

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE SACLAY

Service de Documentation

F91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

CEA-CONF - - 7959

R2

CARACTERISTIQUES DE LA FABRICATION DU COMBUSTIBLE

DU PREMIER COEUR DE SUPER - PHENIX

J.P. BARITEAU - P. GUEIFI - J. HEYRAUD

B. NOUGUÈS - M. OSWALD

CEA, CEN Cadarache, IRDI, DMECN

Communication présentée à : 87. Annual meeting of the American Ceramic Society  
Cincinnati, OH (USA)  
5-9 May 1985

Dix ans après la réalisation du premier coeur du réacteur Phénix, la fabrication de la première charge du réacteur surgénérateur Super-Phénix vient de s'achever au Complexe de Fabrication de Cadarache. Cette communication présente les caractéristiques et le déroulement de cette fabrication, en essayant de mettre en évidence d'une part les constantes, d'autre part les changements intervenus durant ces dernières années, pour atteindre cet objectif.

La fabrication de la première charge Super-Phénix a mis en oeuvre :

- 45 tonnes d'oxyde mixte, dont 6,6 tonnes de Plutonium pour réaliser :  
110 920 aiguilles et 410 assemblages ; elle correspondait, lors de son démarrage, à une charge de production pour le Complexe de Fabrication équivalente aux quantités produites par l'Atelier depuis son origine (Figure 1) ; elle devrait être une étape de première importance permettant de démontrer la faisabilité, dans des conditions industrielles, d'un tel type de production.

## 1. LES CARACTERISTIQUES DU COMBUSTIBLE (Figure 2)

La définition des caractéristiques de la pastille combustible Super-Phénix a été faite dans la lignée de celles retenues pour Phénix, dont les nombreuses irradiations et plus de 10 ans de fonctionnement du réacteur, ont confirmé l'excellent comportement du combustible, en particulier : le choix d'un combustible dense. Hormis les enrichissements, définis pour chaque type de réacteur, la variante essentielle résidait dans le choix d'une pastille annulaire.

Le principal problème qui se posait pour cette fabrication était l'effet de taille et l'augmentation d'un facteur 10 des capacités de production de l'atelier, avec tous les problèmes qui s'y rattachaient.

## 2. LA FABRICATION DU COMBUSTIBLE

Dans la conception de la nouvelle ligne de fabrication, mise en place pour la réalisation du combustible Super-Phénix, un certain nombre d'options technologiques, qui avaient fait leur preuve, ont été maintenues ou adaptées, elles concernent principalement :

- le procédé,
- le confinement,
- la protection contre l'irradiation ;

les modifications essentielles sont intervenues dans les domaines suivants :

- la mécanisation et l'automatisation des systèmes de transfert et des équipements de fabrication et de contrôle,
- l'augmentation de la taille des équipements,
- le recyclage à sec des rebuts de fabrication.

### 2.1 Le procédé (Figure 3)

La fabrication des pastilles repose sur le mélange mécanique des poudres d'oxyde de plutonium et d'uranium, en procédant par charges discontinues ; les caractéristiques principales de ce procédé sont :

- le mélange mécanique des poudres dans un broyeur à boulets d'uranium métal, suivi d'une opération de granulation ;
- le pastillage et le frittage ;

Ces opérations permettant d'obtenir des pastilles à leurs dimensions définitives sans rectification.

Notons quelques remarques :

- le recyclage à sec des rebuts de fabrication a par contre été effectué d'une manière systématique, en particulier par broyage des pastilles et réinjection de la poudre dans les charges avant broyage. Un recyclage au niveau d'environ 10 % a été mis en oeuvre sans perturbation sur le déroulement normal de la fabrication,
- plusieurs types de lubrifiants ont dû être utilisés en fonction des plutoniums mis en oeuvre ou plus précisément de leurs puissances spécifiques.

## 2.2 Les installations

Une ligne spécifique d'une capacité nominale de 18 t/an a été mise en place, permettant d'assurer la production dans des conditions d'exposition du personnel satisfaisant.

L'option confinement du plutonium en BAG a été maintenue, ces dernières étant munies de protection  $\gamma$  et neutroniques aux endroits où les quantités de matière fissile le nécessitaient (figure 4). Ce problème de radioprotection était d'autant plus accru que les plutoniums mis en oeuvre provenaient pour 30 % du retraitement des combustibles PWR et qu'ils présentaient des activités spécifiques importantes.

La technologie de base des installations de production a peu varié entre Phénix et Super-Phénix. Toutefois, un effort particulier d'automatisation des systèmes de transfert (figure 5) et des équipements

de fabrication a été réalisé, permettant d'effectuer toutes les commandes, à l'exception des introductions en tête de ligne, à distance, à partir des salles de commande (figure 6). Les poudres sont manipulées et transférées, par charge de 40 Kg environ d'oxyde mixte, dans des conteneurs étanches.

La taille des équipements a été augmenté, en prenant en compte les conditions de sûreté vis-à-vis du risque criticité qui entraînent une limitation de la masse. Ces équipements comprennent principalement :

- deux broyeurs à boulets de capacité 40 Kg (figure 7),
- un homogénéiseur de capacité 160 Kg permet d'augmenter la taille des lots et de diminuer le nombre de contrôles de recette,
- un ensemble de granulation,
- une presse rotative (figure 8),
- un four de frittage (figure 9).

Des stockages des produits en cours de fabrication complètent ces équipements, dont l'ensemble occupe une surface d'environ 1000 m<sup>2</sup>.

Associé à cet ensemble de production un ensemble d'équipements de contrôle performants a été mise en place, dont l'étude a été menée dans un souci de réduire les temps de réponse et par suite les temps d'immobilisation des produits. Les choix reposent aussi sur une automatisation des appareillages, associés à des méthodes statistiques de réception et au traitement informatique des résultats ; citons à titre d'exemple :

- le contrôle des caractéristiques géométriques des pastilles permettant d'effectuer la recette d'un lot par échantillonnage en une demi-heure (figure 10),
- le contrôle de la teneur en plutonium, par voie chimique, capable d'effectuer 30 déterminations/jour (figure 11).

Enfin, un système intégré de saisie et de gestion des données de fabrication et de contrôle, par informatique (~~figure 12~~), reposant sur la traçabilité des produits, complète cet ensemble de production et constitue un des éléments de base du Système Assurance Qualité.

### 3. RESULTATS

Pour conclure cette présentation nous donnerons quelques résultats relatifs à la qualité des produits obtenus, aux rendements de la fabrication et au problème de radioprotection du personnel :

- en ce qui concerne la qualité, on peut dire que globalement le niveau de qualité spécifié a été obtenu : les valeurs moyennes s'écartent peu des valeurs nominales spécifiées, les dispersions restent acceptables.

En comparant les masses de produits recettables aux masses de produits frais engagés en tête de ligne, le rendement global de la fabrication est de 96 %.

Enfin du point de vue irradiation du personnel, l'accroissement de la production et l'augmentation de l'activité  $\alpha$  du plutonium provenant du combustible des réacteurs PWR n'ont pas posé de problème d'un ordre de grandeur différent, grâce aux progrès réalisés sur la technologie des installations : la dose moyenne intégrée par agent est de l'ordre de 10 % du maximum autorisé (5 rem), la dose maximale ne dépassant pas 70 % de ce maximum.

- R E F E R E N C E S -

---

- 1/ H. BAILLY et al.  
"La Fabrication en FRANCE de coeurs de réacteurs rapides à base de plutonium et d'uranium enrichi".  
Fuel and Fuel Elements for Fast Reactors, AIEA, VIENNA (1974)
  
- 2/ J. L. VIALARD et al.  
"Fuel Element Fabrication Plant for SUPER-PHENIX"  
Trans. Am. Nucl. Soc. 20,598 (1979)
  
- 3/ H. BAILLY et al.  
"French Fast Breeder Reactor Fuel Fabrication"  
Trans. Am. Nucl. Soc. 32, 228 (1979)
  
- 4/ H. BAILLY et al.  
"Fabrication des assemblages combustibles de Rapsodie, Phénix et Super Phénix, les constantes, les changements"  
Nuclear Fuel cycles and waste disposal ENS/ANS Conférence Bruxelles (1982)

- LISTE DES FIGURES -

---

- Figure 1 Cumul des quantités de Pu mis en oeuvre dans le complexe de Fabrication.
- Figure 2 Schéma et caractéristiques du combustible.
- Figure 3 Organigramme de la fabrication des pastilles combustibles.
- Figure 4 Vue d'ensemble d'une partie des installations de fabrication des poudres montrant les protections biologiques.
- Figure 5 Vue du système de transferts de jarres.
- Figure 6 Salle de commande.
- Figure 7 Broyeur.
- Figure 8 Presse rotative.
- Figure 9 Four de frittage.
- Figure 10 Appareil de contrôle géométrique des pastilles.
- Figure 11 Appareil d'analyse chimique du Pu - SR 10.



# QUANTITES CUMULEES DE PLUTONIUM MIS EN ŒUVRE AU COMPLEXE DE FABRICATION DE CADARACHE

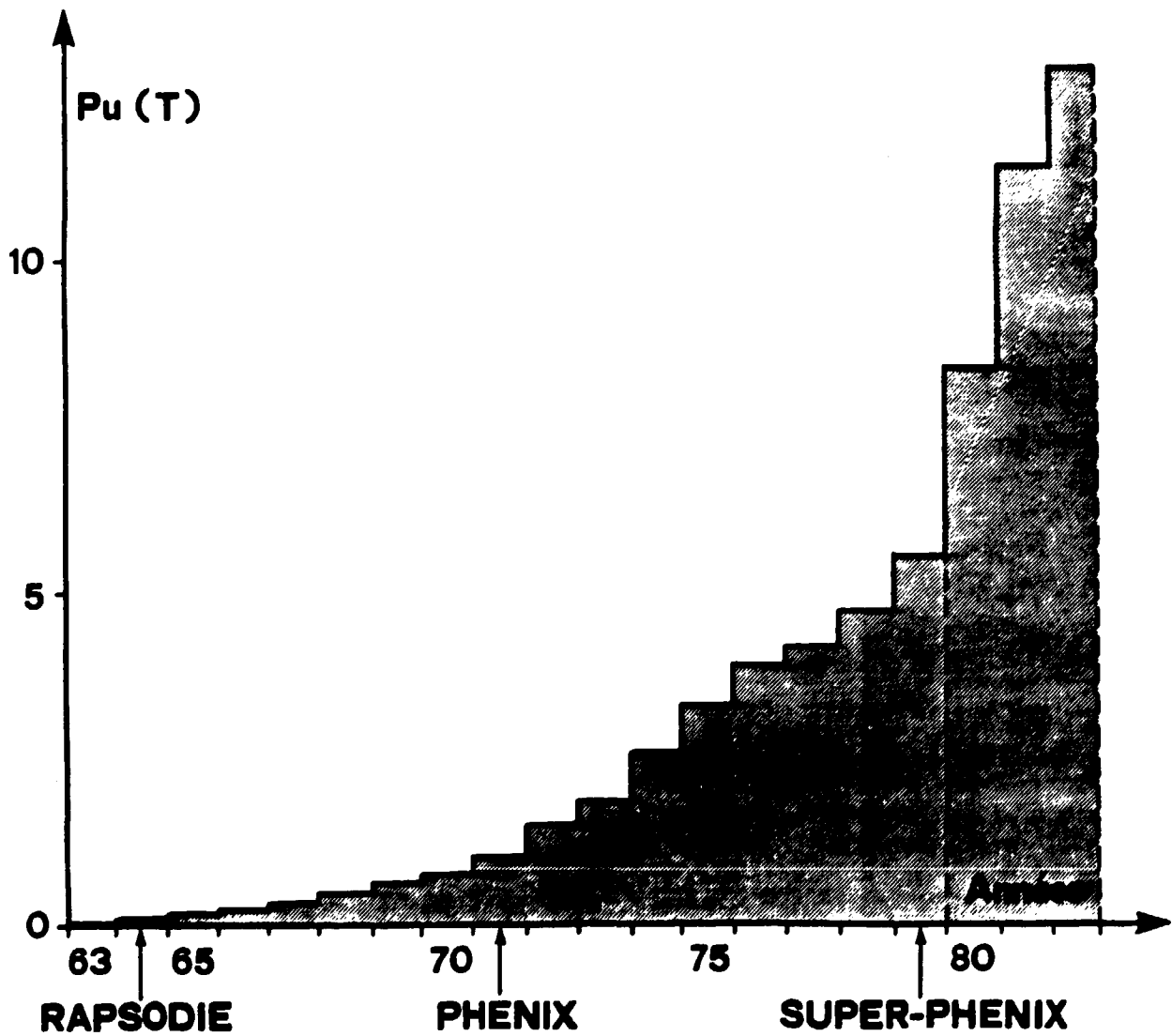
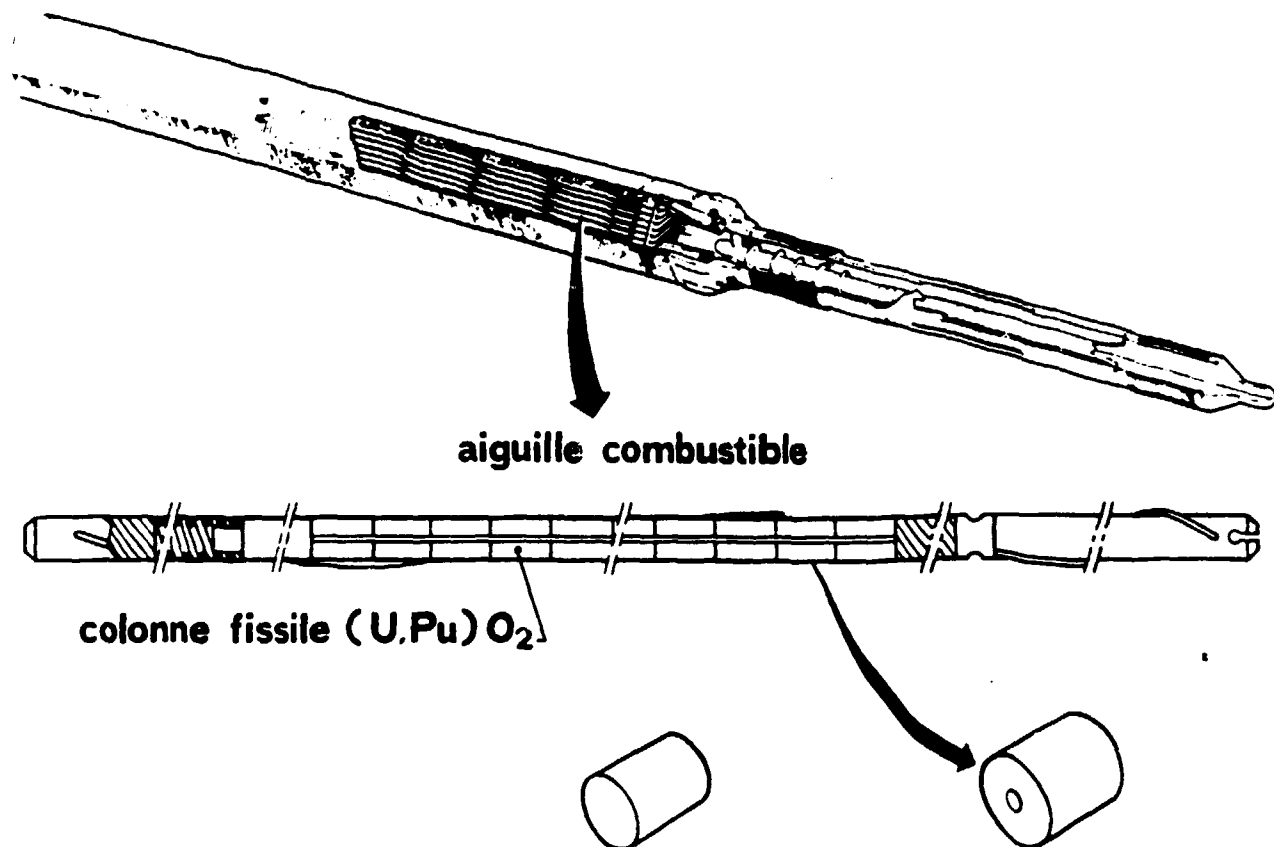


Fig. 1

## CARACTERISTIQUES DU COMBUSTIBLE



REACTEUR	PHENIX	SUPER-PHENIX
combustible	(U,Pu)O <sub>2</sub>	(U,Pu)O <sub>2</sub>
densité nominale	95,5 %	95,5 %
diamètre pastille	5,4 mm	7,1 mm 1,3 fois Px
poids d'une charge (U,Pu)O <sub>2</sub>	4,5 T	45 T 10 fois Px

# SCHEMA DE FABRICATION DES PASTILLES D'(U Pu)O<sub>2</sub>

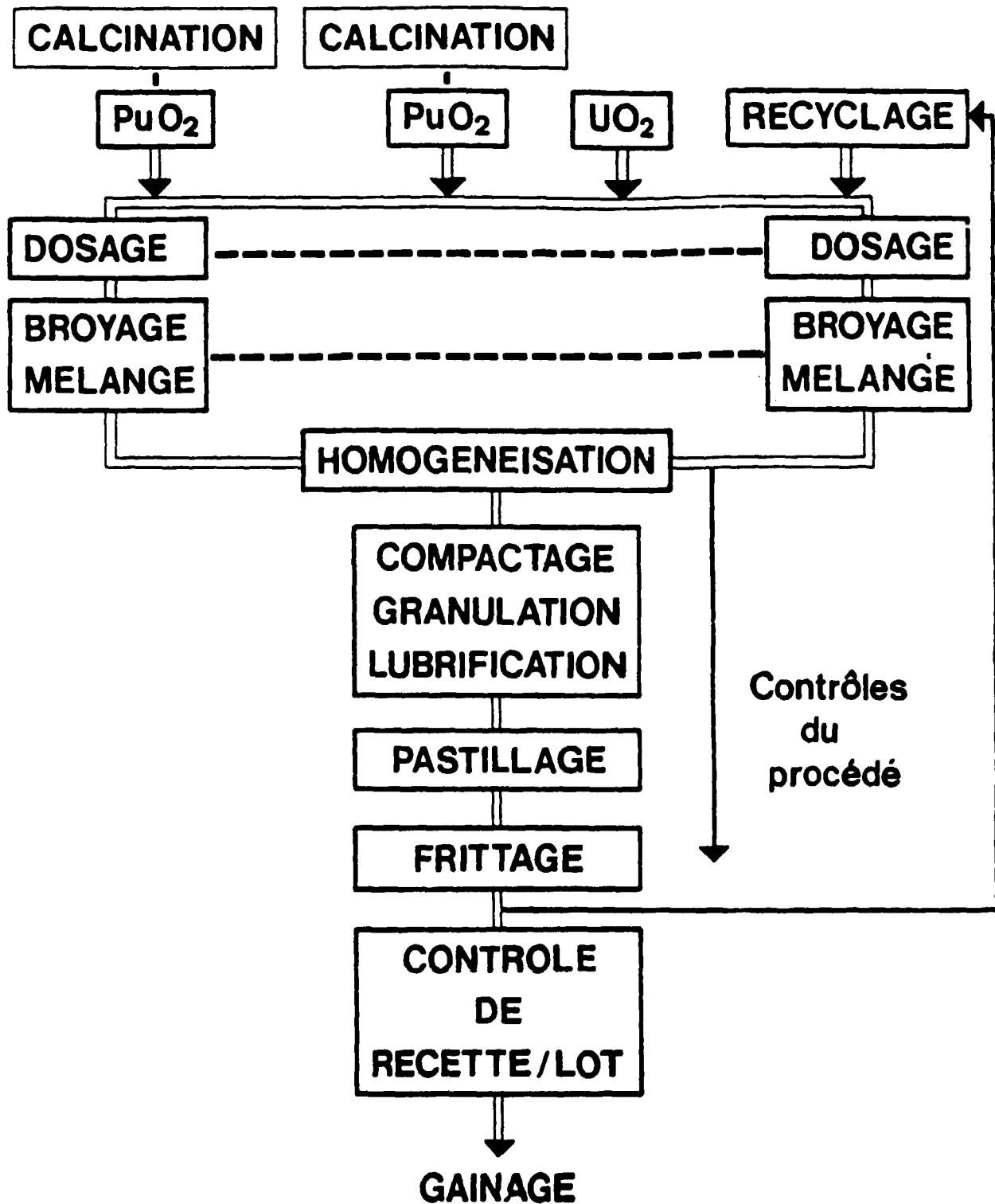


Fig. 3



VUE D'ENSEMBLE D'UNE PARTIE DES  
INSTALLATIONS DE FABRICATION DES POUDRES  
MONTRANT LES PROTECTIONS BIOLOGIQUES



VUE DU SYSTEME DE TRANSFERTS DE JARRES



SALLE DE COMMANDE

Fig. 6



**BROYEUR**

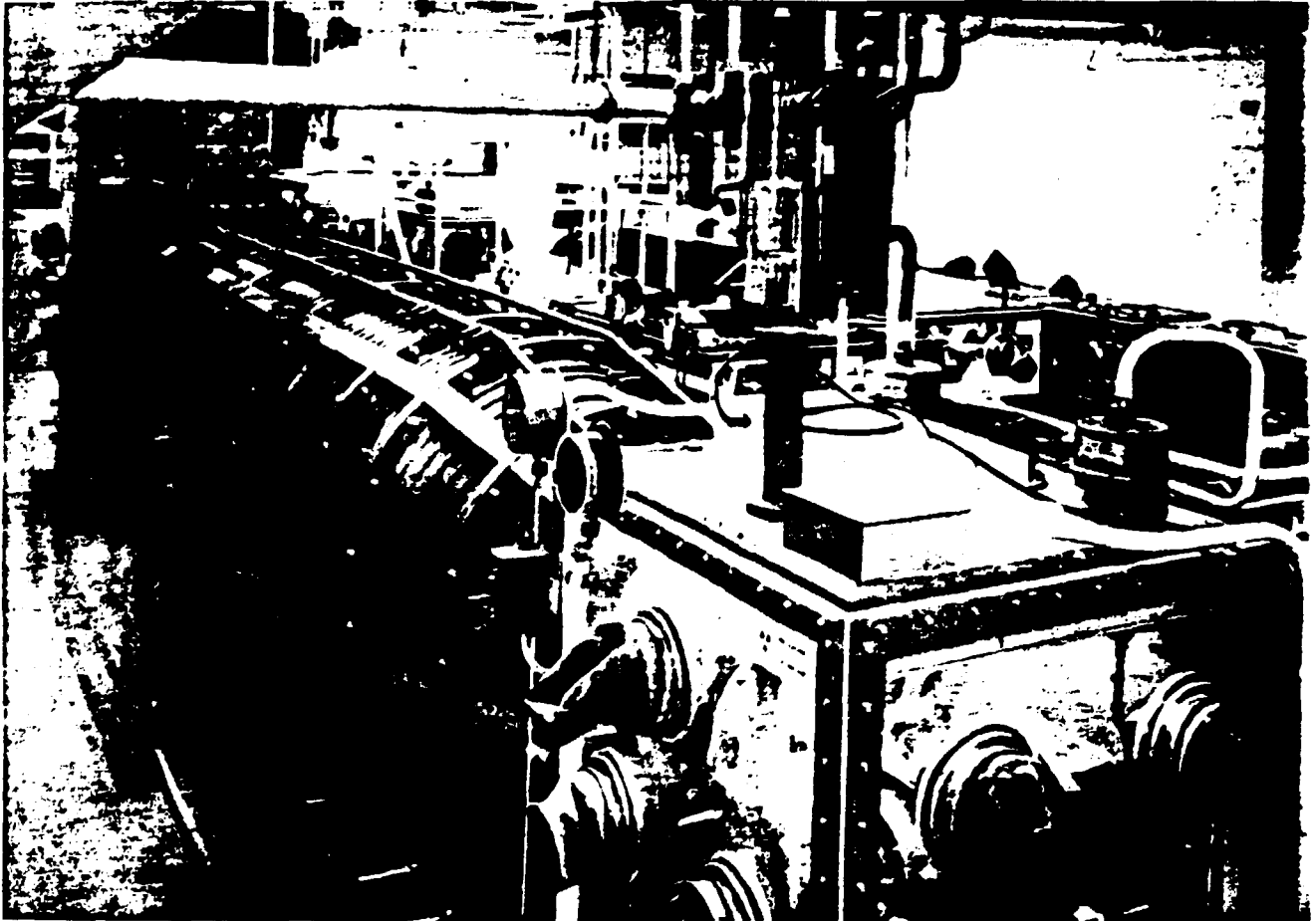
**Fig. 7**



PRESSE ROTATIVE

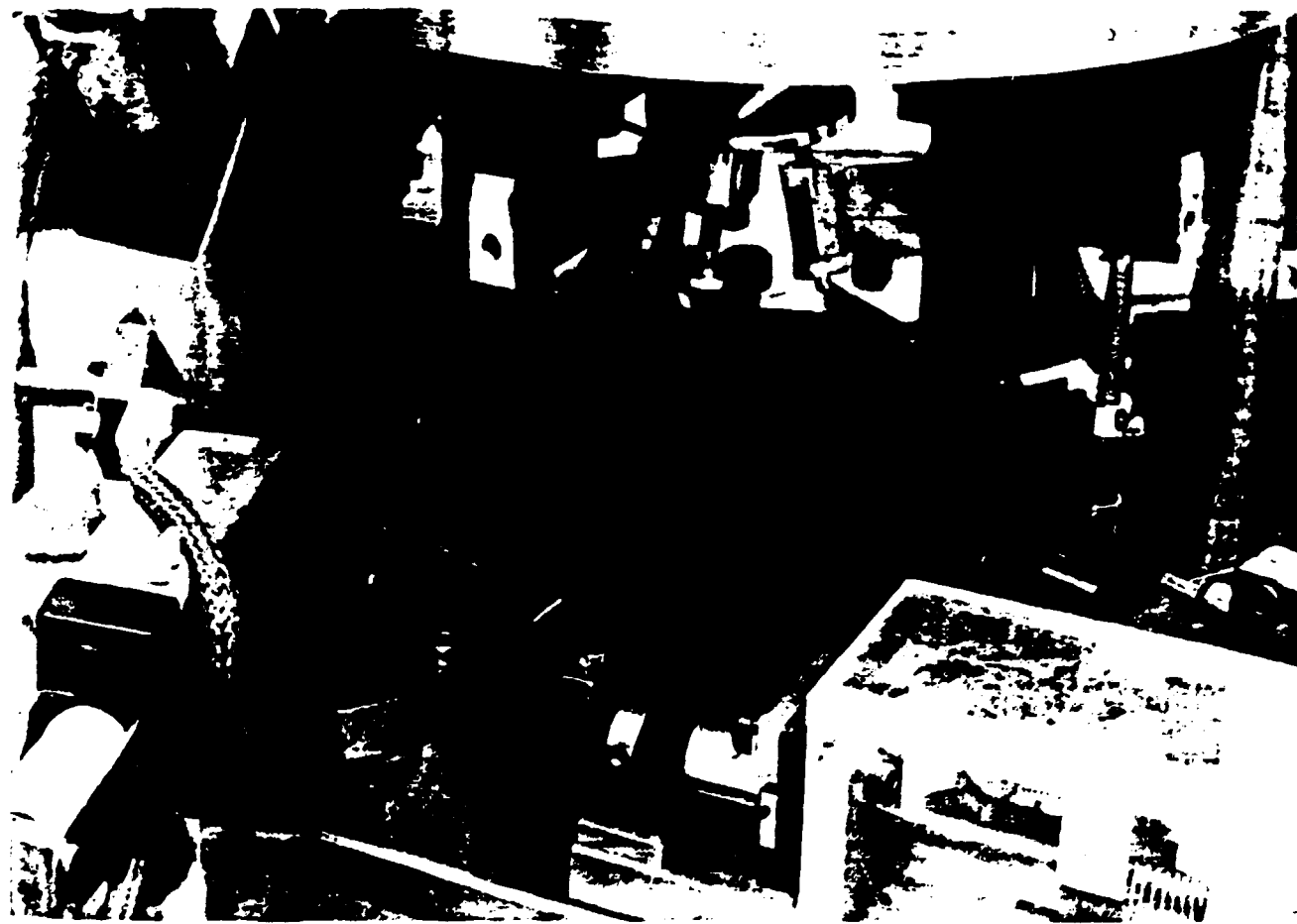
Fig. 8



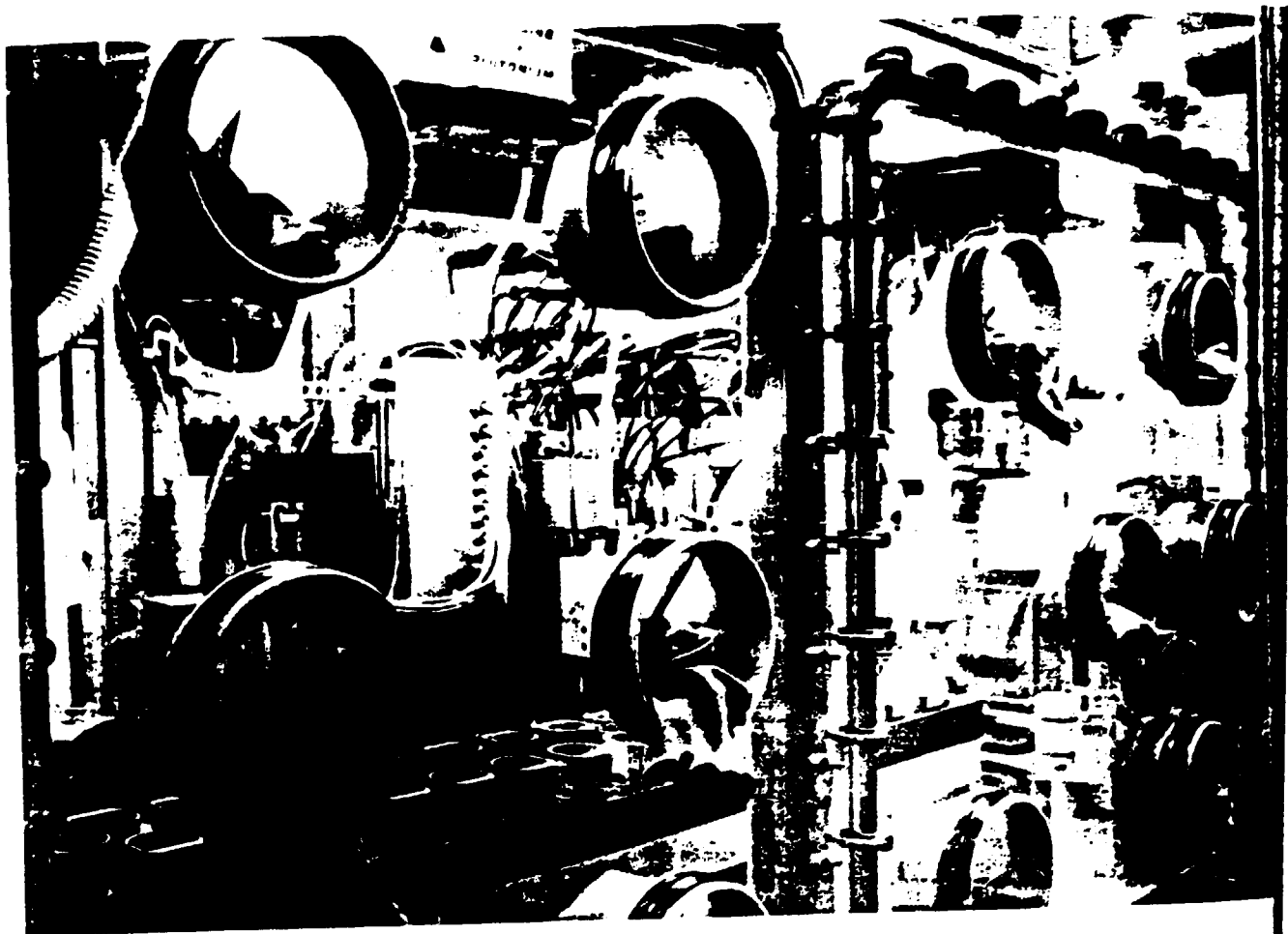


FOUR DE FRITTAGE

Fig. 9



APPAREIL DE CONTROLE GEOMETRIQUE DES  
PASTILLES



APPAREIL D'ANALYSE CHIMIQUE DU Pu - SR 10.