

PESENTI P., WALLET Ph.

Rapport CEA n° 1381

Appareillage d'examen des éléments combustibles des piles industrielles de Marcoule.

Sommaire. - Les auteurs décrivent une cellule d'observation et de mesure des éléments combustibles des piles industrielles de Marcoule. La cellule permet l'examen à vue, la photographie, la radioscopie et la radiographie des éléments combustibles. Elle permet en outre la mesure de longueurs sur ces éléments, ces derniers pouvant être déplacés horizontalement en translation, et en rotation.

1960

13 pages
9 figures

PESENTI P., WALLET Ph.

Report CEA n° 1381

Apparatus for examination of irradiated fuel elements of industrial reactors at Marcoule.

Summary. - The authors describe a viewing and measurement cell for the slugs of Marcoule industrial reactors. This cell allows visual inspection, and photography of slugs. Length measurements are also made possible by horizontal motion of the slug both in translation and rotation.

1960

13 pages
9 figures

PREMIER MINISTRE
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**APPAREILLAGE D'EXAMEN DES ELEMENTS
COMBUSTIBLES DES PILES INDUSTRIELLES
DE MARCOULE**

par

P. PESENTI et Ph. WALLET

Rapport CEA N° 1381

**CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-ei-O.)**

- Rapport C.E.A. n° 1381 -

Service de Technologie

o

APPAREILLAGE D'EXAMEN DES ELEMENTS
COMBUSTIBLES DES PILES INDUSTRIELLES DE MARCOULE

par

P. PESENTI et Ph. WALLET

R.60.620

APPAREILLAGE D'EXAMEN DES ELEMENTS COMBUSTIBLES
DES PILES INDUSTRIELLES DE MARCOULE

Résumé.

Les auteurs décrivent une cellule d'observation et de mesure des éléments combustibles des piles industrielles de Marcoule. La cellule permet l'examen à vue, la photographie, la radioscopie et la radiographie des éléments combustibles. Elle permet en outre la mesure de longueurs sur ces éléments, ces derniers pouvant être déplacés horizontalement en translation et en rotation.

Afin de mieux connaître le comportement sous flux des éléments combustibles de la pile G1 à Marcoule, ainsi que des éléments spéciaux éventuellement placés dans ce réacteur, il a été décidé de construire une cellule spéciale permettant l'examen de ces éléments.

Cet examen devait comporter :

- l'examen à vue
- la photographie
- la radioscopie
- la radiographie
- des mesures de longueurs entre repères.

Il a enfin été décidé que cette cellule devait offrir les mêmes possibilités d'examen pour les éléments combustibles des piles G2 et G3.

Le schéma d'ensemble (fig. 1) montre que nous avons été conduits à un massif de béton formant couloir, d'une longueur légèrement supérieure à deux fois la longueur de l'élément

combustible de G1 (3,80 mètres) nous permettant de déplacer cet élément devant la zone centrale où sont rassemblés tous les moyens nécessaires à l'observation.

Nous aborderons successivement :

- 1 - La conception générale du massif constituant la protection biologique
- 2 - Les moyens de manutention des éléments combustibles dans la cellule
- 3 - Les moyens d'introduction des éléments combustibles dans la cellule
- 4 - Les appareillages d'observation et de mesure
- 5 - Les dispositifs de sécurité de l'ensemble
- 6 - Le prix de l'installation

1 - CONCEPTION GENERALE DU MASSIF CONSTITUANT LA PROTECTION BIOLOGIQUE

1.1. - Ensemble béton

L'élément combustible de G1 ayant une longueur de 3,80 mètres, nous avons été conduits à un couloir d'une longueur totale d'environ 8 mètres. Les nécessités d'installation, de visite, d'entretien, de décontamination et de réparations éventuelles imposaient, sur cette longueur, des dimensions transversales permettant le passage d'un homme. Nous avons adopté les dimensions suivantes :

- largeur : 0,60 m
- hauteur : 0,90 m

La protection demandée pour l'activité d'un élément combustible G2 était de 1 mètre de béton de baryte (densité 3,5) conduisant à un massif d'un poids approximatif de 300 tonnes.

L'emplacement attribué dans la hall de G1 étant situé sur du remblai, il a été décidé de constituer l'ensemble de la cellule comme un tout rigide, la base étant constituée d'une semelle de béton armé susceptible de donner une rigidité suffisante à l'ensemble.

1.2. - Portes d'accès

Les portes d'accès de la cellule sont au nombre de deux :

- une porte principale,
- une porte de secours.

La porte principale, visible sur la figure 2 (photographie prise en cours de construction de la cellule), et située côté hall de la pile, comporte elle-même deux possibilités d'ouverture :

- la première a été conçue pour permettre l'entrée d'un homme dans la cellule : son ouverture (par coulissement vertical) découvre donc la section totale du canal et permet ainsi le passage pour le montage, la visite d'entretien, la décontamination ou la réparation éventuelle de l'appareillage situé dans la cellule ;

- pour des raisons d'étanchéité au rayonnement lors de l'introduction d'un élément combustible, la seconde possibilité d'ouverture est constituée par une petite porte qui a été ménagée dans la grande, ne découvrant qu'une ouverture carrée de 15 cm de côté. Cette seconde porte, ménagée à la partie inférieure de la première, coulisse horizontalement.

La grande porte peut être levée par un treuil électrique, la petite est commandée par une vis manoeuvrée à la main.

La porte de secours, située à l'opposé de la porte principale sur la cellule, se trouve placée devant le mur du hall de G1 et n'a été prévue que pour le cas de secours exceptionnels.

Une trappe démontable a été ménagée dans le mur du hall de G1 pour permettre l'accès à la cellule depuis l'extérieur.

Cette porte, qui coulisse verticalement, est manoeuvrée à la main.

1.3. - Passages divers

Dans l'ensemble du bloc, ont été réservés un certain nombre de passages :

- meurtrières de vision décrites plus loin au chapitre 4.1
- orifices cylindriques permettant le passage des moyens d'éclairage et pouvant être utilisés pour l'éventuel passage d'un endoscope ou d'un moyen de manipulation de secours. Le système de lampes utilisé est tel que celles-ci peuvent être aisément sorties de la cellule pour leur remplacement, sans ouverture de la porte.
- tubes pour le passage des canalisations d'alimentation électrique ou d'eau de refroidissement (tube rayons X)

2 - LES MOYENS DE MANUTENTION DES ELEMENTS COMBUSTIBLES DANS LA CELLULE

2.1. - Translation

L'élément combustible est placé sur un chariot pouvant se déplacer horizontalement d'une extrémité à l'autre de la cellule. Une crémaillère solidaire du chariot en permet l'entraînement par un pignon situé dans la zone centrale et commandé depuis l'extérieur par une transmission mécanique.

Les déplacements lents ont été prévus à la main. Pour les déplacements rapides de grande amplitude, on a prévu l'utilisation d'un moteur dont l'action est transmise par un limiteur

de couple. En cas de coincement accidentel, on ne peut donc intensifier l'effort que sur la commande manuelle, ce qui permet de le mieux doser.

2.2. - Rotation

Sur l'extrémité du chariot opposée à la porte d'accès normal de la cellule, est monté un moto-réducteur commandant la rotation lente (3 tours/minute) de deux doigts d'entraînement (fig. 3). Ces doigts, en position normale de l'élément combustible, sont placés entre deux de ses ailettes (cas de la cartouche G1) entraînant ainsi sa rotation.

Dans le cas de l'élément type G2, étant donné la différence importante de longueur, ces doigts s'engagent entre les ailettes d'une entretoise corrigeant cette différence (voir fig. 3).

L'élément combustible G1, ou l'entretoise dans le cas de l'élément type G2, est placé dans une gouttière fixée sur le chariot.

Un capot enveloppant peut être rabattu, de part et d'autre de la zone d'observation, au-dessus de la zone de déplacement du chariot. L'élément examiné est ainsi empêché de sortir de la gouttière par rotation. La figure 4 (vue intérieure de la cellule) représente le capot avant relevé.

L'élément G2, de diamètre légèrement supérieur à celui de G1, repose sur une partie de gouttière légèrement plus basse. Une entretoise assure la transmission de la rotation et, à l'autre extrémité, une butée rabattable empêche l'élément de sortir de la gouttière.

L'ensemble du système permet donc de présenter toutes

les faces de l'élément combustible devant la zone centrale de la cellule, où sont rassemblés tous les moyens d'observation et de mesure.

3 - LES MOYENS D'INTRODUCTION DES ELEMENTS COMBUSTIBLES DANS LA CELLULE

3.1. - Cartouche G1

Il a été prévu, dans le cas des éléments G1, d'utiliser un conteneur comportant une protection de 20 cm de plomb et servant aux déchargements occasionnels du réacteur (A.D.O.). Cet appareil se présente sous la forme d'un long tube de plomb de 5 mètres de long. Ce tube a la possibilité "d'avaler" un élément combustible G1 à l'aide d'une pince télécommandée située à l'extrémité d'une chaîne, et de restituer cet élément dans n'importe quel autre conteneur susceptible de le recevoir.

La présentation de l'A.D.O. devant la pile étant exécutée avec une précision suffisante par le pont du hall, il a été prévu d'utiliser également ce pont pour le positionnement devant la cellule. Il aurait été éventuellement possible d'utiliser le conteneur pendant l'observation pour gagner sur la longueur de la cellule, mais on aurait alors, d'une part immobilisé l'appareil pendant toute la durée des observations, d'autre part rendu plus difficiles les problèmes d'étanchéité au rayonnement et à la contamination au droit de la jonction cellule-conteneur.

L'immobilisation de l'A.D.O. par rapport à la cellule se fait par deux pions de centrage. Le chariot de manutention de la cartouche dans la cellule est immobilisé contre la porte, ce qui a pour effet de reculer le moto-réducteur de rotation. La porte étant ouverte, on fait sortir le tube interne de

1^oA.D.O. jusqu'au contact avec la gouttière ; la cartouche est alors avancée en position sur le chariot grâce à la chaîne. Par la fenêtre d'observation on peut alors, en commandant le moto-réducteur de rotation, placer les doigts d'entraînement de la barre face à l'intervalle de deux ailettes. En libérant le chariot, le moto-réducteur reprend sa place et se trouve alors en position d'entraînement de la barre pour l'observation.

3.2. - Cartouche type G2-G3

La cartouche G2 étant beaucoup plus courte que celle de G1 (0,30 m) et d'un diamètre légèrement supérieur, une entretoise est placée dans la gouttière pour rattraper la différence de longueur, et une prolongation amovible est placée devant la gouttière de façon à supprimer un long intervalle sans soutien (épaisseur de la porte). La porte étant ouverte et le chariot amené contre elle et immobilisé, la cartouche est ringardée contre l'entretoise. La petite fenêtre d'observation permet de positionner convenablement les doigts d'entraînement entre deux ailettes, de la même façon que pour l'élément G1. Le ringard étant retiré, la butée est rabattue. On entraîne le chariot pour refermer la porte et l'observation peut commencer.

La récupération de la cartouche nécessitant une pince, on a prévu un appareil de transfert qui permet également le stockage de 6 cartouches dans un barillet distributeur. Cet appareil sert donc d'intermédiaire entre le château de transport des cartouches et la cellule.

4 - LES APPAREILLAGES D'OBSERVATION ET DE MESURE

4.1. - Examen visuel - Photographie

Une meurtrière horizontale a été ménagée dans le massif de béton, qui permet l'observation par l'intermédiaire d'un

miroir aluminé incliné à 45°. Cette meurtrière est fermée par une glace en verre de qualité "optique" de densité 3,7 et de 12 cm d'épaisseur, faisant écran au rayonnement diffusé. Ainsi l'observateur se trouve-t-il parfaitement protégé et le temps d'examen n'est-il pas limité. L'observation se fait en lumière blanche à l'aide de lampes placées au-dessus du chariot, à réflecteurs orientables depuis l'extérieur. Cette observation se faisant à une distance de 2,2 mètres environ, une lunette spéciale de vision stéréoscopique à courte distance, de grossissement 6, a été construite (fig. 5 a et b).

La largeur de la meurtrière est suffisante pour permettre la photographie par un appareil de grande focale (500 mm) et de grande ouverture sur format 13 x 18 cm. Cet appareil est monté sur un socle éclipable permettant, pendant l'observation, d'éloigner et de replacer rapidement l'appareil devant la meurtrière, sans réglage laborieux.

Une deuxième meurtrière, plus petite, permet la surveillance des manoeuvres d'introduction et de sortie des éléments combustibles. Elle est équipée de façon identique à la meurtrière de vision.

Enfin on a réservé, dans la longueur du canal, 6 bouchons horizontaux qui peuvent permettre l'introduction d'un périscope en dehors de la zone d'examen normal, pour le cas d'avaries éventuelles. Ce périscope permet en outre l'examen des éléments combustibles sous un deuxième angle (par exemple : vue en bout permettant d'apprécier une flèche). Ces orifices peuvent également servir à l'adjonction de lampes d'éclairage supplémentaires ou à la simple modification de leur emplacement pour effets d'éclairage différents.

4.2. - Mesures de longueurs

Elles sont réalisées par visées cathétométriques : une règle graduée est fixée sur le chariot support de la barre. Un niveau de chantier à réticule, placé à 90° de la position normale pour obtenir facilement une rotation dans le plan vertical, peut viser dans le même plan vertical la règle ou l'élément combustible. L'ensemble du plateau et de son niveau est monté sur un support éclipseable, identique à celui de l'appareil photographique.

Deux groupes de visées, comprenant chacun une visée sur une graduation de la règle et une visée sur un repère de l'élément combustible avec un déplacement micrométrique connu du niveau (l'élément combustible étant immobile), permettent d'obtenir la longueur séparant deux repères sur l'élément combustible ; elle est égale à la différence entre les valeurs lues sur les graduations de la règle, corrigée des déplacements micrométriques du plateau supportant le niveau. La figure 6 montre le niveau en place sur l'un des deux supports éclipseables.

Les caractéristiques du niveau de chantier utilisé (Zeiss) sont les suivantes :

- champ angulaire : 2° (3,50 m à 100 m)
- grossissement : 19
- précision : estimation de 1 mm \pm 0,5 mm sur la mire au cm
à 70 mètres

A noter que le déplacement devant le verre de haute densité étant très faible (inférieur au mm), on peut aisément repérer une zone du verre sans défaut ni variation d'indice, qui risqueraient d'introduire des erreurs systématiques.

4.3. - Radioscopie - Radiographie

Pour réduire au maximum l'influence du rayonnement propre de l'élément examiné, on a choisi un générateur X puissant : majorix 150 Philips.

Pour permettre une observation radioscopique peu fatigante et par plusieurs personnes simultanément, on a cherché à obtenir une image réelle de cette radioscopie à l'extérieur de la cellule. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'un amplificateur de brillance, dont l'image est reprise par un objectif de projection de grande ouverture et de focale convenable, qui en donne une image réelle, apparaissant sur un verre dépoli situé à une distance optique d'environ 1,50 m. Deux miroirs inclinés à 45° placés sur le trajet des rayons lumineux permettent de résoudre le problème de la protection contre les rayonnements (voir schéma en coupe fig. 1). La mise au point de l'image sur le verre dépoli se fait en déplaçant l'objectif par une commande à portée de la main de l'opérateur.

Une "visière" entourant le verre dépoli l'isole très suffisamment de la lumière ambiante pour permettre une bonne observation. On évite ainsi l'emploi de la télévision qui introduit une distorsion supplémentaire dans l'observation.

L'amplificateur de brillance utilisé est un appareil Thomson dont la photocathode, au tungstate de Ca, est moins sensible au rayonnement γ qu'une photocathode au sulfure de zinc.

La radiographie est réalisée en utilisant un système de manipulation des films permettant de ne les laisser en présence du rayonnement propre de l'élément examiné que le minimum de temps nécessaire.

Comme le montre la figure 7 on utilise, pour cette

manipulation, une "bande transporteuse" constituée d'un rouleau de tube polyéthylène. Le tube est soudé en deux endroits distants de la longueur du film radiographique utilisé, et fendu sur une épaisseur près de l'une de ces soudures. On peut ainsi introduire le film dans le tube entre les deux soudures. Le tube passe sur un système de poulies commandées de l'extérieur, permettant d'amener rapidement le film à l'emplacement désiré pour la radiographie et de l'éliminer aussitôt celle-ci faite. Le film est facilement récupérable sur la bobine réceptrice du tube polyéthylène.

Deux câbles métalliques sans fin permettent de replacer le tube polyéthylène sur les poulies en cas de rupture. La figure 8 montre une photographie et une radiographie d'une cartouche G2 irradiée.

5 - LES DISPOSITIFS DE SECURITE DE L'ENSEMBLE

5.1. - Protection biologique

L'ensemble de la construction est réalisé en béton de baryte de densité 3,5, de 1 mètre d'épaisseur.

Au droit des divers mécanismes de commande ou d'observation, les épaisseurs de béton supprimées ont été compensées par une protection de plomb. Le profil extérieur de la cellule est ainsi sans protubérance ou décrochement excessifs. La perspective arrachée schématisée de la figure 9 montre les divers points où il a été nécessaire de recourir à une telle protection de plomb.

5.2. - Contamination

Pour se prémunir contre tout incident intérieur (cas d'observation de barreaux avariés) la cellule a été rendue étanche par l'utilisation de joints à toutes les ouvertures :

- joints toriques aux supports des lampes d'éclairage ou des bouchons des trous réservés,
- joints pleins aux portes abattantes (par exemple portes d'introduction du tube polyéthylène),
- joints gonflables aux portes coulissantes.

La cellule peut ainsi, grâce à une aspiration reliée aux gaines d'aspiration du hall de G1, être maintenue en dépression par rapport à l'atmosphère du hall pile.

5.3. - Sécurité aux manoeuvres

Une chambre d'ionisation donnant un signal lorsqu'un barreau a été introduit dans la cellule, commande :

5.3.1. un voyant lumineux indiquant trois niveaux d'activité :

- inférieur à 6 r/8 h
- de 6 r/8 h à 600 r/8 h
- supérieur à 600 r/8 h

5.3.2. un verrou électrique interdisant l'ouverture de la petite porte lorsqu'un barreau se trouve dans la cellule.

Pour éviter tout incident, le verrou est en position fermeture dans tous les cas où la chambre n'est pas alimentée, ce qui comprend les cas suivants :

- panne de secteur,
- panne sur le pré-amplificateur,
- panne sur l'amplificateur.

Les consignes d'utilisation interdisant l'ouverture de la petite porte si un château ne se trouve pas placé devant elle, il a paru inutile de pousser plus loin la sécurité en plaçant une interdiction sur la discordance de deux chambres (cas de bris de l'une d'elles).

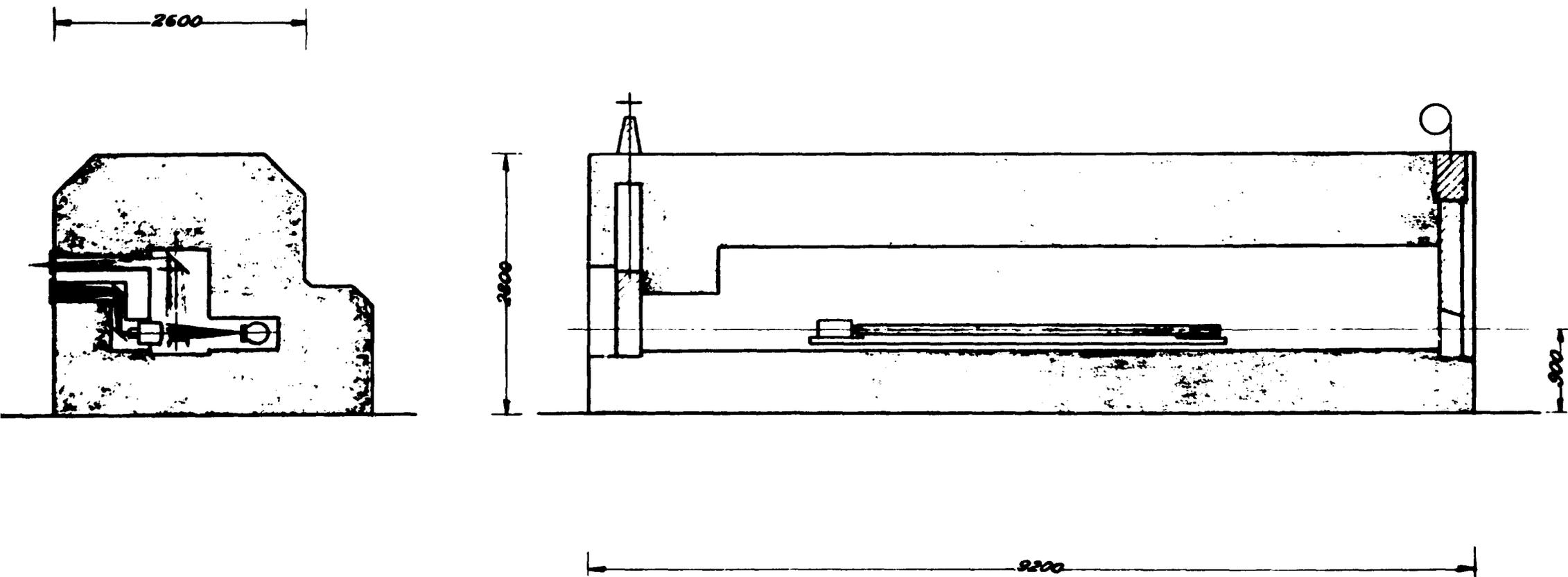
L'ouverture de la grande porte ne peut se commander que lorsque la petite porte est ouverte à fond.

6 - PRIX DE L'INSTALLATION

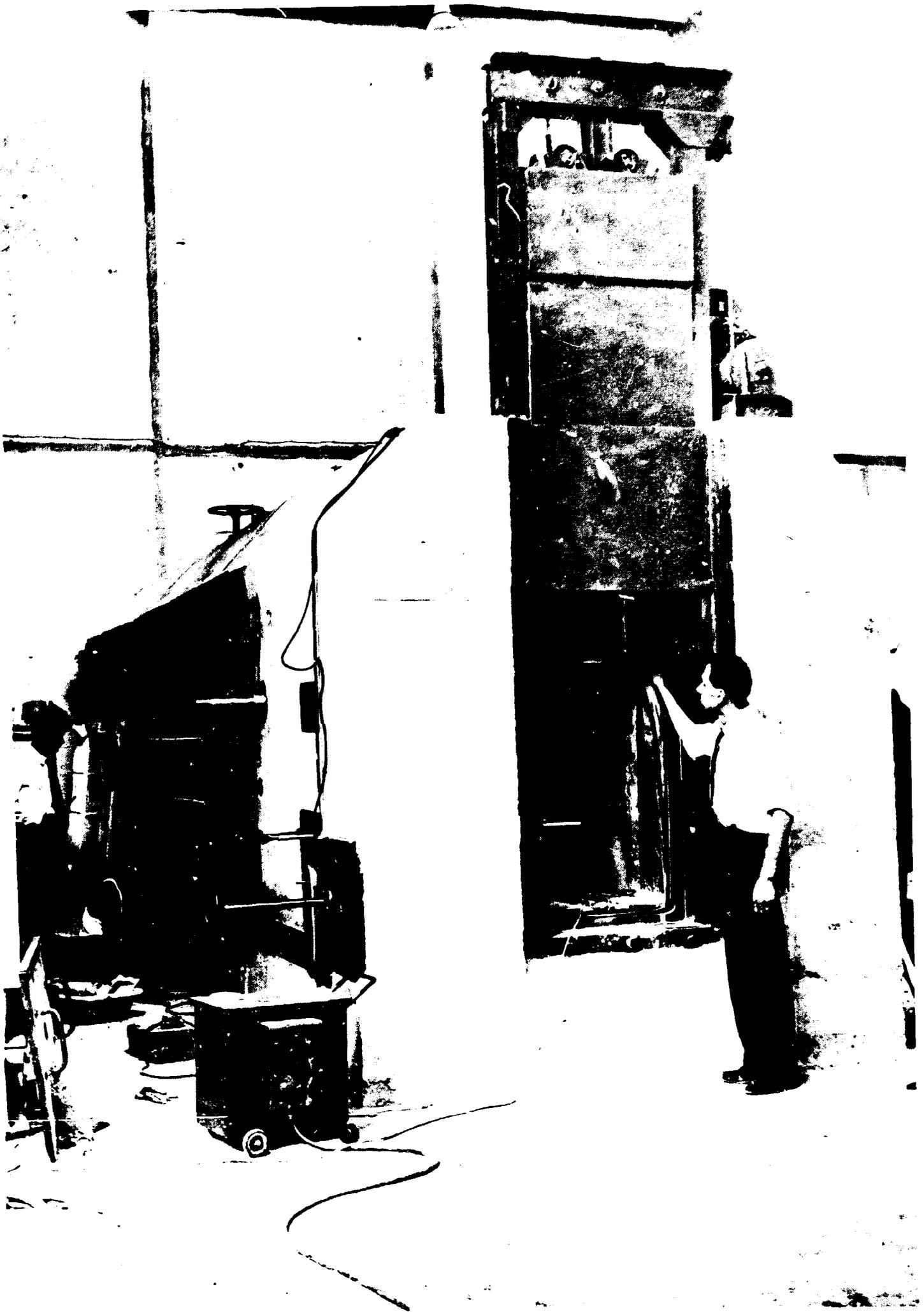
Le prix de l'ensemble de l'installation, qui a été réalisée partie par la Direction Industrielle (ensemble fixe de la protection) et partie par le Service de Technologie (appareillages et accessoires) peut se décomposer de la façon suivante :

6.1. - Génie civil (bloc béton)	
portes et protection plomb	152 700 NF
6.2. - Mécanique de commande du chariot, fenêtres et tous appareillages propres à la cellule	141 300 NF
6.3. - Appareillages divers éventuellement utilisables dans d'autres installa- tions	86 900 NF
	<hr/>
Au total :	380 900 NF
	<hr/>

Manuscrit reçu le 18 janvier 1960.

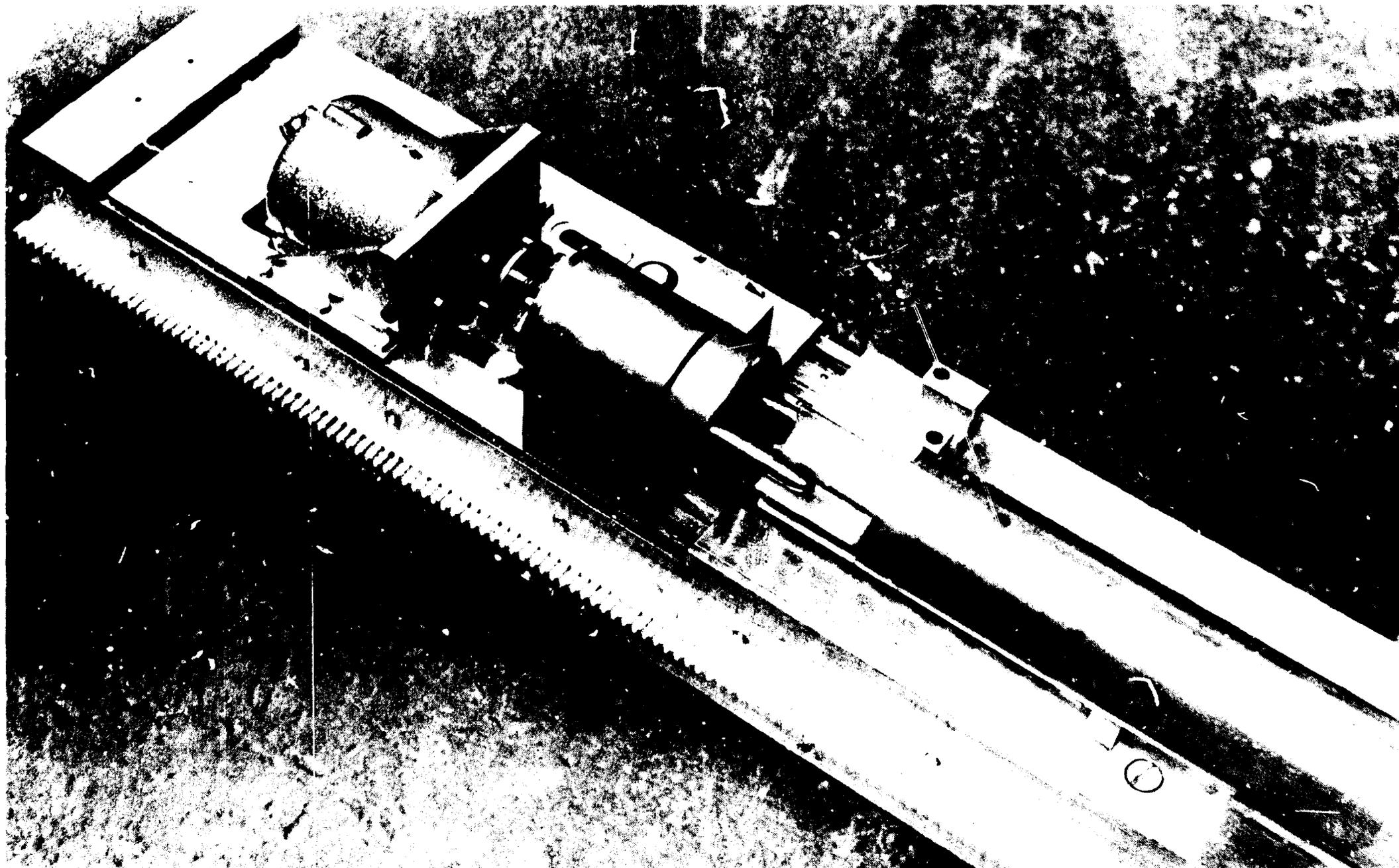


- Fig. 1 -
Schéma d'ensemble

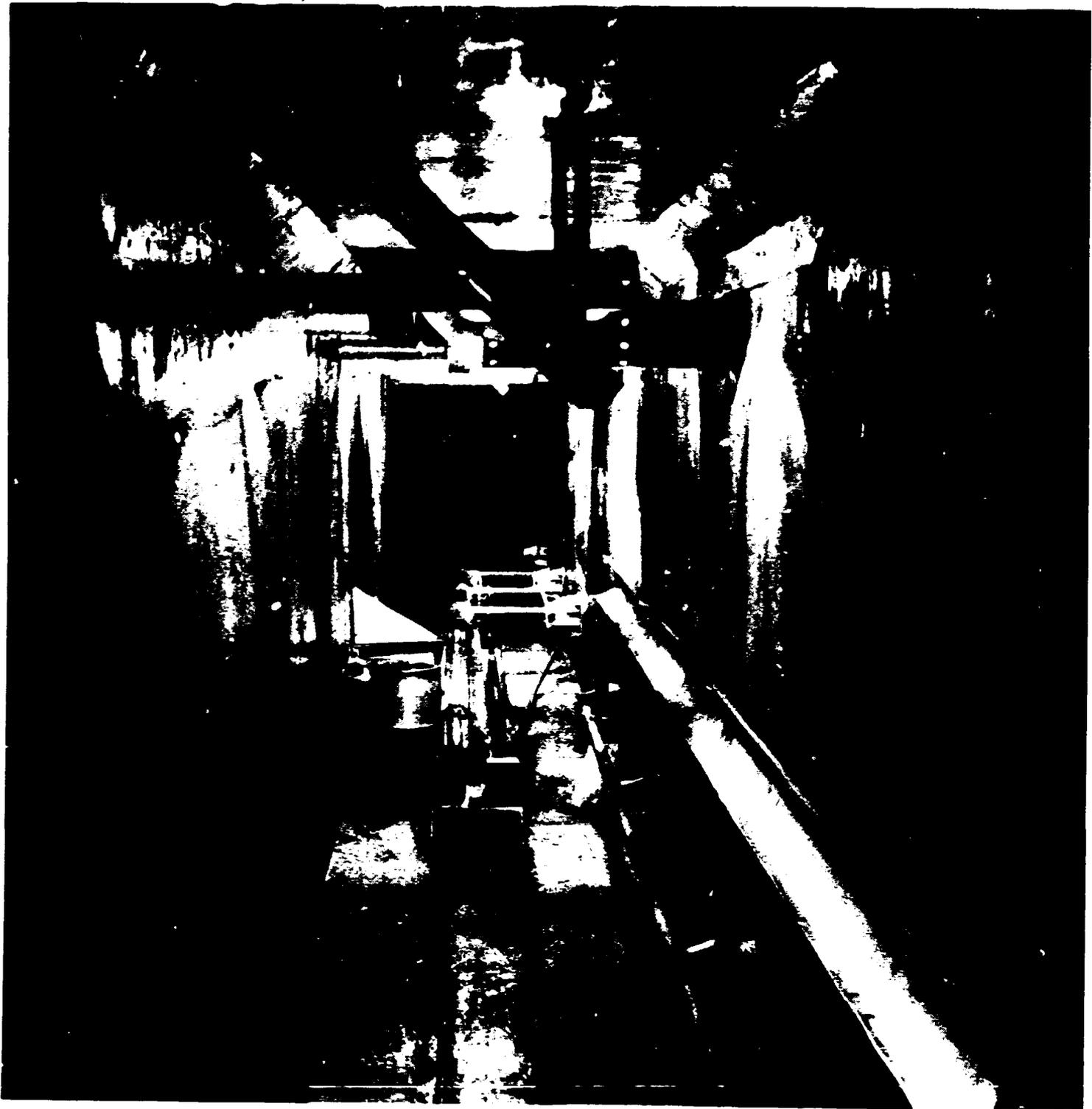


- Fig. 2 -

Ensemble en cours de construction

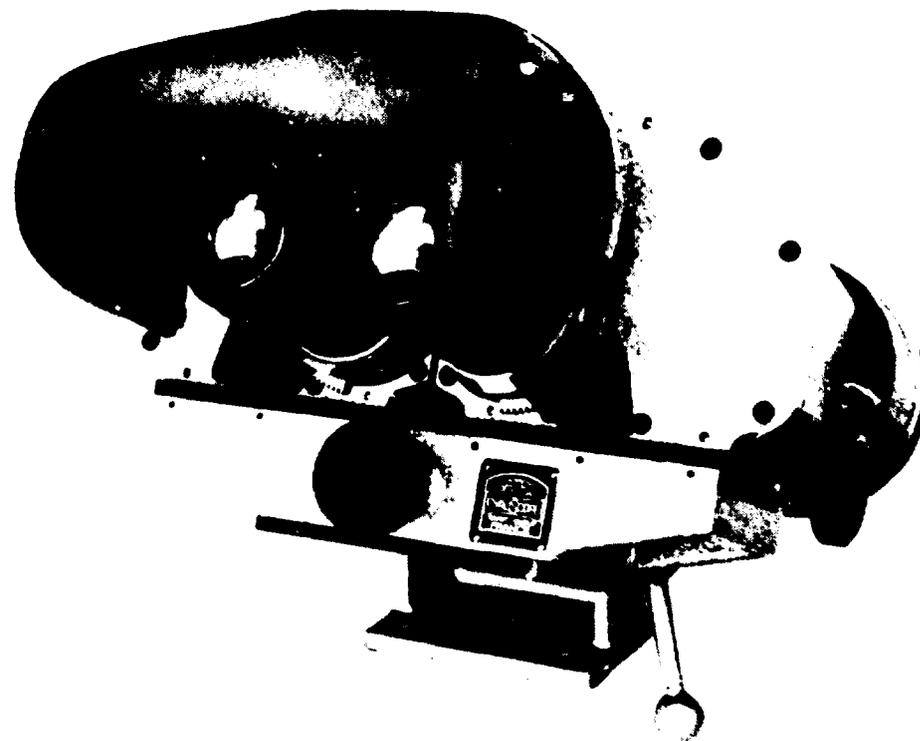
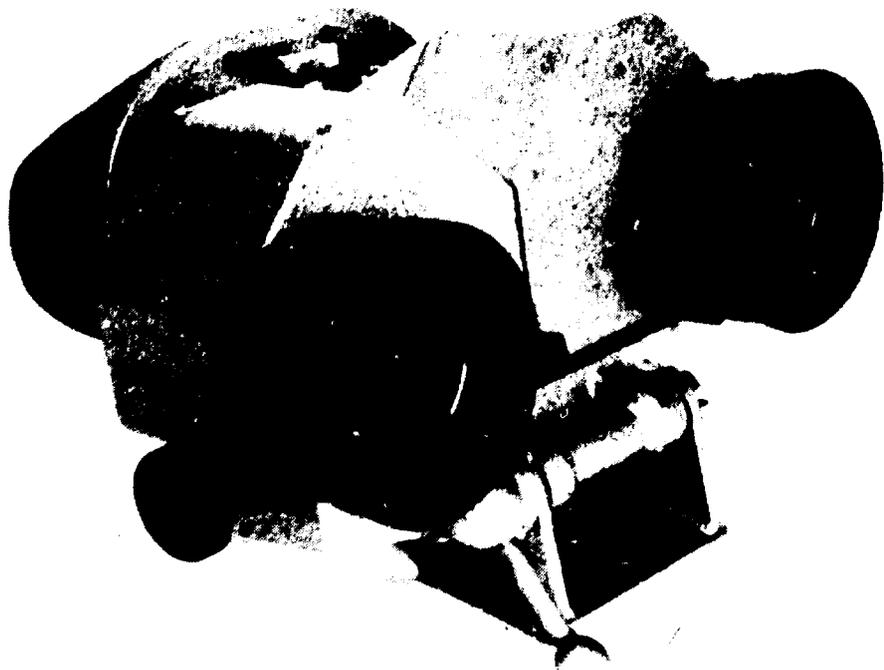


- Fig. 3 -
Moto réducteur de rotation



- Fig. 4 -

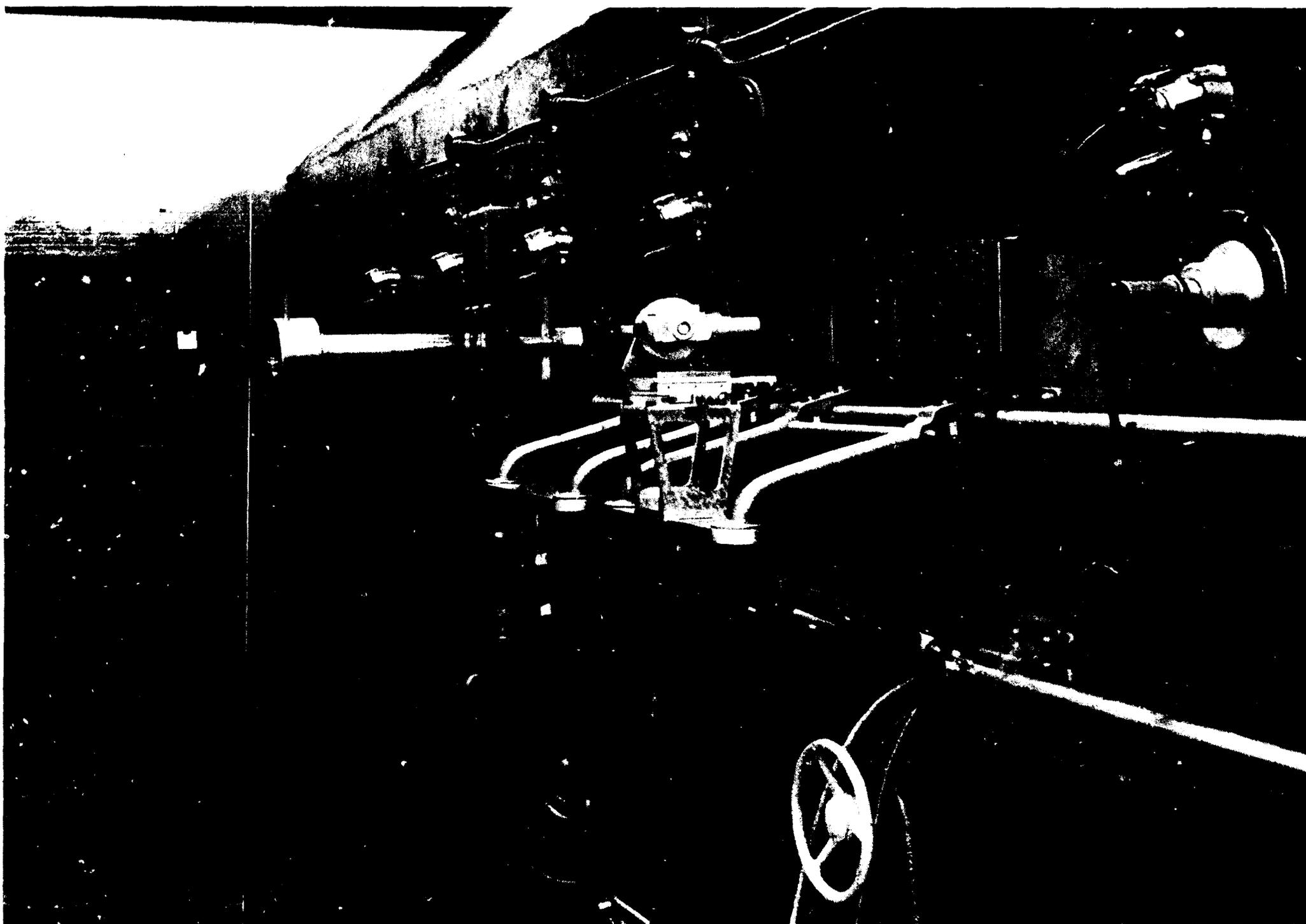
Vue intérieure de la cellule



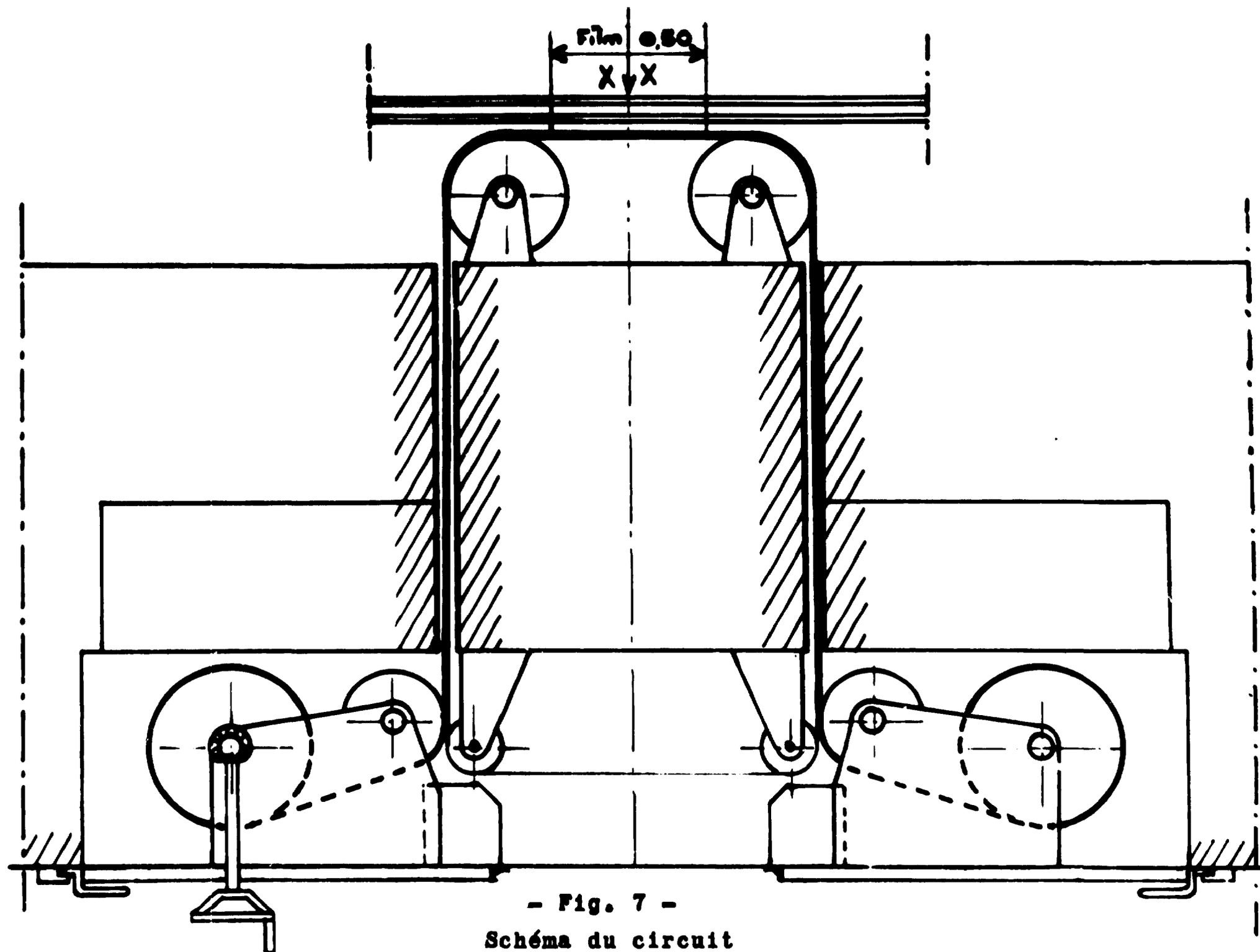
- Fig. 5 -
Lunette stéréoscopique
de visée à courte distance

a) côté objectif

b) côté oculaire

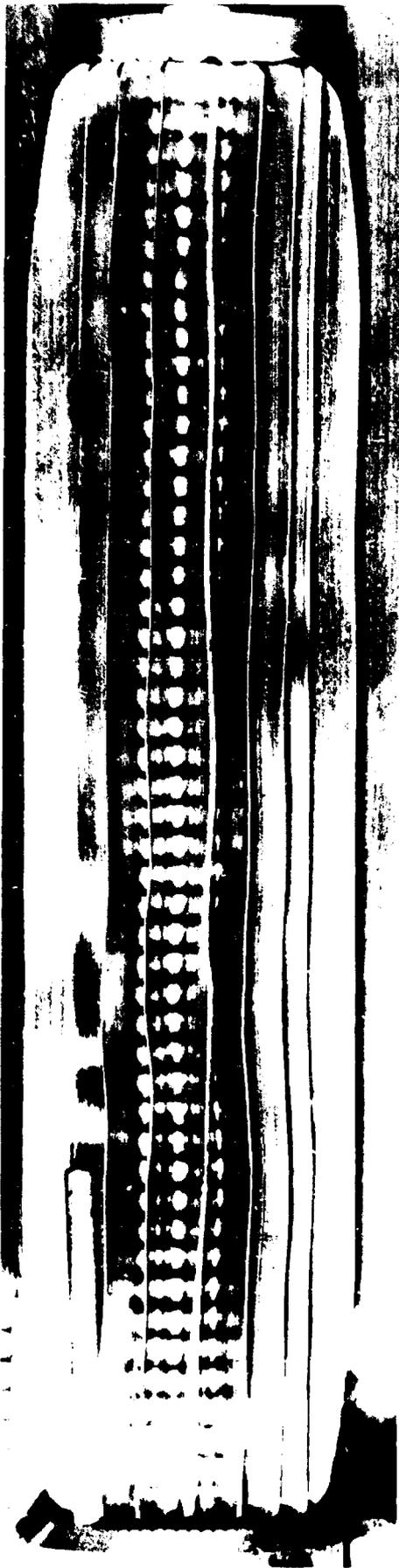


- Fig. 6 -
Face avant de la cellule



- Fig. 7 -

Schéma du circuit
de la bande transporteuse
de films radiographiques

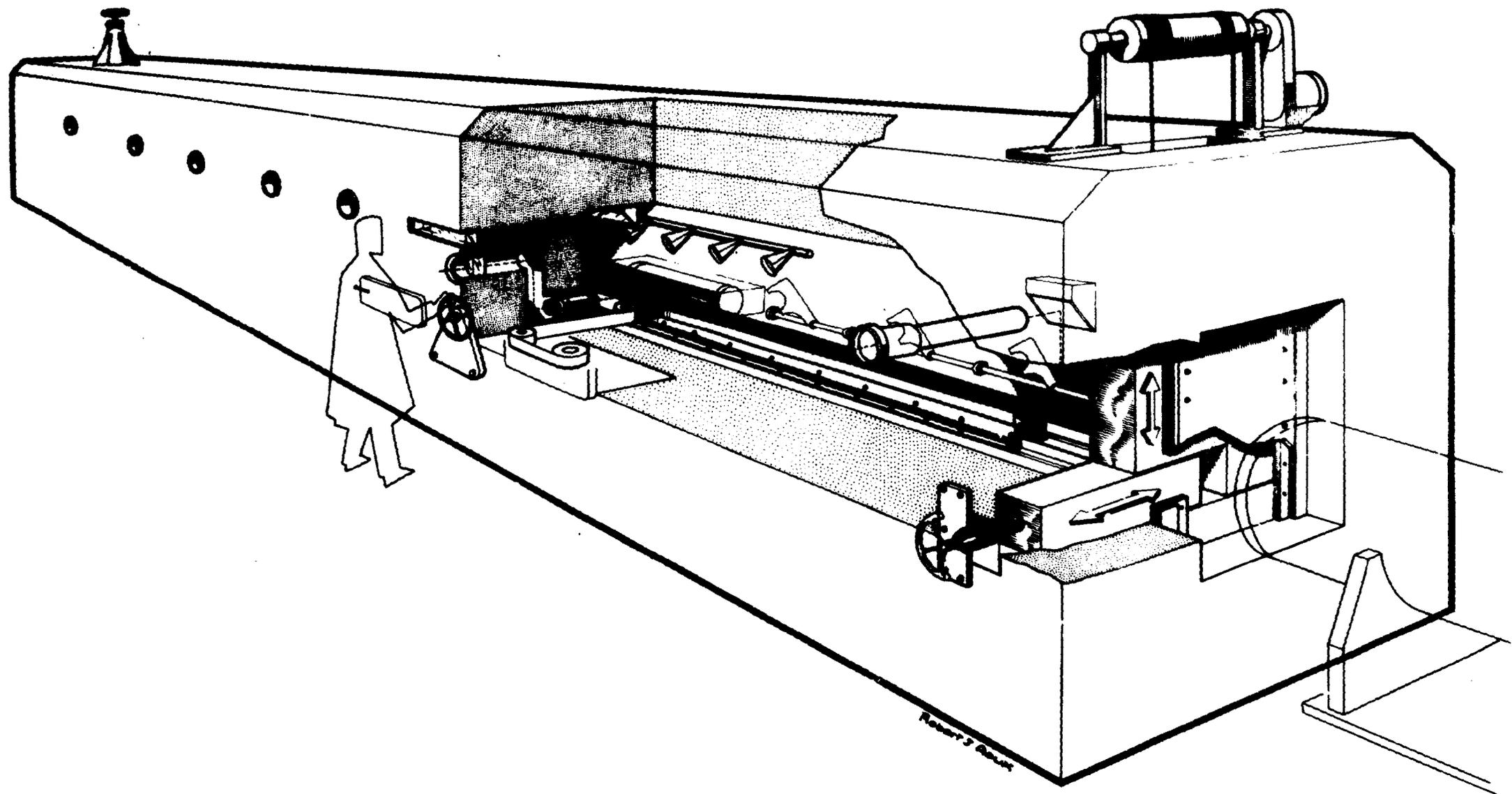


- Fig. 8 -

Cartouche de G 2 irradiée

a) Photographie

b) Radiographie



- Fig. 9 -
Perspective arrachée
schématisée de l'ensemble

FIN