

DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE  
SERVICE DES ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES ET STRUCTURES  
SECTION D'EXPLOITATION DU  
LABORATOIRE D'ÉTUDES DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS  
GROUPE d'exploitation et de Planification

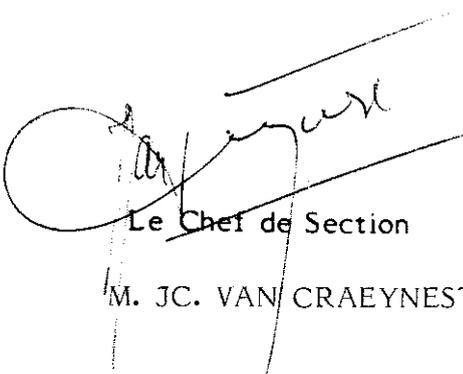
DOCUMENT PRESENTE AUX GT./CEE  
" LABORATOIRES CHAUDS ET TELEMANIPULATIONS "  
MAI 1986  
BRASIMONE - ITALIE.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIÉS INSTRUMENTES  
PAR LE PROCÉDE " FABRICE "

*Marin*

  
Le Chef de Service

M. MARIN

  
Le Chef de Section  
M. J.C. VAN CRAEYNEST



DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE  
SERVICE DES ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES ET STRUCTURES  
SECTION D'EXPLOITATION DU  
LABORATOIRE D'ETUDES DES COMBUSTIBLES IRRADIES  
GROUPE d'exploitation et de Planification

Date : AVRIL 1986

Réf : NT SELECI 590

Nat. document  NOTE TECHNIQUE N° 590

Titre  REFABRICATION DES CRAYONS COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE " FABRICE "

Auteur (s)  A. GARCIA - JP. MALARD - M. MERY - M. VOUILLOT

Participant (s)

Documents associés :

		<del>VOUILLOT</del>				
		<del>MALARD</del>	A Garcia	<del>J. P. Malard</del>	Mery	
0	Avril 86	MALARD	GARCIA	PILLET	GARCIA	
Indice	Date	Rédacteur	Vérificateur	Emetteur	Ing A Q	Nature de la modification

Grand Projet	Affaire
REP	REFABRICATION DE CRAYONS

Les informations contenues dans ce document ne sont pas destinées à la publication.  
Il ne peut en être fait état sans autorisation expresse du commissariat à l'énergie atomique



DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE  
SERVICE DES ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES ET STRUCTURES  
SECTION D'EXPLOITATION DU  
LABORATOIRE D'ÉTUDES DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS

Date : AVRIL 1986
Réf : NT SELECI 590

Nature du document : \_\_\_\_\_

Nature du document : NOTE TECHNIQUE N° 590

Titre  REFABRICATION DES CRAYONS COMBUSTIBLES IRRADIÉS  
INSTRUMENTES PAR LE PROCÉDÉ " FABRICE "

Auteur (s)  A. GARCIA - JP. MALARD - M. MERY - M. VOUILLOT

Résumé

*Les études paramétriques du comportement sous irradiation des crayons de centrales de puissance ont imposé la refabrication de crayons instrumentés prélevés dans des éléments combustibles très irradiés.*

*Pour réaliser ces crayons, il a été nécessaire de concevoir de nouveaux équipements dans les domaines suivants :*

- *Usinage et contrôles des tronçons de combustible par une machine multifonctions assurant toutes les opérations préalables aux phases de soudage.*

- *Machine de soudage acceptant des crayons munis d'instrumentations volumineuses.*

- *Machine de queusotage simplifiant l'opération et améliorant la fiabilité de l'ensemble.*

*Le développement de ces nouveaux équipements plus performants du point de vue de la fiabilité, de la précision et de la souplesse d'emploi, permet d'envisager la réalisation de crayons de configurations diverses, élargissant ainsi les possibilités d'irradiation.*

Mots clés \_\_\_\_\_

Grand Projet	Affaire
REP	REFABRICATION DE CRAYONS

Les informations contenues dans ce document ne sont pas destinées à la publication.  
Il ne peut en être fait état sans autorisation expresse du commissariat à l'énergie atomique



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

3

Date :AVRIL 1986

18

SECS/SELECI/GEP

Révision

### PLAN

- Introduction
- Rappel du déroulement de la refabrication d'un crayon standard.
- Modification et amélioration des équipements permettant la réalisation de crayons instrumentés prélevés dans du combustible très irradié.
- Types de crayons instrumentés réalisés.
- Conclusion.

**INTRODUCTION**

Le procédé FABRICE de "refabrication en cellule chaude" de petits crayons à partir d'éléments combustibles irradiés de grande longueur a été mis au point au CEA afin de permettre, en particulier, des études paramétriques du comportement sous irradiation de crayons provenant des centrales de puissance.

Ce procédé, basé sur l'expérience du CEA en matière de fabrication de crayons combustibles de type PWR a été adapté aux techniques de travail en cellule de haute activité.

Sa description de base et sa qualification ont fait l'objet d'une présentation au groupe de travail " LABORATOIRES CHAUDS ET TELEMANNIPULATION " A MOL les 10 et 11 Juin 1982. [1.]

La présente note décrit l'adaptation des techniques à la réalisation de crayons munis d'instrumentations relativement volumineuses et souvent prélevés dans des combustibles très irradiés ( 4 et 5 cycles REP).



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

5

Date : AVRIL 1986

18

SECS/SELECI/GEP

Révision

## I. RAPPEL DU DEROULEMENT DE LA REFABRICATION D'UN CRAYON STANDARD EN CELLULE

### CHAUDE ET EQUIPEMENTS NECESSAIRES

#### I.1. Déroulement de la fabrication

On reconstitue un crayon expérimental de 500 à 700 mm de longueur, à partir d'un tronçon d'éléments combustibles PWR irradiés dans un réacteur de puissance; ce crayon reconstitué comprend :

- l'oxyde et la gaine du crayon initial
- des composants neufs : pastilles isolantes, bouchons, ressort.

Il peut être pressurisé soit à l'hélium, soit avec un mélange d'He et de gaz rares (Xe + Kr) afin de reproduire la pression et l'atmosphère interne du crayon préirradié d'origine.

Le tableau I donne le détail des opérations de reconstitution. L'opération de fabrication comprend sept étapes principales :

- choix et caractérisation d'un élément combustible irradié
- prélèvement d'un tronçon d'une longueur égale à la longueur définitive de la colonne du crayon FABRICE (plus environ 83 mm).
- extraction de l'oxyde d'uranium aux extrémités du tronçon sur environ 13 mm en partie inférieure et 70 mm en partie supérieure, pour la mise en place des constituants neufs, soit : pastilles isolantes, ressort et bouchons
- soudure des bouchons par argon-arc
- fermeture du crayon par queusotage sous atmosphère contrôlée
- contrôles de fabrication ( y compris contamination)
- contrôles de caractérisation.

De nombreuses précautions sont prises au cours de la fabrication afin d'éviter toute perturbation mécanique de l'élément combustible initial (soit au niveau de l'oxyde d'uranium ou de la gaine) et d'éviter toute modification de la chimie interne du crayon de départ (en particulier introduction d'humidité).

Les principales précautions prises sont résumées ci-dessous :

- toutes les opérations de reconstitution sont effectuées, le crayon étant en position horizontale.
- les usinages sont exécutés en employant un disque abrasif à faible vitesse et sans lubrifiant.
- nettoyage et brossage des extrémités internes de la gaine
- après usinage l'extrémité du tronçon est obturée par un bouchon en acier inoxydable pour limiter la mise en contact avec l'air ambiant de la cellule (non purifié)
- après soudure des bouchons sur la gaine et avant queusotage, le crayon (queusot ouvert) est étuvé à 110°C sous vide primaire pendant 72 h afin d'éliminer toute trace éventuelle d'humidité (contrôle par un hygromètre).
- l'hélium introduit passe sur des tamis moléculaires à sa sortie de bouteille et dans une cellule d'hygromètre.
- entre chaque opération de fabrication, le crayon est maintenu en container étanche. La fabrication d'un crayon FABRICE dure environ quinze jours.



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

6

Date AVRIL 1986

18

SECS/SELECI/GEP

Révision

## I.2 Equipements nécessaires

Les équipements nécessaires peuvent être classés en 3 rubriques :

### A) USINAGE ET CONTROLES ASSOCIES. ( Cellule spécifique FABRICE)

- Dispositif de découpe de la gaine et du combustible
- Dispositif permettant d'extraire le combustible de la gaine afin de réaliser les volumes libres nécessaires à la mise en place du ressort et des bouchons.
- Dispositif de mesure des longueurs de volume libre.
- Dispositif de mesure du  $\phi$  int. gaine en vue de l'appairage gaine/ bouchon.
- Dispositif d'emmanchement du bouchon sur la gaine.
- Dispositif de visualisation des volumes libres (endoscope)

### B) SOUDAGE ET ETANCHEITE DU CRAYON. (Cellule spécifique FABRICE).

- Dispositif de soudage des bouchons sur les gaines.
- Dispositif d'étuvage des crayons avant queusotage.
- Dispositif de pressurisation des crayons.
- Dispositif de contrôle d'étanchéité.

### C) AUTRES CONTROLES. (Cellules non spécifiques FABRICE)

- Radiographie. (soudures et colonne combustible)
- Courants de Foucault
- Spectrométrie  $\gamma$
- Métrologies diamétrales

## II. MODIFICATION ET AMELIORATION DES EQUIPEMENTS PERMETTANT LA REALISATION DE CRAYONS

### INSTRUMENTES PRELEVES DANS UN COMBUSTIBLE TRES IRRADIE.

Les points suivants ont dû faire l'objet d'amélioration ou de modification

#### A - USINAGE

- La dureté du combustible irradié durant 4 et 5 cycles ne permet plus l'utilisation des méthodes et appareillages habituels pour l'extraction de l' $UO_2$  (grattage, forage) et nécessite l'utilisation de dispositifs mécaniques permettant la désagrégation du combustible dans des conditions garantissant l'intégrité du tube de gainage.

#### B - SOUDAGE

- La nécessité d'avoir à souder des crayons munis d'instrumentations volumineuses (mini-tubes, capteurs de pression) est incompatible avec le diamètre d'ouverture des mors d'une soudeuse standard.

#### C - QUEUSOTAGE

- Un dispositif nouveau a été conçu et réalisé pour accroître les possibilités de mise en pression de crayons de configurations diverses.

## III. CARACTERISTIQUES DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS

### III.1 USINAGE (Photo n° 1)

Une machine munie d'une tête porte-outils (6) rotative (photo n° 2) permet, en garantissant un alignement parfait entre pièce à usiner et outil utilisé, de disposer simultanément des outils nécessaires à la réalisation de 5 opérations d'usinage et 1 opération de contrôle dimensionnel :

- Tronçonnage par disque diamanté,
- Tronçonnage par outil de tour ,
- Dressage de la face du tube par outil de tour ,
- Forage dans l'oxyde (forêt carbure),
- Alésage d'un tube,
- Contrôle dimensionnel du diamètre intérieur de la gaine,
- Contrôle dimensionnel de la profondeur des volumes libres réalisés,
- Mise en place (emmanchement) du bouchon sur la gaine (limiteur d'effort),

De plus sur cette machine s'adapte un dispositif endoscopique ( avec TV) permettant le contrôle visuel des usinages réalisés en particulier à l'intérieur des tubes de gainage. (photo n° 3)

Machine modulaire, construite de façon à permettre le dépannage et l'échange des constituants de façon aussi simple et rapide que possible.

Toutes les vitesses de rotation sont lentes et réglables pour limiter les risques d'endommagement des échantillons.

 <b>DMECN</b> <b>DTech.</b>	REFABRICATION DES CRAYONS COMBUSTIBLES IRRADIES INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE " FABRICE "	Réf : NT SELECI N° 590	8
		Date : AVRIL 1986	18
SECS/SELECI/GEP		Révision	

### III.2 Dispositif de soudage (Photo n° 4)

L'originalité de cette machine provient essentiellement du fait qu'elle est équipée d'un mandrin possédant un grand diamètre de passage (80 mm) et d'une chambre de protection argon télescopique donc ajustable à la géométrie des pièces à souder. De plus cette chambre lorsqu'elle n'est pas en service peut s'escamoter pour faciliter la manutention des objets réalisés.

D'autres points intéressants sont à signaler :

- . Réglage très précis de la position de l'électrode (0,01 mm, affichage numérique) par mesure de la distance électrode-joint à souder par court-circuit allumant un témoin, remise à zéro de l'indicateur de distance puis réglage à la valeur désirée de la distance électrode pièce à souder.
- . Contrôle du faux-rond du joint à souder par comparateur.
- . Réglage de l'électrode sur l'axe de la pièce à souder.
- . Réglage de la distance plan de joint / mors soudage.
- . Mesure de la vitesse de rotation du mandrin avec affichage numérique sur pupitre.
- . Double contrôle de la circulation d'argon dans la chambre de protection et la torche de soudage.
- . Positionnement de la soudeuse dans la cellule, relativement au trou inter-cellules et au bouchon de fond de cellule pour permettre d'une part le travail sur des crayons de grande longueur et d'autre part l'évacuation par la zone de transferts d'objets trop encombrants pour être évacués par le convoyeur inter-cellules.

Machine modulaire, construite de façon à permettre le dépannage et l'échange des constituants de façon aussi simple et rapide que possible. En particulier les éléments spécifiques à chaque type de crayons refabriqués (contrepointe et mors de soudage, électrode) se changent très facilement.

### III.3 Dispositif de queusotage (Photo n° 5)

Cette machine présente la particularité d'une part, d'être équipée d'une chambre de mise sous pression basculante permettant d'effectuer l'opération de queusotage soit en position horizontale (technique habituelle) soit en position verticale et d'autre part de posséder un système de serrage du crayon (pince élastique) évitant le recul du crayon par rapport à l'électrode de soudage lors de la mise en pression de la chambre de queusotage.

Autres particularités :

- Motorisation de l'avance de l'électrode (précision 0,01 mm, affichage numérique)
- Détection du contact pièce à souder/électrode pour réaliser le point zéro du réglage distance queusot/électrode.
- Chambre de queusotage munie d'un hublot permettant de visualiser l'arc électrique.

Par ailleurs, les éléments "consommables" (électrode, presse-étoupe d'étanchéité sur crayon) sont facilement remplaçables et certains éléments sont interchangeables avec des pièces de la machine à souder (moteur, cartes d'alimentation et torche).

Enfin la possibilité de disposer la machine verticalement permet un stockage sur une surface réduite lors des périodes de non-utilisation de la machine.

 DMECN DTech.	REFABRICATION DES CRAYONS COMBUSTIBLES IRRADIES INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE " FABRICE "	Réf :NT SELECI N° 590	9 18
		Date : AVRIL 1986	
SECS/SELECI/GEP		Révision	

#### IV TYPE DE CRAYONS INSTRUMENTES REALISES

Deux types d'instrumentation ont été réalisés à ce jour :

- A) Crayons munis de mini-tubes à chacune de leurs extrémités (voir photo n°4)
- B) Crayons munis de capteurs de pression.

#### V CONCLUSION

Le développement des nouveaux équipements destinés aux réalisations "FABRICE" permet d'accroître la qualité des opérations de fabrication et de contrôles associées ainsi que les possibilités de réalisation de crayons instrumentés et/ou de géométrie non-standard.



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

Date : AVRIL 1986

10

18

SECS/SELECI/GEP

Révision

### REFERENCES

[ 1 ] MOL - 10 et 11 Juin 1982. " Procédé FABRICE de reconstitution en cellule chaude de crayons expérimentaux à partir de crayons préirradiés en réacteurs de puissance "

par N. VIGNESOULT, R. ATABEK, S. DUCAS.



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

Date : AVRIL 1986

11

18

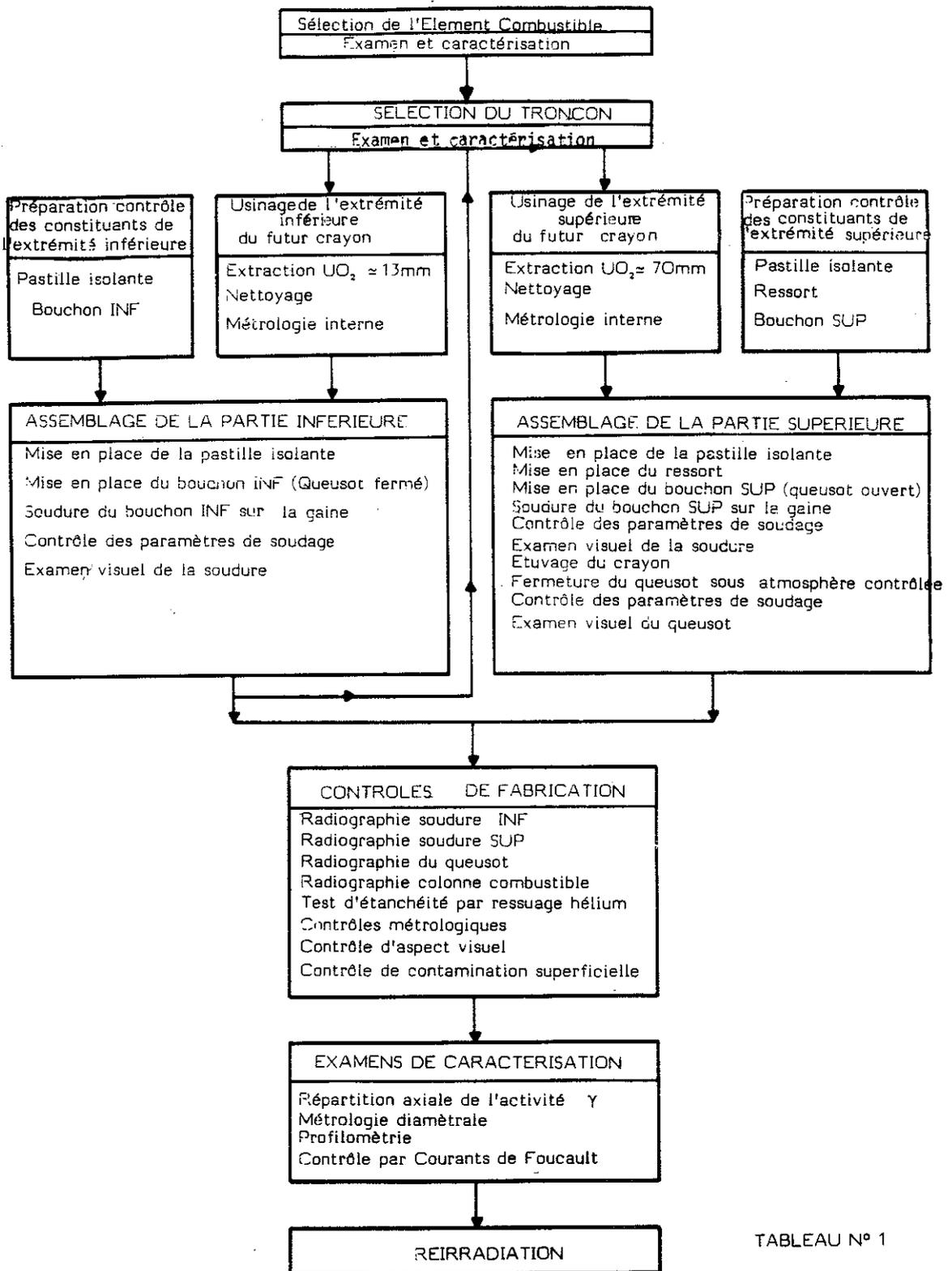
SECS/SELECI/GEP

Révision

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : OPERATION " FABRICE ". GAMME DE FABRICATION

OPERATION " FABRICE " - GAMME DE FABRICATION



TABEAU N° 1



DMECN  
DTech.

REFABRICATION DES CRAYONS  
COMBUSTIBLES IRRADIES  
INSTRUMENTES PAR LE PROCEDE  
" FABRICE "

Réf : NT SELECI N° 590

13

Date : AVRIL 1986

18

SECS/SELECI/GEP

Révision

LISTE DES PHOTOS

- PHOTO N° 1 : Vue d'ensemble machine d'usinage.
- PHOTO N° 2 : Machine d'usinage : Détail tête porte-outils rotative.
- PHOTO N° 3 : Machine d'usinage : Montage du dispositif endoscopique.
- PHOTO N° 4 : Soudeuse permettant la fabrication de crayons munis d'instrumentations volumineuses.
- PHOTO N° 5 : Queusoteuse équipée d'une chambre basculante de mise sous pression.

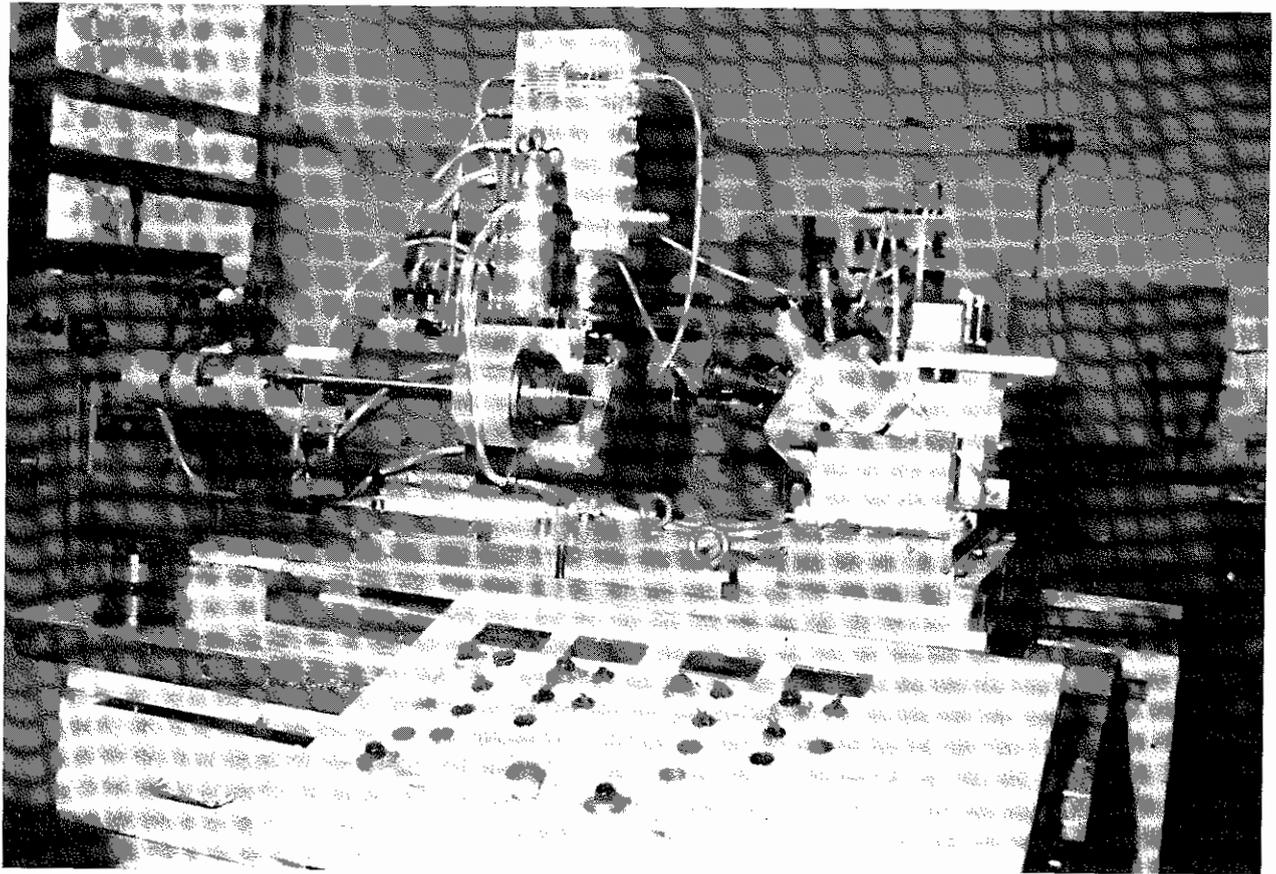


Photo N° 1 - VUE D'ENSEMBLE MACHINE D'USINAGE

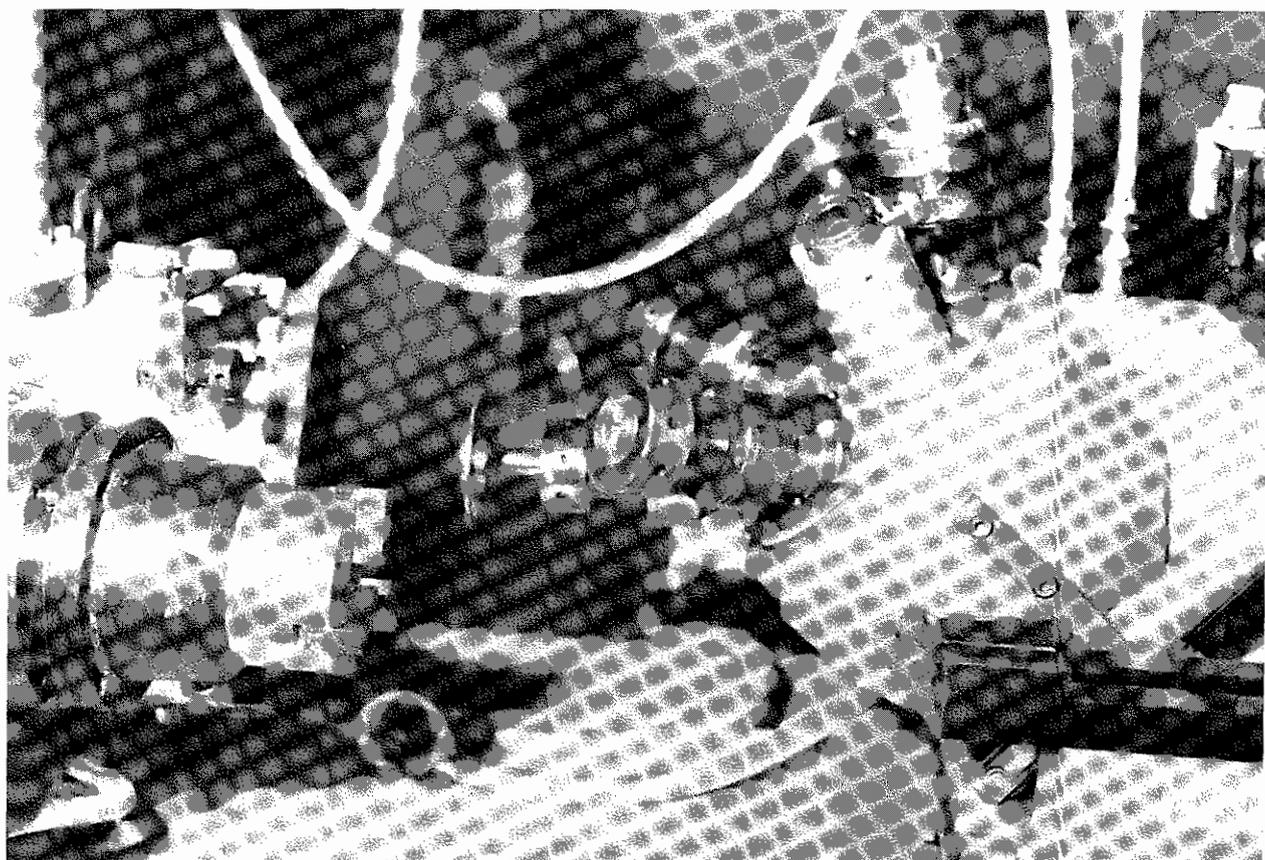


Photo N° 2 - MACHINE D'USINAGE - DETAIL TETE PORTE-OUTILS ROTATIVE

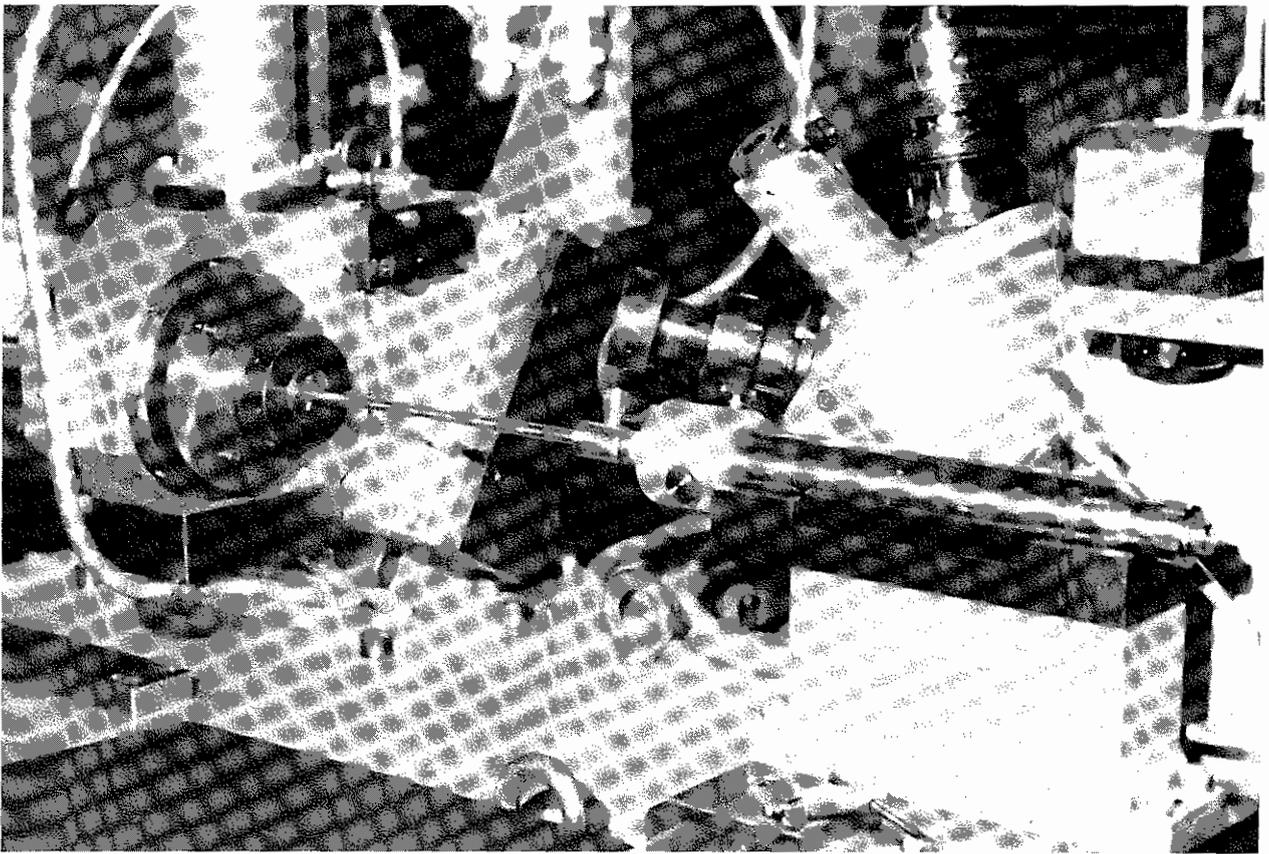
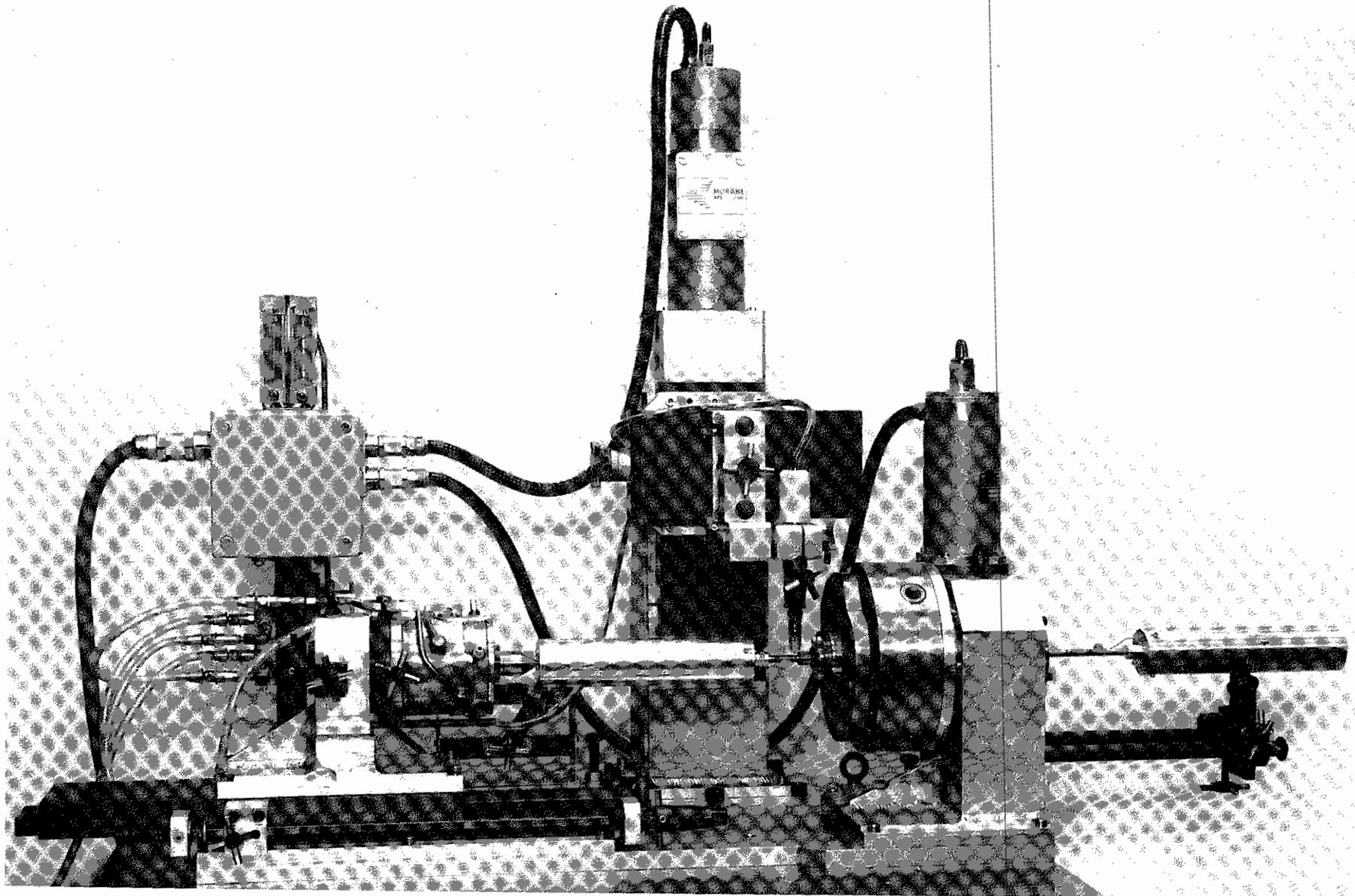


Photo N° 3 - MACHINE D'USINAGE - MONTAGE DU DISPOSITIF ENDOSCOPIQUE

Photo N° 4 - SOUDEUSE PERMETTANT LA FABRICATION DE CRAYONS  
MUNIS D'INSTRUMENTATIONS VOLUMINEUSES



On remarquera la maquette d'un crayon instrumenté disposée dans la soudeuse

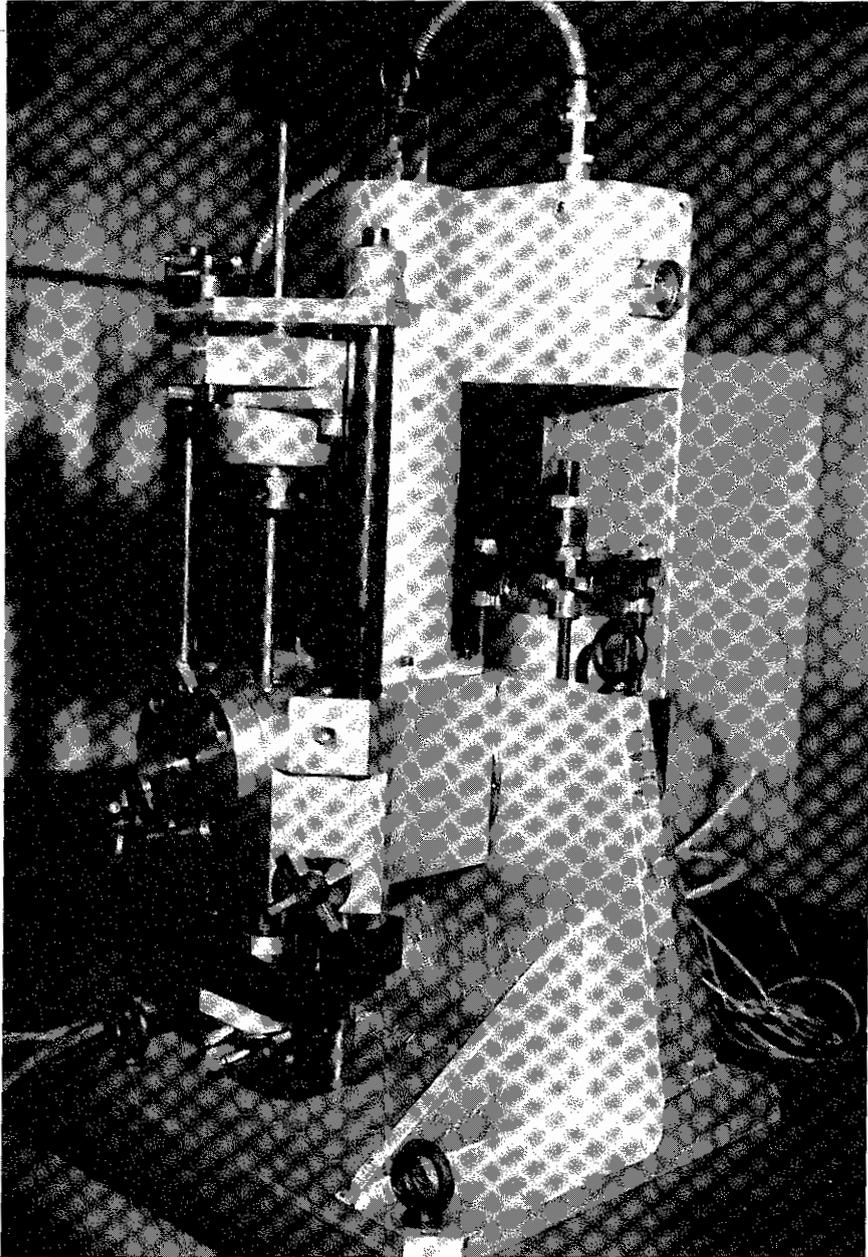


Photo N° 5 - QUEUSOTAGE EQUIPEE D'UNE CHAMBRE  
BASCULANTE DE MISE SOUS PRESSION