPOSE D'UN TUBE DE FORCE.

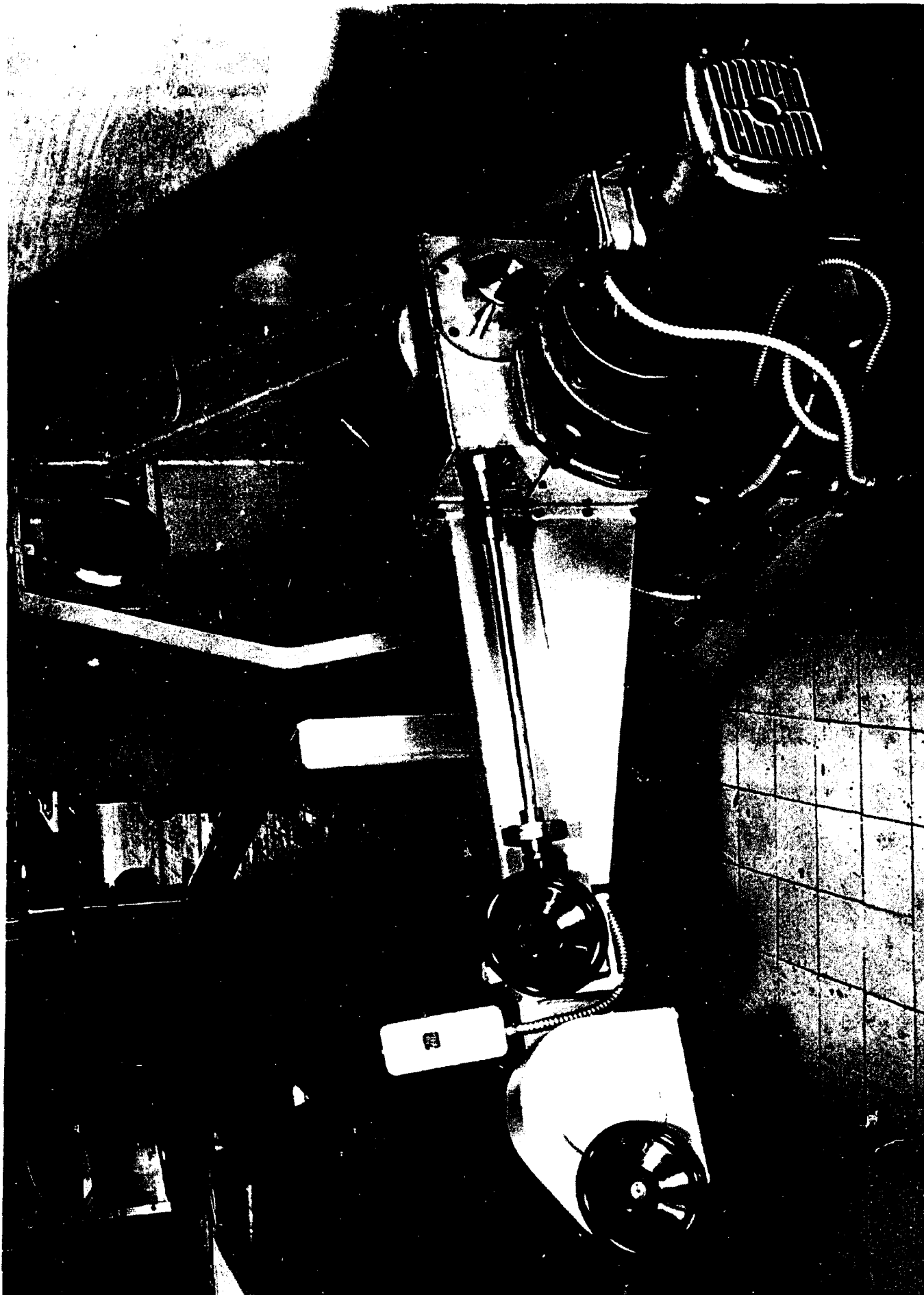


FIG. 5 - MACHINE A USINER.

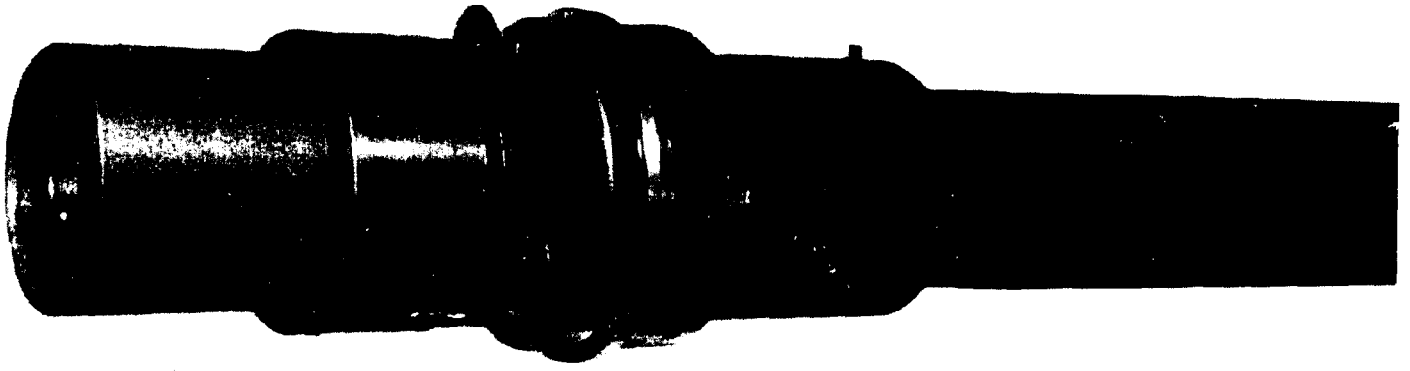


FIG. 6 - COUPE TUBE.

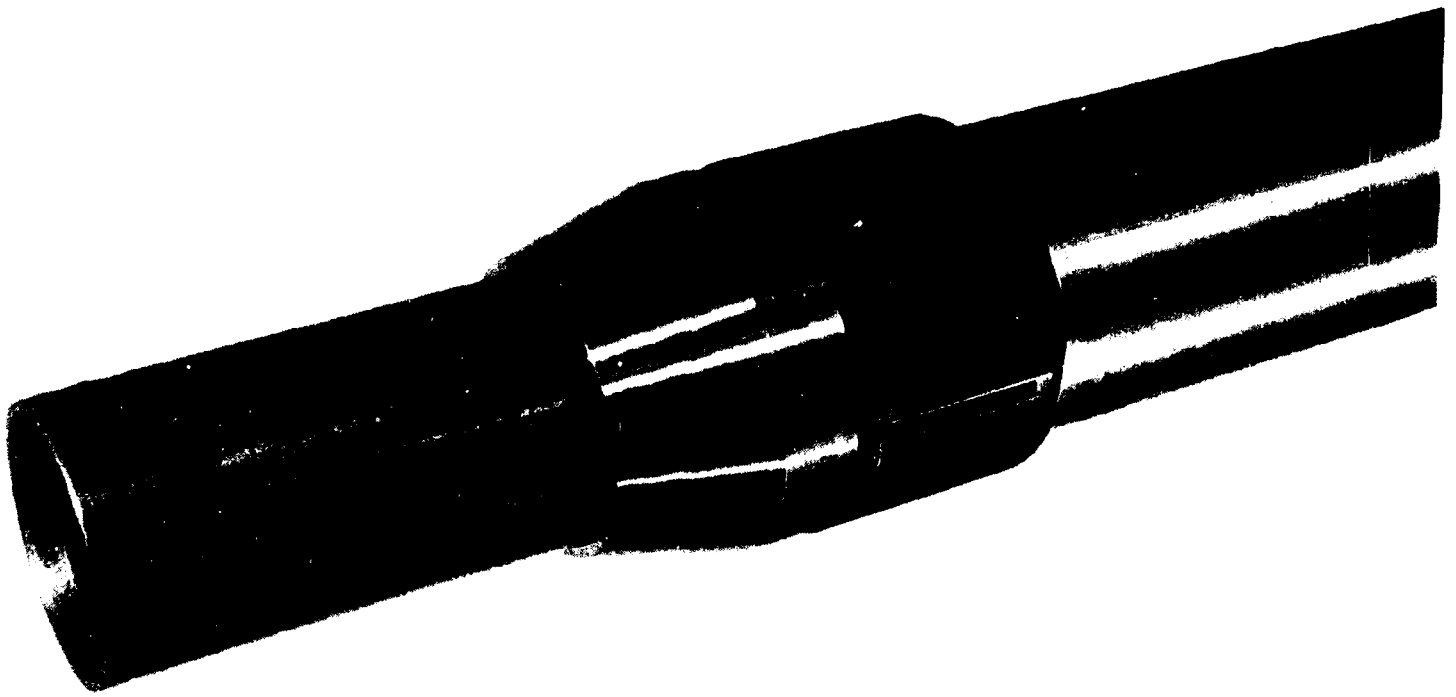


FIG. 7 - EXTRACTEUR.

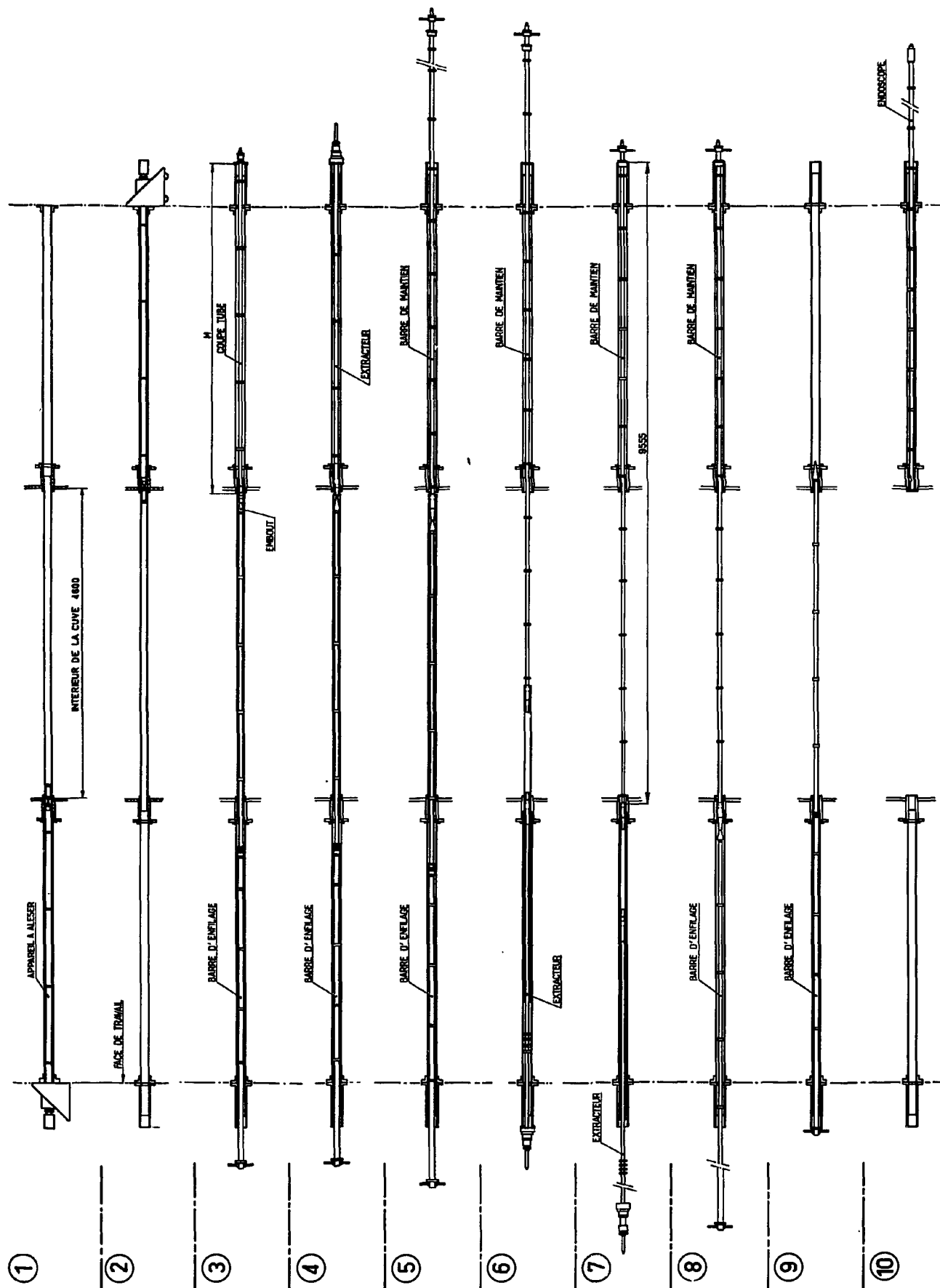
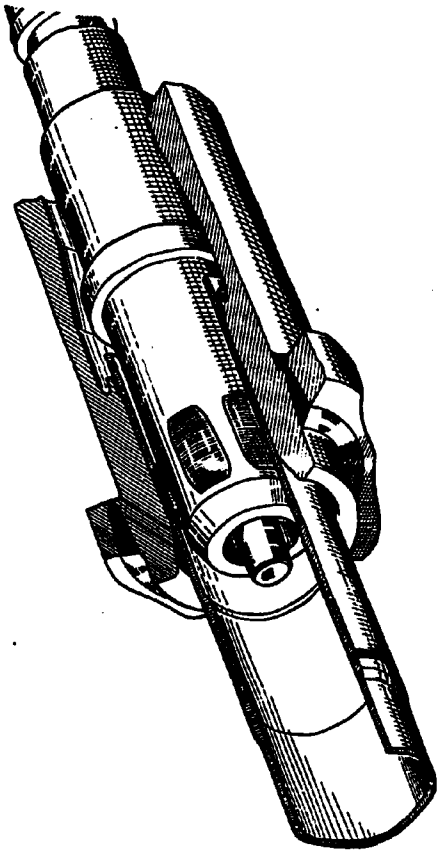
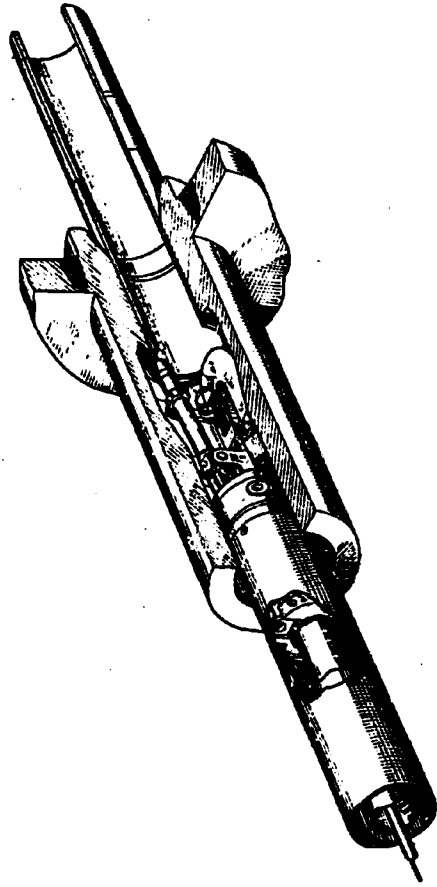


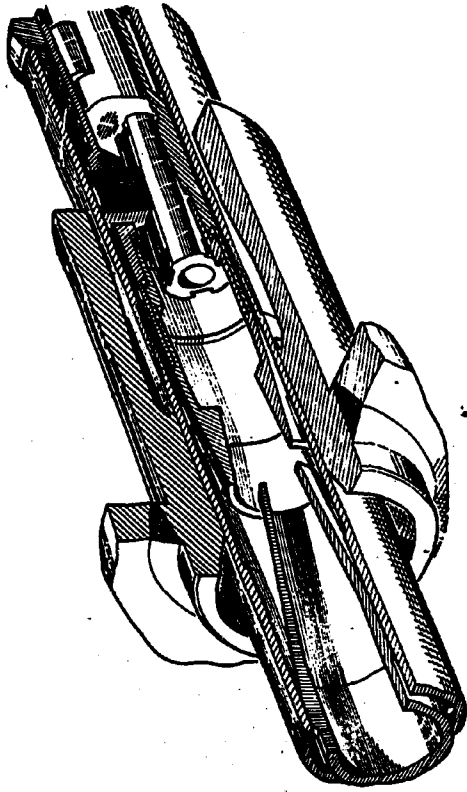
FIG. 8 - REACTEUR EL 4 - SCHEMA DES DIFFERENTES SEQUENCES DE DEPOSE D'UN TUBE DE FORCE.



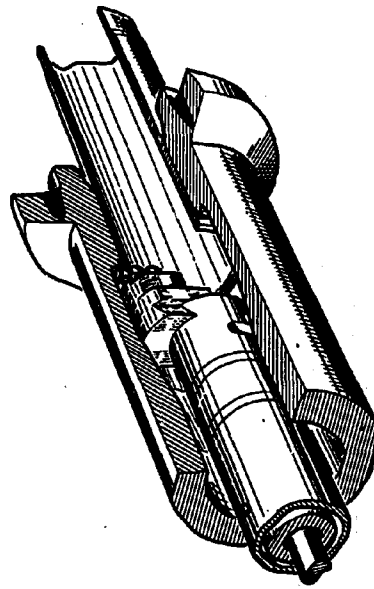
Accostage



Soudage



Mise en place



Mise à longueur

FIG. 9 - REACTEUR EL 4 - SCHEMA DES PRINCIPALES SEQUENCES DE POSE D'UN TUBE DE FORCE.



FIG. 10 - DUDGEON.

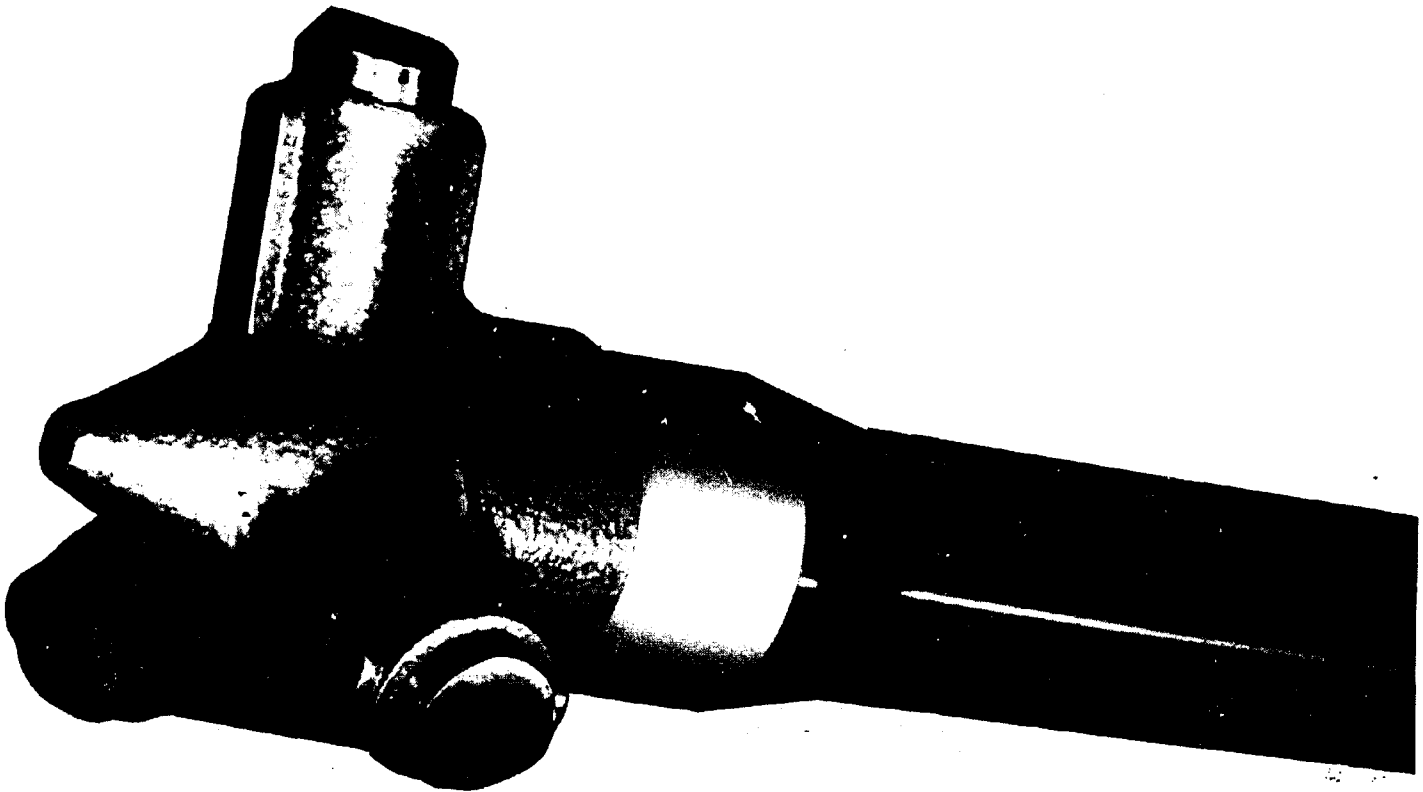


FIG. 11 - TESAMETRE.

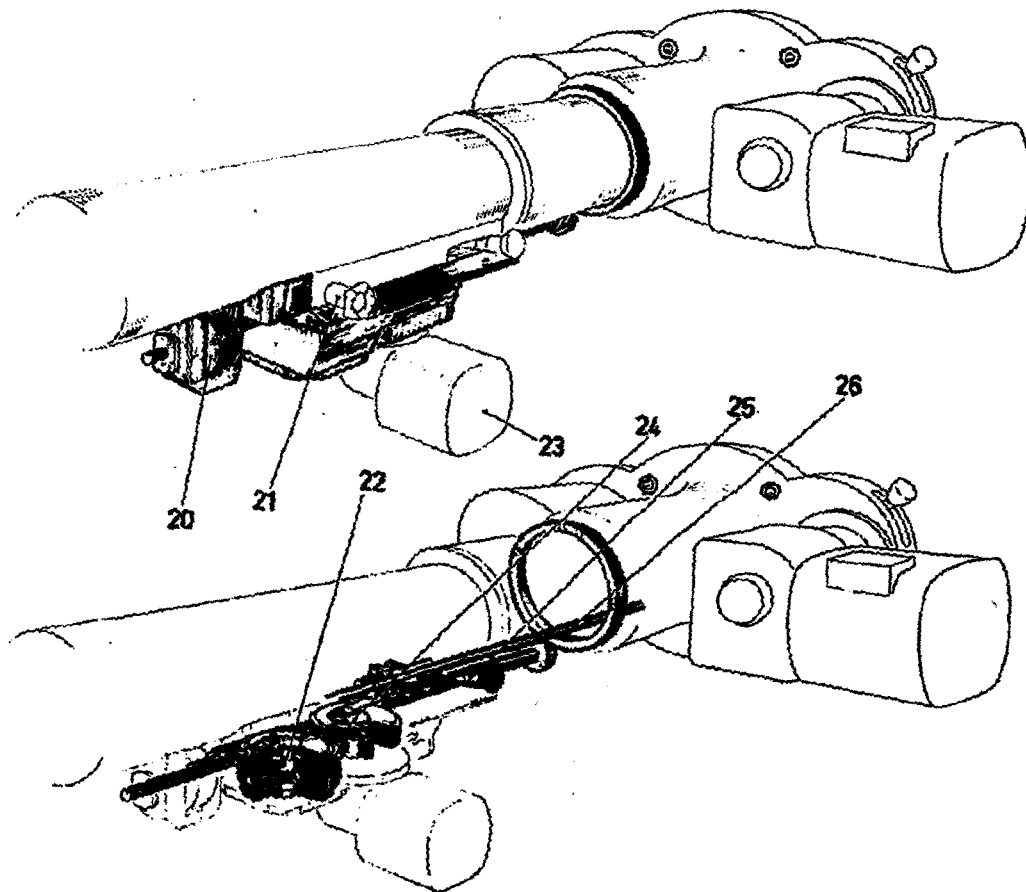
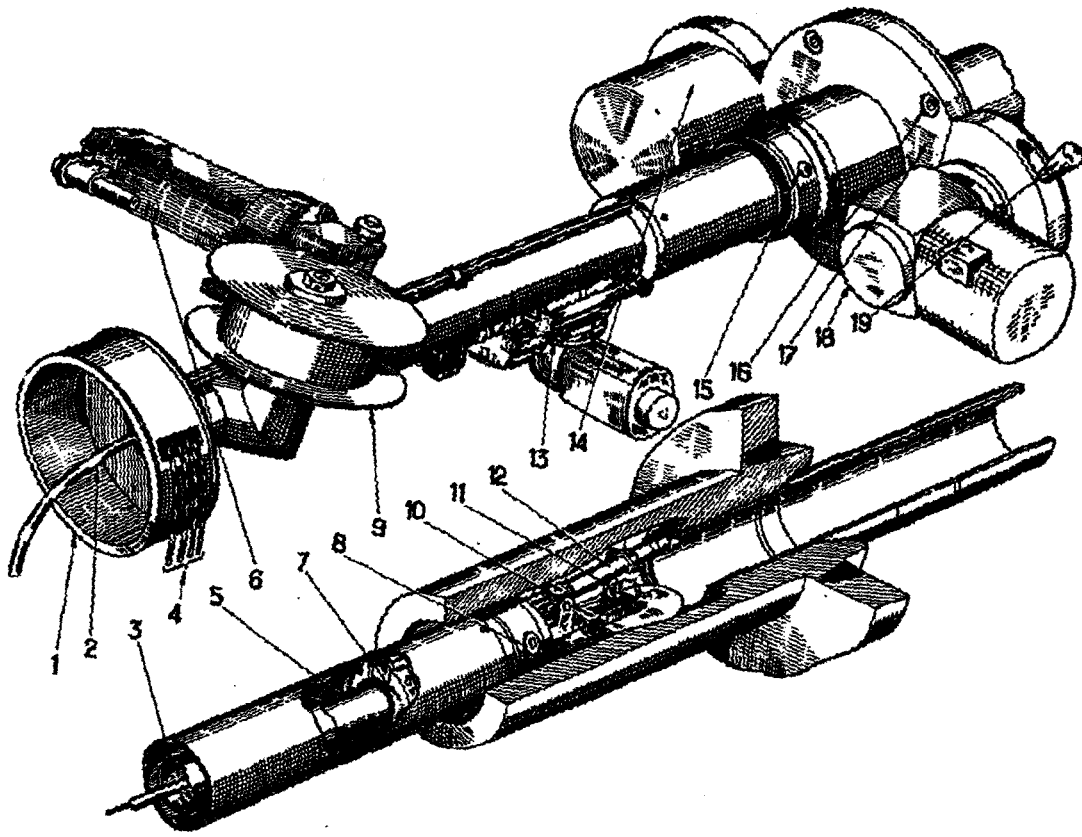


FIG. 12 - MACHINE DE SOUDAGE JONCTION.

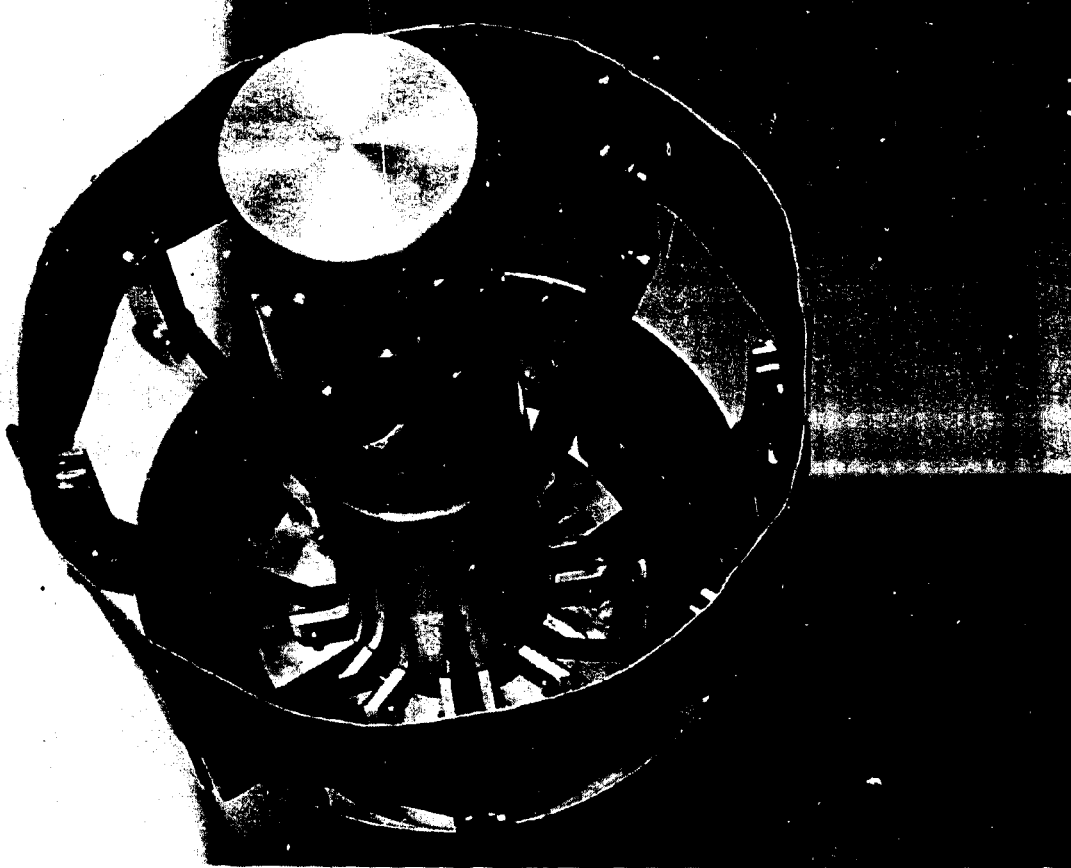


FIG. 14 - TETE DE CONTROLE RX.

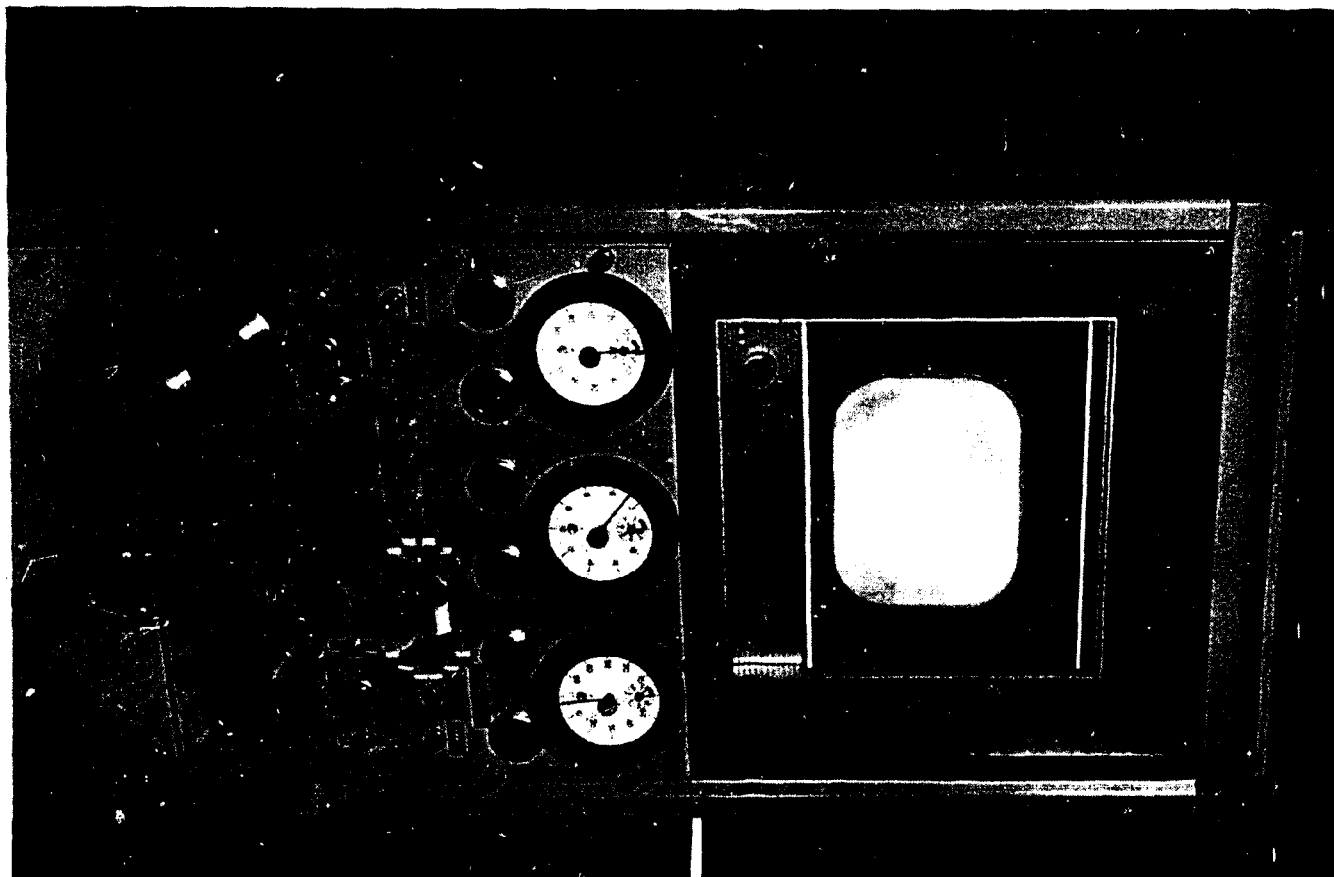


FIG. 13 - BANC DE COMMANDE.

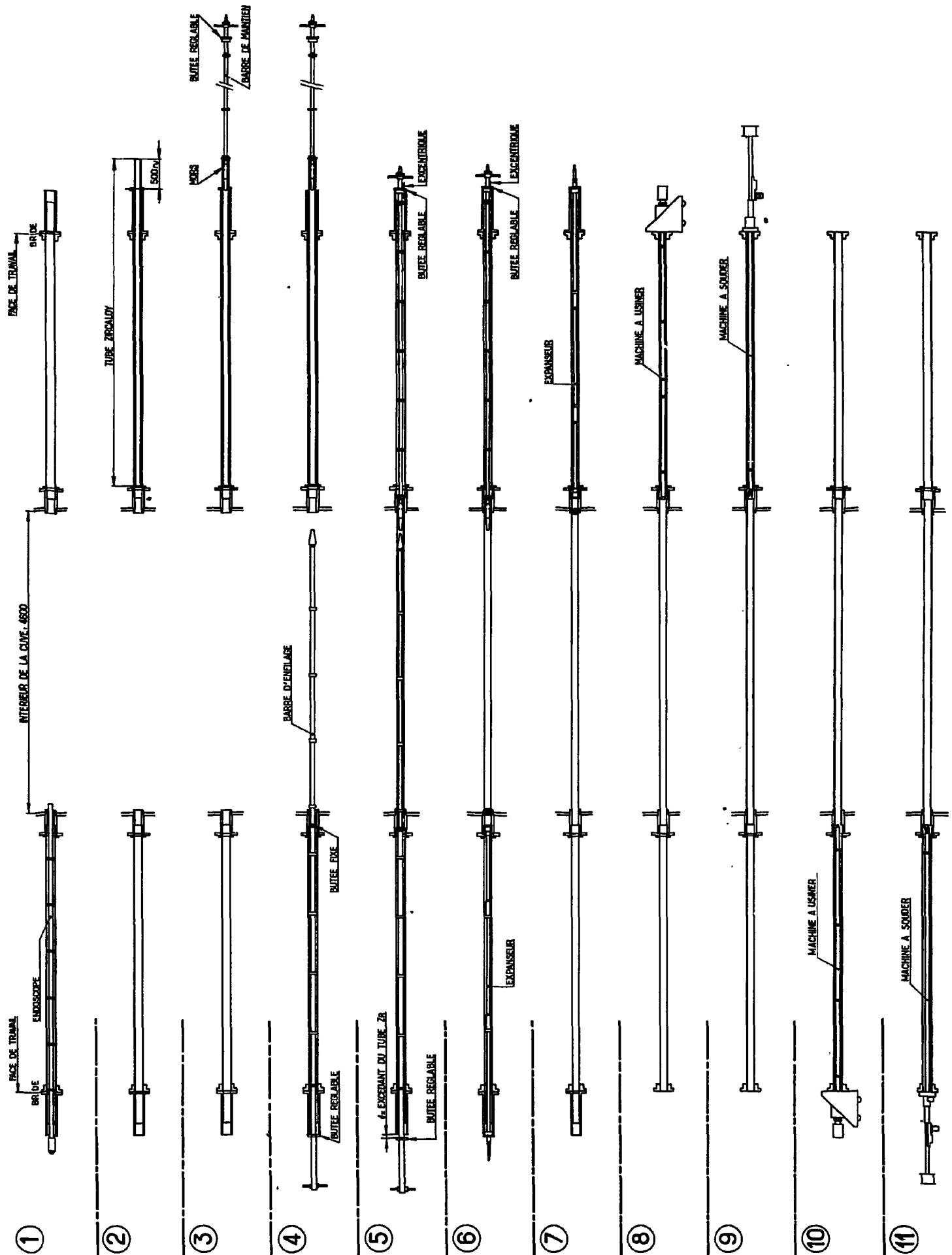


FIG. 15 - REACTEUR EL 4 - SCHEMA DES DIFFERENTES SEQUENCES DE POSE D'UN TUBE DE FORCE.

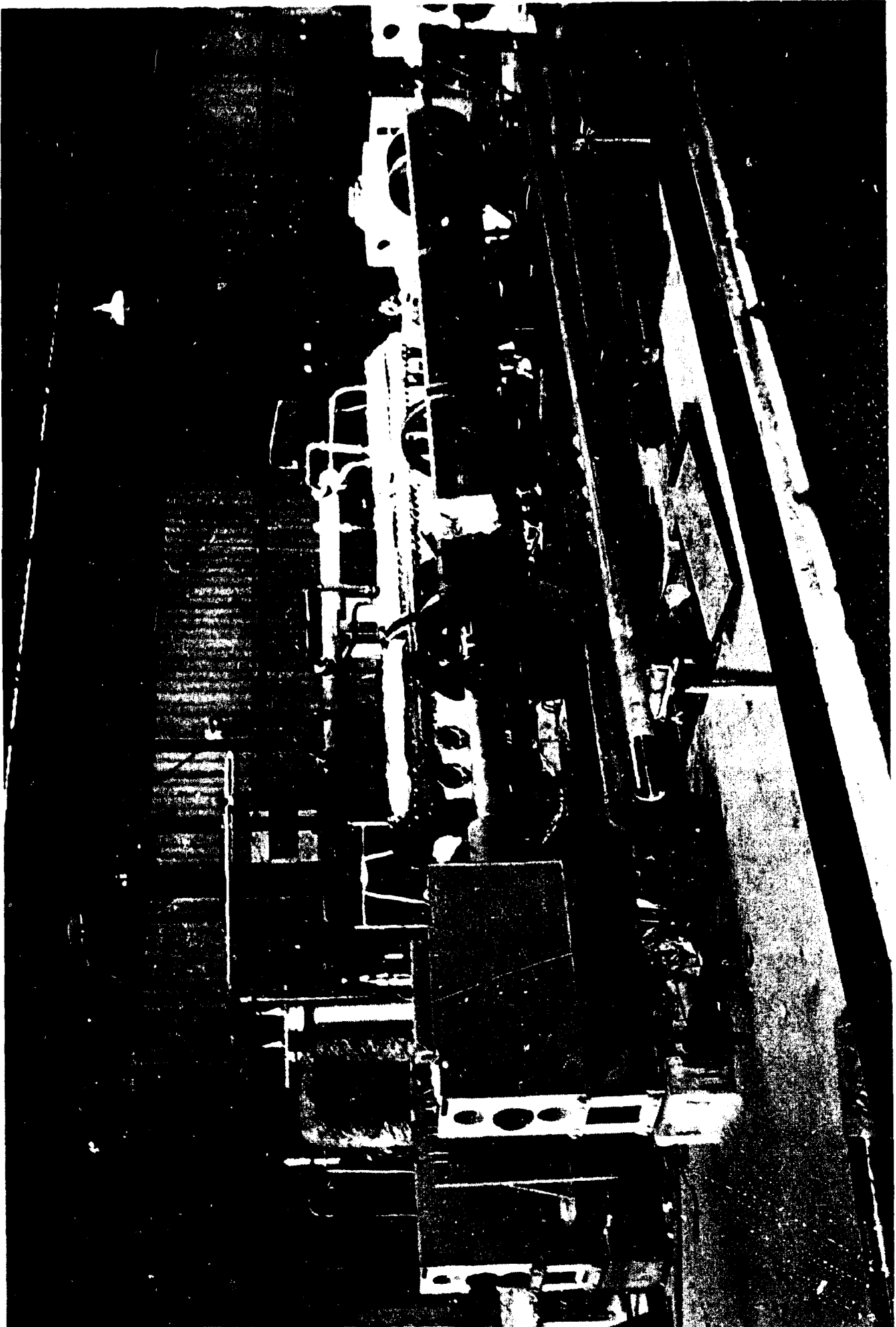


FIG. 16 - DEPOSE ET REPOSE D'UN TUBE DE FORCE SUR BOUCLE D'ESSAI -
(ETABLISSEMENTS NEYRPIC).

FIN